การศึกษาความเที่ยงตรงของการประมาณค่าในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับภายใต้เงื่อนไขวิธีการประมาณค่า และขนาดตัวอย่างที่ต่างกัน

ปริญญานิพนธ์

ของ

ธีระวัฒน์ สุขีสาร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา
พฤษภาคม 2554

การศึกษาความเที่ยงตรงของการประมาณค่าในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับภายใต้เงื่อนไขวิธีการประมาณค่า และขนาดตัวอย่างที่ต่างกัน

ปริญญานิพนธ์
ของ
ธีระวัฒน์ สุขีสาร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา
พฤษภาคม 2554
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาความเที่ยงตรงของการประมาณค่าในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับภายใต้เงื่อนไขวิธีการประมาณค่า และขนาดตัวอย่างที่ต่างกัน

บทคัดย่อ

ของ

ธีระวัฒน์ สุขีสาร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา
พฤษภาคม 2554

ธีระวัฒน์ สุขีสาร. (2554). **การศึกษาความเที่ยงตรงของการประมาณค่าในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับภายใต้เงื่อนไขวิธีการประมาณค่า และขนาดตัวอย่างที่ต่างกัน.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษฎี โยเหลา,อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง, อาจารย์ ดร.นิยะดา จิตต์จรัส

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับงานวิจัยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ภายใต้เงื่อนไขขนาดตัวอย่างของแต่ละระดับการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

การวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ทุติยภูมิ โดยคัดเลือกข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สุ่มข้อมูลตามเงื่อนไขขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน, 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน , โรงเรียนละ 5 คน และขนาดเท่ากับแต่ละโรงเรียนที่เก็บจริง (10-40) วิเคราะห์ข้อมูลแต่ละเงื่อนไขด้วยวิธีการประมาณค่า 2 วิธีคือ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และ Robust Maximum Likelihood (RML) และตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยพิจารณาจากการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ โดยการเปรียบเทียบค่าสถิติกับค่าพารามิเตอร์ของประชากร ด้วยการวิเคราะห์สถิติทดสอบที และช่วงความเชื่อมั่น

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบความเที่ยงตรงของการประมาณค่าพารามิเตอร์ระหว่าง วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน(10-40 คน) ทั้งสองวิธีประมาณค่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับไม่ต่างกัน แสดงว่า การประมาณค่าทั้งสองวิธีให้ผลการประมาณค่าที่มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) วิธีการประมาณค่าแบบ RML ประมาณค่าค่าต่าง ๆ ได้ครบ ส่วนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ไม่สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ

2. การกำหนดขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน ทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) วิธีการประมาณค่าแบบ FIML และ RML ประมาณค่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่า

สัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับที่มีความเที่ยงตรง และขนาดตัวอย่างระดับที่สองอย่างน้อย 15 โรงเรียน วิธีการประมาณค่าแบบ RML ประมาณค่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับที่มีความเที่ยงตรง

3. การกำหนดขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง อย่างน้อยโรงเรียนละ 5 คน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับที่มีความเที่ยงตรง

A STUDY OF VALIDITY OF ESTIMATION IN MULTILEVEL STRUCTURAL EQUATION MODEL UNDER DIFFERENT ESTIMATION METHODS AND SAMPLE SIZES

AN ABSTRACT

BY

THIRAWAT SUKHEESAN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Doctor of Education Degree in Testing and Measurement

at Srinakharinwirot University

May 2011

Thirawat Sukheesan. (2011). **A Study of Validity of Estimation in Multilevel Structural Equation Model Under Different Estimation Methods and Sample Sizes.** Dissertation, Ed.D. (Testing and Measurement). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Dusadee Yoelao, Dr. Sakesan Thongkhambanchong. Dr. Niyada Chittcharat.

The purpose of this research was to study a validity of estimation methods in Multilevel Structural Equation Modeling under conditions of sample size variation at each analysis level.

This research used a Secondary analysis of a data from the project of learning opportunities in mathematics and science of Mathayomsuaksa 3 students of the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. The analysis used 30 samples from 9 conditions comprising level 2 sample size of 50, 30 and 15 schools in combination of the level 1 sample size of10 and 5 persons a school, and the actual students of the selected school. Each conditional data was analyzed by 2 methods of estimation, Full Information Maximum Likelihood (FIML) and Robust Maximum Likelihood (RML), and checked validity by considering estimates of factor loading, path coefficient and cross level coefficients by comparing with the estimates and the parameters using t-test, and confidence interval.

The results were as follows:

1. The validity of the parameter estimation between the FIML and RML when level 2 samples consisted of 50 and 30 schools and level 1 samples consisted of 5 students , 10 students and actual student of the school, both of the two parameter estimation methods gave the same estimations result of Factor Loading, Path Coefficient and Cross Level Coefficients and both estimations were closed to the parameters. So the validity of the 2 parameter estimation is not statistically difference. In the condition of the 15 schools of level 2 samples and actual students the school of level 1 the RML parameter estimation was complete but the FIML parameter estimation was incomplete.

2. The estimate when the level 2 sample size was 50 and 30 schools, and the level 1 sample size was 5 students, 10 students , and the actual students of the school, both FIML and RML parameter estimation gave an valid estimation result of Factor Loading, Path Coefficient and Cross Level Coefficients. However for the level 2 samples of at least 15 school, the RML parameter estimation gave a more valid estimation than the FIML.

3. The estimate when the level 1 sample sizes was at least 5 students a school, the FIML and RML parameter estimation gave an valid estimation results of Factor Loading, Path Coefficient and Cross Level Coefficients.

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประเภททุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2552

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความเที่ยงตรงของการประมาณค่าในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ภายใต้เงื่อนไขวิธีการประมาณค่า และขนาดตัวอย่างที่ต่างกัน

ของ

ธีระวัฒน์ สุขีสาร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2554

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์	คณะกรรมการสอบปากเปล่า
..... ประธาน	..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษฎี โยเหลา)	(รองศาสตราจารย์ ดร.สมถวิล วิจิตรวรรณา)
..... กรรมการ	..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)	(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษฎี โยเหลา)
..... กรรมการ	..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.นิยะดา จิตต์จรัส)	(อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)
	..... กรรมการ
	(อาจารย์ ดร.นิยะดา จิตต์จรัส)
	..... กรรมการ
	(อาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง)

ประกาศคุณูประการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจากคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษฎี โยเหลา ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง และอาจารย์ ดร.นิยะดา จิตต์จรัส กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะในการจัดทำงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของท่านทั้งสาม ด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติมทั้งสองท่านคือ รองศาสตราจารย์ ดร.สมถวิล วิจิตรวรรณา และอาจารย์ ดร.สุวพร เซ็มเฮง ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการในการสอบปริญญานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์เพิ่มเติมทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดย อาจารย์ ดร.ปรีชาญ เดชศรี ที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลในการวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก และอาจารย์ ดร.อนุ เจริญวงศ์ระยับ ที่ให้คำปรึกษาการใช้โปรแกรมการวิเคราะห์

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการวัดผล และวิจัยการศึกษาทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย พร้อมทั้งให้คำปรึกษาและเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา

คุณค่าและคุณประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา มารดา ครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา

ธีระวัฒน์ สุขีสาร

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

1 **บทนำ**..... 1

ภูมิหลัง..... 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย..... 7

ความสำคัญของการวิจัย..... 7

ขอบเขตของการวิจัย..... 8

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 10

กรอบแนวคิดในการวิจัย.....11

สมมติฐานในการวิจัย..... 14

2 **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**..... 15

แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์พหุระดับ..... 15

แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง..... 22

พัฒนาการของเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ.....23

การประมาณค่าพารามิเตอร์..... 37

ค่าสถิติจากการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ..... 39

ขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ.....41

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 42

3 **วิธีดำเนินการวิจัย**..... 50

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย..... 50

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย..... 52

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูลประชากร..... 52

การวิเคราะห์ข้อมูล..... 55

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4 **ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**..... 59

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากข้อมูลประชากร..... 60

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ตามเงื่อนไขขนาดตัวอย่าง ระดับที่สองและขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง..... 62

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับเพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย.....83

5 **สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ**..... 86

สรุปผลการวิจัย..... 87

อภิปรายผล..... 91

ข้อเสนอแนะ..... 97

บรรณานุกรม..... 99

ภาคผนวก.....106

ประวัติย่อผู้วิจัย.....162

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 การเปรียบเทียบเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย โปรแกรม HLM โปรแกรม LISREL และโปรแกรม Mplus..... 35

2 แสดงจำนวนข้อมูล..... 51

3 แสดงผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และRML..... 61

4 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน)..... 64

5 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน)..... 66

6 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน)..... 68

7 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน..... 70

8 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน..... 72

9 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน..... 74

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

10 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน..... 76

11 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน..... 78

12 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน..... 80

13 งานวิจัยที่ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัย/ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 109

14 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) ตามเงื่อนไขการวิเคราะห์ข้อมูล.....116

15 เมทริกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$)ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรสังเกตได้ระดับนักเรียน..... 121

16 เมทริกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$)ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรสังเกตได้ระดับโรงเรียน..... 122

17 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) 125

18 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) 127

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

19 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) 130

20 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) 133

21 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) 135

22 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ..... 138

23 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน..... 140

24 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน..... 142

25 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน..... 140

26 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน..... 142

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

27 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล ข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ กรณีขนาดตัวอย่าง ระดับที่สอง 50, 30, 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน.....150

28 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล ข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีขนาดตัวอย่าง ระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน..... 151

29 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล ข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่าง ระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน..... 154

30 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล ข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่าง ระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน..... 157

31 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล ข้ามระดับ ของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ กรณีขนาดตัวอย่าง ระดับที่สอง 50, 30, 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน.....159

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 ลักษณะโครงสร้างของข้อมูลในการวิเคราะห์พหุระดับ..... 17

2 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ…….....25

3 โมเดลสมการโครงสร้างแบบพหุระดับ เมื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL..... 33

4 โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย..... 53

5 โมเดลสมการโครงสร้างแบบพหุระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 61

6 โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย.....115

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ข้อมูลของการวิจัยทางการศึกษาและสังคมศาสตร์ มักเป็นข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นระดับลดหลั่น (Hierarchy) สอดแทรก (Nested) กันอยู่โดยธรรมชาติ และมีหลายระดับ ข้อมูลของการวิจัยทางการศึกษาและสังคมศาสตร์จึงมีลักษณะซับซ้อน เช่น นักเรียนแต่ละคนสอดแทรกอยู่ในชั้นเรียน ชั้นเรียนแต่ละชั้นเรียนสอดแทรกอยู่ในโรงเรียน และโรงเรียนสอดแทรกกันอยู่ในเขตพื้นที่การศึกษา หรือในอีกบริบทหนึ่งเช่น คนแต่ละคนสอดแทรกในแต่ละครอบครัว ครอบครัวสอดแทรกอยู่ในหมู่บ้าน หมู่บ้านสอดแทรกอยู่ในอำเภอ อำเภอสอดแทรกอยู่ในจังหวัด และแต่ละจังหวัดสอดแทรกอยู่ในประเทศ เป็นต้น จากตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าข้อมูลแต่ละส่วนต่างมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันทั้งในระดับเดียวกัน และต่างระดับกัน จึงเป็นข้อมูลที่มีโครงสร้างที่สลับซับซ้อน ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยให้มีความถูกต้องนั้นมีความจำเป็นอย่างมาก ที่นักวิจัยควรคำนึงถึงลักษณะความสัมพันธ์และลักษณะของข้อมูลดังกล่าว

ในงานวิจัยที่มีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) ของข้อมูลที่มีโครงสร้างระดับลดหลั่น โดยทั่วไปมีรูปแบบการวิเคราะห์ 3 วิธี ได้แก่

วิธีการวิเคราะห์ที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ที่ผู้วิเคราะห์จัดกระทำกับข้อมูลที่อยู่ต่างระดับกันเสมือนเป็นข้อมูลระดับเดียวกัน ซึ่งเรียกการวิเคราะห์ลักษณะนี้ว่าการวิเคราะห์ระดับเดียว (Single level analysis) ผู้วิเคราะห์จะนำตัวแปรทั้งสองระดับมาวิเคราะห์รวมอยู่ในระดับเดียวกันคือระดับบุคคล เป็นการกระทำที่ละเลยความผันแปรระหว่างบุคคล ซึ่งสอดแทรกอยู่ภายในแต่ละกลุ่ม ทำให้การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง การทดสอบนัยสำคัญทางสถิติเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) สูงกว่าที่กำหนด

วิธีการวิเคราะห์ที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ที่รวมข้อมูลที่สร้างจากระดับบุคคลไปสู่ระดับกลุ่ม โดยการนำตัวแปรระดับบุคคลมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแปรระดับกลุ่ม การวิเคราะห์ในลักษณะนี้จึงเกิดปัญหาของการจัดกระทำตัวแปรระดับบุคคลให้เป็นตัวแปรระดับกลุ่ม ทำให้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เกิดความลำเอียงและขาดประสิทธิภาพ

วิธีการวิเคราะห์ที่ 3 เป็นการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลพหุระดับ (Multilevel model) โมเดลนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลระดับบุคคลและข้อมูลระดับกลุ่ม โดยคำนึงถึงโครงสร้างข้อมูลที่มีลักษณะเป็น

ระดับลดหลั่น โดยข้อมูลที่อยู่ในระดับที่สูงกว่า (ระดับกลุ่ม)จะมีความสัมพันธ์และส่งผลต่อข้อมูลในระดับที่ต่ำกว่า (ระดับบุคคล) ผลการวิเคราะห์จะตรงกับข้อเท็จจริง

จากรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสามวิธี การวิเคราะห์โดยใช้โมเดลพหุระดับ (Multilevel model) เป็นการวิเคราะห์ที่ให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องที่สุด ในกรณีที่ข้อมูลมีระดับลดหลั่น หรือข้อมูลระดับล่างได้รับอิทธิพลจากข้อมูลระดับบนหรือระดับที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างของข้อมูลทางการศึกษาและสังคมศาสตร์ (Raudenbush; & Bryk. 2002) แต่การวิเคราะห์พหุระดับทั่วไปมักเป็นการวิเคราะห์ที่ศึกษาเกี่ยวกับชุดของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม เช่นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ถึงแม้การวิเคราะห์จะให้ความสำคัญต่อโครงสร้างของข้อมูล แต่ก็ยังละเลยต่อธรรมชาติของข้อมูลในเรื่องตัวแปรต้นต่างมีความสัมพันธ์กัน ต่อมามีการเชื่อมโยงแนวคิดของการวิเคราะห์พหุระดับเข้ากับวิธีการวิเคราะห์ต่าง ๆ ที่มีพัฒนาการมาก่อนหน้า เช่น การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการ (Growth curve analysis) การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่ม (Value-added analysis) การสังเคราะห์งานวิจัย (Meta analysis) การวิเคราะห์ข้อสอบ (Item analysis) การวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาการขาดหายไปของข้อมูล (Missing data) และการวิเคราะห์อิทธิพล (Path analysis) เป็นต้น

นักวิจัยหลายท่านมีแนวคิดในการรวมการวิเคราะห์พหุระดับที่ให้ความสำคัญต่อโครงสร้างที่เป็นระดับลดหลั่นของตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ และการวิเคราะห์เชิงสาเหตุหรือการวิเคราะห์อิทธิพลที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น เข้าด้วยกันเรียกว่าโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (Multilevel structural equation modeling) หรือบางทีเรียกว่าการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (Multilevel causal model) หรือโมเดลโครงสร้างความแปรปรวนร่วมพหุระดับ (Multilevel covariance structure model) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ขั้นสูงที่จัดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยของศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (Multilevel Structural Equation Modeling : MSEM) เป็นการบูรณาการเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling : SEM) หรือการวิเคราะห์อิทธิพล (Path analysis) และการวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel modeling) ไว้ด้วยกัน เป็นเทคนิควิเคราะห์ที่สามารถศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปร ทั้งความสัมพันธ์ทางการวัดตัวแปร (Measurement relationship) และความสัมพันธ์ทางโครงสร้าง (Structural relationship) ของตัวแปรพร้อม ๆ กันกับการประมาณค่าทางสถิติที่เหมาะสมกับธรรมชาติของข้อมูลที่มีลักษณะลดหลั่นกัน (Hierarchical data) โดยข้อมูลที่อยู่ระดับล่างจะอยู่ซ้อนกันภายใต้ข้อมูลที่อยู่ระดับบน เช่นนักเรียนสอดแทรกภายในชั้นเรียน ชั้นเรียนสอดแทรกภายในโรงเรียน โรงเรียนสอดแทรกภายในเขตพื้นที่การศึกษา ข้อมูลระดับล่างที่รวมกลุ่มกันตามข้อมูลระดับบนส่งผลให้ไม่

สามารถใช้สถิติแบบประเพณีนิยมเช่นการวิเคราะห์การถดถอยในการวิเคราะห์ได้ เนื่องจากจะละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระกันของข้อมูล (Independent observations) เพราะธรรมชาติของข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ความเป็นกลุ่มจะส่งผลให้ข้อมูลมีลักษณะสัมพันธ์กัน และการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับก็ใช้วิธีการประมาณค่าทางสถิติที่อาศัยความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood estimation) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมและให้ค่าสถิติที่เที่ยงตรงและน่าเชื่อถือมากกว่าการประมาณค่าแบบอาศัยผลต่างกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary least squares estimation) ที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยทั่วไป

ประเด็นสำคัญที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับการเลือกใช้โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับในงานวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ สังคมศาสตร์ และทางการศึกษา มี 2 ประเด็น คือ เทคนิคการเลือกวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ และความเพียงพอของการเลือกขนาดตัวอย่างในการวิจัย จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมามีรายละเอียดดังนี้

ประเด็นที่หนึ่งการพัฒนาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ จากความพยายามของนักวิจัยและนักสถิติ ในการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ถูกต้อง ตรงกับข้อเท็จจริงมากที่สุด โดยเริ่มจากการบูรณาการวิธีการวิเคราะห์พหุระดับด้วยเทคนิคเอ็ชแอลเอ็ม (Hierarchical Linear Model : HLM) ที่มีความสะดวกและได้รับความนิยมอย่างมากในการวิเคราะห์การถดถอยพหุระดับร่วมกับการคำนวณโปรแกรมสำเร็จรูปอื่น เช่น โปรแกรมเอสพีเอสเอส แต่วิธีการคำนวณจะคำนวณสัมประสิทธิ์เส้นทางทีละเส้นแล้วนำมารวมกันอันก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงขึ้น ต่อมามิวเธ็น (Muthén. 1994) ได้คิดวิธีการนำโมเดลทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ร่วมกันในโมเดลตามลักษณะของการวิเคราะห์กลุ่มพหุ ด้วยเทคนิคลิสเรล (Linear Structural RELationship model : LISREL) การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของทั้งสองกลุ่ม สามารถวิเคราะห์พร้อมกัน และศึกษาอิทธิพลจากตัวแปรระดับมหภาค (Macro level) ที่มีต่อค่าเฉลี่ยของตัวแปรระดับจุลภาค (Micro level) ได้มากกว่า 1 ตัวแปร ต่างจากการวิเคราะห์พุระดับด้วยเทคนิคเอชแอลเอ็มที่ต้องแบ่งการวิเคราะห์ทีละตัวแปร แม้ว่าการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยเทคนิคลิสเรลจะมีจุดเด่นดังกล่าวข้างต้น แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่ยังไม่สามารถพัฒนาให้มีความสามารถเทียบเท่าโปรแกรมเอชแอลเอ็ม เพราะว่ายังไม่สามารถนำค่าความชัน (slope) หรืออัตราพัฒนาการของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วยเข้ามาร่วมสมการการวิเคราะห์ตามแนวคิดการใช้ความชันเป็นผลหรือตัวแปรตาม (Slope as outcome) ได้ จากข้อจำกัดดังกล่าวมิวเธ็น (Muthén. 2004) ได้พัฒนาการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับอย่างต่อเนื่องและได้เสนอวิธีการวิเคราะห์แบบใหม่ โดยพยายามเชื่อมโยงการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ที่สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งตัวแปรเชิงจัดกลุ่ม (Categorical variable) และตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง (Continuous variable) ทั้ง

การวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์และการวิเคราะห์พหุระดับไว้ด้วยกันโดยใช้ชื่อว่า General latent variable modeling และนำวิธีการนี้ไปพัฒนาโปรแกรมเอ็มพลัส (Mplus) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ออกแบบสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

การประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับจากเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่นำเสนอตามข้างต้น พบว่าการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอ็มพลัส (Mplus) นั้นมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ เพราะสามารถประมาณค่าตัวแปรในโมเดลได้อย่างหลากหลายทั้งการประมาณค่าที่เป็นตัวแปรสังเกตได้แบบต่อเนื่อง (Continuous observed variables) และตัวแปรสังเกตได้แบบจัดกลุ่ม (Categorical observed variables) และการประมาณค่าที่เป็นตัวแปรแฝงแบบต่อเนื่อง (Continuous latent variables) และตัวแปรแฝงแบบจัดกลุ่ม (Categorical latent variables) ข้อดีในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยโปรแกรมเอ็มพลัส (Mplus) คือสามารถวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน และสามารถมองเห็นได้ทั้งในระดับบุคคล และระดับกลุ่ม ให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ให้รายละเอียดของผลการวิเคราะห์มากกว่าโปรแกรมอื่น ๆ และเทคนิคเอ็มพลัส (Mplus) ก็สามารถเลือกวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้หลายวิธี เช่น วิธีไลค์ลิฮู้ดสูงสุด (Maximum likelihood) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบทั่วไป(Generalized least squares) และ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted least squares) ซึ่งในแต่ละวิธีก็มีจุดเด่น ข้อจำกัดต่างกัน

สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยโปรแกรมเอ็มพลัส (Mplus) นั้นจะใช้วิธีการด้วยวิธีไลค์ลิฮู้ดสูงสุด 3 วิธี คือ 1) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Maximum Likelihood หรือ Full Information Maximum Likelihood 2) Muthén Maximum Likelihood และ 3) Robust Maximum Likelihood ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณด้วยวิธีไลค์ลิฮู้ดสูงสุดจะมีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิ์ภาพ และเป็นอิสระจากมาตรวัด สามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละวิธีได้ดังนี้

วิธีแรกคือวิธีการประมาณค่าแบบอาศัยความน่าจะเป็นสูงสุดที่ใช้ข้อมูลเต็มรูป (Full Information Maximum Likelihood : FIML) เป็นการประมาณค่าแบบอาศัยความน่าจะเป็นสูงสุดจะประมาณค่าได้ดีเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่เพียงพอ จำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน และข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ วิเคราะห์ คำนวณยาก และใช้เวลามากแม้จะใช้คอมพิเตอร์

วิธีที่สองคือวิธีการประมาณค่าแบบมิวเธ็น (Muthén Maximum Likelihood : MUML) เป็นการประมาณค่าแบบอาศัยความน่าจะเป็นสูงสุดที่ใช้ข้อมูลแบบจำกัด (Limited Information Maximum Likelihood : LIML) ที่มีข้อดีกว่าวิธีการประมาณค่าแบบ FIML ตรงที่สามารถคำนวณได้ง่ายกว่า ใช้เวลาน้อยกว่า และมีค่าลู่เข้าหากันค่าเดียว (Convergence) ที่สามารถประมาณค่าได้

อย่างรวดเร็ว ในกรณีกลุ่มตัวอย่างระดับที่ 1 ไม่เท่ากันให้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับการประมาณค่าแบบ FIML และเมื่อหน่วยตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากัน (Balanced group) การประมาณค่าแบบ MUML จะให้ค่าประมาณที่เหมือนกันกับการประมาณค่าแบบ FIML อย่างไรก็ตามการประมาณค่าแบบ MUML ก็มีข้อจำกัดเหมือนกับการประมาณค่าแบบ Maximum likelihood ทั่วไปในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กก็คือการได้รับผลกระทบจากการแจกแจงของตัวแปรที่ไม่เป็นโค้งปกติ (Non-normality) และมีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลหรือค่าสัมประสิทธิ์ความชันแบบสุ่ม (Random slopes) ที่ให้มีค่าแตกต่างกันไปตามแต่ละกลุ่มได้

และวิธีสุดท้ายคือวิธีการประมาณค่าแบบ Robust Maximum Likelihood (RML) เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่คิดค้นและพัฒนาขึ้นมาเป็นพิเศษ ที่เป็นการประมาณค่าแบบ FIML เพราะใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดในการประมาณค่า และการประมาณค่าแบบ RML เป็นการประมาณค่าที่ให้ค่าไค-สแควร์ (Chi-squre) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ที่มีความทนทาน (Robust) ต่อการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normality assumption) สามารถวิเคราะห์ได้ง่าย ใช้เวลาในการคำนวณน้อย และสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลหรือค่าสัมประสิทธิ์ความชันแบบสุ่ม (Random slopes) ที่ให้มีค่าแตกต่างกันไปตามแต่ละกลุ่มได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีไลค์ลิฮู้ดสูงสุด 2 วิธี คือ วิธี Full Information Maximum Likelihood (FIML) เพราะสามารถประมาณค่าได้ดีในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ทั้งระดับที่หนึ่ง และระดับที่สอง และ วิธี Robust Maximum Likelihood (RML) เพราะสามารถประมาณค่าได้เมื่อกลุ่มตัวอย่างไม่มากพอ ขนาดตัวอย่างในระดับที่ 1 ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน

ประเด็นที่สองการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย ปัญหาการมีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กนั้นเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งสำหรับงานวิจัยพหุระดับ จากวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่พัฒนาเรื่อยมา โดยเฉพาะเทคนิคการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีไลค์ลิฮู้ดสูงสุด (Maximum Likelihood : ML) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันเพราะเป็นการประมาณค่าที่มีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพ แต่เทคนิคนี้มีความจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน และการแจกแจงของตัวแปรเป็นโค้งปกติ ดังนั้นคำถามที่ตามมาก็คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยที่สุดเท่าไรจึงจะยอมรับได้ มีความเหมาะสมสอดคล้องกับจำนวนตัวแปรที่ศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์พหุระดับที่นักวิจัยได้ข้อค้นพบที่สอดคล้องกันว่าควรให้ความสนใจต่อขนาดกลุ่มตัวอย่างในระดับการวิเคราะห์สูงที่สุด (ระดับที่สอง หรือระดับที่สาม) มากกว่าระดับที่ต่ำที่สุด (ระดับที่หนึ่ง) เมื่อจำนวนของหน่วยในระดับที่สอง มีขนาดใหญ่ การ

วิเคราะห์ข้อมูลจะมีการเลือกวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสม แต่ถ้าจำนวนหน่วยของระดับที่สอง มีขนาดเล็ก การประมาณค่าพารามิเตอร์จะมีปัญหา ทำให้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีแนวโน้มว่าจะมีความเชื่อมั่นต่ำ มีงานวิจัยหลายเรื่องวิเคราะห์พหุระดับแต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ข้ามระดับเป็นเพราะว่าจำนวนหน่วยในแต่ละระดับไม่มีความเหมาะสม มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาเกี่ยวกับจำนวนหน่วยของแต่ละระดับ เช่น มอค (Mok. 1995 ; citing Heck; & Thomas. 2000) พบว่าจำนวนกลุ่มในระดับที่ 2 ควรจะมีมาก ๆ และอาจจะมีไม่กี่คนในแต่ละกลุ่ม แต่โดยรวมแล้วควรมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 1,200 คน จะช่วยให้การประมาณค่าความชันและจุดตัดมีความเหมาะสมและค่าที่แท้จริง (True value) บาสสิริ (Bassiri. 1988 ; citing Heck; & Thomas. 2000) ได้กำหนดขนาดของกลุ่มที่จะพบปฏิสัมพันธ์ข้ามระดับควรมีอย่างน้อย 30 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มมีกลุ่มตัวอย่าง 30 คน (N = 900) และหากมีกลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก ๆ เช่น 150 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มอาจจะมีกลุ่มตัวอย่างเพียง 5 คนก็ได้ (N = 750)

การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา เป็นการศึกษาอิทธิพลของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ขนาดตัวอย่าง และการแจกแจงของตัวแปรที่มีผลต่อการวิเคราะห์การถดถอย หรือการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ขนาดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น โดยศึกษาจากการจำลองข้อมูลเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีจุดเด่นตรงที่ผู้วิจัยสามารถคุมเงื่อนไขต่าง ๆ ได้ครอบคลุมสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสนใจ แต่มีจุดด้อยก็คือผลการวิเคราะห์จะมีความเที่ยงตรงบนเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่จำลองขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องและไม่เป็นไปตามธรรมชาติเมื่อเทียบกับการศึกษาจากข้อมูลจริงที่ให้สารสนเทศตามความเป็นจริง (Hox; & Mass. 2005; Zhang; & Willson. 2006) และนอกจากนี้จากผลการศึกษาของเทอฮอร์สท์ (Terhorst. 2007) พบว่าวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบความเป็นไปได้สูงสุดมีความลำเอียงน้อยที่สุดกว่าวิธีการประมาณค่าแบบอื่น ๆ ซึ่งวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบความเป็นไปได้สูงสุดในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับมีหลายวิธี แต่ละวิธีก็มีจุดเด่นจุดด้อยต่างกัน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเกี่ยวกับขนาดตัวอย่างทั้งในระดับที่หนึ่ง และระดับที่สอง การแจกแจงของตัวแปร ซึ่งยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญของการศึกษาด้านการวัดผลและทดสอบทางการศึกษาที่ต้องการวิจัยในลักษณะของข้อมูลพหุระดับ ที่จะต้องใช้จำนวนผู้เข้ารับการทดสอบ หรือผู้ตอบแบบสอบถามจำนวนเท่าใด ในแต่ละระดับการวิเคราะห์ จึงเป็นมูลเหตุให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาความเที่ยงตรงของผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)เพราะเป็นไปตามธรรมชาติให้สารสนเทศตามความเป็นจริง ด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์ 2 วิธีภายใต้เงื่อนไขเกี่ยวกับขนาดกลุ่มตัวอย่างในระดับที่หนึ่งที่ต่างกัน และเท่าเทียมกัน ขนาดกลุ่มตัวอย่างระดับที่ 2 ที่ต่างกัน โดยผู้วิจัยพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่า

สัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้ามระดับ โดยผลการศึกษาจะนำมาซึ่งประโยชน์ของการเลือกวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมพอเพียงและเกิดประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการศึกษาวิจัยในลักษณะดังกล่าวต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ สำหรับงานวิจัยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ภายใต้เงื่อนไขขนาดตัวอย่างของแต่ละระดับการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน โดยมุ่งตอบคำถามเฉพาะว่าวิธีวิเคราะห์ใด และจำนวนหน่วยตัวอย่างระดับที่สองและระดับที่หนึ่งเป็นเท่าใด

ความสำคัญของการวิจัย

1. ผลจากการศึกษาครั้งนี้มีความสำคัญต่อวงการการวัดและประเมินผลการศึกษาทั้งทางด้านวิชาการและด้านการปฏิบัติ เพราะการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละครั้งจะสะท้อนความรู้ความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินผลเป็นประโยชน์โดยตรงต่อนักเรียน เป็นประโยชน์ต่อครู และผู้บริหารการศึกษาในการวางแผนพัฒนาระบบการจัดการเรียนการสอน ถ้าผลการวิเคราะห์ข้อมูลไม่ถูกต้องไม่สะท้อนสาเหตุหรือปัจจัยที่แท้จริงจะทำให้การวางแผนในการพัฒนานักเรียนไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะโครงสร้างของข้อมูลทางการศึกษาที่มักเป็นข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นระดับลดหลั่น สอดแทรกกันอยู่โดยธรรมชาติ และมีหลายระดับ ซึ่งการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ เป็นการสะท้อนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แท้จริงว่ามีสาเหตุหรือปัจจัยใด เพื่อนำข้อมูลมาวางแผนในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตลอดจนเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนที่จะพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน และเป็นประโยชน์ต่อสถานศึกษาที่จะใช้ในการวางแผนจัดการศึกษา รองรับการประเมินคุณภาพการศึกษาของนักเรียนสำหรับการรับรองการประกันคุณภาพสถานศึกษา

2. ผลจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการเพิ่มพูนความรู้และได้แนวการปฏิบัติเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลสมการโครงสร้างพหุระดับโดยโปรแกรมเอ็มพลัส (Mplus) ที่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลแบบพหุระดับได้อย่างแท้จริง เพราะทดสอบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรครั้งเดียวทั้งแบบจำลองการประมาณค่าต่าง ๆ จึงเป็นการประมาณค่าที่อาศัยข้อมูลทั้งหมดในแบบจำลอง ผลการวิจัยจะเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ 2 วิธี คือวิธี FIML วิธี และวิธี RML ว่าวิธีใดมีความเหมาะสมกับข้อมูล ทั้งในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่งเท่ากันและไม่เท่ากัน ขนาดตัวอย่างระดับที่สองในขนาดต่าง ๆ

3. ผู้วิจัยทางด้านการศึกษา สังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์สามารถนำวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยของตนเอง ซึ่งเป็นองค์ความรู้ค่อนข้างใหม่ของวิธีวิทยาการวิจัย ยังไม่มีวิธีปฏิบัติที่ชัดเจน ในเรื่องของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ขนาดตัวอย่างที่น้อยที่สุดทั้งในระดับที่หนึ่ง และระดับที่สอง อันจะส่งผลให้งานวิจัยมีความเชื่อถือได้ ตรงตามข้อเท็จจริงสอดคล้องกับบริบทโครงสร้างของข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (MSEM) โดยใช้โปรแกรม เอ็มพลัส (Mplus) ที่สามารถวิเคราะห์เส้นทางแบบพหุระดับได้อย่างแท้จริง เพราะทดสอบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรครั้งเดียวของทั้งแบบจำลอง ไม่ใช่การวิเคราะห์ที่แยกส่วนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทีละตัวแปร แล้วจึงนำค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้มาใส่ทีละส่วน ซึ่งค่าประมาณที่ได้จะเป็นค่าประมาณที่อาศัยข้อมูลเพียงบางส่วนในแบบจำลอง

ขอบเขตของการวิจัย

1. การคัดเลือกข้อมูลครั้งนี้ เป็นการคัดเลือกข้อมูลที่มีความสอดคล้องกับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับสองระดับ คือระดับนักเรียนและระดับโรงเรียน โดยมีขอบเขตของประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือครูที่สอนคณิตศาสตร์ และนักเรียน

2. การสร้างโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามกรอบแนวคิดการวิจัย ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้แก่โมเดลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการเรียนคณิตศาสตร์ผู้วิจัยแยกศึกษาเป็นสองระดับ คือ ระดับนักเรียนและระดับโรงเรียน โดยระดับนักเรียนได้แก่ ปัจจัยโอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียนประกอบด้วย การสนับสนุนจากผู้ปกครอง แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนระดับโรงเรียน ได้แก่ ปัจจัยโอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียนประกอบด้วย การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การใช้สื่อการเรียนการสอน การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้

3. ตัวแปรในการวิจัยประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระมี 3 ตัวแปร คือ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในระดับที่สอง ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในระดับที่หนึ่ง ดังมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ 2 วิธี ดังนี้

3.1.1.1 Full Information Maximum Likelihood (FIML)

3.1.1.2 Robust Maximum Likelihood (RML)

3.1.2 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างระดับที่สอง (ข้อมูลระดับโรงเรียน)

3.1.2.1 จำนวนโรงเรียน 50 โรงเรียน

3.1.2.2 จำนวนโรงเรียน 30 โรงเรียน

3.1.2.3 จำนวนโรงเรียน 15 โรงเรียน

3.1.3 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง (ข้อมูลระดับนักเรียน)

3.1.3.1 จำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คนต่อโรงเรียน)

3.1.3.2 จำนวนนักเรียน 10 คน

3.1.3.3 จำนวนนักเรียน 5 คน

3.2 ตัวแปรตามได้แก่ ความเที่ยงตรงของการประมาณค่า ประกอบด้วยผลการวิเคราะห์

3.2.1 ค่าความเที่ยงตรงของน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading)

3.2.2 ค่าความเที่ยงตรงของสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient)

3.2.3 ค่าความเที่ยงตรงของสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (Cross level coefficients)

ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ทุติยภูมิ เลือกใช้โครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพราะมีความเหมาะสมเพียงพอในการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับตามเงื่อนไขของการวิจัย จากการวิเคราะห์รายละเอียดเบื้องต้นของตัวแปรพบว่าการแจกแจงของข้อมูลมีลักษณะเบ้ซ้าย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะไม่นำประเด็นการแจกแจงของตัวแปรมาพิจารณาในการแปลผลและสรุปผลการศึกษา จึงไม่มีการใช้สถิติในการปรับการแจกแจงให้เป็นโค้งปกติ เพราะต้องการศึกษาจากธรรมชาติของข้อมูลที่พบ เนื่องจากสภาพของงานวิจัยที่ศึกษาจากตัวแปรหลายตัว มักพบว่าตัวแปรบางตัวมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (Multilevel structural equation model)** หมายถึง โมเดลที่แสดงรูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร 2 ระดับ คือระดับนักเรียน (Student level) และระดับโรงเรียน (School level) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติที่เกิดจากการบูรณาการแนวคิดของการวิเคราะห์สมการโครงสร้างเชิงสาเหตุกับการวิเคราะห์พหุระดับสำหรับศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรทำนายหลายระดับกับตัวแปรตาม

2. **ความเที่ยงตรงในการประมาณค่า** (Validity of Estimation) หมายถึง ความสอดคล้องระหว่าง ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ สัมประสิทธิ์เส้นทาง และสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของผลการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขของการวิจัยกับค่าการวิเคราะห์จากประชากร ซึ่งประกอบด้วย

2.1 **ความเที่ยงตรงของค่าน้ำหนักองค์ประกอบ** (Factor Loading) หมายถึง ความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ระหว่างการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขของการวิจัยกับค่าการวิเคราะห์จากประชากร โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที

2.2 **ความเที่ยงตรงของค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง** (Path Coefficient) หมายถึง ความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง ระหว่างการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขของการวิจัยกับค่าการวิเคราะห์จากประชากร โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที

2.3 **ความเที่ยงตรงของสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ** (Cross level coefficients) หมายถึง ความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ระหว่างการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขของการวิจัยกับค่าการวิเคราะห์จากประชากร โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที

3. **การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี** Full Information Maximum Likelihood (FIML) หมายถึง การประมาณค่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุพหุระดับแบบใช้ข้อมูลเต็ม ซึ่งประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดในการประมาณค่า

4. **การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี** Robust Maximum Likelihood (RML) หมายถึง การประมาณค่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุพหุระดับแบบใช้ข้อมูลบางส่วน ซึ่งประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดในการประมาณค่า

5. **ขนาดกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง**(sample of the level 1) หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ให้ข้อมูลในการตอบแบบทดสอบในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดการสุ่มขนาดตัวอย่างตามระดับของข้อมูลคือตัวอย่างระดับบุคคลแบ่งเป็น 3 ขนาดคือจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) โรงเรียนละ 10 คน และโรงเรียนละ 5 คน

6. **ขนาดกลุ่มตัวอย่างระดับที่สอง** (sample of the level 2) หมายถึง จำนวนโรงเรียนที่ให้ข้อมูล ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดการสุ่มขนาดตัวอย่างตามระดับของข้อมูลคือระดับกลุ่มแบ่งเป็น 3 ขนาดคือ 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษารายงานการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel analysis) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทำนายหลายระดับที่มีต่อตัวแปรตามที่สนใจ โดยคำนึงถึงโครงสร้างที่เป็นระดับลดหลั่นของข้อมูล ให้ความสำคัญต่อความผันแปรของตัวแปรภายในระดับและต่างระดับ จึงทำให้สามารถทำนายหรืออธิบายตัวแปรตามได้อย่างครอบคลุมและลึกซึ้งกว่าการวิเคราะห์แบบประเพณีนิยมที่ใช้กัน แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์พหุระดับทั่วไปมักเป็นการศึกษาที่เป็นลักษณะเหมือนการวิเคราะห์การถดถอยทั่วไปคือการวิเคราะห์ในเชิงทำนายตัวแปรตาม ยังไม่ได้ให้ความสนใจต่อโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร ส่วนการวิเคราะห์เชิงสาเหตุ (Causal analysis) หรือการวิเคราะห์เส้นทาง (Path analysis) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้ศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์เกี่ยวข้องเชื่อมโยงเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร ทั้งอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรทำนาย ที่เป็นตัวแปรเหตุ ที่ส่งผลต่อตัวแปรตามที่เป็นตัวแปรผล โดยถือว่าตัวแปรอยู่ในระดับเดียวกันทั้งหมด จึงยังไม่ได้ให้ความสนใจต่อโครงสร้างตามธรรมชาติของข้อมูลที่เป็นระดับลดหลั่นกัน ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นนักวิจัยจึงพยายามที่จะรวมเทคนิคการวิเคราะห์ทั้งสองเข้าด้วยกัน

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (Multilevel structural equation modeling) หรือการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (Multilevel causal analysis) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ขั้นสูงที่บูรณาการแนวคิดของการวิเคราะห์เชิงสาเหตุและการวิเคราะห์พหุระดับเข้าด้วยกัน ซึ่งถือว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยของศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับเทคนิคการประมาณค่าพารามิเตอร์และขนาดตัวอย่างที่แตกต่างกันซึ่งจะกล่าวในแต่ละประเด็นดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับจะใช้วิธีการประมาณค่าทางสถิติที่อาศัยความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood estimation) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมและให้ค่าสถิติที่เที่ยงตรงและน่าเชื่อถือมากกว่าการประมาณค่าแบบอาศัยผลต่างกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinal least squares estimation) ที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยทั่วไป และการประมาณค่าโดยวิธี Maximum Likelihool (ML) จะมีความถูกต้องแม่นยำกว่าวิธี Generalized Least Squares (GLS) (Busing,1993 ; Van der leeden & Busing,1994)

มิวเธ็น (Muthén.1990) ได้พัฒนาวิธีการประมาณค่าแบบ MUML ที่สามารถประมาณค่าสถิติโดยการวิเคราะห์เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มได้พร้อม ๆ กัน วิธีการประมาณค่าแบบ MUML เป็นการประมาณค่าแบบอาศัยความน่าจะเป็นสูงสุดที่ใช้ข้อมูลแบบจำกัด (Limited Maximum Likelihood:LIML) ที่มีข้อดีกว่าวิธีการประมาณค่าแบบ FIML ตรงที่

สามารถคำนวณได้ง่ายกว่าและใช้เวลาน้อยกว่า แต่ให้ค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับการประมาณค่าแบบ FIML และเมื่อหน่วยตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากัน (Balanced group) การประมาณค่าแบบ MUML จะค่าประมาณที่เหมือนกันกับการประมาณค่าแบบ FIML อย่างไรก็ตาม การประมาณค่าแบบ MUML ก็มีข้อจำกัดเหมือนกับการประมาณค่าแบบ ML ทั่วไปก็คือการได้รับผลกระทบจากการแจกแจงของตัวแปรที่ไม่เป็นโค้งปกติ (Normality) และมีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลหรือค่าสัมประสิทธิ์ความชันแบบสุ่ม (Random slopes) ที่ให้มีค่าแตกต่างกันไปตามแต่ละกลุ่มได้ ต่อมามิวเธ็นได้พัฒนาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Robust Maximum Likelihood (RML) เป็นการประมาณค่าที่ให้ค่าไค-สแควร์ (Chi-squre) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ที่มีความทนทาน (Robust) ต่อการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normality assumption) ซึ่งแต่ละวิธีเหมาะสมกับเงื่อนไขในการวิเคราะห์ต่างกัน มีจุดเด่นต่างกันดังกล่าวข้างต้น

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีไลค์ลิฮู้ดสุงสุด 2 วิธี คือ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และ Robust Maximum Likelihood (RML) มาใช้ในการประมาณค่าโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับเพื่อพิจารณาวิวิธีการประมาณค่าใดประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ถูกต้อง

2. ขนาดกลุ่มตัวอย่าง การศึกษาวิจัยกับข้อมูลที่มีลักษณะสอดแทรกเป็นระดับลดหลั่นแต่เดิมไม่มีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่แน่นอนไว้ นักวิจัยมักใช้การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบปกติระดับเดียว (Single level) จึงเกิดคำถามขึ้นว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์พหุระดับเหมือนหรือต่างจากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับเดียว และควรให้ความสำคัญกับหน่วยการวิเคราะห์ในระดับใดมากกว่ากัน จากการศึกษาของ ฮอก และแมส (Hox; & Mass. 2004,2005) อาฟชาร์เทาส์ และ ลียู (Afshartous; & Leeuw. 2005) สนิจเดอส์ และ บอสเคอ (Snijders; & Bosker. 1999) ได้ข้อค้นพบที่สอดคล้องกันว่าควรให้ความสนใจต่อขนาดกลุ่มตัวอย่างในระดับการวิเคราะห์สูงที่สุด (group-level sample size; level-2) มากกว่าระดับที่ต่ำที่สุด (level-1) เพราะจะเป็นการลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่าพารามิเตอร์ นอกจากนี้จากผลการศึกษาของ สนิจเดอส์ และ บอสเคอ (Snijders; & Bosker. 1999) พบว่าได้มีข้อเสนอเกี่ยวกับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มระดับสูงที่สุดของการวิเคราะห์ควรมีจำนวนมากกว่า 10 กลุ่มขึ้นไป ส่วนจากการศึกษาของ ฮอก และแมส (Hox; & Mass. 2004,2005) มีความเห็นว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างระดับกลุ่มที่สูงสุดของการวิเคราะห์ควรจะมีขนาดที่มากกว่าหรือเท่ากับ 30 กลุ่มขึ้นไป และสมาชิกในแต่ละกลุ่มย่อยควรจะมีอย่างน้อย 30 คนขึ้นไปด้วยเช่นกัน จึงจะทำให้การประมาณค่ามีความแม่นยำ

สำหรับขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลพหุตัวแปร (Multivariate analysis) ในการวิเคราะห์ที่มีตัวแปรตามหลายตัวพร้อมกันในโมเดลเดียวกัน มีความจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เพื่อให้ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบพหุตัวแปร แฮร์ อเนอเดอสัน และแบล็ค (Hair ; Anerderson ; & Black. 2006). แนะนำว่า ถ้าการวิเคราะห์ข้อมูลพหุตัวแปรที่ใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการสร้างฟังก์ชันความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihool) ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่ควรต่ำกว่า 100 จึงจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ ลินเดแมน เมเรนดา และโกล์ด (Lindeman; Merenda; & Gold. 1990) เสนอแนะว่า การวิเคราะห์ข้อมูลพหุตัวแปร ควรมีจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ (หรือตัวแปร) ที่ต้องการประมาณค่า

ในส่วนของขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ เพื่อให้การประมาณค่ามีความเชื่อมั่นสูง มีนักวิชาการหลายท่านได้กำหนดเกณฑ์ในการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างว่ามีขนาดใหญ่หรือเล็กไว้หลายเกณฑ์ด้วยกัน เช่นคอมเรย์ และ ลี (Tabachnick; & Fidell. 2001 citing Comrey; & Lee. 1992) กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างไว้ 6 ระดับ ได้แก่ 50 หน่วย 100 หน่วย 200 หน่วย 300 หน่วย 500 หน่วยและ 1,000 หน่วย ในขณะที่นักวิชาการอีกกลุ่มนึ่งแนะนำให้ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 100 หน่วย (Bollen. 1989; citing Gerbing; & Anderson. 1984 ; & Boomsma. 1983) และหากต้องการความมั่นใจในการทดสอบมากขึ้นควรใช้กลุ่มตัวอย่าง 300 หน่วยขึ้นไป (Tabachnick; & Fidell. 2001) สอดคล้องกับ แฮร์ และคณะ (Hair, et al. 1995) ที่แนะนำขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมไว้ที่ 200 – 300 หน่วย และถ้าต้องการให้ผลการวิเคราะห์สมการโครงสร้างพหุระดับมีความชัดเจนและแม่นยำควรกำหนดให้ตัวแปรระดับกลุ่มมีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่น้อยกว่า 100 หน่วย (Hox & Mass. 2001)

ในงานวิจัยที่ผ่านมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการกำหนดขนาดตัวอย่างในการวิจัยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับอย่างหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนะนำให้ใช้ขนาดตัวอย่างระดับที่ 2 จำนวนมาก แต่เมื่อสำรวจจำนวนประชากรหรือกลุ่มตัวอย่างในบริบทโครงสร้างทางการศึกษา และทางสังคมของประเทศไทย ถ้าจะทำวิจัยในระดับอำเภอ หรือแม้แต่ระดับจังหวัด/ระดับเขตพื้นที่การศึกษาก็ยังมีกลุ่มเป้าหมายไม่มากนักทั้งในระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ในการวิจัยนี้จะศึกษาขนาดตัวอย่างที่เพียงพอในงานวิจัยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ เพราะจะทำให้การกำหนดกรอบเกี่ยวกับขนาดตัวอย่างในการวิเคราะห์ข้อมูลสอดคล้องกับธรรมชาติของข้อมูล

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยดังนี้

2.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่างระดับที่สอง(ระดับโรงเรียน) ผู้วิจัยเลือกใช้ 3 ขนาด คือ 15 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 50 โรงเรียน เพื่อศึกษาว่าควรจะใช้จำนวนโรงเรียนเท่าไรจึงจะเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

2.2 ขนาดกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง(ระดับนักเรียน) ผู้วิจัยเลือกใช้ 3 ขนาด คือ จำนวนโรงเรียนละ 5 คน จำนวนโรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน เพื่อศึกษาว่าควรจะใช้นักเรียนแต่ละโรงเรียนจำนวนเท่าไรจึงจะเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

3. ตัวแปรตาม คือตัวแปรที่สะท้อนถึงความเที่ยงตรงในการประมาณค่าตามแต่ละเงื่อนไขของการวิจัย พิจารณาได้จากความสอดคล้องระหว่างผลการวิเคราะห์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของผลการวิเคราะห์แต่ละเงื่อนไขของการวิจัย (สุ่มเงื่อนไขละ 30 ครั้ง) กับผลการวิเคราะห์จากประชากร (294 โรงเรียน)

สมมติฐานในการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) เมื่อจำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละโรงเรียนเท่ากันจะให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน ส่วนในกรณีขนาดตัวอย่างแต่ละโรงเรียนไม่เท่ากัน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยแบบ RML จะให้ผลการวิเคราะห์ดีกว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML

สมมติฐานที่ 2 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับในระดับที่สอง(ระดับโรงเรียน) เท่ากับหรือน้อยกว่า 50 โรงเรียน (กลุ่ม) ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยเท่ากับ 15 กลุ่ม มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง

สมมติฐานที่ 3 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับในระดับที่หนึ่ง(ระดับนักเรียน) น้อยกว่า 30 หน่วยต่อโรงเรียน (กลุ่ม) ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยโรงเรียนละ 5 คน มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์พหุระดับ
2. แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง
3. พัฒนาการของเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ
4. การประมาณค่าพารามิเตอร์
5. ค่าสถิติจากการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ
6. ขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์พหุระดับ

หลักสำคัญที่จะทำให้เกิดความก้าวหน้าในการวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการศึกษาของโรงเรียน การบริหารขององค์กรจำเป็นต้องมีการพัฒนาโมเดลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความเหมาะสมกับโครงสร้างของระบบการจัดการศึกษา องค์กรที่ส่วนใหญ่มีลักษณะข้อมูลเป็นแบบพหุระดับ ผู้วิจัยนำเสนอแนวคิดของการวิเคราะห์พหุระดับโดยเริ่มจากความเป็นมาของการวิเคราะห์พหุระดับ โครงสร้างของข้อมูล ลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรพหุระดับ และหลักการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 ความเป็นมาของการวิเคราะห์พหุระดับ

ผลจากการวิจัยเรื่อง “The Equality of Educational Opportunity” โดย James Coleman และคณะในปี 1966 ที่ได้ทำการสำรวจอิทธิพลของโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยและการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการวิจัยพบว่าอิทธิพลของโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าต่ำมาก ซึ่งให้ผลการวิจัยไม่ตรงกับข้อเท็จจริง และจากการวิจัยครั้งนี้นำไปสู่การวิจัยซ้ำโดยใช้ข้อมูลเดิม ทำให้เห็นจุดอ่อนของสถิติวิเคราะห์แบบดั้งเดิม เนื่องจากการวิเคราะห์ถดถอยเมื่อนำมาวิเคราะห์กับข้อมูลหลายระดับตัวแปรที่วัดในระดับสูงกว่าจะมีความแปรปรวนน้อยลงและให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยต่ำกว่าความเป็นจริง งานวิจัยดังกล่าวเป็นการจุดประกายแนวคิดให้นักวิจัยต่าง ๆ เริ่มทำการวิจัยเกี่ยวกับข้อมูลที่มีลักษณะลดหลั่นมากขึ้น (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2535) เช่นในปี ค.ศ. 1976 L.Burstein และ R.L.Hannan ได้ร่วมกันเป็นเจ้าภาพจัดประชุมเกี่ยวกับปัญหาของการวิจัยทางการศึกษา โดยนักสังคมศาสตร์และ

นักวิจัยทางการศึกษาที่เข้าร่วมประชุมได้เสนอประเด็นเกี่ยวกับปัญหาของการใช้สถิติแบบดั่งเดิมในการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีลักษณะลดหลั่นและความเหมาะสมของการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับ ทั้งนี้ Cronbach ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง “Research on Classroom and School : Formulation of question, Design and Analysis”. Cronbach (1976) กล่าวว่า ปัญหาการใช้สถิติแบบดั่งเดิมในการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับ ทำให้เกิดข้อผิดพลาดต่าง ๆ หลายประการเช่น ความผิดพลาดในการตีความผลการวิเคราะห์จากสถิติแบบดั่งเดิม และนอกจากนี้ Cronbach ยังเสนอแนวคิดในการแบ่งอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาออกเป็นอิทธิพลภายในกลุ่มและอิทธิพลระหว่างกลุ่ม ต่อมา เบอร์สไทน์ และคณะ (Burstein, et al. 1978) ได้นำเสนอวิธีวิเคราะห์ คือเทคนิคการใช้ความชันเป็นผลลัพธ์หรือเป็นตัวแปรตาม (slope as outcomes) เป็นครั้งแรกซึ่งเป็นเทคนิคการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวิเคราะห์พหุระดับแบบกำลังสองน้อยที่สุดแบ่งสองสมการ (OLS separate equation approach) และต่อมาเป็นเทคนิคหรือแนวคิดที่ใช้พัฒนาให้มีการวิเคราะห์พหุระดับแบบอื่น ๆ ต่อไป

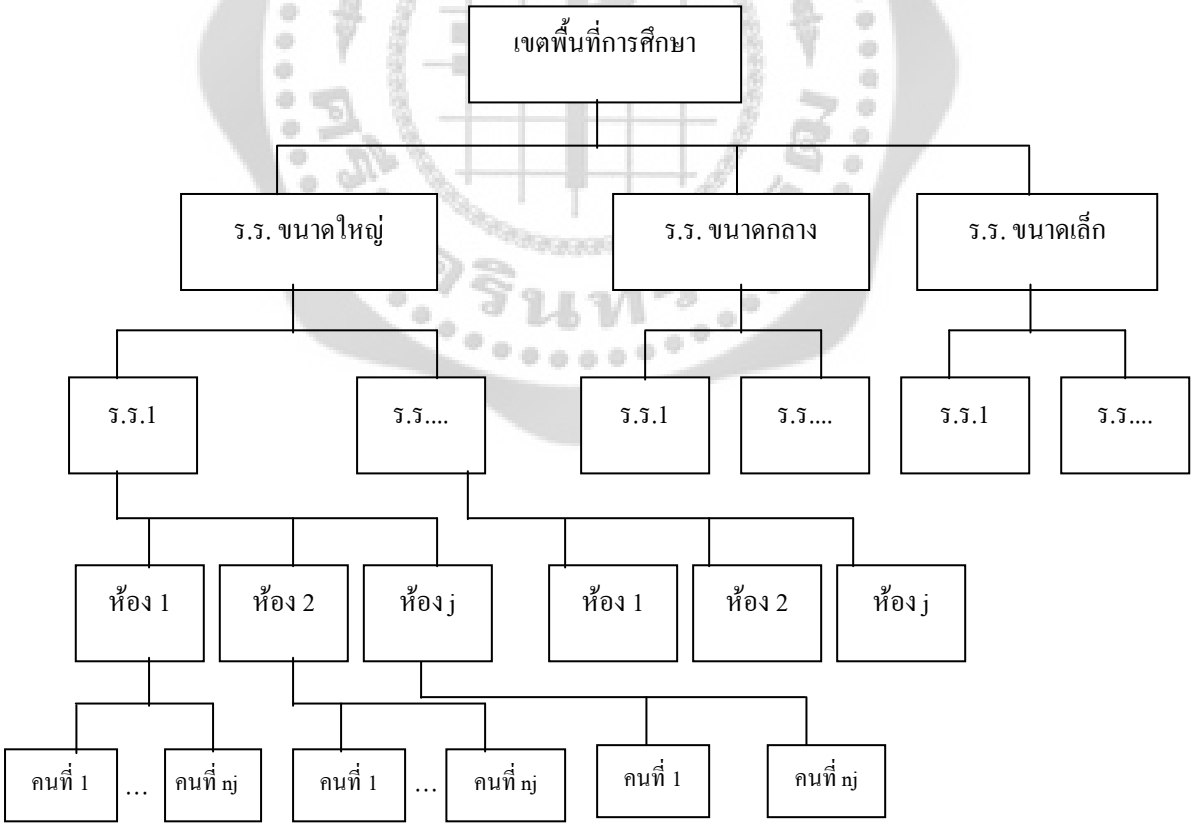
ในสหรัฐอเมริกามีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์พหุระดับอย่างจริงจังเมื่อหน่วยงานทางการศึกษาของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมกันศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นกับหน่วยงานการศึกษาของสหรัฐอเมริกา เช่น การออกกลางคัน หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่ำเป็นต้น (Bock. 1989) การศึกษาครั้งนั้นใช้นักเรียนในหลายโรงเรียนเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ซึ่งผู้วิจัยตระหนักแล้วว่าข้อมูลที่ได้มีลักษณะเป็นระดับลดหลั่น คือ มีทั้งระดับนักเรียน ระดับชั้นเรียนหรือระดับโรงเรียน เป็นต้น หากใช้การวิเคราะห์ที่ใช้กันอยู่ในขณะนั้น เช่น การวิเคราะห์การถดถอย ย่อมจะให้ผลการศึกษาที่ไม่ถูกต้องแต่ก็ยังไม่มีวิธีการทางสถิติที่จะแก้ปัญหานี้ได้ ดังนั้นจึงเริ่มมีการประชุมสัมมนาเพื่อหาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ผลจากความพยายามดังกล่าวปรากฏเป็นเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับหลายแบบ

เทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับที่พัฒนาขึ้นในระยะเวลาที่ผ่านมามีหลายวิธีที่สำคัญ ได้แก่ วิธีการประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวน (Analysis of variance component estimation) วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS single equation approach) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบแบ่งสองสมการ (OLS separate equation approach) วิธีการประมาณค่าความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood) และ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการของเบย์ (Bayesian estimation) นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พหุระดับได้ เช่น โปรแกรม GENMOD พัฒนาโดย Manson, Anderson และ Hayat (1988), โปรแกรม VARCL พัฒนาโดย Longford (1988), โปรแกรม ML2 พัฒนาโดย Rabash, Prosser และ Goldstien (1989), โปรแกรม HLM

พัฒนาโดย Raudenbush, Bryk, Cheong และ Congdon (2002) โปรแกรม Mplus พัฒนาโดย Muthén (1998-2004) เป็นต้น

1.2 โครงสร้างของข้อมูล

งานวิจัยทางสังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ และการศึกษา ส่วนใหญ่พบว่าข้อมูลมีหลายระดับและสอดแทรกกันอยู่ เช่น นักเรียนจะถูกสอนร่วมกันเป็นชั้นเรียน ภายในโรงเรียน ซึ่งโรงเรียนก็จะอยู่ในแต่ละสังกัดหรืออำเภอที่แตกต่างกันไป ข้อมูลทางการศึกษาจึงมักเป็นข้อมูลที่มีหลายระดับ (Multi-level data) สอดแทรกกันอยู่ (Hierarchical nested data) ทั้งนี้เพราะระบบทางการศึกษาเป็นระบบที่มีความซ้ำซ้อน การบริหารงานมีโครงสร้างเป็นหน่วยที่ซ้อนกันเป็นลำดับชั้น โดยหน่วยที่อยู่ระดับล่างสุดจะได้รับอิทธิพลร่วมกันจากตัวแปรที่อยู่ในระดับที่สูงกว่า (Cronbach, 1976; Burstein, 1978: Goldstien, 1987; Aitkin; Raudenbushและ Bryk,2002) เช่น หากหน่วยที่เล็กที่สุดทางการศึกษาคือนักเรียน เมื่อนักเรียนหลาย ๆ คนร่วมเรียนในห้องเดียวกันก็จะเป็นระดับของชั้นเรียน หากมีหลาย ๆ ชั้นเรียนก็เป็นระดับโรงเรียน และเมื่อมีโรงเรียนหลาย ๆ โรงเรียนก็จะรวมกลุ่มกันเป็นระดับของสังกัดที่โรงเรียนนั้นร่วมกันอยู่ เป็นต้น โดยสามารถเขียนโครงสร้างเป็นภาพประกอบดังนี้



ภาพประกอบ 1 ลักษณะโครงสร้างของข้อมูลในการวิเคราะห์พหุระดับ

1.3 ลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรพหุระดับ

โดยทั่วไปจะพบว่า ตัวแปรมีความสัมพันธ์ต่อกันทั้งระหว่างตัวแปรที่อยู่ระดับเดียวกันและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้ามระดับ (Cross-level relationship) ตัวแปรที่อยู่ระดับสูงกว่า (Higher level variable) มีแนวโน้มที่จะส่งผลทางตรงหรือทางอ้อมต่อตัวแปรที่อยู่ระดับต่ำกว่า (Lower level variable) ในการส่งผลอาจส่งต่อกันเป็นทอด ๆ สู่ตัวแปรระดับหน่วยย่อยลงไปอีก ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้ามระดับมีหลายลักษณะดังนี้

1.3.1 ความสัมพันธ์เชิงบริบท คือ ตัวแปรที่อยู่ระดับสูงกว่าอาจส่งผลหรือมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่อยู่ระดับต่ำกว่าในรูปของความสัมพันธ์เชิงสภาวะแวดล้อม โดยตัวแปรระดับสูงสร้างสภาวะครอบคลุมและส่งผลเชิงบริบท (Contextual effects) สู่ตัวแปรระดับล่าง

1.3.2 ความสัมพันธ์เชิงตัวแบบ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อยู่ระดับสูงกว่ากับตัวแปรที่อยู่ระดับต่ำกว่า อาจอยู่ในลักษณะของการสะท้อนภาพจากตัวแบบ โดยตัวแปรระดับบนสร้างสภาวะตัวแบบแล้วสะท้อนภาพลงมายังตัวแปรระดับล่าง (Mirror effects)

1.3.3 ความสัมพันธ์เชิงถ่ายโยง คือ ความสัมพันธ์ที่ตัวแปรระดับบนจำนวนหนึ่งอาจเป็นตัวแปรเชิงนโยบาย ซึ่งเสมือนเป็นการกำหนดแนวทางมาตรฐาน หรือสิ่งที่หวังไว้อย่างชัดเจน ตัวแปรระดับบนลักษณะนี้ย่อมสร้างเงื่อนไขหรือสภาวะแรงกระตุ้น ถ่ายโยงสู่ปฏิบัติการของตัวแปรระดับล่าง เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่พึงปรารถนาร่วมกัน

1.3.4 ความสัมพันธ์เชิงจูงใจ คือ ความสัมพันธ์ที่ตัวแปรระดับสูงอาจส่งผลหรือความสัมพันธ์กับตัวแปรที่อยู่ระดับต่ำกว่า โดยผ่านการสนับสนุนในรูปของการสร้างแรงจูงใจ

1.4 หลักการวิเคราะห์

เนื่องจากข้อมูลทางการศึกษาเป็นข้อมูลหลายระดับที่สอดแทรกลดหลั่นกัน การวิเคราะห์ ข้อมูลต้องทราบค่าความแปรปรวนของตัวแปรในระดับต่าง ๆ ว่าแต่ละส่วนแตกต่างกันอย่างไรตามระดับของข้อมูล หรือมีความแปรปรวนจากความแตกต่างระหว่างระดับนักเรียน ชั้นเรียน โรงเรียนหรือไม่ เพียงใด ซึ่งตัวแปรที่วัดได้ในระดับนักเรียนมีสามารถแยก ส่วนประกอบความแปรปรวนได้ตามระดับที่ลดหลั่นกัน เช่น หากทำการศึกษาสามระดับ ก็สามารถแยกศึกษาความแปรปรวนได้ตั้งแต่ระดับนักเรียน ระดับห้องเรียน และระดับโรงเรียน สามารถแสดงเป็น สมการส่วนประกอบความแปรปรวนได้ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2535; ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550)

$$\sigma^2_Y = \sigma^2_{pupil} + \sigma^2_{class} + \sigma^2_{school} \quad \text{.....[2-1]}$$

เมื่อ σ^2_Y แทน ความแปรปรวนของตัวแปรตาม

σ^2_{pupil} แทน ความแปรปรวนระหว่างนักเรียนภายในห้องเรียน

σ^2_{class} แทน ความแปรปรวนระหว่างห้องเรียนภายในโรงเรียน

σ^2_{school} แทน ความแปรปรวนระหว่างโรงเรียน

ดังนั้นในการวิจัยทางการศึกษา ผู้วิจัยจึงควรให้ความสำคัญกับการประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนที่มีอยู่ในแต่ละระดับของข้อมูล ซึ่งวิธีการประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนสามารถคำนวณหาได้ด้วยวิธีการหลัก 4 วิธี (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550)

1) การใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยการเลือกโมเดลที่มีความเหมาะสมกับโครงสร้างของแหล่งความแปรปรวนของข้อมูลเพื่อคำนวณค่าคาดหมายของกำลังสองเฉลี่ย (Expected mean square) ของแต่ละแหล่งความแปรปรวน จากนั้นจึงหาค่าความแปรปรวนของแต่ละส่วนที่ต้องการศึกษา

2) การใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood estimation) เพื่อประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนแต่ละส่วนที่มีความเป็นไปได้สูงสุด

3) การใช้วิธีกำลังสองที่ไม่ลำเอียงสูงสุด (Minimum norm quadratic unbiased estimation) เพื่อประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนแต่ละส่วนที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด

4) การใช้วิธีการของเบย์ (Bayesian estimation)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์พหุระดับ โดยการใช้ความชันเป็นผลลัพธ์ หรือตัวแปรตาม (Slope as outcome) มีหลักในการวิเคราะห์คือ การตรวจสอบหรือพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในชั้นเรียน/โรงเรียนโดยการใช้เทคนิคกำลังสองน้อยที่สุดซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์คือ

1) ตัวแปรอิสระในแต่ละระดับต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด

2) ในแต่ละระดับของตัวแปรที่นำมาศึกษาค่าของตัวแปรตาม (Y) มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติในแต่ละค่าของตัวแปรอิสระ (X) โดยมีค่าความแปรปรวนเท่ากันในทุกค่าของตัวแปรอิสระด้วย แต่ความแปรปรวนที่อยู่ต่างระดับกันไม่จำเป็นต้องเท่ากัน หากว่าเราศึกษาตัวแปรที่สามารถแบ่งได้เป็นสองระดับ ได้แก่ระดับนักเรียน และระดับชั้นเรียน จะสามารถวิเคราะห์ถดถอยตัวแปรระดับชั้นเรียน

เป็นระดับมหภาค (Macro level) และตัวแปรระดับนักเรียนเป็นระดับจุลภาค (Micro level) สามารถแสดงโมเดลรูปแบบการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ระดับนักเรียน (Micro level analysis)เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามระดับนักเรียน (Y_{ij})กับตัวแปรอิสระระดับนักเรียน (X_{ij}) โดยแยกวิเคราะห์ถดถอยในแต่ละชั้นเรียนได้ดังสมการ

$$Y_{ij} = b_{oj} + b_{ij}X_{ij} + e_{ij} \qquad \text{.....[2-2]}$$

เมื่อ

Y_{ij} แทน ตัวแปรตามระดับนักเรียน เช่นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนคนที่ i ชั้นที่ j

X_{ij} แทน ตัวแปรอิสระระดับนักเรียน เช่นเจตคติต่อการเรียนของนักเรียนคนที่ i ชั้นที่ j

b_{0j} แทน จุดตัดแกน (Intercept) ของตัวแปรระดับนักเรียน ในชั้นที่ j (j = 1, 2, …m)

b_{ij} แทน ค่าความชันของการถดถอย (Regression slope) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของ X_{ij} และ Y_{ij} ในชั้นที่ j

e_{ij} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย Y_{ij} ในระดับนักเรียน โดยที่ $e \sim N(0, \sigma^2)$

โดยที่ห้องเรียนแต่ละห้องเป็นอิสระต่อกันจากนั้นจึงใช้ b_{0j} และ b_{ij} ของแต่ละชั้นเป็นตัวแปรตามสำหรับการวิเคราะห์ในระดับชั้นเรียนต่อไปและกำหนดให้ทั้งสองค่าเป็นอิทธิพลกำหนด (fixed effect) นั่นคือให้มีค่าคงที่ภายในแต่ละห้องเรียนและไม่มีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าระหว่างห้องเรียน

2. การวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน (Macro level analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน (Z_j) กับตัวแปร b_{oj} และ b_{ij} ที่นำมาจากการวิเคราะห์ระดับนักเรียน โดยการวิเคราะห์ถดถอยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$b_{oj} = \gamma_{00} + \gamma_{01} Z_j + u_{0j}$$
$$b_{ij} = \gamma_{10} + \gamma_{11} Z_j + u_{ij} \qquad \text{.....[2-3]}$$

เมื่อ

Z_j แทน ตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน เช่น ประสบการณ์การสอนของครูผู้สอนในชั้นเรียนที่ j

γ_{00} แทน จุดตัดแกน (Intercept) ของ b_{oj}

γ_{01} แทน ค่าความชัน (Slope) ที่แสดงอิทธิพลของ Z_j ต่อ b_{oj}

u_{0j} ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย Y_{ij} ระดับชั้นเรียนโดยที่ $e \sim N(0,\sigma^2)$ และห้องเรียนแต่ละห้องเป็นอิสระต่อกัน

γ_{10} แทน จุดตัดแกน (Intercept) ของ b_{ij}

γ_{11} แทน ค่าความชัน (Slope) ที่แสดงความสัมพันธ์ของ Z_j ต่อ b_{ij} ในชั้นที่ j

u_{ij} ค่าความคลาดเคลื่อนระดับชั้นเรียนในการทำนาย b_{ij} ห้องเรียนที่ j

อย่างไรก็ตามการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการดังกล่าวก็ยังมีความไม่สมบูรณ์มากนัก เพราะยังมีข้อจำกัดคือ หากกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษามีขนาดเล็กแล้ว จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับนักเรียน (Micro level analysis) มีค่าต่ำ จะทำให้ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มมีค่ามากอันจะทำให้ความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน (Macro level analysis) มีค่าน้อยลงตามไปด้วย นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรระดับนักเรียนที่ได้จะต้องมีความแปรปรวนเท่ากันในแต่ละค่าของตัวแปรระดับชั้นเรียน ถ้าไม่เป็นไปตามนั้นอาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นเรียนมีค่าต่ำลง และที่สำคัญเทคนิคกำลังสองน้อยที่สุดแบบแบ่งสองสมการ (OLS separate equation approach) ก็มีข้อด้อยด้านความไม่เหมาะสมของโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ความยุ่งยากในการเตรียมแฟ้มข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ และไม่สามารถตรวจสอบนัยสำคัญความแปรปรวนของตัวแปรที่ศึกษาก่อนการวิเคราะห์ในแต่ละระดับได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550; Raudenbush; & Bryk. 2002)

แนวคิดในการวิเคราะห์พหุระดับดังที่ได้นำเสนอมามีปัญหาและความไม่เหมาะสมหลายประการ ในปี ค.ศ.1986 Raudenbush; & Bryk (1992, 2002) ได้เสนอเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (Hierarchical Linear Model: HLM) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่พัฒนามาจากสถิติหลายชนิดด้วยกัน เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม (mixed – model ANOVA) การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การถดถอยแบบสุ่ม (Regression with random coefficients) การประมาณค่าด้วยวิธีการของเบย์ (Bayesian estimation) โดยมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปมาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับด้วยเทคนิคเอชแอลเอ็มมุ่งศึกษาอิทธิพลของชุดตัวแปรอิสระในแต่ละระดับที่มีต่อตัวแปรตามเท่านั้น โดยมองว่าชุดของตัวแปรอิสระในแต่ละระดับเป็นอิสระจากกัน แต่ในความเป็นจริงแล้วตัวแปรอิสระย่อมมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ทำให้นักสถิติและนักวิจัยพัฒนาแนวคิดการวิเคราะห์พหุระดับร่วมกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรให้เหมาะสมกับโครงสร้างของข้อมูลและธรรมชาติของตัวแปรต่อไป

2.แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง

โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling : SEM) มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น โมเดลโครงสร้างความแปรปรวนร่วม (Covariance structure analysis) หรือโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น (LISREL model) เป็นโมเดลที่สร้างขึ้นมาจากทฤษฎีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรแฝงด้วยกันรวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ (Diamantopoulos; & Siguaw. 2000) โมเดลนี้เป็นผลจากการสังเคราะห์วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญสามวิธี คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) การวิเคราะห์อิทธิพล (Path analysis) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอย (Bollen, 1989 อ้างถึงในนงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542) โมเดลสมการโครงสร้างประกอบด้วยโมเดลย่อยสองโมเดลคือโมเดลการวัด (Measurement model) และโมเดลโครงสร้าง (Structural model) (Diamantopoulos; & Siguaw, 2000)

โมเดลการวัด (Measurement model) เป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ว่ามีความสอดคล้องกันเพียงใด โมเดลการวัดแบ่งออกเป็นสองโมเดลคือ โมเดลการวัดตัวแปรภายนอก และโมเดลการวัดตัวแปรภายใน โดยตัวแปรภายนอก (Exogenous variables) หมายถึงตัวแปรที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอื่นในโมเดล ส่วนตัวแปรภายใน (Endogenous variables) หมายถึง ตัวแปรที่ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งในโมเดล

โมเดลโครงสร้าง (Structural model) เป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงหลาย ๆ ตัว และตัวแปรสังเกตได้ที่ปราศจากความคลาดเคลื่อนในการวัด (Unexplain variance)

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบ่งการวิเคราะห์เป็น 6 ขั้นตอน คือ ขั้นแรก การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (specification of the model) ขั้นที่สอง การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (Identification of the model) ขั้นที่สาม การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล (Parameter estimation from the model) ขั้นที่สี่ การทดสอบความกลมกลืนหรือความสอดคล้อง (Goodnees of fit test) ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดล (Model validation) โดยใช้การเปรียบเทียบเมทริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์และจากโมเดลสมการโครงสร้าง ขั้นที่ห้า การปรับโมเดล (Model adjustment) และขั้นที่หกการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างมีข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

1) ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดในโมเดลเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear) แบบบวก (Additive) และเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Casual relationship)

2) ลักษณะการแจกแจงของตัวแปรทั้งตัวแปรภายนอก ตัวแปรภายใน และความคลาดเคลื่อนต้องเป็นการแจกแจงแบบปกติ ความคลาดเคลื่อน e , d , z ต้องมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์

3) ลักษณะความเป็นอิสระต่อกัน (Independence) ระหว่างตัวแปรกับความคลาดเคลื่อนแยกได้ดังนี้คือ

3.1 ความคลาดเคลื่อน e และตัวแปรแฝง E เป็นอิสระต่อกัน

3.2 ความคลาดเคลื่อน d และตัวแปรแฝง K เป็นอิสระต่อกัน

3.3 ความคลาดเคลื่อน z และตัวแปรแฝง K เป็นอิสระต่อกัน และ

3.4 ความคลาดเคลื่อน e , d และ z เป็นอิสระต่อกัน

4) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series data) ที่มีการวัดข้อมูลมากกว่า 2 ครั้ง การวัดตัวแปรต้องไม่ได้รับอิทธิพลจากช่วงเวลาเหลื่อม (Time lag) ระหว่างการวัด

โมเดลสมการโครงสร้าง กำลังเป็นที่นิยมมากในวงการวิจัยหลายสาขา เนื่องจากสามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์อิทธิพล (Path analysis) และช่วยผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการวัดได้ด้วย ซึ่งโมเดลสมการโครงสร้างมีบทบาทต่อการพัฒนาระเบียบวิธีการวิจัย ให้กว้างและลึกซึ้งกว่าเดิม แต่ก็ยังมองข้ามในเรื่องโครงสร้างของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นพหุระดับหรือสอดแทรก นักวิจัยและนักสถิติจึงพัฒนาการวิเคราะห์โดยรวมโมเดลสมการโครงสร้างกับการวิเคราะห์พหุระดับเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นพัฒนาการของโมเดลการวิเคราะห์ที่สามารถตอบคำถามวิจัยได้สอดคล้องทั้งลักษณะของข้อมูลและธรรมชาติของตัวแปร

3.พัฒนาการของเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ(Multilevel Structural Equation Modeling : MSEM) เป็นการบูรณาการวิธีการวิเคราะห์ระหว่างการวิเคราะห์พหุระดับ(Multilevel Modeling : MM) และการวิเคราะห์สมการโครงสร้าง(Structural Equation Modeling : SEM) ซึ่งแต่ละวิธีมีการพัฒนามาจากแนวคิด หลักการ และมีจุดแข็งที่ต่างกัน

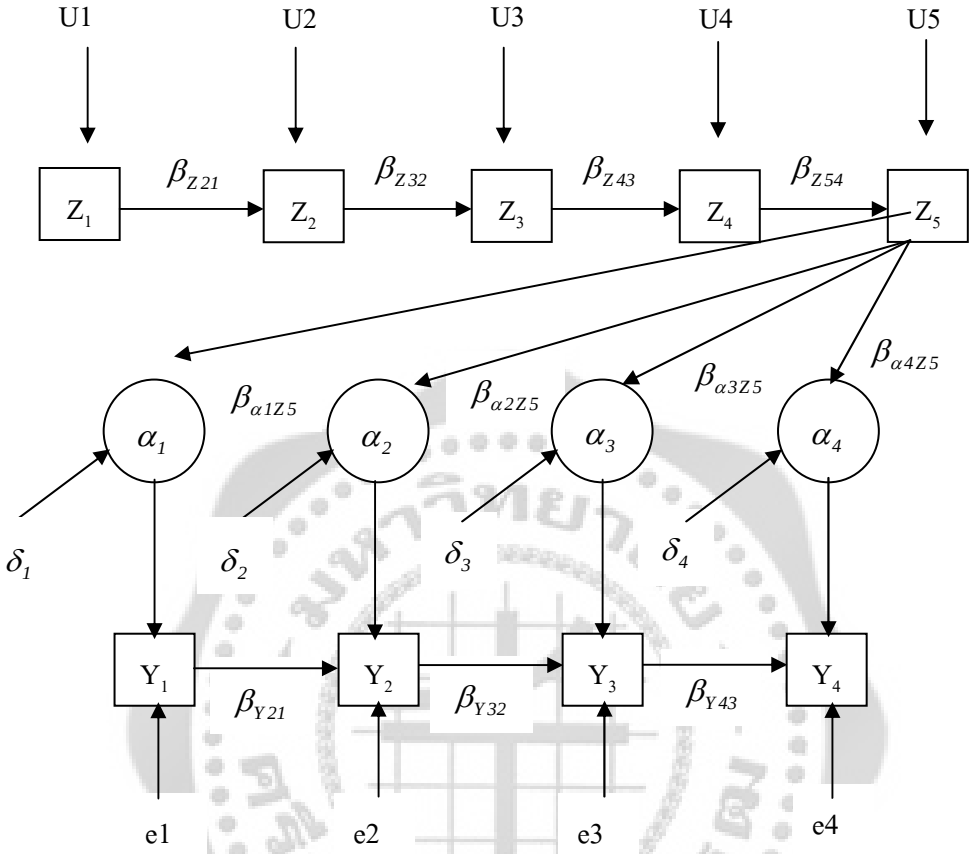
การวิเคราะห์พหุระดับเป็นเทคนิคทางสถิติที่เป็นการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรทำนายหลายระดับที่มีตัวแปรตาม ซึ่งตัวแปรทำนายมีโครงสร้างเป็นระดับลดหลั่น อย่างน้อย 2 ระดับ โดยตัวแปรทำนายและตัวแปรตามที่อยู่ในระดับล่างต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และได้รับอิทธิพลร่วมกันจากตัวแปรทำนายที่อยู่ระดับบน

โมเดลสมการโครงสร้างเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้ศึกษาโครงสร้างความสัมพันธ์เกี่ยวข้องเชื่อมโยงเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรทั้งอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรทำนาย

ที่เป็นตัวแปรเหตุต่อตัวแปรตามที่เป็นตัวแปรผล โดยถือว่าตัวแปรอยู่ในระดับเดียวกันทั้งหมด ซึ่งยังไม่ให้ความสนใจต่อโครงสร้างตามธรรมชาติของข้อมูลที่เป็นระดับลดหลั่น

การวิเคราะห์ด้วยสมการโครงสร้างพหุระดับจึงเป็นการรวมจุดแข็งของสถิติทั้งสองดังกล่าวข้างต้นเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลต่างระดับ และในแต่ละระดับก็สามารถศึกษาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของตัวแปรในแต่ละระดับได้ โดยมีจุดประสงค์ของการวิเคราะห์พหุระดับ คือ (1) การสรุปความผันแปรในโมเดลทั้งในส่วนที่เป็นระดับบุคคลและระดับกลุ่ม (2) การตรวจสอบว่าโมเดลระดับบุคคลจะส่งผลไปยังโมเดลระดับกลุ่มหรือทีมหรือไม่ โดยวิธีนี้จะสามารถตรวจสอบความคงที่ (Stability) ข้ามระดับกลุ่ม (Cross organization) ของโมเดลการวัดที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ซึ่งสามารถวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีลักษณะลดหลั่นตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไปได้ เช่น ในกรณีที่ศึกษาผลการปฏิบัติงานของบุคลากรซึ่งประกอบด้วยตัวแปร 2 ระดับ คือ ระดับบุคคลและระดับองค์กรสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (Generic multilevel causal chain) ได้ดังภาพประกอบ 2-2 โดยกำหนดให้ตัวแปร Z_1 ถึง Z_5 เป็นตัวแปรระดับองค์กร ส่วนตัวแปร Y_1 ถึง Y_4 เป็นตัวแปรระดับบุคคล ตัวแปรระดับองค์กรต่างมีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวในโมเดล คือ ตัวแปร Z_1 มีอิทธิพลเชิงสาเหตุไปยังตัวแปร Z_2 ตัวแปร Z_2 มีอิทธิพลเชิงสาเหตุไปยังตัวแปร Z_3 ตัวแปร Z_3 มีอิทธิพลเชิงสาเหตุไปยังตัวแปร Z_4 และตัวแปรZ_4 มีอิทธิพลทางตรงต่อตัวแปร Z_5 โดยมีค่าอิทธิพล β_{Z21} β_{Z32} β_{Z43} และ β_{Z54} ตามลำดับส่วนตัวแปรระดับบุคคล ได้แก่ Y_1 ถึง Y_4 ต่างก็มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเช่นเดียวกันแต่อยู่ต่างระดับกับตัวแปร Z_5

เมื่อนำโมเดลเชิงสาเหตุ 2 ระดับหรือโมเดล 2 โมเดล มาวิเคราะห์รวมกันเป็นโมเดลเดียวดังแผนภาพ 2 - 2 โดยกำหนดให้แต่ละตัวแปรในโมเดลระดับบุคคลมีค่าจุดตัดแกนหรือค่าเฉลี่ย (Intercept or mean) ซึ่งในแผนภูมิ 2-2 แทนด้วยสัญลักษณ์อัลฟา (α) คือ α_1 α_2 α_3 และα_4 แทนจุดตัดแกนหรือค่าเฉลี่ยของตัวแปร Y_1 Y_2 Y_3 และ Y_4 ตามลำดับ จากนั้นจึงอาศัยแนวคิดเรื่องการวิเคราะห์พหุระดับเพื่อกำหนดให้ค่าอัลฟาเป็นตัวแปรตาม ในกรณีนี้ใช้ตัวแปรระดับองค์กรเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรระดับองค์กรที่มีต่อค่าจุดตัดแกนหรือค่าเฉลี่ยของตัวแปรระดับองค์กรแต่ละตัว ซึ่งมีค่าอิทธิพลเท่ากับ $\beta_{\alpha 1Z5}$ $\beta_{\varepsilon 2Z5}$ $\beta_{\alpha 3Z5}$ และ $\beta_{\alpha 4Z5}$ ตามลำดับกล่าวคือใช้ค่าจุดตัดแกนและค่าเฉลี่ยเพื่อใช้วิเคราะห์รวมโมเดลเชิงสาเหตุ 2 ระดับ เข้าด้วยกันหรือวิเคราะห์ว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับองค์กรมีอิทธิพลต่อตัวแปรระดับบุคคลด้วยค่าอิทธิพลมากน้อยเพียงใด การใช้ค่าจุดตัดแกนและค่าเฉลี่ยของตัวแปรระดับจุลภาคเป็นตัวแปรตาม ตามหลักของการวิเคราะห์พหุระดับถือเป็นแนวคิดที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม ลิสเรลให้สามารถวิเคราะห์พหุระดับได้



ภาพประกอบ 2 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ

จากภาพประกอบ 2 - 2 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ จะสามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรูปสมการทั่วไปดังนี้

โมเดลภายในกลุ่ม (Within unit model)

$$Y_{ig} = \alpha_g + \beta_y Y_{ig} + \varepsilon_{ig} \qquad \text{.....[2-4]}$$

สมการที่ 2-4 นี้เป็นสมการที่อยู่ในรูปสมการโครงสร้างตามการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร Y ซึ่งเป็นตัวแปรภายใน (Endogenous) และมีการวิเคราะห์อิทธิพล (Path analysis) ในตัวแปร y แต่สมการนี้ก็อยู่ในรูปของสมการที่เกี่ยวข้องกับวิเคราะห์พหุระดับด้วย ดังแสดงในแผนภาพ 2 - 2 โดยตัวแปร Z_S คือ ตัวแปรระดับมหภาคที่มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุส่วนตัวแปร Y_S เป็นตัวแปรระดับจุลภาคและมีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุด้วยแต่

อยู่ต่างระดับกับตัวแปร Z ตามการวิเคราะห์กำหนดให้ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในระดับมหภาพจะมีอิทธิพลต่อค่าจุดตัดแกนและค่าเฉลี่ย เช่นกัน ส่วนตัวแปรอื่น ๆ ที่แสดงในสมการ ได้แก่ Y_{ig} แทน เวคเตอร์ของตัวแปรภายใน (Endogenous) ระดับจุลภาค, α_g แทนเวคเตอร์ของค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าจุดตัดแกนและค่าเฉลี่ย (Intercept และ mean) B_y แทน เมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอย β_{ig} แทนเวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน

จากสมการที่ 2-4 เนื่องจากกำหนดให้ค่า α_g แปรเปลี่ยนไปตามค่าของตัวแปรระดับ มหภาค (Macro level) แต่ค่าของ B_y ไม่แปรเปลี่ยน ดังนั้นจึงอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้เหลือแต่เวคเตอร์ของ α_g ดังสมการที่ 2-4

$$Y_{ig} = \left(I - B_y\right)^{-1}\alpha_g + \left(I - B_y\right)^{-1}\varepsilon_{ig} \qquad \text{.....[2-5]}$$

โมเดลภายในกลุ่ม (between unit model)

$$\alpha_g = \alpha + B_z Z_g + \delta_g \qquad \text{.....[2-6]}$$

เมื่อ α แทนค่าเฉลี่ย, Z_g แทนตัวแปรระดับมหภาค, B_z แทนเมทริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปร Z_g กับ α_g , δ_g แทนเวคเตอร์ของความคลาดเคลื่อน

ค่าจุดตัดแกนและค่าเฉลี่ย (α_g) ในสมการทั้งสามจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของตัวแปรระดับมหภาค ดังนั้นจึงนำค่า α_g มาเป็นตัวแปรตามตามลักษณะการวิเคราะห์พหุระดับ ดังสมการที่ 2-7 และ 2-8

$$\alpha_g = \tau + B_z Z_g + U_g \qquad \text{.....[2-7]}$$

$$Z_g = \left(I - B_z\right)^{-1}\tau + \left(I - B_z\right)^{-1} + U_g \qquad \text{.....[2-8]}$$

เมื่อรวมสมการที่ 2-4 – 2-8 เข้าด้วยกันจะได้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่มีตัวแปรระดับจุลภาค (Micro level) และตัวแปรระดับมหภาค (Macro level) ใช้อธิบายตัวแปร Y_{ig} ตามการวิเคราะห์พหุระดับ เรียกว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (Multilevel path model) ซึ่งเป็นโมเดลที่ไม่มีตัวแปรแฝง

$$Y_{ig} = \left(I - B_y\right)^{-1}\alpha_g + \Pi\tau + \Pi\mu_g + \left(I - B_y\right)^{-1}\delta_g + \left(I - B_y\right)^{-1}\varepsilon_{ig} \quad \text{.....[2-9]}$$

เมื่อกำหนดให้ $\Pi \equiv \left(I - B_y\right)^{-1} B_\alpha \left(I - B_z\right)^{-1}$ ซึ่งเรียกว่าเมทริกซ์อิทธิพลรวมพหุระดับ (Multilevel total effect matrix)

โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับที่มีตัวแปรแฝง จะใช้สัญลักษณ์เมทริกซ์แตกต่างจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับเพียงเล็กน้อย (Muthén. 1998) สำหรับโมเดลสมการโครงสร้างที่มีสองระดับจะพิจารณาเวกเตอร์ของตัวแปรสังเกตได้จำแนกตามกลุ่ม ตัวแปรระดับกลุ่มแทนด้วย Z_c (โดย cluster: c = 1,2,..., c) ส่วนตัวแปรระดับบุคคลที่ i ในกลุ่มที่ c แทนด้วย Y_{ci} และ X_{ci} สามารถเขียนเป็นสมการเมทริกซ์ ได้ดังนี้

$$V_{ci} = \begin{bmatrix} Z_c \\ Y_{ci} \\ X_{ci} \end{bmatrix} = V_c^* + V_{ci}^* = \begin{bmatrix} \nu^*_{Zc} \\ \nu^*_{Yc} \\ \nu^*_{Xc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \nu^*_{Yci} \\ \nu^*_{Xcu} \end{bmatrix} \quad \text{.....[2-10]}$$

จากสมการ 2-10 เครื่องหมาย * แสดงความเป็นอิสระของส่วนประกอบระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มของเวกเตอร์แต่ละตัวแปร (Muthén; & Satorra. 1994) เมทริกซ์ระหว่างกลุ่มประกอบด้วยตัวแปรทำนายระหว่างกลุ่ม (Z_c) ความผันแปรระหว่างกลุ่มของค่าคงที่หรือจุดตัวแกน(Y_c) และความผันแปรระหว่างกลุ่มของตัวแปรทำนายระดับบุคคล (X_c) ส่วนเมทริกซ์ภายในกลุ่มจะประกอบด้วยค่าคงที่หรือค่าจุดตัดแกน (Y_{ci}) ตัวแปรทำนายระดับบุคคล (X_{ci}) และตัวแปรระหว่างกลุ่มที่กำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ (0) การที่เมทริกซ์ภายในกลุ่มกำหนดให้ตัวแปรระหว่างกลุ่มมีค่าเป็นศูนย์นั้นเนื่องจากมุ่งทำนายผลของตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระเฉพาะภายในกลุ่มเท่านั้น

โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับนี้สามารถเขียนเป็นโมเดลระหว่างกลุ่มที่มีตัวแปรแฝงได้ดังนี้

$$V^*_c = \nu_B + \Lambda_B \eta_{Bc} + \varepsilon_{Bc} \quad \text{.....[2-11]}$$

$$\eta_{Bc} = \alpha_B + B_B \eta_{Bc} + \zeta_{Bc} \quad \text{.....[2-12]}$$

และสามารถเขียนเป็นโมเดลภายในกลุ่มที่มีตัวแปรแฝงได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 0 \\ \nu^{*}_{Yci} \\ \nu^{*}_{Xci} \end{bmatrix} = \Lambda_W \eta_{Wci} + \varepsilon_{Wci} \quad \text{.....[2-13]}$$

$$\eta_{Wci} = B_W \eta_{Wci} + \zeta_{Wci} \quad \text{.....[2-14]}$$

สมการ 2-11 และ 2-12 เป็นโมเดลการวัด (Measure model) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝงภายใน (η) หรือองค์ประกอบที่ต้องการวัดในแต่ละระดับส่วนสมการ 2-13 และ 2-14 เป็นโมเดลโครงสร้าง (Structural model) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงในแต่ละระดับ

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลของโมเดลระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มที่กล่าวมา จะทำให้ได้โมเดลพหุระดับที่มีค่าเฉลี่ย (General mean: μ) หรือจุดตัดแกน (Intercept) และโมเดลโครงสร้างความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม ($\sum_B$) และภายในกลุ่ม ($\sum_W$) ซึ่งอธิบายได้ด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ (Muthén & Muthén. 1998)

$$\mu = \nu_B + \Lambda_B \left(I - B_B\right)^{-1} \alpha_B \quad \text{.....[2-15]}$$

$$\sum_B = \Lambda_B \left(I - B_B\right)^{-1} \Psi_B \left(I - B\right)^{\prime -1} \Lambda_B' + \Theta_B \quad \text{.....[2-16]}$$

$$\sum_W = \Lambda_W \left(I - B_W\right)^{-1} \Psi_W \left(I - B_W\right)^{\prime -1} \Lambda_W' + \Theta_W \quad \text{.....[2-17]}$$

อนึ่งการนำโมเดลระดับบุคคลและโมเดลระดับหน่วยงาน/โรงเรียนมาวิเคราะห์ร่วมกันเป็นโมเดลพหุระดับด้วยวิธีวิเคราะห์กลุ่มพหุ (Multiple group) โปรแกรมโมเดลสมการโครงสร้างประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

1) กลุ่มแรกเป็นการวิเคราะห์ความผันแปรของตัวแปรในโมเดลระหว่างกลุ่ม(Between group model) โดยทั้งโมเดลเป็นการรวมโมเดลระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มเข้าด้วยกัน การประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลจะใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม (Between group variance covariance matrix) โดยมีจำนวนหน่วยตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์เท่ากับ G – 1 เมื่อ G คือ จำนวนกลุ่ม (group) ของหน่วยตัวอย่าง

2) กลุ่มที่สองของการวิเคราะห์ คือ โมเดลภายในกลุ่ม (Within group model) ใช้ข้อมูลของตัวแปรระดับจุลภาคเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล โดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (Within group variance covariance matrix) มีจำนวนหน่วยตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์เท่ากับ N-G เมื่อ N แทนจำนวนสมาชิกทั้งหมด และ G คือ จำนวนกลุ่ม(Group) ของหน่วยตัวอย่าง การวิเคราะห์โมเดลภายในกลุ่มเป็นการศึกษาความผันแปรของตัวแปรระดับจุลภาค (Micro level) โดยไม่ได้พิจารณาอิทธิพลของตัวแปรมหภาค (Macro level)โมเดลในขั้นตอนนี้เหมือนโมเดลย่อยของการวิเคราะห์ในกลุ่มแรก แต่ในกลุ่มที่สองนี้จะศึกษาเฉพาะตัวแปรระดับจุลภาคเท่านั้น ดังนั้นการวิเคราะห์จึงกำหนดให้ตัวแปรระดับภาคเป็นตัวแปรสูญหาย (Missing) โดยกำหนดให้ตัวแปรทุกตัวของกลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ (Joreskog; & Sorbom. 1989) นอกจากนี้ยังต้องบังคับ (Constrain) พารามิเตอร์ทุกค่าในโมเดลนี้ให้เท่ากับค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มโมเดลภายในกลุ่มของโมเดลระหว่างกลุ่มด้วย (Between group model)

ซึ่งงานวิจัยทางสังคมศาสตร์บ่อยครั้งจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนบุคคลกับกลุ่มหรือองค์กรที่สังกัดอยู่มีมาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การบูรณาการหลาย ๆ เทคนิคจนถึงการพัฒนาเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์โดยเฉพาะ ผู้วิจัยนำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยเทคนิคเอชแอลเอ็ม (Hierarchical Linear Model : HLM)

เริ่มพัฒนาการจากแนวคิดการพัฒนาเชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยประยุกต์ใช้กับเทคนิคเอชแอลเอ็ม (นิคม นาคอ้าย. 2540) เป็นการประยุกต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์พุระดับ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไป

3.1.1 การวิเคราะห์โมเดลศูนย์ (Null model) เป็นโมเดลที่มีเฉพาะตัวแปรตามที่เราสนใจไม่มีตัวแปรทำนายใด ๆ ในทุกระดับ เพื่อศึกษาความผันแปรของตัวแปรตามในระดับชั้นต่าง ๆ

3.1.2 การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 1

3.1.2.1 การวิเคราะห์โมเดลพื้นฐาน (Simple model) ประกอบด้วยโมเดลระดับที่ 1 ซึ่งมีตัวแปรตามและตัวแปรทำนายตามสมมติฐาน ส่วนโมเดลระดับที่ 2 มีเฉพาะตัวแปรตาม เพื่อศึกษาอิทธิพลคงที่ของตัวแปรระดับที่ 1 ว่าโดยเฉลี่ยระหว่างหน่วยในระดับที่ 2 แล้วค่าเฉลี่ยอิทธิพลคงที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test) และในขณะเดียวกันก็เป็นการศึกษาอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์ในระดับที่ 2 ด้วยความผันแปรระหว่างหน่วยหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ (χ^2 – test) ซึ่งเป็นสารสนเทศสำคัญที่ช่วยพิจารณาคัดสรรตัวแปรทำนายระดับที่ 2

3.1.2.2 คำนวณสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่า R^2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path coefficients) หรือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เป็นมาตรฐาน (β) ของแต่ละเส้นทาง เพื่อประเมินผลรวมของอิทธิพลทั้งหมด ทั้งอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรทำนายในระดับที่ 1 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2) ของแต่ละสมการโครงสร้างในระดับที่ 1

3.1.3 การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 2

3.1.3.1 การวิเคราะห์โมเดลตามสมมติฐาน (Hypothetical model) โมเดลตามสมมติฐานประกอบด้วยโมเดลระดับที่ 1 และโมเดลระดับที่ 2 ซึ่งเป็นตัวแปรตามและตัวแปรทำนายทั้ง 2 ระดับ ตามสมมติฐานของการวิจัย เพื่อศึกษาอิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุ่มของตัวแปรในระดับที่ 1 และระดับที่ 2

3.1.3.2 คำนวณสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่า R^2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path coefficients) หรือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่เป็นมาตรฐาน (β) ของแต่ละเส้นทางในระดับที่ 2 เพื่อประเมินผลรวมของอิทธิพลทั้งหมด ทั้งอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรทำนายในระดับที่ 2 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย(R^2)ของแต่ละสมการโครงสร้างในระดับที่ 2

3.1.3.3 ทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 2 ตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ (χ^2 – test) ด้วยวิธีของสเปคท์ (Specht)

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นพหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มยังมีขั้นตอนที่ซับซ้อนและต้องใช้วิธีการคำนวณอื่นมาช่วยจึงจะได้ผลการวิเคราะห์ที่สมบูรณ์ มิวเธ็น เป็นผู้จุดประกายแนวคิดการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง ที่แนะนำว่าการวิเคราะห์ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ตามลักษณะการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (Multiple group structural equation model) คือกลุ่มโมเดลระหว่างกลุ่ม (Between group model) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรมหภาค และยังแสดงอิทธิพลของตัวแปรมหภาคต่อค่าเฉลี่ยของตัวแปรระดับจุลภาค ส่วนกลุ่มที่สองเรียกว่า กลุ่มโมเดลภายในกลุ่ม (Within group model) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรระดับจุลภาค หลังจากนั้นจึงนำโมเดลทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ร่วมกันแบบพหุระดับ

3.2 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยเทคนิคลิสเรล (Linear Structural RELationship model : LISREL)

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับมีจุดเริ่มต้นมาจาก มิวเธ็น (1994) ที่เสนอแนวคิดเรื่องการวิเคราะห์พหุระดับในการวิเคราะห์องค์ประกอบและยกตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งถือเป็นต้นแบบของการวิเคราะห์

องค์ประกอบแบบพหุระดับ รวมถึงเป็นต้นแบบแนวคิดของการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุแบบพหุระดับในระยะเวลาต่อมา โดย มิวเธ็น (Muthén. 1989, Muthén. 1994) ได้เสนอแนววิเคราะห์โดยการแบ่งเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ออกเป็นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม (Between-group covariance matrix) และเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (Pooled-within-group covariance matrix) และ แนวคิดของมิวเธ็นก็คือ ถ้าให้คะแนนที่สังเกตได้ของตัวแปรของบุคคลแต่ละบุคคลในแต่ละกลุ่มเป็น y_{gi} คะแนนตัวแปรนี้สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ คะแนนส่วนระหว่างกลุ่ม คือ y_g และคะแนนส่วนภายในกลุ่ม y_w ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$y_{gi} = y_g + y_w \qquad \text{.....[2-18]}$$

เนื่องจาก y_g และ y_w เป็นอิสระจากกัน ดังนั้น เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากรรวมทั้งหมด (Total population covariance matrix/ $\sum_T$) จึงแบ่งเป็นสองส่วนด้วยเช่นกัน คือเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากรระหว่างกลุ่ม (Between-group population covariance matrix/ $\sum_B$) และเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากรภายในกลุ่ม (Within-group population covariance matrix/ $\sum_W$) ตามสมการดังนี้

$$\sum_T = \sum_B + \sum_W \qquad \text{.....[2-19]}$$

แต่ มิวเธ็น กล่าวว่าการแยกความแปรปรวนแบบดั้งเดิมนี้ไม่สอดคล้องกับลักษณะของประชากรที่มีลักษณะลดหลั่นเนื่องจากประชากรที่มาจากกลุ่ม (Unit) เดียวกันจะต้องมีความคล้ายคลึงกันมากกว่าประชากรที่มาจากกลุ่มต่างกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีลักษณะลดหลั่นจากหลาย ๆ กลุ่ม จะมีโอกาสที่จะได้กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเหมือนกันซึ่งมาจากกลุ่มเดียวกันมากกว่าที่จะได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงหรือเป็นอิสระจากกัน (Independence) ฉะนั้นการวิเคราะห์แหล่งของความแปรปรวนร่วมแบบดั้งเดิมที่ถือว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระจากกันนั่นคือสมมุติว่า $\sum_B = 0$ จึงไม่เหมาะสมกับข้อมูลแบบพหุระดับ ในขณะที่การวิเคราะห์พหุระดับตามแนวคิดของ Muthén จะแยกความแปรปรวนร่วมรวมออกเป็น $\sum_T = \sum_W + C\sum_B$ โดย C เป็นจำนวนหน่วยตัวอย่างเฉลี่ยในแต่ละกลุ่ม (Common group size) เป็นการแยกความผันแปรของตัวแปรที่ต้องการศึกษาทั้งระดับภายในกลุ่มและระดับระหว่างกลุ่ม

แนวคิดเกี่ยวกับการประมาณค่า $\sum_T$ $\sum_W$ $\sum_B$ ที่ มิวเธ็น (1994) นำเสนอไว้มีดังต่อไปนี้

1. เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (S_T) เป็นการประมาณค่าของ $\sum_W + \sum_B$ เมื่อ $\sum_W$ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มโมเดลภายในกลุ่ม (within group)และ $\sum_B$ คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มโมเดลระหว่างกลุ่ม (Between group)

$$S_T = (N-G)^{-1}\sum_{g=1}^{G}\sum_{i=1}^{Ng}\left(y_{gi}-\bar{y}_g\right)\left(y_{gi}-\bar{y}_g\right)' \quad \text{.....[2-20]}$$

2. เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของกลุ่มตัวอย่าง (Sample pooled within group covariance matrix, S_{pw}) ซึ่งเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ลำเอียงและสม่ำเสมอของ $\sum_W$

$$S_{PW} = (N-G)^{-1}\sum_{g=1}^{G}\sum_{i=1}^{Ng}\left(y_{gi}-\bar{y}_g\right)\left(y_{gi}-\bar{y}_g\right)' \quad \text{.....[2-21]}$$

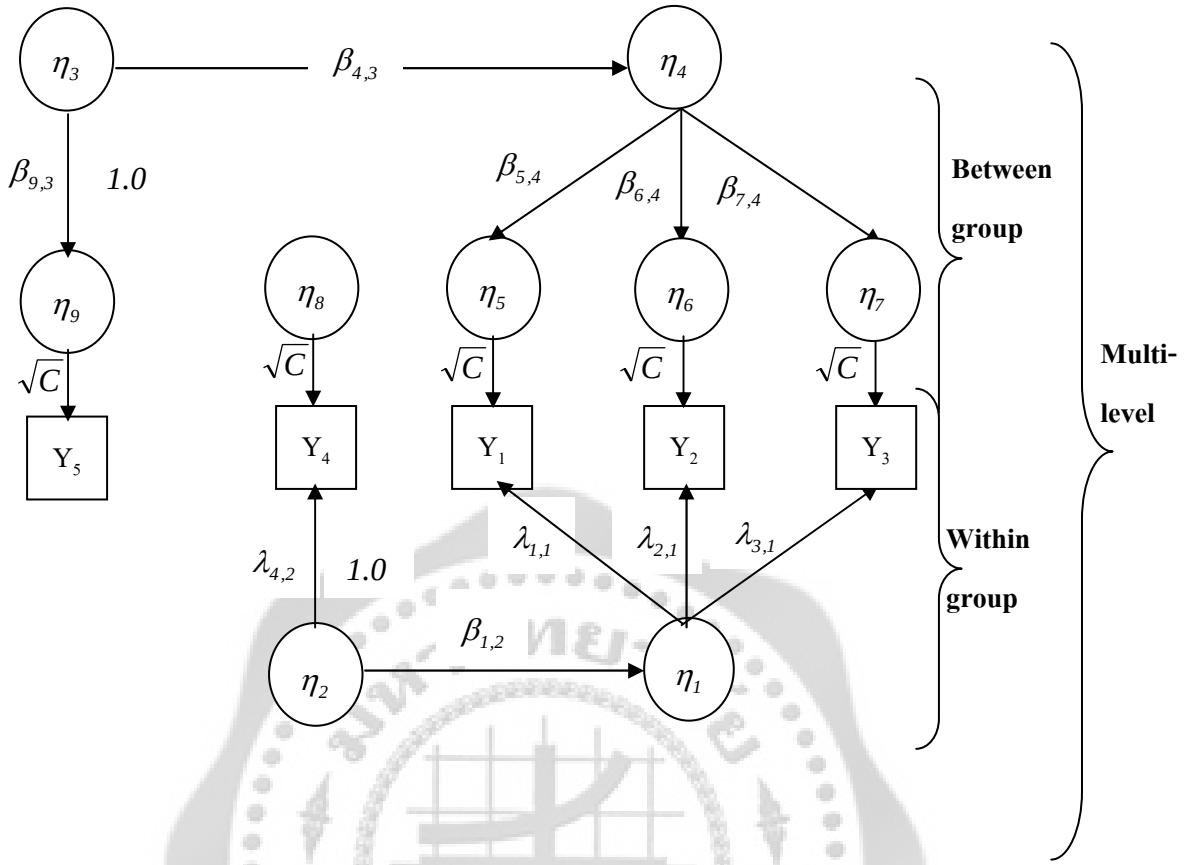
3. เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มของกลุ่มตัวอย่าง (Sample pooled between group covariance matrix, S_B) ซึ่งเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ลำเอียงและสม่ำเสมอของ $\sum_W + C\sum_B$ เมื่อ C เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่างเฉลี่ยในแต่ละกลุ่ม (common group size)

$$S_B = (G-1)^{-1}\sum_{g=1}^{G} N_g\left(\bar{y}_g-\bar{y}\right)\left(\bar{y}_g-\bar{y}\right)' \quad \text{.....[2-22]}$$

$$S_B = \sum_W + C\sum_B \quad \text{.....[2-23]}$$

$$C = \left[N^2 - \sum_{g=1}^{G} N_g^2\right]\left[N(G-1)\right]^{-1} \quad \text{.....[2-24]}$$

จากแนวคิดเกี่ยวกับการประมาณค่าข้างต้นสรุปได้ว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับซึ่งประกอบด้วยโมเดลภายในกลุ่ม (Within group model) และโมเดลระหว่างกลุ่ม (Between group model) จะใช้ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของกลุ่มตัวอย่าง (S_{pw}) ในการประมาณค่า η_8 มีน้ำหนักองค์ประกอบ (Loading) เท่ากับ $\sqrt{C}$ ส่วนตัวแปรแฝงพิเศษของตัวแปรระดับมหภาคในที่นี้คือ η_9 มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 1.0



ภาพประกอบ 3 โมเดลสมการโครงสร้างแบบพหุระดับ เมื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL

วิธีการนำโมเดลทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ร่วมกันตามลักษณะการวิเคราะห์กลุ่มพหุคือกลุ่มที่ 1 เรียกว่า โมเดลภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม (Within and between group model) หรือโมเดลเต็มรูป เป็นการประมาณค่าอิทธิพลเชิงสาเหตุของทุกตัวแปรในโมเดลทั้งระดับมหภาคและระดับจุลภาค โดยใช้ S_B ในการประมาณค่า $\sum_W + C\sum_B$ ซึ่งเป็นการศึกษาความผันแปรของทั้งโมเดลระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ของโมเดลกลุ่มนี้มีค่าเท่ากับ G เมื่อ G แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่างในระดับมหภาคหรือจำนวนกลุ่ม (clusters) ส่วนกลุ่มที่ 2 เรียกว่า โมเดลภายในกลุ่ม (Within group model) เป็นการประมาณค่าอิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรที่อยู่ในระดับจุลภาคเท่านั้น โดยใช้ S_{pw} ในการประมาณค่า $\sum_W$ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ของโมเดลกลุ่มนี้มีค่าเท่ากับ N – G เมื่อ N แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่างในระดับจุลภาค และเนื่องจากโมเดลภายในกลุ่มนี้ เป็นการศึกษาความผันแปรของตัวแปรระดับจุลภาคเท่านั้น ไม่ได้พิจารณาอิทธิพลของตัวแปรระดับมหภาค จึงต้องกำหนดให้ตัวแปรระดับ มหภาคเป็นตัวแปรสูญหาย (Missing) หรือสัมประสิทธิ์ในโมเดลระหว่างกลุ่มมีค่าเป็นศูนย์ และบังคับ (Constrain) พารามิเตอร์ทุกค่าในโมเดลกลุ่มที่ 2 นี้ให้มีค่าเท่ากับพารามิเตอร์ในส่วนโมเดลภายในกลุ่มของโมเดลกลุ่มที่ 1

3.3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยเทคนิคเอ็มพลัส (Mplus)

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยโปรแกรม LISREL เป็นการพัฒนาจากโปรแกรมการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างทั่ว ๆ ไปให้มีสมรรถภาพสามารถวิเคราะห์โมเดลพหุระดับได้โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลยุทธ์กลุ่มพหุ (Multiple group strategy) ต่อมามิวเธ็นได้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นเพื่อการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่มีลักษณะข้อมูลแบบพหุระดับ (Structural modeling multilevel data) โดยตรงได้แก่โปรแกรม Mplus (Muthén and Muthén. 1999) โดยต่อยอดแนวคิดของเขาจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL

มิวเธ็นได้เสนอแนววิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของตัวแปรแบบพหุระดับไว้ว่ามี 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และทดสอบโมเดลสมการโครงสร้างของตัวแปรแบบปกติทั่วไปโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด (Total sample covariance matrix/ $\sum_T$) การวิเคราะห์ขั้นตอนนี้ก็เพื่อตรวจโมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรเบื้องต้นว่าโมเดลได้ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดีแล้วหรือไม่ ยังมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใดที่ยังมาได้ระบุหรือระบุไว้ผิดพลาดหรือไม่ (Misspeccification) อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบโมเดลในขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถแปรความหมายของความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ เนื่องจากค่าสถิติที่ได้นั้นเป็นค่าประมาณที่ไม่เที่ยงตรงเนื่องจากได้รับผลกระทบจากความสัมพันธ์กันของข้อมูลที่อยู่ภายในกลุ่มเดียวกัน

ขั้นที่ 2 ให้วิเคราะห์ประมาณค่าและตรวจสอบความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่ม (Between-group variation) การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่วิเคราะห์นั้นมีความสัมพันธ์กันอันเนื่องมาจากการลดหลั่นกันของข้อมูลหรือไม่ ข้อมูลแต่ละหน่วยที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการหาค่า Intraclass Correlation (ICC) ของตัวแปร ถ้าค่า ICC มีค่าต่ำมาก แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันน้อย ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นก็สามารถวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ตามปกติ

ขั้นที่ 3 ในการทดสอบโมเดลและประมาณค่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรภายในกลุ่มโดยใช้ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (Pooled within-group covariance matrix/ $\sum_{PW}$) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ตามปกติ

ขั้นที่ 4 ให้ทดสอบแบบโมเดลและประมาณค่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างกลุ่มโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม (Between-group covariance matrix/ $\sum_B$) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกิดขึ้นระดับกลุ่ม

การวิเคราะห์ทั้ง 4 ขั้นของมิวเธ็นเป็นแนวที่ใช้การวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบสองกลุ่ม (Two-group EM approach) คือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มพร้อม ๆ กันโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood

จากการศึกษาถึงข้อแตกต่างระหว่างโปรแกรม HLM 6.06 โปรแกรม LISREL 8.72 และโปรแกรม Mplus 5.0 ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ และการทดลองวิเคราะห์ในเบื้องต้นโดยใช้โปรแกรมทั้งสามประเภทพบว่าโปรแกรม HLM 6.06 โปรแกรม LISREL 8.72 และ Mplus 5.0 มีความแตกต่างกันทางด้านเทคนิควิธีการวิเคราะห์ข้อมูลใน 7 ประเด็น ซึ่งสามารถสรุปได้ได้ดัง ตาราง 2

ตาราง 1 การเปรียบเทียบเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย
โปรแกรม HLM โปรแกรม LISREL และ โปรแกรม Mplus

ประเด็น	**โปรแกรม HLM 6.06**	**โปรแกรม LISREL 8.72**	**โปรแกรม Mplus 5.0**
1.การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างชั้น (intraclass correlation)	สามารถวิเคราะห์ได้โดยตรงเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อการวิเคราะห์พหุระดับ	-	สามารถวิเคราะห์ได้โดยตรงเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อการวิเคราะห์พหุระดับได้
2. จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม (sample size within group)	สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งกรณีที่มีจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่ากัน (balanced design)และไม่เท่ากัน (unbalanced design)	ควรมีจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่ากัน (balanced design) มิฉะนั้นจะทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย	สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งกรณีที่มีจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่ากัน (balanced design)และไม่เท่ากัน (unbalanced)
3. การประมาณค่าพาราเตอร์	Maximum Likelihood และ Robust Maximum Likelihood	Maximum Likelihood	Full Information Maximum Likelihood และ Robust Maximum Likelihood

ตาราง 1 (ต่อ)

ประเด็น	โปรแกรม HLM 6.06	โปรแกรม LISREL 8.72	โปรแกรม Mplus 5.0
4. เทคนิคการใช้ความชันเป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม (slope as outcomes)	สามารถคำนวณโดยใช้ความชันเป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม	ไม่สามารถคำนวณโดยใช้ความชันเป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม	สามารถคำนวณโดยใช้ความชันเป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม
5. ดัชนี Goodness of Fit	-	-ไคว์แสควร์ (chi-square) - ดัชนี Tucker-Lewis Index (TLI) - RMSEA - GFI - RMR	-ไคว์แสควร์ (chi-square) - ดัชนี Tucker-Lewis Index (TLI) - RMSEA - GFI - RMR
6.กระบวนการ standardizing	-	ใช้หลักการของ within group completely standardization ซึ่งจะพิจารณาที่ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม	ใช้หลักการของ within group and between group standardization ซึ่งจะพิจารณาที่ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม และค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มตามระดับของตัวแปร
7. การวิเคราะห์ค่าอิทธิพลทางอ้อม (Indirect effect) และ อิทธิพลรวม (Total effect)	โปรแกรมยังไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ค่าอิทธิพลดังกล่าวแต่สามารถคำนวณด้วยการรวมอิทธิพลทางตรงตามโมเดล	โปรแกรมสามารถให้ผลการวิเคราะห์ค่าอิทธิพลดังกล่าวได้	โปรแกรมสามารถให้ผลการวิเคราะห์ค่าอิทธิพลดังกล่าวได้

เทคนิคเอชแอลเอ็ม (HLM 6.06) ไม่สามารถวิเคราะห์โมเดลการวิจัยที่มีลักษณะความสัมพันธ์แบบ SEM ซึ่งเป็นโมเดลที่สร้างขึ้นมาจากทฤษฎีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรแฝงด้วยกัน รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับตัวแปรสังเกตได้ (Diamantopoulos; & Siguaw. 2000) ซึ่งยังถือว่าเป็นข้อจำกัดของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอชแอลเอ็ม (HLM) ในปัจจุบัน (Harnqvist. 1978; Muthen; & Satorra. 1989; Muthen. 1994) ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคลิสเรล (LISREL 8.72) ก็มีข้อจำกัดคือไม่ได้ให้ความสนใจต่อโครงสร้างตามธรรมชาติของข้อมูลที่มีระดับลดหลั่น ส่วนเทคนิคเอ็มพลัส (Mplus 5.0) เป็นโปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน แต่สามารถมองให้เห็นได้ทั้งในระดับบุคคล และระดับกลุ่ม ให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน ให้รายละเอียดของผลการวิเคราะห์มากกว่าโปรแกรมอื่น ๆ

ข้อดีของการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรม Mplus 5.0 คือ เนื่องจากโปรแกรมที่ออกแบบสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับที่มีอยู่โดยทั่วไปมีข้อจำกัดในเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบพหุระดับ โดยใช้แนวทางการวิเคราะห์พหุกลุ่ม (Multi-group) ซึ่ง Mplus สามารถทำได้ (Muthén & Muthén. 1998) โดย Mplus 5.0 มีลักษณะพิเศษที่สามารถใช้ในการสร้าง (formulate) multilevel covariance structure model เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย(means) และ intercepts ระหว่างกลุ่ม (Muthén. 1989) นอกจากนั้น Mplus 5.0 ยังสามารถให้ค่าองศาอิสระ (*df*) ของการวิเคราะห์พหุระดับที่ถูกต้องได้ ซึ่งในกรณีนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากข้อมูลที่นำมาพิจารณามีขนาดไม่เท่ากัน (Unbalanced group sizes) Mplus 5.0 จะคำนวณค่า χ^2 และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard errors) ที่ถูกต้องสำหรับกรณีข้อมูลมีขนาดไม่เท่ากันได้ดีกว่า (Muthén & Muthén. 1998; Hox. 2002)

จากจุดเด่นของเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยโปรแกรม Mplus ที่มีความเหมาะสมและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ตรงกับวัตถุประสงค์ตอบคำถามวิจัยได้ครบถ้วย มีความผิดพลาดจากตัวแปรหรือองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ได้ศึกษาน้อยมากหรือไม่มีเลย ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยโปรแกรม Mplus 5.0 ในการวิจัยครั้งนี้

4. การประมาณค่าพารามิเตอร์

หลักการวิเคราะห์สมการโครงสร้างพหุระดับ คือ การตรวจสอบความกลมกลืนหรือความสอดคล้องระหว่างโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การเปรียบเทียบใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมเป็นตัวเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ โดยนำเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่างอันเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ มาเทียบกับเมทริกซ์ความ

แปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ถูกสร้างขึ้นจากพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าจากโมเดลสมมติฐาน ถ้าเมทริกซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันหมายความว่า โมเดลสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เนื่องจากเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของโมเดลสมมติฐาน ถูกสร้างขึ้นจากค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนั้นการประมาณค่าพารามิเตอร์จึงใช้หลักการวิเคราะห์เปรียบเทียบความกลมกลืนระหว่างเมทริกซ์ทั้งสองเป็นเงื่อนไขในการประมาณค่าพารามิเตอร์ จุดมุ่งหมายของการประมาณค่าพารามิเตอร์คือ การหาค่าพารามิเตอร์ที่จะทำให้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์กับเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมจากโมเดลสมมติฐานมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยมีสมมติฐาน คือ

$$\sum = \sum(\theta)$$

เมื่อ $\sum$ เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ของตัวแปร X และ Y ในประชากร

$\sum(\theta)$ เป็นเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ของตัวแปร X และ Y ในโมเดลอิสระที่มีพารามิเตอร์ θ

ในเมทริกซ์ $\sum(\theta)$ ประกอบด้วยเมทริกซ์ 3 ส่วน คือ เมทริกซ์ความแปรปรวน ของตัวแปร Y เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ของตัวแปร X กับ Y เมทริกซ์ความแปรปรวนของตัวแปร X

วิธีการในการประมาณค่าเป็นการประมาณค่าที่ใช้ฟังก์ชันความกลมกลืน มีหลายวิธี แต่วิธีที่แพร่หลายมากที่สุดคือ วิธี Maximum Likelihood (ML)

การวิเคราะห์พหุระดับของการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม Mplus 5 จะใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood: ML) 2 วิธี ได้แก่วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบให้ข้อมูลเต็ม (Full Information Maximum Likelihood: FIML) และวิธี RML (Robust Maximum Likelihood) (Wong; & Mason. 1985; Goldstein. 1991: Morris. 1995; Heck; & Thomas. 2000;Muthén & Muthén. 2004) แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

4.1 วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบให้ข้อมูลเต็ม (full information maximum likelihood: FIML) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุพหุระดับแบบใช้ข้อมูลเต็ม ซึ่งประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดในการประมาณค่า ซึ่งมีสูตรดังนี้

$$F = log|\Sigma| + tr\left(S\Sigma^{-1}\right) - log|S| + k \qquad \text{.....[2-25]}$$

F = ฟังก์ชันความกลมกลืน

S = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมจากข้อมูลเชิงประจักษ์(กลุ่มตัวอย่าง)

Σ = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมจากค่าประมาณพารามิเตอร์

tr = ผลรวมสมาชิกในแนวทแยงของเมทริกซ์

k = จำนวนตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมดโนโมเดล

ฟังก์ชันจะบอกความแตกต่างระหว่างเมทริกซ์ S และ Σ ได้เพราะถ้าเมทริกซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันเทอมแรกของฟังก์ชันจะมีค่าเท่ากับเทอมที่สาม ในขณะที่เทอมกลางมีค่าเป็นศูนย์

4.2 วิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบบางส่วน (Robust Maximum Likelihood : RML) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุพหุระดับแบบใช้ข้อมูลบางส่วน ซึ่งประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดในการประมาณค่า

วิธีการประมาณค่าแบบอาศัยความน่าจะเป็นสูงสุดที่ใช้ข้อมูลเต็มรูป (Full Information Maximum Likelihood : FIML) เป็นการประมาณค่าแบบอาศัยความน่าจะเป็นสูงสุดจะประมาณค่าได้ดีเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่เพียงพอ จำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน และข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ส่วนวิธีการประมาณค่าแบบบางส่วน (Robust Maximum Likelihood : RML) เป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่คิดค้นและพัฒนาขึ้นมาเป็นพิเศษ และ เป็นการประมาณค่าที่ให้ค่าไค-สแควร์ (Chi-squre) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ที่มีความแกร่ง (Robust) ต่อการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normality assumption) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีไลค์ลิฮู้ดสุงสุด 2 วิธี คือ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และ Robust Maximum Likelihood (RML) มาใช้ในการประมาณค่าโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับเพื่อพิจารณาวิวิธีการประมาณค่าใดประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ถูกต้อง

5.ค่าสถิติจากการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับต้องพิจารณาค่าสถิติประกอบในการตัดสินใจว่ามีความเหมาะสมกับวิธีการวิเคราะห์ และสถิติในการแปลความหมายมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation)

โมเดลการวิเคราะห์การถดถอยและการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีข้อตกลงเบื้องต้นประการหนึ่งว่า ค่าสังเกตแต่ละค่านั้นจะต้องเป็นอิสระต่อกัน (Independence of observations) จึงเป็นไปได้ที่สมาชิกภายในกลุ่มเดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกันหรือเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน เราสามารถวัดระดับความเกี่ยวข้องกันของสมาชิกภายในกลุ่มได้โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เรียกว่า Intraclass correlation หากมีความสัมพันธ์เกิดขึ้นภายในกลุ่มมากเท่าใดค่าระดับนัยสำคัญที่เป็นจริง (α) ก็จะเพิ่มขึ้นเท่านั้น ซึ่งย่อมส่งผลให้การวิจัยผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นและส่งผลต่ออำนาจการทดสอบด้วย

ในโมเดลการวิเคราะห์พหุระดับสามารถคำนวณค่า Intraclass correlation โดยใช้โมเดลที่ไม่มีตัวแปรอิสระ ซึ่งเรียกว่า โมเดลที่มีเฉพาะจุดตัด (Intercept-only model) ดังโมเดล

โมเดลระดับที่ 1(Micro level)

$$y_{ij} = \beta_{0j} + e_{ij} \quad \text{.....[2-26]}$$

โมเดลระดับที่ 2(Macro level)

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j} \quad \text{.....[2-27]}$$

เมื่อนำโมเดลระดับที่ 1 และระดับที่ 2 มาผสมกันจะได้

$$y_{ij} = \gamma_{00} + U_{0j} + e_{ij} \quad \text{.....[2-28]}$$

จากโมเดลดังกล่าวจะทำได้ความแปรปรวนออกมา 2 ค่า คือ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในระดับที่ 1 (e_{ij}) คือ σ^2_{eij} และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในระดับที่ 2 (U_{0j}) คือ σ^2_{u0} ทำให้สามารถคำนวณหา Intraclass correlation ได้จากสูตร

$$\rho = \frac{\sigma^2_{u0}}{\sigma^2_{u0} + \sigma^2_{eij}}$$

จากสูตรสรุปได้ว่า Intraclass correlation เป็นการเปรียบเทียบความแปรปรวนที่ได้รับอิทธิพลจากกลุ่ม และความแปรปรวนรวมทั้งหมด ซึ่งหาก “ความเป็นกลุ่ม” มีอิทธิพลน้อยจะทำให้ค่า

ρ เข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งจะเป็นข้อมูลให้ผู้วิจัยตัดสินว่าจะสามารถเลือกการวิเคราะห์แบบพหุระดับได้หรือไม่

5.2 อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อม (Direct effect and Indirect effect)

อิทธิพลทางตรง เป็นความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างตัวแปร ส่วนอิทธิพลทางอ้อมเป็นความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างตัวแปรตัวแปรอื่น

5.3 สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (Cross-level relationship)

สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ เป็นสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรระดับโรงเรียน (ระดับที่ 2) ที่มีต่อค่าเฉลี่ย (intercept) ของตัวแปรระดับบุคคล (ระดับที่ 1) หรือตัวแปรที่อยู่ระดับสูงกว่า (Higher level variable) มีแนวโน้มที่จะส่งผลทางตรงหรือทางอ้อมต่อตัวแปรที่อยู่ระดับต่ำกว่า (Lower level variable) ในการส่งผลอาจส่งต่อกันเป็นทอด ๆ สู่ตัวแปรระดับหน่วยย่อยลงไปอีก

6.ขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (Multi-Level Analysis)

การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยต้องเลือกตัวอย่างให้เป็นตัวแทนของประชากร เหมาะสมกับจำนวนตัวแปรที่ศึกษา และสอดคล้องกับการเลือกใช้สถิติในการวิเคราะห์ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ที่มีตัวแปรหลายตัวแปรพร้อมกันในโมเดลเดียวกันจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ มีนักวิจัยแนะนำการกำหนดขนาดตัวอย่างไว้ดังนี้

สนิจเดอส์ และ บอสเคอ (Snijders; & Bosker. 1999) ได้ศึกษาข้อมูล 2 ระดับ และเสนอแนะว่า จำนวนกลุ่มตัวอย่างควรมีอย่างน้อย 10 กลุ่ม ส่วน ฮอก และแมส (Hox; & Mass. 2005) พบว่าจำนวนกลุ่มควรมากกว่า 50 กลุ่ม เพื่อให้การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานระดับกลุ่มจะได้ไม่ลำเอียง

อาฟชาร์เทาส์ และ ลียู (Afshartous; & Leeuw. 2005) ได้ศึกษาข้อมูลจำลองพหุระดับ พบว่า การประมาณค่าความแปรปรวนระดับกลุ่มอย่างถูกต้อง ควรมีจำนวนกลุ่มอย่างน้อย 100 กลุ่ม และการประมาณค่าโดยวิธี Maximum Likelihood (ML) จะมีความถูกต้องแม่นยำกว่าวิธี Generalized Least Squares (GLS) (Busing,1993 ; Van der leeden & Busing,1994) ในขณะที่ Browne และ Draper (2000) พบว่าวิธี Robust Maximum Likelihood (RML) สามารถประมาณค่าความแปรปรวนระดับกลุ่มได้ดีด้วยขนาดเพียง 6 - 12 กลุ่ม แต่ถ้าใช้วิธี Full Maximum

Likelihood (FML) ควรใช้อย่างน้อย 48 กลุ่ม และวิธี RML ยังให้ผลดีกว่า FML ในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับการทดสอบนัยสำคัญของค่าองค์ประกอบความแปรปรวน (Variance Components) (Van der leaden, et.al. 1997) นอกจากนี้การใช้กลุ่มขนาด 24 – 30 กลุ่มในการประมาณค่าความแปรปรวนระดับกลุ่ม จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) เท่ากับ 9% แต่ถ้าขนาดของกลุ่มเป็น 48-50 กลุ่มค่า α จะลดลงเป็น 8%

ขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลพหุตัวแปร (Multivariate analysis)

ในการวิเคราะห์ที่มีตัวแปรตามหลายตัวพร้อมกันในโมเดลเดียวกัน มีความจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เพื่อให้ตัวแปรตามมีการแจกแจงแบบพหุตัวแปร แฮร์และคณะ (2006) แนะนำว่า ถ้าการวิเคราะห์ข้อมูลพหุตัวแปรที่ใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการสร้างฟังก์ชันความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่ควรต่ำกว่า 100 จึงจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ ลินเดแมน, เมเรนดา และ โกล์ด (1990) เสนอแนะว่า การวิเคราะห์ข้อมูลพุตัวแปร ควรมีจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ (หรือตัวแปร) ที่ต้องการประมาณค่า

เบนทเลอ และ ชู (Bentler; & Chou :1987) แนะนำว่าในการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมอย่างน้อย 5 หน่วยต่อ 1 ตัวแปร เมื่อตัวแปรมีการแจกแจงแบบปกติ และอย่างน้อย 10 หน่วยต่อ 1 ตัวแปร เมื่อตัวแปรมีลักษณะการแจกแจงไม่ใช่การแจกแจงแบบปกติ

จากการศึกษาที่ผ่านมามีเพียงการศึกษาหรือการแนะนำการกำหนดขนาดตัวอย่างเฉพาะในส่วนของงานวิจัยโมเดลสมการโครงสร้าง และงานวิจัยพหุระดับ แยกส่วนกัน แต่เมื่อนำงานวิจัยทั้งสองมาบูรณาการเป็นโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ยังไม่มีการศึกษาถึงความเพียงพอของขนาดตัวอย่างว่ามีจำนวนเท่าใดจึงจะทำให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือ ในการ วิจัยครั้งนี้ จึงศึกษาผลของขนาดกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง หรือระดับบุคคล และกลุ่มตัวอย่างระดับที่สอง หรือระดับโรงเรียน รวมทั้งศึกษาความเท่าเทียมกันและลักษณะการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง ที่ส่งผลต่อวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยในการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

ซางและวินซัน (Zhang; & Willson : 2006: 615 – 630) ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากการทดลองของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ และโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น โดยใช้การจำลองข้อมูลในการสำรวจประสิทธิภาพจากโมเดลพหุระดับ 3 โมเดลได้แก่

โมเดล HLM โมเดล SEM และโมเดล HLM-SEM ในสองเงื่อนไขการทดสอบ คือ เงื่อนไขที่ 1ขนาดตัวอย่าง ด้วยการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จำลองข้อมูลที่กลุ่มตัวอย่างต่างกัน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก มีกลุ่มตัวอย่าง 2 โรงเรียน โรงเรียนละ 2 ห้อง ห้องละ 20 คน ขนาดกลาง มีกลุ่มตัวอย่าง 4 โรงเรียน โรงเรียนละ 5 ห้อง ห้องละ 20 คน และ ขนาดใหญ่ มีกลุ่มตัวอย่าง 20 โรงเรียน โรงเรียนละ 6 ห้อง ห้องละ 20 คน รวมกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 80 คน 400 คน และ 2,400 คน ตามลำดับ และแต่ละสถานการณ์กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 .01 และ .001 เงื่อนไขที่ 2 สัมประสิทธิ์การถดถอยระดับที่สอง (ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้ามระดับ) ด้วยสถานการณ์จำลองข้อมูลโดยการออกแบบจำนวนตัวอย่าง 120 ห้องเรียนห้องเรียนละ 20, 35, 50 และ 100 คน

ผลการศึกษา พบว่า ที่กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่โมเดล HLM ปฏิบัติได้ดี ส่วนโมเดล SEM และโมเดล HLM-SEM ปฏิบัติได้ดีในทุกสถานการณ์ แต่ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย(ปฏิสัมพันธ์ข้ามระดับ) โมเดล HLM ให้ค่าที่ดีกว่าทั้งสองโมเดล

ชูงและออ (Cheung ; & Au. 2005 : 598 – 619) ศึกษาการประยุกต์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับในการวิจัยข้ามวัฒนธรรม ข้อมูลจาก International Social Survey Program ในปี 1997 จำนวน =15,244 จาก 27 เมือง ความมุ่งหมายของการวิจัยคือ 1) การประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับกับงานวิจัยข้ามวัฒนธรรม 2) เพื่อแนะนำขนาดตัวอย่างที่เพียงพอเมื่อประยุกต์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับในการวิจัยข้ามวัฒนธรรม

ผลการศึกษา พบว่า ผลการประยุกต์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ 5 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์และทดสอบโมเดลสมการโครงสร้างของตัวแปรปกติทั่วไป โดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด มีการมองข้ามการสอดแทรกโครงสร้างของข้อมูล และโมเดลยังไม่สอดคล้องกับข้อมูล Muthén (1994) แนะนำว่าผลยังไม่สามารถแปลความหมายได้ ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่ม พบว่า ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ทุกเส้น แสดงว่าตัวชี้วัดไม่เป็นอิสระจากกันจึงมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบแบบจำลองโครงสร้างของตัวแปรภายในกลุ่ม พบว่าผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับข้อค้นพบโดยทั่วไป การวิเคราะห์ความแปรปรวนภายใน S_w ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีกว่า ความแปรปรวนทั้งหมด S_T ขั้นตอนที่ 4 กลุ่มตัวอย่างระดับกลุ่ม วิเคราะห์ S_p ไม่เพียงพอ ดังนั้นการวิเคราะห์นี้จึงบูรณาการไปสู่ MSEM ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

ผลของขนาดตัวอย่างพบว่า ความแตกต่างระหว่างขนาดตัวอย่างระดับบุคคลขนาดเล็ก (N = 50 ต่อกลุ่ม) และขนาดตัวอย่างระดับบุคคลขนาดใหญ่ (N = 500 ต่อกลุ่ม) ในเทอมของดัชนี

ความคลาดเคลื่อนไม่ต่างกันมาก การประมาณค่าพารามิเตอร์และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนภายในกลุ่มพบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างระดับบุคคลที่ N $\geq$ 200 สัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทุกเส้น การวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม พบว่าการเพิ่มขนาดตัวอย่างระดับที่ 1 มีผลแตกต่างกันในการประมาณค่าพารามิเตอร์ และความคลาดเคลื่อนในระดับที่ 2 อย่างไม่เป็นระบบ

ฮอก และแมส (Hox ; & Mass : 2005:86-92) ศึกษาความเพียงพอของขนาดตัวอย่างสำหรับโมเดลพหุระดับ โดยการจำลองข้อมูล ความมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อศึกษาความพอเพียงของขนาดตัวอย่างระดับบุคคล และระดับกลุ่มที่มีผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์พหุระดับ เพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นที่มีผลต่อความถูกต้องในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์พหุระดับ เงื่อนไขของการทดสอบ คือ ขนาดตัวอย่างระดับบุคคล 3 ขนาด ได้แก่ 5 คน 30 คน และ 50 คนต่อกลุ่ม ระดับกลุ่ม 3 ขนาด ได้แก่ 30 กลุ่ม 50 กลุ่ม และ 100 กลุ่ม สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น 3 ระดับคือ 0.1 0.2 และ 0.3 รวมเงื่อนไขทั้งหมด 27 เงื่อนไข ในแต่ละเงื่อนไขจำลองข้อมูล 1,000 ครั้ง ใช้วิธีประมาณค่าแบบ RML (Restricted Maximum Likelihood)

ผลการศึกษา พบว่า การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยและส่วนประกอบความแปรปรวนในทุกเงื่อนไขสถานการจำลองมีความถูกต้อง และไม่มีความลำเอียง แต่จะพบความลำเอียงในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ขนาดตัวอย่างระดับกลุ่ม 50 กลุ่มหรือน้อยกว่า

เทอฮอร์สท์ (Terhorst : 2007) ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าเมื่อละเว้นปฏิสัมพันธ์จากโมเดลพหุระดับ โดยการจำลองข้อมูล และฐานข้อมูล ECLS (Early Childhood Longitudinal Study) ความมุ่งหมายของการศึกษา คือเปรียบเทียบเทคนิคการประมาณค่า 6 วิธีคือ FML (full maximum likelihood) RML (restricted maximum likelihood) FE (a Fixed Effects estimator) และ WLS1, WLS2, WLS3 (three Weighted Least Squares methods)

ผลสรุปจากการจำลองข้อมูล พบว่า 1) เมื่อละเว้นปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรระดับที่ 2 ในการวิเคราะห์พหุระดับ วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบความเป็นไปได้สูงสุดมีความลำเอียงน้อยที่สุดและสามารถคำนวณได้ง่ายด้วยโปรแกรมทางสถิติ 2) การประมาณค่าจะมีความลำเอียงเล็กน้อยเมื่อกลุ่มตัวอย่างระดับที่ 2 เท่ากับ 100 และความแตกต่างระหว่างวิธีการประมาณค่า แบบ WLS1, WLS2 ลดลงเมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น 3) การเพิ่มตัวอย่างระดับที่ 2 และเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น จะช่วยลดความลำเอียงในการละเว้นตัวแปรในการประมาณค่าของโมเดลพหุระดับเมื่อปฏิสัมพันธ์ระดับที่ 2 ไม่ได้นำมารวมในการวิเคราะห์

ผลสรุปของข้อมูล ECLS วิธีการ ML จะประมาณค่าได้ใกล้เคียงมากที่สุดเมื่อละเว้นปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรระดับที่ 2

นิคม นาคอ้าย (2539) พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ : การประยุกต์ใช้โปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากงานวิจัยของประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ ปี 2532 โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม เวอร์ชั่น 3.10 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

Multilevel Analysis และ Path Analysis สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ Multilevel Data ได้ โดยอาศัยเทคนิควิธีการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis technique) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากหลักการของการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม ในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปร ตามโมเดล Path Analysis

ผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม สามารถพิจารณาได้จากสารสนเทศและกระบวนการวิเคราะห์ เมื่อนำเทคนิควิธีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปตรวจสอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ คือ เทคนิควิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับสามารถวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่มหรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน โดยการพิจารณาความมีนัยสำคัญของการทดสอบ t และการทดสอบ χ^2 ตามรูปแบบของการวิเคราะห์ในโมเดลเอ็ชแอลเอ็ม ทั้งโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน และโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน เทคนิคการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับสามารถทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทั้งโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน และโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนด้วยวิธีของสเปค และเทคนิคการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อศึกษาผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวม ได้ทั้งโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน และโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน

สังวรณ์ งัดกระโทก (2541) ศึกษาการใช้สมการโครงสร้างพหุระดับตรวจสอบความตรงของโมเดลสมการโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยครู ปัจจัยโรงเรียน กับความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของครู โดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรลที่พัฒนาให้มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะลดหลั่นได้ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการวิเคราะห์ระหว่างโปรแกรมลิสเรลกับโปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากโครงการประสิทธิภาพการใช้ครู : การวิเคราะห์เชิงปริมาณระดับมหภาคของสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประกอบด้วยครูจำนวน 9,599 คน และผู้บริหารโรงเรียนจำนวน 1,290 คน ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยมีจำนวน 16 ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรระดับครูจำนวน

7 ตัวแปร และตัวแปรระดับโรงเรียน 9 ตัวแปร การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์ลิสเรลและการวิเคราะห์พหุระดับ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ประสิทธิภาพของผลการวิเคราะห์ด้วยลิสเรลกับเอ็ชแอลเอ็มแสดงว่าแต่ละโปรแกรมดีในลักษณะต่างกัน โปรแกรมลิสเรลให้ผลการวิเคราะห์ในภาพรวมแต่ยังไม่สามารถวิเคราะห์ความชันในฐานะตัวแปรสุ่ม ในขณะที่โปรแกรมเอ็ชแอลเอ็มวิเคราะห์ความชันในฐานะตัวแปรสุ่มได้ แต่ยังไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์แยกอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมได้ รวมทั้งยังไม่สามารถวิเคราะห์โดยยอมให้เทอมความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันได้ สัมประสิทธิ์ข้ามระดับจากโปรแกรมลิสเรลกับโปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันทั้งขนาดและทิศทาง แต่เมื่อนำสัมประสิทธิ์ที่ได้จากโปรแกรมเอ็ชแอลเอ็มไปกำหนดในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล พบว่า สัมประสิทธิ์จากโปรแกรมเอ็ชแอลเอ็มทำให้โมเดลค่อนข้างสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

7.2 งานวิจัยที่ประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

บุรทิน ขำภิรัฐ (2548) ได้พัฒนา การตรวจสอบความตรง และความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลความเป็นคณบดี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นคณะบดีมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ 3 แห่ง จำนวน 20 คน ผู้ให้ข้อมูลประกอบด้วยคณาจารย์ 397 คน และบุคคลากรสายสนับสนุน 280 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามแบบประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับและวิเคราะห์สมการโครงสร้างพหุระดับด้วยโปรแกรม Mplus 3.13 ใช้การประมาณค่าด้วยวิธี Robust Maximum Likelihood (RML) ผลการวิจัยพบว่า

(1) ค่าเฉลี่ยประสิทธิผลความเป็นคณบดีตามการรับรู้ของคณาจารย์อยู่ในระดับปานกลางเกือบทุกตัวบ่งชี้ ยกเว้นทักษะการสื่อสารที่อยู่ในระดับดี ขณะที่บุคคลสายสนับสนุนรับรู้ว่ามีประสิทธิผลอยู่ในระดับดีทุกตัวบ่งชี้ ยกเว้นด้านการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาตามตัวบ่งชี้ พบว่า ทั้งคณาจารย์และบุคคลากรสายสนับสนุนรับรู้ว่าคณบดีมีประสิทธิผลด้านการส่งเสริมการวิจัย วิชาการและบริการวิชาการแก่สังคม ตลอดจนด้านทักษะการสื่อสารสูงกว่าด้านอื่น ๆ เช่นเดียวกับที่รับรู้ว่ามีประสิทธิผลด้านการจัดการในหน่วยงานต่ำกว่าทุก ๆ ด้านเช่นกัน (2) โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลความเป็นคณบดีมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ค่อนข้างมาก (χ^2 = 107.679, df = 80, χ^2/df = 1.346 , CFI = 0.995, TLI=0.993, RMSEA=0.023, $SRMR_B$=0.096, $SRMR_W$= 0.013) การวิจัยพบว่าตัวแปรระดับบุคคลที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิผลความเป็นคณบดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้แก่ การแลกเปลี่ยนสัมพันธภาพระหว่างคณบดีกับผู้ร่วมงาน ผลการปฏิบัติงานของผู้ให้ข้อมูลและความเป็นรองคณบดีและผู้ช่วย

คณบดี ส่วนตัวแปรระดับคณะวิชาที่ส่งผลต่อการรับรู้ประสิทธิผลความเป็นคณบดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือเป็นคณบดีเพศหญิงและประสิทธิผลของคณะวิชาเท่านั้น ทั้งนี้ชุดของตัวแปรทำนายระดับบุคคลและระดับคณะวิชาสามารถอธิบายความแปรปรวนในประสิทธิผลความเป็นคณบดีได้ร้อยละ 79 และ 56 ตามลำดับ

นำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล (2550) ศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นพหุระดับปัจจัยภาวะผู้นำ ปัจจัยกลุ่มสาระการเรียนรู้ และปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อเครือข่ายการแลกเปลี่ยนทางสังคมในการทำงานและตัวแปรผลทางด้านจิตพิสัยของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้และครูโรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร โดยพัฒนาและทดสอบแบบจำลองโครงสร้างความสัมพันธ์พหุระดับระหว่างตัวแปรปัจจัยทางด้านหัวหน้ากลุ่ม ปัจจัยทางด้านกลุ่มสาระการเรียนรู้ และปัจจัยส่วนบุคคลที่มีต่อตัวแปรเครือข่ายการแลกเปลี่ยนทางสังคมในที่ทำงานและตัวแปรผลทางด้านจิตพิสัยของครูและหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ สำหรับกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิตามสัดส่วนของประชากร ตามเขตพื้นที่การศึกษาในกรุงเทพมหานคร ซึ่งแบ่งได้ 3 เขตพื้นที่การศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่สามารถเก็บข้อมูลกลับมาได้มีครูทั้งหมด 844 คน (ระดับบุคคล) หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ 185 คน (ระดับกลุ่ม) จากโรงเรียนทั้งหมด 64 โรง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบแบบจำลองสมมติฐานการ แบบจำลองพหุระดับที่มีตัวแปร 2 ระดับอยู่ในแบบจำลอง คือ ตัวแปรปัจจัยระดับครู และตัวแปรปัจจัยระดับกลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยใช้เทคนิควิเคราะห์ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นพหุระดับ (Multilevel structural equation modeling) โดยใช้โปรแกรมสถิติ Mplus เวอร์ชั่น 4.2 ใช้การประมาณค่าด้วยวิธี Robust Maximum Likelihood (RML) ผลการวิจัยพบว่าผลการวิจัยพบว่า

การวิเคราะห์แบบจำลองความสัมพันธ์พหุระดับของหัวหน้ากลุ่ม เริ่มต้นจากการทดสอบแบบจำลองสมมติฐานโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นหัวหน้ากลุ่ม ผลปรากฏว่า แบบจำลองสมมติฐานที่ตั้งไว้ยังไม่กลมกลืนกับข้อมูล ผู้วิจัยปรับแบบจำลองใหม่จนกระทั่งแบบจำลองมีความกลมกลืนกับข้อมูล(χ^2 = 139.792(p=.00), CFI =.952, TLI =.928, RMEA =.057) ลำดับต่อมาคือการนำแบบจำลองเครือข่ายการแลกเปลี่ยนทางสังคมในที่ทำงานของครูและของหัวหน้ากลุ่มมารวมเป็นแบบจำลองเดียวกัน โดยกำหนดให้ตัวแปรที่ครูเป็นผู้ให้ข้อมูลเป็นตัวแปรในระดับครู ตัวแปรที่หัวหน้ากลุ่มเป็นผู้ให้ข้อมูลเป็นตัวแปรระดับกลุ่มสาระการเรียนรู้ และใช้ตัวแปรทางด้านหัวหน้ากลุ่มและปัจจัยทางด้านกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่หัวหน้ากลุ่มเป็นผู้ประเมินเป็นตัวแปรที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองระดับครูและระดับกลุ่มสาระการเรียนรู้ และกำหนดให้ค่าเฉลี่ยตัวแปรผลในแบบจำลองระดับครูทั้งหมดเป็นอิทธิพลแบบสุ่ม ผลปรากฏว่า แบบจำลองที่

ทดสอบมีความกลมกลืนกับข้อมูลเป็นอย่างดี (χ^2 = 342.749 (p=.00), CFI =.944, TLI =.919, RMEA =.031)

อภิรดี ปราสาททรัพย์(2550) ได้พัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลทีมงาน กลุ่มตัวอย่าง คือ ข้าราชการตำรวจสำนักงานตรวจคนเข้าเมือง จำนวน 365 คน (ระดับบุคคล) 51 ทีม (ระดับกลุ่ม) ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามแบบประมาณค่า 5 ระดับ มีช่วงความเที่ยงระหว่าง .89 - .98 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการวิเคราะห์พหุนามเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวบ่งชี้ในโมเดลการวิจัยประสิทธิผลทีมงานด้วยโปรแกรม SPSS 15.0 for Windows การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่สองพหุระดับ และการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย โปรแกรม Mplus 4.1 องค์ประกอบประสิทธิผลทีมงานวัดจาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบผลการปฏิบัติงาน องค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และองค์ประกอบผลโดยภาพรวม โดยองค์ประกอบผลการปฏิบัติงานวัดจาก ตัวบ่งชี้ ได้แก่ การแก้ปัญหา กระบวนการทำงาน และการวางแผน องค์ประกอบผลโดยภาพรวมวัดจากตัวบ่งชี้ ได้แก่ ผลโดยภาพรวม และองค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลวัดจากตัวบ่งชี้ ได้แก่ การแก้ไขความขัดแย้ง และ การสื่อสารอย่างเปิดเผย

ผลการวิจัยที่สำคัญสรุปได้ดังนี้ (1) ค่าเฉลี่ยตัวบ่งชี้ของประสิทธิผลทีมงานอยู่ในระดับมากทุกตัวบ่งชี้ค่าเฉลี่ยบุคลิกภาพของเจ้าหน้าที่สำนักงานตรวจคนเข้าเมืองอยู่ในระดับมากเกือบทุกตัวบ่งชี้ ยกเว้นบุคลิกภาพเปิดเผยและบุคลิกภาพเปิดรับประสบการณ์อยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยตัวบ่งชี้ของเชาวน์อารมณ์หัวหน้าส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก ยกเว้นตัวบ่งชี้การตระหนักรู้ตนเองและการเห็นใจผู้อื่นอยู่ในระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ยภาวะผู้นำแบบปฏิรูปของหัวหน้าอยู่ในระดับมากทุกตัวบ่งชี้ ยกเว้นตัวบ่งชี้การมีบารมีอยู่ในระดับปานกลาง และค่าเฉลี่ยความไว้วางใจของเจ้าหน้าที่สำนักงานตรวจคนเข้าเมืองอยู่ในระดับมาก (2) โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลทีมงานมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2 = 416.988, df = 221, χ^2 /df = 1.89, CFI = 0.957, TLI = 0.947, RMSEA = 0.049, $SRMR_B$ = 0.042, $SRMR_w$=0.025) ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรระดับบุคคลส่งผลต่อประสิทธิผลทีมงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ บุคลิกภาพของเจ้าหน้าที่สำนักงานตรวจคนเข้าเมืองและความไว้วางใจของเจ้าหน้าที่สำนักงานตรวจคนเข้าเมืองมีอิทธิพลทางตรงต่อประสิทธิผลทีมงานด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ .50 และ.29 ตามลำดับ และบุคลิกภาพมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความไว้วางใจด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ .26 ตัวแปรระดับทีมส่งผลต่อประสิทธิผลทีมงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เชาวน์อารมณ์ของหัวหน้าและภาวะผู้นำแบบปฏิรูปของหัวหน้ามีอิทธิพลทางตรงต่อประสิทธิผลทีมงานด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ .50 และ .49 ตามลำดับ และเชาวน์อารมณ์มีอิทธิพล

ทางอ้อมผ่านภาวะผู้นำแบบปฏิรูปด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ .44 ทั้งนี้ชุดของตัวแปรทำนายระดับบุคคลและระดับทีมสามารถอธิบายความแปรปรวนในประสิทธิผลทีมงานได้ร้อยละ .42 และ .92 ตามลำดับ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยที่ใช้โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับนั้น สามารถสรุปได้ว่าการวิจัยมี 2 ลักษณะคือ 1)การวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการ และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ซึ่งได้แก่ วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ การกำหนดขนาดตัวอย่างทั้งในระดับที่หนึ่ง และในระดับที่สอง การแจกแจงของตัวแปร การศึกษาขนาดของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น เช่น ซางและวินซัน (Zhang; & Willson) ชูงและออ (Cheung ; & Au) ฮอก และแมส (Hox; & Mass) เทอฮอร์สท (Terhorst) นิคม นาคอ้าย และ สังวรณ์ งัดกระโทก เป็นต้น 2)การวิจัยที่ประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ เช่น บุรทิน ขำภิรัฐ ได้พัฒนา การตรวจสอบความตรง และความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลความเป็นคณบดี นำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล ศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นพหุระดับปัจจัยภาวะผู้นำ ปัจจัยกลุ่มสาระการเรียนรู้ และปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อเครือข่ายการแลกเปลี่ยนทางสังคมในการทำงานและตัวแปรผลทางด้านจิตพิสัยของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้และครู และอภิรดี ปราสาททรัพย์ ได้พัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลทีมงานได้พัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลทีมงาน เป็นต้น

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อขยายองค์ความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการ และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ในประเด็นที่หนึ่งคือการเลือกวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ซึ่งเทอฮอร์สท (Terhorst) ได้ศึกษาไว้เฉพาะในส่วนของการวิเคราะห์พหุระดับ ประเด็นที่สองคือการกำหนดขนาดตัวอย่างทั้งระดับที่หนึ่ง และในระดับที่สองซึ่งฮอก และแมส (Hox; & Mass) ได้ศึกษาเฉพาะในส่วนของการวิเคราะห์พหุระดับ โดยวิธีการจำลองข้อมูล ส่วนซางและวินซัน (Zhang; & Willson) ชูงและออ (Cheung ; & Au) ได้ประยุกต์ศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่างของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ โดยการจำลองข้อมูลและวิเคราะห์จากฐานข้อมูล แต่ผลการศึกษายังคงต้องใช้ขนาดตัวอย่างในระดับที่หนึ่ง 10 คนขึ้นไป ขนาดตัวอย่างในระดับที่สองควรมากกว่า 50 กลุ่ม ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ การกำหนดขนาดตัวอย่างทั้งในระดับที่หนึ่ง และในระดับที่สอง ความเท่าเทียมกันของตัวแปรระดับที่หนึ่ง ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับพร้อมกัน และในส่วนของการกำหนดขนาดตัวอย่างก็ศึกษาขนาดที่เล็กลงทั้งในระดับที่หนึ่ง และในระดับที่สอง เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของโครงสร้างทางการศึกษา

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายหลักเพื่อศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (Multilevel structural equation model) ด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ 2 วิธีคือ วิธี Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธี Robust Maximum Likelihood (RML) ขนาดกลุ่มตัวอย่างในระดับที่หนึ่ง (ระดับนักเรียน) 3 ขนาด คือ จำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) จำนวนนักเรียนโรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนโรงเรียนละ 5 คน ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง (ระดับโรงเรียน) 3 ขนาด คือ 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Analysis) ผลการวิจัยจะได้สารสนเทศเกี่ยวกับแนวการปฏิบัติในการวิเคราะห์ข้อมูลสมการโครงสร้างพหุระดับ ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

การคัดเลือกข้อมูลสำหรับใช้ในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ทุติยภูมิ (Secondary analysis) เพราะเป็นไปตามธรรมชาติให้สารสนเทศตามความเป็นจริง ในการคัดเลือกข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคือ เป็นข้อมูลที่มีโครงสร้างพหุระดับ และมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างครอบคลุมสถานการณ์ในเงื่อนไขที่วิจัย จากการสำรวจพบว่าข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสอดคล้องทั้งในเรื่องลักษณะข้อมูล และมีจำนวนข้อมูลมากเพียงพอกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงดำเนินการขอใช้ข้อมูลโดยจัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากภาควิชา ถึงผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อขอข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงจำนวนข้อมูล

จำนวนนักเรียนต่อโรงเรียน	จำนวนโรงเรียน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
10	1	10
11	1	11
14	2	28
15	1	15
18	5	90
19	3	57
20	8	160
21	10	210
22	7	154
23	9	207
24	26	624
25	24	600
26	23	598
27	28	756
28	37	1,036
29	49	1,421
30	54	1,620
31	4	124
38	1	38
40	1	40
รวม	294	7,799

จากตาราง 2 พบว่า ในแต่ละโรงเรียนมีจำนวนนักเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง) 10 -40 คน จาก 294 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง) รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 7,799 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสุ่มข้อมูลตามเงื่อนไขของตัวแปรระดับที่หนึ่ง ตัวแปรระดับที่สองและตัวแปรที่กำหนดตามเงื่อนไขการวิเคราะห์ โดยได้ 9 เงื่อนไขดังตาราง 14 (ภาคผนวก ข) ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการสุ่มพบว่าข้อมูลที่ได้ตรงตามสถานการณ์แต่ละเงื่อนไขการวิเคราะห์ และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlations; ICC) ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ระดับ เพื่อดูว่าร้อยละของการผันแปรทั้งหมดในโอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียน ว่านอกจากมีความผันแปรภายในกลุ่มแล้ว ยังมีความผันแปรระหว่างกลุ่มหรือไม่ เป็นการตรวจสอบข้อมูลแต่ละครั้งที่สุ่มมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์พหุระดับหรือไม่ ทั้งนี้ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น ควรจะมีค่ามากกว่า 0.05 จึงจะนำไปวิเคราะห์พหุระดับได้ (Snijders; & Bosker. 1999) จากผลการวิเคราะห์พบว่าการสุ่มแต่ละครั้งมีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์พหุระดับ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นตั้งแต่ 0.098 ขึ้นไป

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูลประชากร

1. การสร้างโมเดลในการวิเคราะห์

จากฐานข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ภาคผนวก ก) และสร้างโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบ่งตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ตัวแปรระดับมหภาคหรือตัวแปรระดับโรงเรียนหรือตัวแปรระดับที่สอง ตัวแปรระดับจุลภาคหรือตัวแปรระดับนักเรียนหรือตัวแปรระดับที่หนึ่ง มีรายละเอียดดังนี้

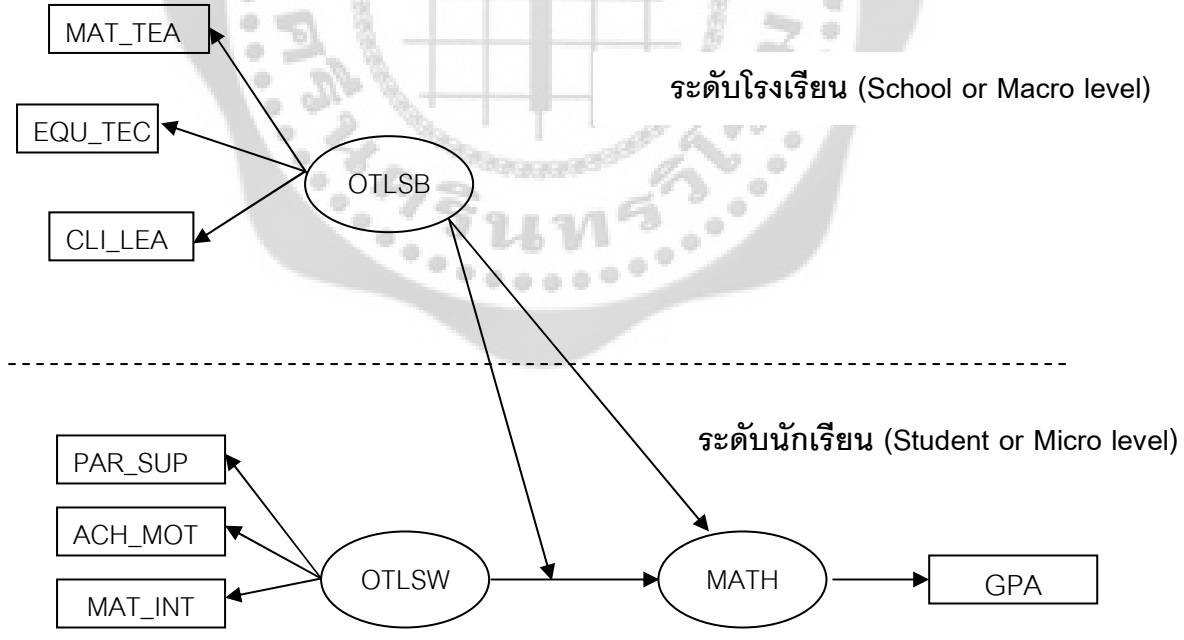
1. ตัวแปรระดับที่สองหรือตัวแปรระดับโรงเรียน (School level or level2) ได้แก่
   - 1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์
   - 1.2 การใช้สื่อการเรียนการสอน
   - 1.3 การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้
2. ตัวแปรระดับที่หนึ่งหรือตัวแปรระดับนักเรียน (Student level or level1)
   - 2.1 การสนับสนุนจากผู้ปกครอง
   - 2.2 แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน
   - 2.3 ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์และโมเดลมีรายละเอียดดังนี้

สัญลักษณ์ใช้แทนตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้

OTLSW	**โอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียน**
PAR_SUP	การสนับสนุนจากผู้ปกครอง
ACH_MOT	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน
MAT_INT	ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
OTLSB	**โอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียน**
MAT_TEA	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์
EQU_TEC	การใช้สื่อการเรียนการสอน
CLI_LEA	การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้

โมเดลสมมติฐาน



ภาพประกอบ 4 โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

2.การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

ข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยเลือกเฉพาะข้อมูลของตัวแปรในโมเดลที่สร้างขึ้นและการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ระดับนักเรียนที่ใช้ในการวิจัย จากตาราง 15 (ภาคผนวก ข) พบว่า มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำนวน 6 คู่ โดยมีขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง .163 ถึง .580 โดยมีทิศทางความสัมพันธ์ที่เป็นบวกทุกคู่ ซึ่งสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กับ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน (r=.580) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน กับ การสนับสนุนจากผู้ปกครอง (r=.509) และ ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กับ การสนับสนุนจากผู้ปกครอง (r=.373)

เมื่อพิจารณาความเบ้และความโด่ง พบว่า ตัวแปรทุกตัวมีค่าความเบ้เป็นลบซึ่งเป็นการแจกแจงของข้อมูลในลักษณะเบ้ซ้าย แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวบ่งชี้แต่ละตัวค่อนข้างสูง เช่นเดียวกับที่ตัวบ่งชี้ส่วนใหญ่มีค่าความโด่งเป็นลบเป็นลักษณะความโด่งแบบเตี้ยแบน แสดงว่าตัวแปรส่วนใหญ่มีการกระจายข้อมูลมาก

ค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity มีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่น้อยกว่า .05 ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของประชากรไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ และเมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป (Bartlett, 1954 cited in Tabachnick; & Fidel. 1983; Bollen. 1989; cited in Hair et al. 1998)

ค่าดัชนีKaiser-Meyer-Olkin (KMO) มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรมากพอ (Measure of sampling Adequacy) ที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบ

2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ระดับโรงเรียนที่ใช้ในการวิจัย จากตาราง 16 (ภาคผนวก ก) พบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำนวน 3 คู่ โดยมีขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง .471 ถึง .678 โดยมีทิศทางความสัมพันธ์ที่เป็นบวกทุกคู่ ซึ่งสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาความเบ้และความโด่ง พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่มีค่าความเบ้เป็นบวก ซึ่งเป็นการแจกแจงของข้อมูลในลักษณะเบ้ขวา แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละตัวค่อนข้างต่ำ แต่ตัวแปรทุกตัวมีค่าความโด่งเป็นบวกซึ่งเป็นลักษณะความสูงโด่ง แสดงว่าตัวบ่งชี้เหล่านี้มีการกระจายของข้อมูลน้อย

ค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity มีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่น้อยกว่า .05 ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของประชากรไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ และเมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป (Bartlett, 1954 cited in Tabachnick; & Fidel. 1983; Bollen. 1989; cited in Hair et al. 1998)

ค่าดัชนีKaiser-Meyer-Olkin (KMO) มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรมากพอ (Measure of sampling Adequacy) ที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์เพื่อทดสอบโมเดลสมมติฐานการวิจัยของประชากร โดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ 2 แบบ เนื่องจากโมเดลสมมติฐานเป็นโมเดลพหุระดับที่มีตัวแปร 2 ระดับอยู่ในโมเดลคือ ตัวแปรระดับโรงเรียน และตัวแปรระดับนักเรียน ผู้วิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ(Multilevel Structural Equation Modeling : MSEM) ที่สามารถทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ทั้งตัวแปรในระดับโรงเรียน และตัวแปรระดับนักเรียนได้พร้อมกัน การวิเคราะห์แบบจำลองพหุระดับนี้จะยึดตามแนวการวิเคราะห์ของมิวเธ็น (Muthén. 1989, Muthén. 1994) ที่เสนอให้วิเคราะห์ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์และทดสอบโมเดลสมการโครงสร้างของตัวแปรแบบปกติทั่วไปโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด (Total sample covariance matrix/ $\sum_T$) การวิเคราะห์ขั้นตอนนี้ก็เพื่อตรวจโมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรเบื้องต้นว่าโมเดลได้ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดีแล้วหรือไม่ ยังมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใดที่ยังมาได้ระบุหรือระบุไว้ผิดพลาดหรือไม่ (Misspeccification) อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบแบบจำลองในขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถแปลความหมายของความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ เนื่องจากค่าสถิติที่ได้นั้นเป็นค่าประมาณที่ไม่เที่ยงตรงเนื่องจากได้รับผลกระทบจากความสัมพันธ์กันของข้อมูลที่อยู่ภายในกลุ่มเดียวกัน

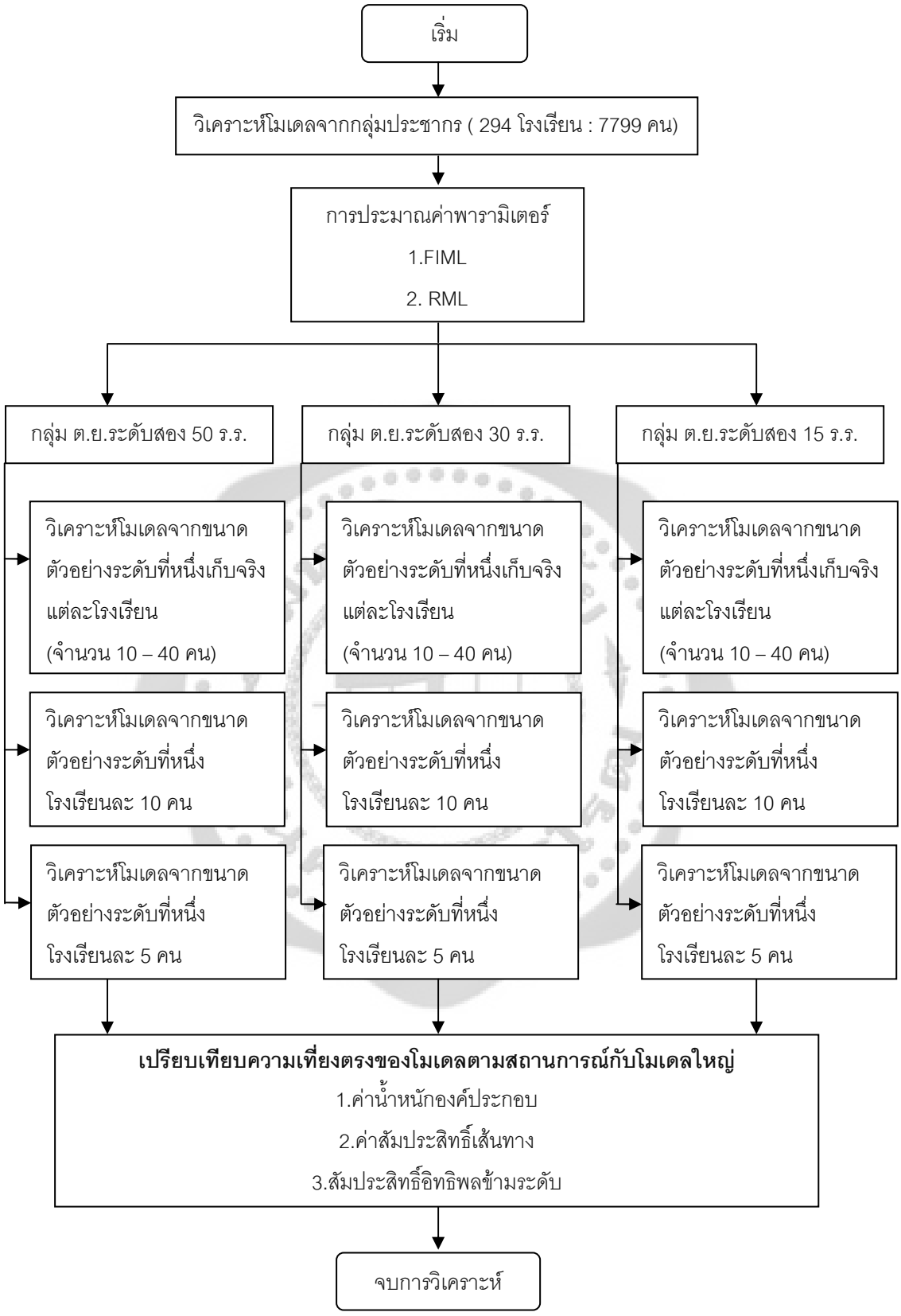
ขั้นที่ 2 ประมาณค่าและตรวจสอบความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่ม (Between-group variation) การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์พหุระดับโดยการวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlations; ICC) ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ระดับ เพื่อดูว่าร้อยละของการผันแปรทั้งหมดในโอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียน ว่านอกจากมีความผันแปรภายในกลุ่มแล้ว ยังมีความผันแปรระหว่างกลุ่มหรือไม่ เนื่องจากการวิเคราะห์พหุระดับนั้น ตัวแปรที่ศึกษาต้องมีความผันแปรทั้งในระดับบุคคลและระดับหน่วยงาน จึงจะเหมาะสมที่จะนำตัวแปรหรือข้อมูลในชุดนั้น ๆ ไปวิเคราะห์พหุระดับ (Duncan, 1998) โดยพิจารณาจากค่าICC ถ้า ICC มีขนาดใหญ่หรือมีค่ามากแสดงว่ามีความสอดคล้องกันสูง แต่ถ้า ICC มีขนาดเล็กหรือมีค่าน้อย

(< 0.05) แสดงว่าข้อมูลในระดับบุคคลไม่มีความผันแปรในระดับหน่วยงาน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องนำข้อมูลไปวิเคราะห์พหุระดับ ทั้งนี้ค่า ICC ควรจะมีค่ามากกว่า 0.05 จึงจะนำไปวิเคราะห์พหุระดับได้ (Snijders; & Bosker. 1999)

ขั้นที่ 3 ในการทดสอบแบบจำลองและประมาณค่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรภายในกลุ่มโดยใช้ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (Pooled within-group covariance matrix/ $\sum_{PW}$) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ตามปกติ

ขั้นที่ 4 ให้ทดสอบแบบจำลองและประมาณค่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างกลุ่มโดยใช้เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม (Between-group covariance matrix/ $\sum_{B}$) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกิดขึ้นระดับกลุ่ม

รายละเอียดสรุปดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

2. การวิเคราะห์เพื่อทดสอบโมเดลสมมติฐานกลุ่มตัวอย่างตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์ มีการกำหนดโมเดล ปรับโมเดล และใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์โมเดลสมมติฐานการวิจัยจากประชากรทุกประการ โดยวิเคราะห์เงื่อนไขละ 30 ครั้ง

3. วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับของแต่ละวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ระหว่างค่าสถิติ (การสุ่ม 30 ครั้ง) กับ ค่าพารามิเตอร์ (วิเคราะห์จากประชากร 294 โรงเรียน) สถิติในการวิเคราะห์คือ การวิเคราะห์สถิติทดสอบทีแบบ One-Sample T-Test

4. วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความเชื่อมั่น 95 % ของการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับระหว่างวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ผลการวิเคราะห์พิจารณาจากค่าช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรกับค่าเฉลี่ยจากการสุ่มตามเงื่อนไขการวิเคราะห์ (30 ครั้ง)

5. วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับระหว่างวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายหลักเพื่อศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (Multilevel structural equation model) ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับจากข้อมูลประชากร

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับตามเงื่อนไขขนาดตัวอย่างระดับที่สอง ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง และการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามเพิ่มเติม

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับเพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย

ในการนำเสนอผลการวิจัยเพื่อความสะดวกในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและให้เกิดความเข้าใจ ผู้วิจัยจึงได้ใช้สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความหมายของตัวแปรต่างๆดังนี้

$\overline{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการประมาณค่าจากกลุ่มตัวอย่าง 30 ครั้ง
SD	หมายถึง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการประมาณค่าจากกลุ่มตัวอย่าง 30 ครั้ง
N	หมายถึง	ผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวแปรแฝง 4 ตัว มีสัญลักษณ์ ดังนี้

MATH	หมายถึง	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
OTLSW	หมายถึง	โอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียน
OTLSB	หมายถึง	โอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียน
Slope	หมายถึง	ค่าความชัน

ตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัว ประกอบด้วย

ACH_MOT	หมายถึง	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน
MAT_INT	หมายถึง	ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
EQU_TEC	หมายถึง	การใช้สื่อการเรียนการสอน
CLI_LEA	หมายถึง	การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้
FL1	หมายถึง	น้ำหนักองค์ประกอบการใช้สื่อการเรียนการสอน
FL2	หมายถึง	น้ำหนักองค์ประกอบการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้
FL3	หมายถึง	น้ำหนักองค์ประกอบแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน

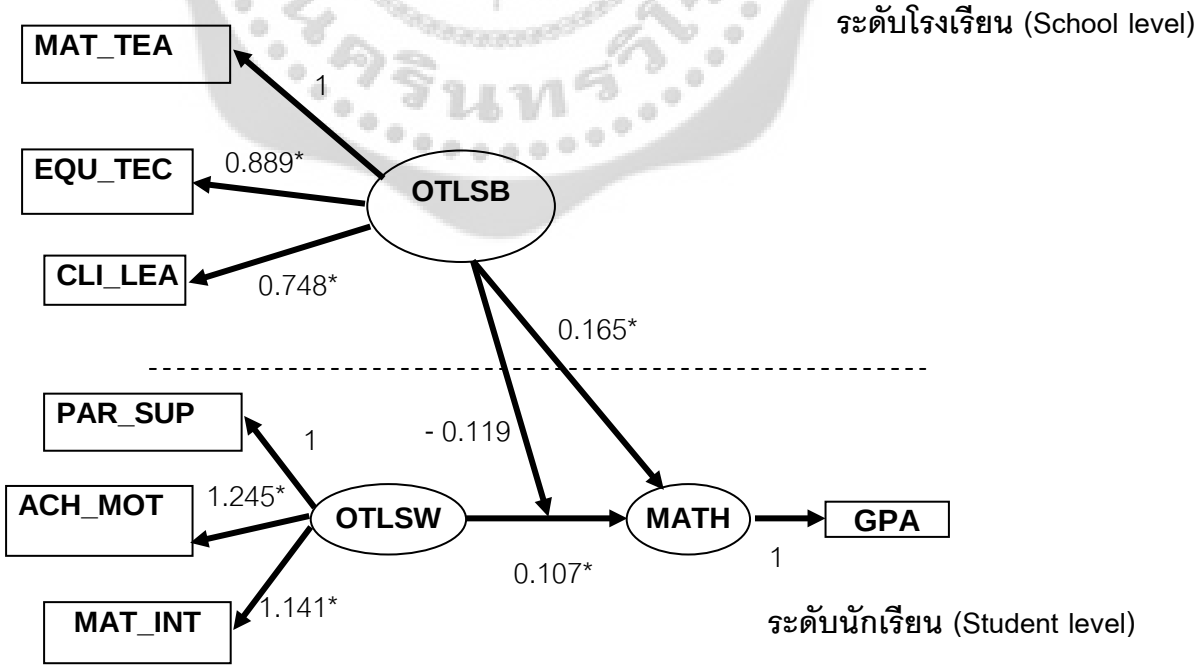
FL4	หมายถึง	น้ำหนักองค์ประกอบความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
CP	หมายถึง	สัมประสิทธิ์เส้นทางโอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
CL1	หมายถึง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับจากโอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียนส่งผลต่อค่าความชันระหว่างโอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
CL2	หมายถึง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับจากโอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากข้อมูลประชากร

การวิเคราะห์ โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับจากข้อมูลประชากร เป็นการ ทดสอบโมเดลสมมติฐานการวิจัยของประชากร เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากแต่ละเงื่อนไขการวิจัย เนื่องจากโมเดลสมมติฐานเป็นโมเดลพหุระดับที่มีตัวแปร 2 ระดับอยู่ในโมเดลคือ ตัวแปรระดับโรงเรียน และตัวแปรระดับนักเรียน ผู้วิจัย วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ตัวแปรในการศึกษาระดับโรงเรียนมีลักษณะเบ้ขวา ตัวแปรระดับนักเรียนมีลักษณะเบ้ซ้าย ซึ่งทั้งสองระดับมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ การวิเคราะห์ ค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity และ ค่าดัชนีKaiser-Meyer-Olkin (KMO) พบว่า ข้อมูลมีความเหมาะสมที่ จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบ และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ภายในชั้น เท่ากับ 0.338 แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์พหุระดับ จากนั้นผู้วิจัยเลือก ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ (Multilevel Structural Equation Modeling : MSEM) ที่สามารถทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ทั้งตัวแปรในระดับโรงเรียน และตัวแปรระดับบุคคลได้พร้อมกัน โดยใช้โปรแกรม Mplus เวอร์ชั่น 5 ในการวิเคราะห์จะใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ความเป็นไปได้สูงสุดแบบ Full Information Maximum Likelihood และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ความเป็นไปได้สูงสุดแบบ Robust Maximum Likelihood ดังแสดงในตาราง 3 และภาพประกอบ 5

ตาราง 3 แสดงผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML

parameter	Parameter Estimation Methods					
	FIML			RML		
	Estimate	SE	P-Value	Estimate	SE	P-Value
น้ำหนักองค์ประกอบ						
FL1	0.889	0.095	0.000	0.889	0.095	0.000
FL2	0.748	0.078	0.000	0.748	0.078	0.000
FL3	1.245	0.028	0.000	1.245	0.028	0.000
FL4	1.141	0.023	0.000	1.141	0.023	0.000
สัมประสิทธิ์เส้นทาง						
CP	0.107	0.005	0.000	0.107	0.005	0.000
สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ						
CL1	-0.119	0.084	0.168	-0.119	0.084	0.168
CL2	0.165	0.088	0.015	0.165	0.088	0.015



ภาพประกอบ 5 โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากตาราง 3 และภาพประกอบ 5 พบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบของโอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียน และโอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียน ค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัว การประมาณค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์เส้นทางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากโอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางทางบวกเท่ากับ 0.107 โดยแสดงว่าโอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียนส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้น กล่าวคือการได้รับการสนับสนุนจากผู้ปกครอง นักเรียนมี แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ดีจะส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง และการประมาณค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับจากโอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียน ส่งผลต่อความชันระหว่าง โอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการประมาณค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับจากโอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าถ้าโอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียนสูงจะส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงด้วย

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับตามเงื่อนไขขนาดตัวอย่างระดับที่สอง ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง และการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามเพิ่มเติม

2.1 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับตามเงื่อนไข ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง

การวิเคราะห์ในตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับงานวิจัยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ตามเงื่อนไขขนาดตัวอย่างระดับที่สองและขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง 9 เงื่อนไข โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้ (1) วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ค่า น้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของแต่ละวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ระหว่างค่าสถิติ (การสุ่ม 30 ครั้ง) กับ ค่าพารามิเตอร์ (วิเคราะห์จากประชากร) สถิติในการวิเคราะห์คือ การวิเคราะห์สถิติทดสอบทีแบบ One-Sample T-Test (2) วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความเชื่อมั่นระหว่างวิธีการ ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ด้วยค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% (3) วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ค่า น้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับระหว่างวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust

Maximum Likelihood (RML) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนาม (multivariate analysis of variance: MANOVA) โดยนำผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Mplus ภาคผนวก ค หน้า 126 – 159 มาใช้ในการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน)

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	0.924	0.897	1.241	1.155	0.109	-0.175	0.218	0.951	0.797	1.242	1.159	0.100	-0.162	0.211
	SD	0.264	0.469	0.080	0.073	0.031	0.207	0.152	0.237	0.173	0.080	0.072	0.029	0.208	0.154
	SE	0.048	0.086	0.015	0.013	0.006	0.038	0.028	0.043	0.031	0.015	0.013	0.005	0.038	0.028
Test	t-test	0.733	1.736	-0.293	1.088	0.263	-1.494	1.922	1.432	1.562	-0.195	1.373	-1.343	-1.133	1.623
	p-value	0.469	0.093	0.772	0.286	0.794	0.146	0.064	0.163	0.129	0.846	0.180	0.190	0.267	0.115
95%	Lower	-.0633	-0.027	-0.034	-0.013	-0.010	-0.134	-0.003	-0.027	-0.015	-0.033	-0.009	-0.018	-0.121	-0.012
	Upper	0.134	0.324	0.026	0.042	0.013	0.021	0.110	0.151	0.114	0.027	0.045	0.004	0.035	0.103
	range	0.197	0.351	0.060	0.054	0.023	0.155	0.113	0.177	0.129	0.060	0.054	0.022	0.155	0.115
Multivariate Test		Λ = 0.924				Multivariate F-test = 0.357						p-value = 0.923			

จากตาราง 4 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน)ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่า สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML มีความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน

การทดสอบความแตกต่างระหว่างวิธี การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.924 , Multivariate F-test = 0.357 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างวิธีการประมาณค่าแบบ FIML และ RML มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) ทั้งวิธี การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่า สัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

เงื่อนไขที่ 2 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) แต่ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน)

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	0.976	0.821	1.259	1.152	0.106	-0.111	0.228	0.976	0.814	1.254	1.150	0.106	-0.127	0.220
	SD	0.286	0.210	0.124	0.084	0.005	0.360	0.209	0.284	0.206	0.110	0.078	0.004	0.358	0.209
	SE	0.052	0.038	0.023	0.015	0.001	0.066	0.038	0.052	0.038	0.020	0.014	0.001	0.065	0.038
Test	t-test	1.668	1.892	0.630	0.744	-0.937	0.117	1.663	1.681	1.754	0.444	0.660	-0.762	-0.130	1.446
	p-value	0.106	0.069	0.533	0.463	0.357	0.908	0.107	0.104	0.090	0.661	0.515	0.452	0.898	0.159
95%	Lower	-0.020	-0.006	-0.032	-0.020	-0.003	-0.127	-0.015	-0.019	-0.011	-0.032	-0.020	-0.002	-0.142	-0.023
	Upper	0.194	0.151	0.061	0.043	0.001	0.142	0.141	0.193	0.143	0.050	0.039	0.001	0.125	0.133
	range	0.214	0.157	0.093	0.063	0.004	0.269	0.156	0.212	0.154	0.082	0.058	0.003	0.267	0.156
Multivariate Test		Λ = 0.997			Multivariate F-test = 0.022				p-value = 1						

จากตาราง 5 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML มีความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน

การทดสอบความแตกต่างระหว่างวิธี การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.997, Multivariate F-test = 0.022 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างวิธีการประมาณค่าแบบ FIML และ RML มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียนขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

เงื่อนไขที่ 3 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) แต่ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน)

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.946	0.893	1.225	1.118	0.103	-0.275	0.350
	SD	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.584	0.489	0.134	0.154	0.013	0.623	0.617
	SE	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.107	0.089	0.024	0.028	0.002	0.114	0.113
Test	t-test	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.531	1.620	-0.828	-0.836	-1.765	-1.375	1.640
	p-value	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.599	0.116	0.414	0.410	0.088	0.180	0.112
95%	Lower	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	-0.161	-0.038	-0.070	-0.081	-0.009	-0.389	-0.046
	Upper	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.275	0.327	0.030	0.034	0.001	0.076	0.415
	range	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.436	0.365	0.100	0.115	0.010	0.466	0.461

NC = ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

จากตาราง 6 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ไม่แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียนขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

เงื่อนไขที่ 4 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	0.843	0.715	1.216	1.116	0.111	-0.150	0.173	0.843	0.715	1.216	1.116	0.106	-0.174	0.198
	SD	0.199	0.128	0.107	0.107	0.121	0.257	0.189	0.199	0.128	0.107	0.107	0.005	0.228	0.180
	SE	0.036	0.023	0.020	0.020	0.022	0.047	0.035	0.036	0.023	0.020	0.020	0.001	0.042	0.033
Test	t-test	-1.271	-1.410	-1.481	-1.275	0.200	-0.650	0.230	-1.271	-1.410	-1.481	-1.275	-0.989	-1.325	0.988
	p-value	0.214	0.169	0.149	0.212	0.843	0.521	0.820	0.214	0.169	0.149	0.212	0.331	0.195	0.331
95%	Lower	-0.121	-0.081	-0.069	-0.065	-0.041	-0.127	-0.063	-0.121	-0.081	-0.069	-0.065	-0.002	-0.140	-0.035
	Upper	0.028	0.015	0.011	0.015	0.050	0.066	0.079	0.028	0.015	0.011	0.015	0.001	0.030	0.100
	range	0.149	0.095	0.080	0.080	0.091	0.192	0.141	0.149	0.095	0.080	0.080	0.003	0.170	0.135
Multivariate Test		Λ = 0.993				Multivariate F-test = 0.053							p-value = 1		

จากตาราง 7 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่า สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML มีความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน

การทดสอบความแตกต่างระหว่างวิธี การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.993 , Multivariate F-test = 0.053 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างวิธีการประมาณค่าแบบ FIML และ RML มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

เงื่อนไขที่ 5 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	0.920	0.788	1.270	1.182	0.097	-0.145	0.206	0.920	0.788	1.270	1.182	0.103	-0.089	0.150
	SD	0.364	0.249	0.160	0.167	0.071	0.438	0.344	0.364	0.249	0.160	0.167	0.016	0.369	0.304
	SE	0.067	0.045	0.029	0.031	0.013	0.080	0.063	0.067	0.045	0.029	0.031	0.003	0.067	0.056
Test	t-test	0.471	0.882	0.869	1.340	-0.734	-0.322	0.644	0.471	0.882	0.869	1.340	-1.221	0.445	-0.275
	p-value	0.641	0.385	0.392	0.191	0.469	0.749	0.524	0.641	0.385	0.392	0.191	0.232	0.659	0.785
95%	Lower	-0.105	-0.053	-0.034	-0.022	-0.036	-0.189	-0.088	-0.105	-0.053	-0.034	-0.022	-0.010	-0.108	-0.129
	Upper	0.167	0.133	0.085	0.104	0.017	0.138	0.169	0.167	0.133	0.085	0.104	0.002	0.168	0.098
	range	0.272	0.186	0.120	0.125	0.053	0.327	0.257	0.272	0.186	0.120	0.125	0.012	0.276	0.227
Multivariate Test		Λ = 0.974				Multivariate F-test = 0.198						p-value = .984			

จากตาราง 8 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่า สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML มีความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน

การทดสอบความแตกต่างระหว่างวิธี การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.974 , Multivariate F-test = 0.198 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างวิธีการประมาณค่าแบบ FIML และ RML มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

เงื่อนไขที่ 6 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 10 คน ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน(15 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	SD	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	SE	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Test	t-test	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	p-value	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
95%	Lower	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Upper	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	range	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC

NC = ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

จากตาราง 9 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ10 คน ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

เงื่อนไขที่ 7 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	0.882	0.774	1.262	1.184	0.108	-0.154	0.090	0.882	0.774	1.262	1.184	0.109	-0.155	0.094
	SD	0.180	0.165	0.155	0.155	0.005	0.382	0.237	0.180	0.165	0.155	0.155	0.006	0.382	0.229
	SE	0.033	0.030	0.028	0.028	0.001	0.070	0.043	0.033	0.030	0.028	0.028	0.001	0.070	0.042
Test	t-test	-0.226	0.846	0.607	1.516	1.551	-0.502	-1.733	-0.226	0.846	0.607	1.516	1.500	-0.514	-1.700
	p-value	0.823	0.405	0.548	0.140	0.132	0.620	0.094	0.823	0.405	0.548	0.140	0.144	0.611	0.100
95%	Lower	-0.074	-0.036	-0.041	-0.015	0.000	-0.178	-0.164	-0.074	-0.036	-0.041	-0.015	-0.001	-0.178	-0.156
	Upper	0.060	0.087	0.075	0.101	0.003	0.108	0.014	0.060	0.087	0.075	0.101	0.004	0.107	0.014
	range	0.134	0.123	0.116	0.116	0.004	0.286	0.177	0.134	0.123	0.116	0.116	0.004	0.285	0.171
Multivariate Test		Λ = 1.000				Multivariate F-test = 0.022						p-value = 1			

จากตาราง 10 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่า สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML มีความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน

การทดสอบความแตกต่างระหว่างวิธี การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 1.000 , Multivariate F-test = 0.022 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างวิธีการประมาณค่าแบบ FIML และ RML มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่า สัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

เงื่อนไขที่ 8 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.862	0.834	1.276	1.185	0.109	-0.024	0.123
	SD	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.228	0.254	0.226	0.130	0.007	0.462	0.434
	SE	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.042	0.046	0.041	0.024	0.001	0.084	0.079
Test	t-test	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	-0.651	1.850	0.753	1.876	1.588	1.128	-0.525
	p-value	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.520	0.075	0.457	0.071	0.123	0.268	0.604
95%	Lower	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	-0.112	-0.009	-0.053	-0.004	-0.001	-0.077	-0.203
	Upper	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.058	0.181	0.116	0.093	0.005	0.267	0.120
	range	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	0.171	0.190	0.169	0.097	0.005	0.345	0.324

NC = ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

จากตาราง 11 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) แ ละขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ5 คน ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ(FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่า สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ จากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

เงื่อนไขที่ 9 ขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงค่าสถิติในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน

Estimation- method		FIML							RML						
Dependent Variable		FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2	FL1	FL2	FL3	FL4	CP	CL1	CL2
Parameter		0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Des.	$\overline{X}$ (30)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	SD	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	SE	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Test	t-test	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	p-value	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
95%	Lower	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Upper	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	range	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC

NC = ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

จากตาราง 12 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

2.2 การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามเพิ่มเติม

2.2.1 คำถามที่ต้องการทราบว่าขนาดตัวอย่างระดับที่สองต่างกัน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียนให้ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับที่มีความเที่ยงตรงต่างกันหรือไม่ โดยนำผลการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขการวิจัยมาวิเคราะห์เพิ่มเติมดังนี้

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 4 และ ตาราง 5 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.945 , Multivariate F-test = 0.431 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีช่วงความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

จากตาราง 4 ตาราง 5 และ ตาราง 6 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน 15 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.848 , Multivariate F-test = 0.993 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน มีช่วงความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

สรุปได้ว่า เมื่อ ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ให้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ไม่ต่างกัน แสดงว่าผลการวิเคราะห์จากขนาดตัวอย่างระดับที่สองทั้ง 2 ขนาดมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน และเมื่อ ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ไม่ต่างกัน แสดงว่าผลการวิเคราะห์จากขนาดตัวอย่างระดับที่สองทั้ง 3 ขนาดมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

2.2.2 คำถามที่ต้องการทราบว่าขนาดตัวอย่างระดับที่สองต่างกัน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ให้ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับที่มีความเที่ยงตรงต่างกันหรือไม่ โดยนำผลการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขการวิจัยมาวิเคราะห์เพิ่มเติมดังนี้

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 7 และ ตาราง 8 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.895 , Multivariate F-test = 0.874 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียนมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีช่วงความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

จากตาราง 7 และ ตาราง 8 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.883 , Multivariate F-test 0.985 , p >.05) แสดงว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีช่วงความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

สรุปได้ว่า เมื่อ ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ให้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ไม่ต่างกัน แสดงว่าผลการวิเคราะห์จากขนาดตัวอย่างระดับที่สองทั้ง 2 ขนาดมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน และเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ไม่ต่างกัน แสดงว่าผลการวิเคราะห์จากขนาดตัวอย่างระดับที่สองทั้ง 2 ขนาดมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

2.2.2 คำถามที่ต้องการทราบว่าขนาดตัวอย่างระดับที่สองต่างกัน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ให้ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับที่มีความเที่ยงตรงต่างกันหรือไม่ โดยนำผลการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขการวิจัยมาวิเคราะห์เพิ่มเติมดังนี้

จากตาราง 10 และ ตาราง 11 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเท่ากัน (โรงเรียนละ 5 คน) ผลการวิเคราะห์ระดับ Multivariate ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Λ = 0.929 , Multivariate F-test 0.567 , p >.05) แสดงว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีช่วงความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

สรุปได้ว่า เมื่อ ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ

(CL1,CL2) ไม่ต่างกัน แสดงว่าผลการวิเคราะห์จากขนาดตัวอย่างระดับที่สองทั้ง 2 ขนาดมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ เพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย

การวิเคราะห์ในตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อ แสดงผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย 3 ข้อ ได้แก่ สมมติฐานที่ 1 การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) เมื่อจำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละโรงเรียนเท่ากันจะให้ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน ส่วนในกรณีขนาดตัวอย่างแต่ละโรงเรียนไม่เท่ากัน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยแบบ RML จะให้ผลการวิเคราะห์ดีกว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML สมมติฐานที่ 2 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ในระดับที่สอง(ระดับโรงเรียน) เท่ากับหรือน้อยกว่า 50 กลุ่ม ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยเท่ากับ 15 กลุ่ม มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง สมมติฐานที่ 3 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ในระดับที่หนึ่ง(ระดับนักเรียน) น้อยกว่า 30 หน่วยต่อโรงเรียน(กลุ่ม) ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยโรงเรียนละ 5 คน มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง และจะมีความเที่ยงตรงสูงขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างในระดับที่สองใหญ่กว่า 30 กลุ่ม ผู้วิจัยนำผลจากตาราง 3 – 12 มาร่วมในการทดสอบสมมติฐาน สามารถแยกแปลความหมายในแต่ละสมมติฐานดังนี้

สมมติฐานที่ 1 การทดสอบความเที่ยงตรงของการประมาณค่าพารามิเตอร์ระหว่าง วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10-40 คน) ทั้งสองวิธีประมาณค่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ไม่ต่างกัน แสดงว่า การประมาณค่าทั้งสองวิธีมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ตัวอย่างระดับที่หนึ่ง เก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) วิธีการประมาณค่าแบบ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) ได้ครบและแตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ . 05 ส่วนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ไม่สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ

สมมติฐานที่ 2 การทดสอบขนาดตัวอย่างระดับที่สอง พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน ทั้งกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน ให้ผลการวิเคราะห์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ . 05 ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ตัวอย่างระดับที่หนึ่งทั้ง 3 ขนาด ไม่สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ

ส่วนผลการวิเคราะห์ ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธี การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน ทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 1 0 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน ให้ผลการวิเคราะห์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่า สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) ประมาณค่า น้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่า สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน ไม่สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ

สมมติฐานที่ 3 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ในระดับที่หนึ่ง พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วย วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน โดยขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน ทั้งสองวิธีให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาความเที่ยงตรงของการประมาณค่าในการวิเคราะห์สมการโครงสร้างพหุระดับภายใต้เงื่อนไขวิธีการประมาณค่าและขนาดตัวอย่างที่ต่างกัน ผู้วิจัยนำเสนอสาระสำคัญตามลำดับ คือความมุ่งหมายของการวิจัย สมมติฐานในการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเที่ยงตรงของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ สำหรับงานวิจัยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ภายใต้เงื่อนไขขนาดตัวอย่างของแต่ละระดับการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน โดยมุ่งตอบคำถามเฉพาะว่าวิธีวิเคราะห์ใด และจำนวนหน่วยตัวอย่างระดับที่สองและระดับที่หนึ่งเป็นเท่าใด

สมมติฐานในการวิจัย

สมมติฐานที่ 1 การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) เมื่อจำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละโรงเรียนเท่ากันจะให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน ส่วนในกรณีขนาดตัวอย่างแต่ละโรงเรียนไม่เท่ากัน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยแบบ RML จะให้ผลการวิเคราะห์ดีกว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML

สมมติฐานที่ 2 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับในระดับที่สอง(ระดับโรงเรียน) เท่ากับหรือน้อยกว่า 50 โรงเรียน (กลุ่ม) ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยเท่ากับ 15 กลุ่ม มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง

สมมติฐานที่ 3 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับในระดับที่หนึ่ง(ระดับนักเรียน) น้อยกว่า 30 หน่วยต่อโรงเรียน (กลุ่ม) ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยโรงเรียนละ 5 คน มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยการคัดเลือกข้อมูลสำหรับใช้ในการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ทุติยภูมิ (Secondary analysis) เพราะเป็นไปตามธรรมชาติให้สารสนเทศตามความเป็นจริง ในการคัดเลือกข้อมูลมีเกณฑ์ในการพิจารณาคือ เป็นข้อมูลที่มีโครงสร้างพหุระดับ และมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างครอบคลุมสถานการณ์ในเงื่อนไขที่วิจัย จากการคัดเลือกพบว่าข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสุ่มข้อมูลตามแบบแผนและตัวแปรที่กำหนดตามเงื่อนไขการวิจัย ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการสุ่มพบว่าข้อมูลที่ได้ตรงตามสถานการณ์แต่ละเงื่อนไขการวิจัย และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น พบว่าการสุ่มแต่ละครั้งมีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์พหุระดับ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นตั้งแต่ 0.098 ขึ้นไป

3. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูลประชากร โดยสร้างโมเดลในการวิเคราะห์จากฐานข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ผู้วิจัยแบ่งตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ได้แก่ตัวแปรระดับมหภาคหรือตัวแปรระดับโรงเรียนหรือตัวแปรระดับที่สอง ตัวแปรระดับจุลภาคหรือตัวแปรระดับนักเรียนหรือตัวแปรระดับที่หนึ่ง และวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์เพื่อทดสอบโมเดลสมมติฐานการวิจัยของประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามเงื่อนไขของการวิจัย โดยวิเคราะห์เงื่อนไขละ 30 ครั้ง ด้วยโปรแกรม Mplus และจะกำหนดโมเดล ปรับโมเดลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์โมเดลสมมติฐานการวิจัยของประชากรทุกประการ และวิเคราะห์เปรียบเทียบความเที่ยงตรงตามเงื่อนไขการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับตามเงื่อนไขการวิจัย มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

1.6 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ทั้งสองวิธีประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

1.7 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (50 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ทั้งวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML

ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

1.8 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (30 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน เมื่อพิจารณาจากสถิติทดสอบที ทั้งค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างจากการประมาณค่าจากประชากรขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน) ส่วนการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

1.9 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ทั้งสองวิธีประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

2. การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามเพิ่มเติม

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง50 โรงเรียน 30 โรงเรียน 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) พบว่า ผลการวิเคราะห์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ให้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่ต่างกัน แสดงว่าผลการวิเคราะห์จากขนาดตัวอย่างระดับที่สองทั้ง 2 ขนาดมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน และเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการ

วิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับไม่ต่างกัน แสดงว่าผลการวิเคราะห์จากขนาดตัวอย่างระดับที่สองทั้ง 2 ขนาดมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน (ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับไม่ต่างกัน แสดงว่าผลการวิเคราะห์จากขนาดตัวอย่างระดับที่สองทั้ง 2 ขนาดมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

3. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ เพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 การทดสอบความเที่ยงตรงของการประมาณค่าพารามิเตอร์ระหว่าง วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML พบว่า เมื่อกลุ่มตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน(10-40 คน) ทั้งสองวิธีประมาณค่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับไม่ต่างกัน แสดงว่า การประมาณค่าทั้งสองวิธีมีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) วิธีการประมาณค่าแบบ RML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ได้ครบและแตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ไม่สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ

3.2 การทดสอบขนาดตัวอย่างระดับที่สอง พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน ทั้งกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน ให้ผลการวิเคราะห์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ตัวอย่างระดับที่หนึ่งทั้ง 3 ขนาด ไม่สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ

ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน ทั้งกรณี

กลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน และจำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน ให้ผลการวิเคราะห์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (10 – 40 คน) ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน ไม่สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ

3.3 การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ในระดับที่หนึ่ง พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีกลุ่มตัวอย่างระดับที่หนึ่ง โรงเรียนละ 5 คน โรงเรียนละ 10 คน โดยขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน ทั้งสองวิธีให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (FL1,FL2,FL3,FL4) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (CP) และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ (CL1,CL2) แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การอภิปรายผลในงานวิจัยนี้นำเสนอใน 5 ประเด็น คือ 1) ผลการศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ในกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) 2) ผลการศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ในกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน 3) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สองต่างกัน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) 4) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สองต่างกัน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน และโรงเรียนละ 5 คน 5) ผลการศึกษาความสำคัญของขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ในกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) มีประเด็นในการอภิปรายดังนี้

1.1 ผลการศึกษากรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างมีไม่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ผลการศึกษากรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างมีไม่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ผลการศึกษากรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างมีไม่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ซึ่งผลการศึกษาที่พบสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า *การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ในระดับที่สอง(ระดับโรงเรียน) เท่ากับหรือน้อยกว่า 50 กลุ่ม ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยเท่ากับ 15 กลุ่ม มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง* และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ บาสสิริ (Bassiri. 1988 ; citing Heck; & Thomas. 2000) ที่กล่าวไว้ว่าขนาดของกลุ่มที่จะพบปฏิสัมพันธ์ข้ามระดับควรมีอย่างน้อย 30 กลุ่ม ผลการวิจัยของสนิจเดอส์ และ บอสเคอ (Snijders; & Bosker. 1999) พบว่าได้มีข้อเสนอเกี่ยวกับการกำหนดขนาดขนาดตัวอย่าง โดยกลุ่มระดับสูงที่สุดของการวิเคราะห์ควรมีจำนวนมากกว่า 10 กลุ่มขึ้นไป ส่วนจากการศึกษาของ ฮอก และแมส (Hox; & Mass. 2004,2005) มีความเห็นว่าจำนวนขนาดตัวอย่างระดับกลุ่มที่สูงสุดของการวิเคราะห์ควรจะมีขนาดที่มากกว่าหรือเท่ากับ 30 กลุ่มขึ้นไป จากข้อค้นพบอาจกล่าวได้ว่าในการศึกษางานวิจัยที่มีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับขนาด

ขนาดตัวอย่างในระดับที่สอง(ระดับกลุ่ม) ควรมีจำนวนอย่างน้อยที่สุด 15 กลุ่ม จะส่งผลให้การศึกษามีความถูกต้อง เชื่อถือได้ไม่ต่างจากการศึกษาจากกลุ่มประชากร และในขณะเดียวกันงานวิจัยที่ศึกษาจากกลุ่มประชากรที่มีจำนวนไม่มาก เช่น การศึกษาภายในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา การศึกษาภายในจังหวัด นักวิจัยก็สามารถใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับได้อย่างมั่นใจ

1.2 ผลการศึกษากรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างวิธีการประมาณค่าแบบ FIML และ RML มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

ผลการศึกษากรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างวิธีการประมาณค่าแบบ FIML และ RML มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าความต่างช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่า ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากัน ส่วนการประมาณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ วิธีการประมาณค่าแบบ FIML และวิธีการประมาณค่าแบบ RML มีความเชื่อมั่นไม่ต่างกัน

ผลการศึกษากรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) พบว่า วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ ส่วนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ และให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ซึ่งผลการศึกษาที่พบสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ว่า *การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) เมื่อจำนวนขนาดตัวอย่างในแต่ละโรงเรียนเท่ากันจะให้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน ส่วนในกรณีขนาดตัวอย่างแต่ละโรงเรียนไม่เท่ากัน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยแบบ RML จะให้ผลการวิเคราะห์ดีกว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML* และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ฮอก และแมส (Hox ; & Mass. 2004) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ระหว่างวิธี ML หรือ FIML และ วิธี RML ผลการศึกษา พบว่า การประมาณค่าแบบ

ด้วยวิธี RML ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีกว่าการประมาณค่าด้วยวิธี MLหรือ FIML และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ บราวน์และแดรพเพอร์ (Browne ; & Draper, 2000) พบว่า วิธี RML ให้ผลดีกว่า FML ในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับการทดสอบนัยสำคัญขององค์ประกอบความแปรปรวน และสอดคล้องกับคำกล่าวของ มิวเธ็นที่กล่าวว่าวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี RML เป็นการประมาณค่าที่ให้ค่าไค-สแควร์ (Chi-squre) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ที่มีความทนทาน (Robust) ต่อการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normality assumption) ในการศึกษางานวิจัยที่มีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ควรเลือกใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์วิธี RML เนื่องจากสามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบถ้วนมีความเที่ยงตรง และถูกต้องทั้งในกรณีที่ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งมีจำนวนไม่มาก

2. ผลการศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ในกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน และโรงเรียนละ 5 คน มีประเด็นในการอภิปรายดังนี้

ผลการศึกษากรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน และโรงเรียนละ 5 คน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างมีไม่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเท่ากัน ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ผลการศึกษากรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน และโรงเรียนละ 5 คน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างมีไม่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเท่ากัน ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ซึ่งผลการศึกษาที่พบสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ว่า *การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ในระดับที่สอง(ระดับโรงเรียน) เท่ากับหรือน้อยกว่า 50 กลุ่ม ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยเท่ากับ 15 กลุ่ม มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการ*

วิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ บาสสิริ (Bassiri. 1988 ; citing Heck; & Thomas. 2000) ที่กล่าวไว้ว่าขนาดของกลุ่มที่จะพบปฏิสัมพันธ์ข้ามระดับควรมีอย่างน้อย 30 กลุ่ม ผลการวิจัยของสนิจเดอส์ และ บอสเคอ (Snijders; & Bosker. 1999) พบว่าได้มีข้อเสนอเกี่ยวกับการกำหนดขนาดขนาดตัวอย่าง โดยกลุ่มระดับสูงที่สุดของการวิเคราะห์ควรมีจำนวนมากกว่า 10 กลุ่มขึ้นไป ส่วนจากการศึกษาของ ฮอก และแมส (Hox; & Mass. 2004,2005) มีความเห็นว่าจำนวนขนาดตัวอย่างระดับกลุ่มที่สูงสุดของการวิเคราะห์ควรจะมีขนาดที่มากกว่าหรือเท่ากับ 30 กลุ่มขึ้นไป จากข้อค้นพบอาจกล่าวได้ว่าในการศึกษางานวิจัยที่มีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับขนาดขนาดตัวอย่างในระดับที่สอง(ระดับกลุ่ม) ควรมีจำนวนอย่างน้อยที่สุด 15 กลุ่ม จะส่งผลให้การศึกษามีความถูกต้อง เชื่อถือได้ไม่ต่างจากการศึกษาจากกลุ่มประชากร และในขณะเดียวกันงานวิจัยที่ศึกษาจากกลุ่มประชากรที่มีจำนวนไม่มาก เช่น การศึกษาภายในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา การศึกษาภายในจังหวัด นักวิจัยก็สามารถใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับได้อย่างมั่นใจ

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สองต่างกัน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) มีประเด็นในการอภิปรายดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ที่พบว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ที่พบว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน 30 โรงเรียน และ 15 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

จากข้อค้นพบอาจกล่าวได้ว่าในการศึกษางานวิจัยที่มีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน (จำนวน 10 – 40 คน) ซึ่งมีขนาดตัวอย่าง 10 คนต่อโรงเรียน/กลุ่มขึ้นไป ผู้วิจัยเลือกขนาดตัวอย่างระดับที่สองเพียง 15 โรงเรียน/กลุ่ม ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ก็มีความเพียงพอในการวิเคราะห์ข้อมูล และให้ผล

การวิเคราะห์ที่ไม่ต่างจากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30, 50 และ 294 โรงเรียน เป็นการประหยัดทั้งงบประมาณ เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และทรัพยากรอื่น ๆ

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับกรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ30 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน และโรงเรียนละ 5 คน มีประเด็นในการอภิปรายดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง50 โรงเรียน และ30 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน และโรงเรียนละ 5 คน ที่พบว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง50 โรงเรียน และ30 โรงเรียน และขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน และโรงเรียนละ 5 คน ที่พบว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ที่ได้จากการประมาณค่าระหว่างจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน และ 30 โรงเรียน มีความเที่ยงตรงไม่ต่างกัน

จากข้อค้นพบอาจกล่าวได้ว่าในการศึกษางานวิจัยที่มีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเท่ากันและมีขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 5 คนต่อโรงเรียน/กลุ่ม ผู้วิจัยเลือกขนาดตัวอย่างระดับที่สองเพียง 30 โรงเรียน/กลุ่ม ทั้งประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และ RML ก็มีความเพียงพอในการวิเคราะห์ข้อมูล และให้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่ต่างจากขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 และ 294 โรงเรียน เป็นการประหยัดทั้งงบประมาณ เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และทรัพยากรอื่น ๆ

5) ผลการศึกษาความสำคัญของขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากผลการวิจัยที่ พบว่า การวิเคราะห์กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน (จำนวนขนาดตัวอย่างทั้งหมด 150 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ไม่แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการวิเคราะห์ กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน (จำนวนขนาดตัวอย่างทั้งหมด 150 คน) วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ ซึ่งพบว่าจำนวนขนาดตัวอย่างทั้งหมดเท่ากัน (150 คน) แต่กรณีที่ขนาดตัวอย่างระดับที่สองมีจำนวน 30 โรงเรียน

ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML ได้ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ว่า *การกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับ ในระดับที่หนึ่ง(ระดับนักเรียน) น้อยกว่า 30 หน่วยต่อโรงเรียน(กลุ่ม)ซึ่งในงานวิจัยนี้อย่างน้อยโรงเรียนละ 5 คน มีความเพียงพอที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเที่ยงตรง* และสอดคล้องกับงานวิจัยของฮอก และแมส (Hox; & Mass. 2004,2005) อาฟชาร์เทาส์ และ ลียู (Afshartous; & Leeuw. 2005) สนิจเดอส์ และ บอสเคอ (Snijders; & Bosker. 1999) ได้ข้อค้นพบที่สอดคล้องกันว่าควรให้ความสนใจต่อขนาดขนาดตัวอย่างในระดับการวิเคราะห์สูงที่สุด (level-2) มากกว่าระดับที่ต่ำที่สุด (level-1) เพราะจะเป็นการลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่าพารามิเตอร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การวิเคราะห์สมการโครงสร้างพหุระดับถ้ามีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 กลุ่ม ขนาดตัวอย่างระดับที่ 1 ควรจะมากกว่า 10 คน เนื่องจากการวิจัยที่ศึกษาเฉพาะหน่วยงานมีขนาดตัวอย่างระดับที่สองไม่มาก และจากผลการวิจัยที่พบว่า วิธีประมาณค่าแบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สองเท่ากัน (15 โรงเรียน) แต่ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งไม่เท่ากัน ให้ผลการประมาณค่าต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์ ฉะนั้นจึงมั่นใจได้ว่าแม้ขนาดตัวอย่างระดับที่สองจะมีเพียง 15 กลุ่มก็สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับได้ ด้วยวิธีประมาณค่าแบบ RML

2. วิเคราะห์สมการโครงสร้างพหุระดับถ้าเก็บตัวอย่างระดับที่สองมากกว่าหรือเท่ากับ 30 กลุ่ม ขนาดตัวอย่างระดับที่ 1 ต้องอย่างน้อยกลุ่มละ 5 คน จากปัญหาการมีขนาดตัวอย่างขนาดเล็กนั้นเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งสำหรับงานวิจัยพหุระดับ เพราะสมาชิกภายในองค์กร หรือภายใน โรงเรียนมักพบว่ามีสมาชิกในแต่ละกลุ่มจำนวนไม่มาก ทำให้ผู้วิจัยไม่มั่นใจว่าจะต้องมีขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มจำนวนเท่าไรจึงจะวิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับได้ จากผลการวิจัย พบว่าถ้าขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 กลุ่ม สมาชิกในกลุ่มมีเพียงกลุ่มละ 5 คน ก็สามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับได้อย่างมั่นใจ และผลการวิจัยมีความเที่ยงตรงเชื่อถือได้ ด้วยวิธีประมาณค่าแบบ RML

3. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับควรประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) เพราะเป็นวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ข้อมูลดิบทั้งหมดในการประมาณค่า มีความทนทาน (Robust) ต่อการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงแบบโค้ง

ปกติ (Normality assumption) สามารถวิเคราะห์ได้ง่าย ใช้เวลาในการคำนวณน้อย และสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลหรือค่าสัมประสิทธิ์ความชันแบบสุ่ม (Random slopes) ที่ให้มีค่าแตกต่างกันไปตามแต่ละกลุ่มได้ และสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ครบโดยเฉพาะกรณีที่มีขนาดตัวอย่างจำนวนไม่มาก

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาความเที่ยงตรงของการประมาณค่าในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับโดยศึกษาร่วมกัน ระหว่างขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่ง ขนาดตัวอย่างระดับที่สอง วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ร่วมกับจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย เพราะการกำหนดขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัยที่ศึกษาจากตัวแปรหลายตัว จำนวนตัวแปรก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่นักวิจัยนำมาพิจารณาร่วมด้วยในการกำหนดขนาดตัวอย่าง

2. ควรมีการศึกษาความเที่ยงตรงของการประมาณค่าในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับโดยศึกษาในกรณีที่ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นที่ต่างกัน จะส่งผลต่อค่าอิทธิพลข้ามระดับอย่างไร

3. ควรมีการประยุกต์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับองค์กรโดยที่โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับเป็นวิธีการเชิงสถิติที่มีผู้นำไปใช้ในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์กรซึ่งมีโครงสร้างเป็นระดับลดหลั่นและมีความสลับซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งความเข้าใจทฤษฎีและการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ได้จักต้องกระทำโดยมีความเข้าใจกระบวนการและบริบทของโรงเรียนหรือองค์กรเหล่านั้นด้วย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

จารุวรรณ เฮ้าทา. (2546). **ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดหนองบัวลำภู**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). มหาสารคาม:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

ดุษฎี โยเหลา อ้อมเดือน สดมณี และวันเพ็ญ วรพงศา (2545). **ปัจจัยระดับบุคคลและระดับโรงเรียนที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเกี่ยวกับนวัตกรรมด้านการประกันคุณภาพการศึกษาของครูสังกัดสำนักงานคณะกรรมการประถมศึกษาแห่งชาติเขตการศึกษา 1** . ใน เอกสารการประชุมทางวิชาการเรื่อง การวิจัยทางการศึกษาครั้งที่ 10. หน้า 266-275. นนทบุรี : เจริญผล.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2535). การวิเคราะห์ประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวน. **วิจัยการศึกษา**. 15(4):9 – 14.

นิคม นาคอ้าย. (2540). **การพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ : การประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม**. วิทยานิพนธ์. ค.ม. (วิจัยการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

นำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล. (2550). **การศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นพหุระดับปัจจัยภาวะผู้นำ ปัจจัยกลุ่มสาระการเรียนรู้ และปัจจัยส่วนบุคคลที่ส่งผลต่อเครือข่ายการแลกเปลี่ยนทางสังคมในการทำงานและตัวแปรผลทางด้านจิตพิสัยของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้และครูโรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร**. ปริญญานิพนธ์. วท.ด. (การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

บุญเรือง ศรีเหรัญ. (2543, มกราคม-เมษายน). รูปแบบระดับชั้นลดหลั่นสอดแทรกเชิงเส้น. **วารสารวัดผลการศึกษา**. 21(61).

บุรทิน ขำภิรัฐ. (2548). **การพัฒนา การตรวจสอบความตรง และความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลความเป็นคณบดี**. วิทยานิพนธ์. ค.ด. (วิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ:สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

วิริณธิ์ ธรรมนารถสกุล. (2547). **ปัจจัยเชิงสาเหตุพหุระดับของผลการปฏิบัติงานของพยาบาลวิชาชีพ : ศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมในการทำงาน และปัจจัยระดับบุคคล**. ปริญญานิพนธ์. วท.ด. (การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ศิราณี ศรีโยธี. (2548). **ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร**. ปริญญานิพนธ์. กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). **การวิเคราะห์พหุระดับ**. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สังวรณ์ งัดกระโทก. (2541). **การใช้สมการโครงสร้างพหุระดับตรวจสอบความตรงของโมเดลสมการโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยครู ปัจจัยโรงเรียน กับความพึงพอใจในการปฏิบัติงานของครู**. วิทยานิพนธ์. ค.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ และคณะ. (2549). **แบบจำลองสมการโครงสร้าง : การใช้โปรแกรม LISREL,PRELIS และ SIMPLIS**. กรุงเทพ ฯ : สามลดา.

สุชาติ หอมจันทร์. (2546). **ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดนครราชสีมา**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). มหาสารคาม:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. กลุ่มงานประเมินผล. (2533). **รายงานการวิจัยเรื่องความเสมอภาคของปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพโรงเรียนประถมศึกษา**. กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี.

อภิรดี ปราสาททรัพย์. (2550). **การพัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลทีมงาน**. วิทยานิพนธ์. ค.ด. (วิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

Afshartous, D. (1995). **Determination of Sample Size for Multilevel Model Design.** Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, SanFrancisco,CA.

Arbuckle, James L. (1995). **AMOS User' Guild.** Chicago : Small waters Corporation.

Bauer, David. J. (2003). Estimating multilevel linear models as structural models. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**, 28, 135–167.

Bentler, P.M. & Chou, Chih.P. (1987). Practical Issues in Structural Modeling. **Sociological Methods & Research.** 16 : 78 – 117.

Berk, J., Snijders, T.A.B. (2001). Variance Component Testing in Multilevel Models. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**. 26(2): pp. 133 – 152.

Bock, Darrell.D. (1989). **Multilevel Analysis of Educational Data**. San Diego : Academic Press.

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

Browne, Michael.W. & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit, in **Testing Structural Equation Models**. Edited by K.A. Bolen and J.S. Long. New Jersey : Sage Publications.

Browne, William. J. ; & Draper, D. (2000). Implementation and performance issues in the Bayesian and likelihood fitting of multilevel models. **Computational Statistics**, 15 : pp.391–420.

Burstein, L; Linn, R.L. and Capell, I. (1978). Applying Multilevel Data in the Presence of Heterogenous Within – Class Regression. **Journal of Educational Statistics**. 4 : pp. 347 – 389.

Busing, F. (1993). **Distribution Characteristics of Variance Estimates in Two-level Models**. Unpublished manuscript, Leiden University, the Netherlands.

Chou, C.; Bentler, P. M.; & Pentz, M. A. (1998). Comparisons of two statistical approaches to Study growth curves: The multilevel model and the latent curve analysis. **Structural Equation Modeling**, 5:pp. 247–266.

Cheung, L. W. ; & Au, K. (2005). Applications of Multilevel Structural Equation Modeling to Cross-Cultural Research. **Structural Equation Modeling**, 12(4) :pp. 598–619.

Cronbach, Lee.J. (1976). **Research on Classrooms and School : Formulation of Questions, Design and Analysis**. Occasional Paper, Standard Evaluation Consortium, July.

Diamantopoulos, A., & Siguaw, Judy. A. (2000). **Introducing LISREL**. California: Sage Publication.

Farmer, Lawrence. G. (2000). Use of multilevel covariance structure analysis to evaluate The multilevel nature of theoretical constructs. **Social Worker Research**, 24, pp. 180-191.

Freedman, David. A. (2005). **On the so-called "Huber sandwich estimator" and "robust" Standard errors**. Department of Statistics, University of California Berkeley, CA. Retrieved October 19, 2008, from http://www.stat.berkeley.edu/~census/mlesan.pdf

Goldstein, H. (1987). **Multilevel Models in Educational and Social Research**. Oxford : Oxford University Press.

Hair, J.F.Jr ; Anerderson, R.E ; & Black. W.C. (2006). **Multivariate Data Analyis with Readings**. 6th Edition. London : Prentice – Hall International, Inc.

Harnqvist, K. (1978). Primary mental abilities at collective and individual levels. **Journal of Educational Psychology**, 67, pp. 706-716.

Heck, R. H. (2000). Examining the Impact of School Quality on School Outcomes and Improvement: A Value-Added Approach. **Educational Administration Quarterly**, 36(4) 513 - 552.

Heck, R. H. and Thomas, S.L. (2000). **An introduction to multilevel modeling techniques**. Lawrence Eribaum Associations Publishers.

Hox, J., Mass, M. (2001). The accuracy of multilevel structural equation modeling with Pseudobalanced groups and small samples. **Structural Equation Modeling**, *8,* pp. 157–174.

_____. (2004). Robustness issues in multilevel regression analysis. **Statistica Neerlandica**. 18(2) : pp. 127–137.

_____. (2005). Sufficient Sample Sizes for Multilevel Modeling. **Methodology**. 1(3) : pp. 86–92.

Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1995). Evaluating model fit. In R. H. Hoyle (Ed.), **Structural Equation modeling.** Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criterion for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. **Structural Equation Modeling**. 6, pp. 1-55.

Joreskog, K. G., & Sorbom, D. (1989). **LISREL 7: User's Reference Guide.** Chicago: Scientific Software, Inc.

Koenker, R. (2005). **Maximum likelihood asymptotics under nonstandard conditions:A heuristic introduction to sandwiches**. Retrieved Octobe 19, 2008, from http://www.econ.uiuc.edu/~roger/courses/476/lectures/L10.pdf

Kuhnert, Petra M. & Do, Kim-Anh. (2003). Fitting Genetic Models to Twin Data with Binary and Ordered Categorical Responses: A Comparison of Structural Equation Modelling and Bayesian Hierarchical Models. **Behavior Genetics**, 33(4). pp. 441-454.

Lindeman, R.H.; Merenda, P.F.; and Gold, R.Z. (1990). **Introduction to Bivariate and Multivariate Analysis.** Illinois : Scott, Foresman and company.

Longford, N.T. (1988). Fisher scoring algorithm for variance component analysis Of data with multilevel strucrte. In R.D. Bock (Ed.), **multilevel analysis of education data**. Orlando, FL : Academic Press.

Mason, W.M. ; Anderson,A F. ; & Hayat, N. (1998) **Manual for GENMOD.** Ann Arbor : University of Michigan, Population Studies Center.

Miyazaki.Y, ; & Kenneth.A.F. (2006). A Hierarchical Linear Model With Factor Analysis Structure at Level 2. **Journal of Educational and Behavioral Statitics**, 31(2) : pp. 125-156.

Morris, C. (1995). Hierarchical models for educational data: An overview. **Journal of Educational and Behavioral Statistics.** 20. pp. 190-200.

Muthén, B. O. (1989). Latent variable modeling in heterogeneous populations. **Psychometrika**, 54, pp. 557-585.

_____.(1991). Multilevel factor analysis of class and student achievement components. **Journal of Educational Measurement**, *28,* 338–354.

_____. (1994). Multilevel covariance structure analysis [Special issue] **Sociological Methods & Research**, *22,* pp. 376–398.

_____. (1997). Latent variable modeling with longitudinal and multilevel data. In A. Raftery (Ed.), **Sociological methodology** (pp. 453–480). Boston: Blackwell Publishers.

Muthén, L. K., & Muthén , B. O. (1998–2004). *M*plus *user guide* (3rd ed.). Los Angeles Muthén & Muthén.

Muthén, B. O., & Satorra, A. (1995). Complex sample data in structural equation modeling. In P. Marsden (Ed.), **Sociological Methodology**. 1995, pp. 267-316. Oxford: Blackwell.

Opdenakker, M.C., & van Damme, J. (2000). Effects of Schools, Teaching Staff and Classes on Achievement and Well-Being in Secondary Education: Similarities and Differences between School Outcomes. **School Effectiveness and School Improvement**, 11(2), 165-96.

Raudenbush, S.; & Bryk, A. (2002). **Hierarchical Linear Models: Applications and Data Analysis Methods** .Thousand Oaks, CA: Sage.

Rovine, M. J., & Molenaar, P. C. (2000). A structural modeling approach to a multilevel random coefficients model. **Multivariate Behavioral Research**, 35, 51–88.

Schreiber, James B. ; & Grifein, Bryan W. (2004). Review of Multilevel Modeling and Multilevel Studies in The Journal of Educational Research (1992-2002). **The Journal of Educational Research**. 98(1) : pp. 24-33.

Snijders, T.A.B. (2005). **Power and Sample Size in Multilevel Linear Models**. Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science. 3 : pp. 1570–1573.

Snijders,T.A., & Bosker, R.J. (1993). Standard Errors and Sample Sizes for Two-Level Research. **Journal of Educational Statistics**. 18(3): pp. 237-259.

_____. (1999). **Multilevel analysis:An introduction to basic and advanced multilevel modeling**. Thousand Oaks, CA: Sage.

Tabachnick, Barbara G. and Linda S. Fidell.(2001). **Using multivariate statistics**. 4rd edition. NY: Harpercollins College Publishers.

Tate, Richard L. ; & Pituch, Keenan A. (2007). Multivariate Hierarchical Linear Modeling in Randomized Field Experiments. **Journal of Experimental Education**. 75(4) : pp. 317–337.

Terhorst, L. (2007). **A Comparison of Estimation Methods when An Interaction is Omitted from a Multilevel Model.** Doctoral Dissertation in Philosophy , University of Pittsburgh.

Thum, Yeow. M. (1997). Hierarchical Linear Models for Multivariate Outcomes. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**. 22(1): 77-108.

Van der Leeden, R., and Busing F. (1994). **Applications of Bootstap Methods for IGLS RIGLS Estimates in Two-level Model : A Monte Carlo Study with ML3.** Unpublished manuscript, Leiden University, the Netherlands.

Van der Leeden, R. ; Busing, F., & Meijer, E. (1997). **Applications of Bootstrap Methods for Two-level Models.** Paperpresented at the Multilevel Conference, Amsterdam.

Wendorf, Craig A. (2002). Comparisons of Structural Equation Modeling and Hierarchical Linear Modeling Approaches to Couples' Data. **Structural Equation Modeling**, 9(1) : 126-140.

Willms, J.D. & Somers, M.A. (2001). Family, Classrooms, and School Effects on Children's Educational Outcomes in Latin America. **School Effectiveness and School Improvement**, 12(4) 409-45.

Wong, G. & W. Mason (1985). The hierarchical logistic regression model for multilevel analysis. **Journal of the American Statistical Association**, 80: 513-524.

Yu, C.-Y., & Muthen, B. O. (2002). Evaluation of model fit indices for latent variable models with categorical and continuous outcomes. **Technical report**.

Yuan, K.-H.,& Hayashi, K. (2005). On Muthén Maxmum Likelihood for Two - Level Covariance Structure Models . **Psychometrika**, 70(1): 147–167.

Zhang, Duan. (2006). Comparing Empirical Power of Multilevel Structural Equation Models and Hierarchical Linear Models: Understanding Cross-Level Interactions. **Structural Equation Modeling**, 13(4) : 615-630.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
- งานวิจัยที่ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัย/ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ฐานข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) มีรายละเอียดของฐานข้อมูลดังนี้

1. **ประชากรที่ใช้ในการวิจัย** ได้แก่ ครูที่สอนคณิตศาสตร์ และนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 ในโรงเรียนสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานสำนักบริหารงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา) กระทรวงมหาดไทย (กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา และเทศบาล)

2. **การเลือกขนาดตัวอย่างสำหรับการวิจัย** ได้แก่ ครูที่สอนวิทยาศาสตร์ และนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 ในโรงเรียนสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สำนักบริหารงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา) กระทรวงมหาดไทย (กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา และเทศบาล) จำนวน 294 โรงเรียน

3. **เครื่องมือและคุณภาพของเครื่องมือ** เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยแบบสอบถามเกี่ยวกับโอกาสในการเรียนรู้ และแบบบันทึกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะตัวแปรตามโมเดลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น รายละเอียดดังนี้

3.1 **แบบสอบถามเกี่ยวกับโอกาสในการเรียนรู้** มีลักษณะเป็นแบบสอบถามสำหรับรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโอกาสในการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากคุณลักษณะของการบริหารของโรงเรียน คุณลักษณะของครู และคุณลักษณะของนักเรียน แบ่งออกเป็น 2 ฉบับย่อย ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของครูคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด มีจำนวน 40 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2) การใช้สื่อการเรียนการสอน

3) การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้

การวิเคราะห์คุณภาพมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .4234 – .8167 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .9298

ฉบับที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักเรียน มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด มีจำนวน 79 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1) การสนับสนุนของผู้ปกครอง

2) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน

3) ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์คุณภาพมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .4463 – .7038 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .9589

3.2 แบบบันทึกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลของฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยสาขาวิจัยได้ทำหนังสือจาก สสวท. ขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลไปยังผู้บริหารสถานศึกษาที่เป็นขนาดตัวอย่าง จำนวน 400 โรงเรียน และขอให้ผู้บริหาร ครูคณิตศาสตร์ โรงเรียนละ 1 ท่าน และนักเรียน เป็นผู้ตอบแบบสอบถาม โดยนัดหมายวัน เวลา เพื่อให้ทางโรงเรียนส่งแบบสอบถามกลับคืน ซึ่งใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่วันที่ 1 – 31 มกราคม 2551 และมีโรงเรียนขนาดตัวอย่างส่งแบบสอบถามคืนมา 302 โรงเรียน คิดเป็นร้อยละ 76 จากนั้นนำแบบสอบถามที่ได้คืนมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามแล้วคัดเลือกได้โรงเรียนที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 294 โรงเรียน คิดเป็นร้อยละ 74 ของโรงเรียนขนาดตัวอย่างที่ส่งไป

งานวิจัยที่ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัย/ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 13 งานวิจัยที่ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัย/ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัย	ประเทศที่ทำวิจัย (ฐานข้อมูล)	ขนาดตัวอย่าง	ตัวแปรตาม	ตัวแปรที่ร่วมส่งผล	วิธีวิเคราะห์และข้อค้นพบที่สำคัญ
Willms and Somers (2001)	กลุ่มประเทศละตินอเมริกา 13 ประเทศ (PEIC,UNESCO)	นักเรียนระดับ 3 และ 4 จำนวน 100 ร.ร. ต่อประเทศ 20 ห้องต่อระดับ	-ผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ ภาษา และจำนวนปีในการเรียน	- สถานะทางวัฒนธรรมสังคม (sociocultural status) : การศึกษาของผู้ปกครอง การเอาใจใส่ของครอบครัว - บรรยากาศของห้องเรียน : ลักษณะการจัดห้องเรียน	Multilevel analysis - สถานะทางวัฒนธรรมสังคมส่งผลทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน - การให้ความเอาใจใส่ของครอบครัวมีผลต่อการลดเวลาในการศึกษาและการตกซ้ำชั้น - ปัจจัยสนับสนุนด้านวัสดุ-อุปกรณ์การสอนส่งผลกับทุกวิชา
Opdenakker and Damme (2000)	เบลเยี่ยม โครงการวิจัย : Longitudinal Onderzoek Secundair Onderwijs; LOGO	นักเรียนมัธยมศึกษา ปีที่ 1 จำนวน 52 ร.ร. 4,889 คน ตัวแทนครู 15 คน/โรงเรียน	-เจตคติต่อโรงเรียน - ผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์และทักษะทางภาษา	- แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ - ผลการเรียนเดิม	Multilevel analysis - ตัวแปรที่ศึกษาทุกระดับส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่าเจตคติที่ดีต่อโรงเรียน ตัวแปรที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญคือ ความร่วมมือของครู และบรรยากาศทางวิชาการของโรงเรียน

ตาราง 13 (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเทศที่ทำวิจัย (ฐานข้อมูล)	ขนาดตัวอย่าง	ตัวแปรตาม	ตัวแปรที่ร่วมส่งผล	วิธีวิเคราะห์และข้อค้นพบที่สำคัญ
Heck (2000)	รัฐฮาวาย, USA	นักเรียน ระดับ 6 จำนวน 122 ร.ร. 6,970 คน	ผลสัมฤทธิ์รวม วิชา คณิตศาสตร์ การใช้ภาษา และการอ่าน	- ผลสัมฤทธิ์เดิม - ฐานะทางเศรษฐกิจ อายุ เพศ ชาติกำเนิด ความต้องการการศึกษาพิเศษ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์	HLM และ SEM - คุณภาพของโรงเรียนส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์และพัฒนาการทางสังคม ฐานะทางเศรษฐกิจของโรงเรียนและผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและส่งผ่านทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ พัฒนาการการเรียนรู้ส่งผลทางตรงต่อสังกัดและทางอ้อมสู่ขนาดโรงเรียน
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2533)		นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 411 ร.ร.	ผลการวัดคุณภาพของนักเรียนระดับชั้นป.6 ใน 5 กลุ่มทักษะทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ	ปัจจัยระดับนักเรียน : การรับการศึกษาระดับอนุบาล การใช้ภาษาไทยกลาง ระดับการในการสนับสนุนการศึกษาจากทางบ้าน ปัจจัยระดับโรงเรียน : นโยบายการบริหารงานของโรงเรียน กระบวนการจัดการเรียนการสอน	Path analysis และ one-way analysis ปัจจัยที่ส่งผลมีความแตกต่างตามขนาดสังกัด และที่ตั้งของโรงเรียนคือ - คุณสมบัติของนักเรียน : การเรียนก่อนประถมศึกษา การพูดภาษาไทยกลางที่บ้าน และการได้รับการสนับสนุนจากผู้ปกครอง

ตาราง 13 (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเทศที่ทำวิจัย (ฐานข้อมูล)	ขนาดตัวอย่าง	ตัวแปรตาม	ตัวแปรที่ร่วมส่งผล	วิธีวิเคราะห์และข้อค้นพบที่สำคัญ
					- คุณสมบัติของครู/การแก้ปัญหา/การจัดการเรียนการสอนของครู - ภาวะผู้นำด้านสนับสนุนงานวิชาการ - วัสดุ/ครุภัณฑ์/อุปกรณีการเรียนการสอน - ระบบการนิเทศภายในและภายนอก
ศิราณี ศรีโยธี (2548)		นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 789 คน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	ตัวแปรระดับนักเรียน - ความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์ - สติปัญญา ตัวแปรระดับห้องเรียน - บุคลิกภาพของครูผู้สอน - การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	Multilevel analysis - ความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์และสติปัญญาส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ - บุคลิกภาพของครูผู้สอนและการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ตาราง 13 (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเทศที่ทำวิจัย (ฐานข้อมูล)	ขนาดตัวอย่าง	ตัวแปรตาม	ตัวแปรที่ร่วมส่งผล	วิธีวิเคราะห์และข้อค้นพบที่สำคัญ
สุชาติ หอมจันทร์ (2546)		นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1,030 คน ครูสอนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 19 คน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	- ความตั้งใจเรียน - คุณภาพการสอนของครู - ความสัมพันธ์ภายในครอบครัว - ความรู้ฐานเดิม - แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ - ความถนัดด้านจำนวน - ความถนัดด้านเหตุผล - ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์	SEM - ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความถนัดด้านจำนวน ความถนัดด้านเหตุผล ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ ความตั้งใจเรียน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และความสัมพันธ์ในครอบครัว
จารุวรรณ เฮ้าทา (2546)		นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 332 คน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	- เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ - สภาพแวดล้อมทางบ้าน - สภาพแวดล้อมในโรงเรียน - คุณภาพการสอน - แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ - มโนทัศน์เกี่ยวกับตนเอง - ความเอาใจใส่ของผู้ปกครอง	Path analysis - ตัวแปรที่เป็นสาเหตุโดยทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ สภาพแวดล้อมทางบ้าน มโนทัศเกี่ยวกับตนเอง และความเอาใจใส่ของผู้ปกครอง

ตาราง 13 (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเทศที่ทำวิจัย (ฐานข้อมูล)	ขนาดตัวอย่าง	ตัวแปรตาม	ตัวแปรที่ร่วมส่งผล	วิธีวิเคราะห์และข้อค้นพบที่สำคัญ
บุญเรือง ศรีหิรัญ (2542)	(สำนักงานสามัญศึกษากรุงเทพ ฯ)	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 14,465 คน ครูที่ปรึกษา จำนวน 378 คน ผู้บริหาร 54 คน	ผลสัมฤทธิ์วิชาการ : GPA -คณิตศาสตร์ -วิทยาศาสตร์	-ผลสัมฤทธิ์เดิม -ลักษณะทางครอบครัวและสภาพแวดล้อมทางบ้าน - ขนาดโรงเรียน -คุณภาพการใช้หลักสูตร/การจัดการเรียนการสอน -ภาวะผู้นำทางวิชาการ -การบริหารจัดการ -ทรัพยากรสนับสนุนทางการศึกษา	HLM - ตัวแปรระดับบุคคลที่ส่งผลได้แก่ ผลสัมฤทธิ์เดิมและลักษณะทางครอบครัวและสภาพแวดล้อมทางบ้าน - ตัวแปรระดับโรงเรียนที่ส่งผลคือ ขนาดโรงเรียน คุณภาพการใช้หลักสูตร/การจัดการเรียนการสอน ภาวะผู้นำทางวิชาการ การบริหารจัดการ และทรัพยากรสนับสนุนทางการศึกษา

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า ตัวแปรที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ส่งผ่านตัวแปรแฝงโอกาสในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับนักเรียนได้แก่ การสนับสนุนจากผู้ปกครองหรือความเอาใจใส่ของผู้ปกครองและครอบครัว แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสนใจในคณิตศาสตร์ (Willms and Somers. 1998 ; Opdenakker and Damme. 2000 ; Heck. 2000 ; สำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาแห่งชาติ. 2530 ; ศิราณี ศรีโยธี. 2548 ; สุชาติ หอมจันทร์. 2546 ; จารุวรรณ เฮ้าทา. 2546) ส่วนตัวแปรที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ส่งผ่านตัวแปรแฝงโอกาสในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนได้แก่ การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ การบริหารจัดการด้านวิชาการ (Willms and Somers. 1998 ; สำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาแห่งชาติ. 2530) แต่เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยโดยวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary Analysis) จากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งยังมีข้อมูลอีกหลายตัวแปรที่ทางโครงการจัดเก็บไว้แต่ชื่อไม่ตรงกับตัวแปรที่งานวิจัยที่ผ่านมาแต่มีความหมายใกล้เคียงกัน ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การใช้สื่อการเรียนการสอน การจัดหลักสูตรของโรงเรียน การสนับสนุนการใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์การเรียนการสอน เจตคติของครูต่อนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญเรือง ศรีเหรัญ ที่พบว่า ปัจจัยระดับโรงเรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ คือ ขนาดของโรงเรียน คุณภาพการใช้หลักสูตร/การจัดการเรียนการสอน ภาวะผู้นำทางวิชาการ การบริหารจัดการ และทรัพยากรสนับสนุนการศึกษา ผู้วิจัยจึงเขียนโมเดลดังนี้

3.1 ตัวแปรระดับมหภาคหรือตัวแปรระดับโรงเรียน (School or Macro level) ได้แก่

3.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

3.1.2 การใช้สื่อการเรียนการสอน

3.1.3 การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้

3.2 ตัวแปรระดับจุลภาคหรือตัวแปรระดับนักเรียน (Student or Micro level)

3.2.1 การสนับสนุนจากผู้ปกครอง

3.2.2 แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน

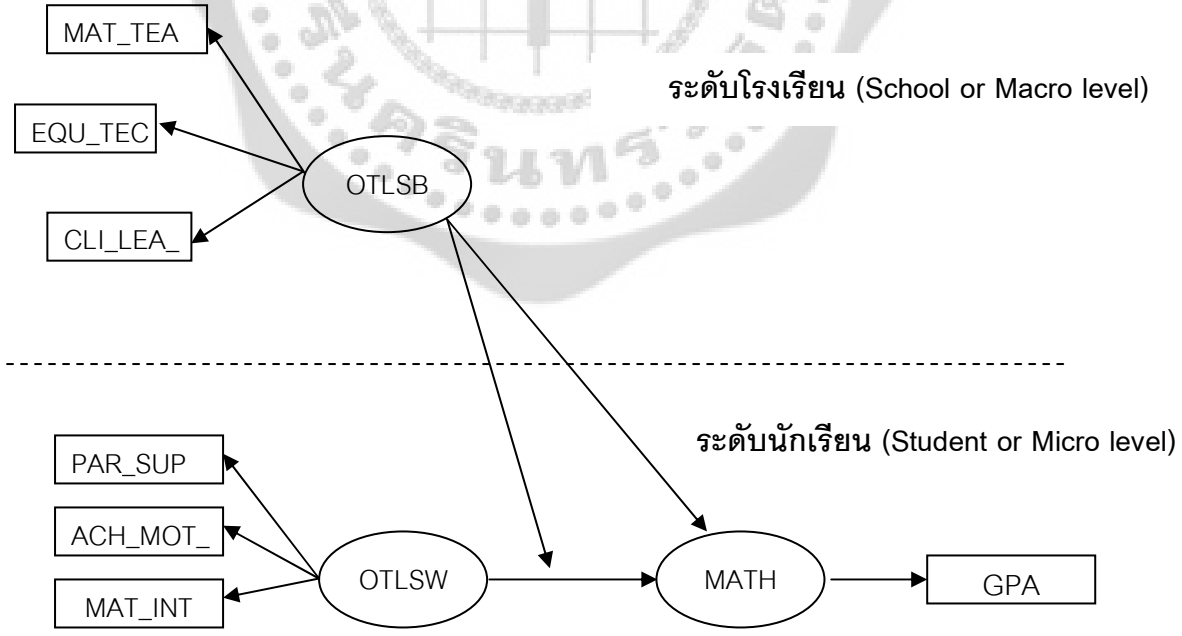
3.2.3 ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์และโมเดลมีรายละเอียดดังนี้

สัญลักษณ์ใช้แทนตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้

OTLSTU	**โอกาสในการเรียนรู้ระดับนักเรียน**
PAR_SUP	การสนับสนุนจากผู้ปกครอง
ACH_MOT	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน
MAT_INT	ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
OTLSCH	**โอกาสในการเรียนรู้ระดับโรงเรียน**
MAT_TEA	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์
EQU_TEC	การใช้สื่อการเรียนการสอน
CLI_LEA	การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้

โมเดลสมมติฐาน



ภาพประกอบ 6 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุพหุระดับที่มีตัวแปรแฝง

ภาคผนวก ข

- ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
- การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

ตาราง 14 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย และค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC) ตามเงื่อนไขการวิเคราะห์ข้อมูล

Number random	เงื่อนไข 1							เงื่อนไข 2						
	Level 2			Level 1			ICC	Level 2			Level 1			ICC
	50	30	15	I	10	5		50	30	15	I	10	5	
1	✓			✓			0.293	✓				✓		0.356
2	✓			✓			0.338	✓				✓		0.302
3	✓			✓			0.226	✓				✓		0.234
4	✓			✓			0.328	✓				✓		0.316
5	✓			✓			0.282	✓				✓		0.345
6	✓			✓			0.328	✓				✓		0.269
7	✓			✓			0.282	✓				✓		0.277
8	✓			✓			0.302	✓				✓		0.305
9	✓			✓			0.267	✓				✓		0.319
10	✓			✓			0.297	✓				✓		0.353
11	✓			✓			0.283	✓				✓		0.305
12	✓			✓			0.256	✓				✓		0.270
13	✓			✓			0.290	✓				✓		0.314
14	✓			✓			0.333	✓				✓		0.337
15	✓			✓			0.349	✓				✓		0.356
16	✓			✓			0.285	✓				✓		0.346
17	✓			✓			0.253	✓				✓		0.316
18	✓			✓			0.242	✓				✓		0.369
19	✓			✓			0.303	✓				✓		0.347
20	✓			✓			0.324	✓				✓		0.362
21	✓			✓			0.348	✓				✓		0.417
22	✓			✓			0.248	✓				✓		0.267
23	✓			✓			0.265	✓				✓		0.339
24	✓			✓			0.294	✓				✓		0.314
25	✓			✓			0.368	✓				✓		0.288
26	✓			✓			0.348	✓				✓		0.366
27	✓			✓			0.299	✓				✓		0.299
28	✓			✓			0.301	✓				✓		0.280
29	✓			✓			0.351	✓				✓		0.357
30	✓			✓			0.347	✓				✓		0.284

I หมายถึง จำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน

ตาราง 14 (ต่อ)

Number random	เงื่อนไข 3							เงื่อนไข 4						
	Level 2			Level 1			ICC	Level 2			Level 1			ICC
	50	30	15	I	10	5		50	30	15	I	10	5	
1	✓					✓	0.274		✓		✓			0.362
2	✓					✓	0.393		✓		✓			0.289
3	✓					✓	0.399		✓		✓			0.369
4	✓					✓	0.375		✓		✓			0.197
5	✓					✓	0.372		✓		✓			0.249
6	✓					✓	0.389		✓		✓			0.298
7	✓					✓	0.205		✓		✓			0.358
8	✓					✓	0.415		✓		✓			0.380
9	✓					✓	0.398		✓		✓			0.358
10	✓					✓	0.412		✓		✓			0.228
11	✓					✓	0.360		✓		✓			0.194
12	✓					✓	0.387		✓		✓			0.296
13	✓					✓	0.339		✓		✓			0.356
14	✓					✓	0.377		✓		✓			0.334
15	✓					✓	0.365		✓		✓			0.225
16	✓					✓	0.403		✓		✓			0.238
17	✓					✓	0.372		✓		✓			0.257
18	✓					✓	0.409		✓		✓			0.249
19	✓					✓	0.394		✓		✓			0.385
20	✓					✓	0.428		✓		✓			0.278
21	✓					✓	0.454		✓		✓			0.244
22	✓					✓	0.376		✓		✓			0.302
23	✓					✓	0.281		✓		✓			0.287
24	✓					✓	0.445		✓		✓			0.337
25	✓					✓	0.467		✓		✓			0.318
26	✓					✓	0.289		✓		✓			0.321
27	✓					✓	0.406		✓		✓			0.249
28	✓					✓	0.350		✓		✓			0.225
29	✓					✓	0.325		✓		✓			0.358
30	✓					✓	0.388		✓		✓			0.362

I หมายถึง จำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน

ตาราง 14 (ต่อ)

Number random	เงื่อนไข 5							เงื่อนไข 6						
	Level 2			Level 1			ICC	Level 2			Level 1			ICC
	50	30	15	I	10	5		50	30	15	I	10	5	
1		✓			✓		0.169		✓				✓	0.288
2		✓			✓		0.335		✓				✓	0.371
3		✓			✓		0.425		✓				✓	0.416
4		✓			✓		0.209		✓				✓	0.281
5		✓			✓		0.322		✓				✓	0.338
6		✓			✓		0.293		✓				✓	0.412
7		✓			✓		0.352		✓				✓	0.304
8		✓			✓		0.339		✓				✓	0.312
9		✓			✓		0.251		✓				✓	0.318
10		✓			✓		0.241		✓				✓	0.291
11		✓			✓		0.286		✓				✓	0.380
12		✓			✓		0.342		✓				✓	0.360
13		✓			✓		0.310		✓				✓	0.418
14		✓			✓		0.342		✓				✓	0.349
15		✓			✓		0.376		✓				✓	0.373
16		✓			✓		0.238		✓				✓	0.266
17		✓			✓		0.310		✓				✓	0.463
18		✓			✓		0.355		✓				✓	0.341
19		✓			✓		0.383		✓				✓	0.376
20		✓			✓		0.294		✓				✓	0.475
21		✓			✓		0.293		✓				✓	0.452
22		✓			✓		0.387		✓				✓	0.436
23		✓			✓		0.318		✓				✓	0.396
24		✓			✓		0.426		✓				✓	0.414
25		✓			✓		0.364		✓				✓	0.394
26		✓			✓		0.327		✓				✓	0.286
27		✓			✓		0.273		✓				✓	0.301
28		✓			✓		0.386		✓				✓	0.410
29		✓			✓		0.351		✓				✓	0.236
30		✓			✓		0.236		✓				✓	0.420

I หมายถึง จำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน

ตาราง 14 (ต่อ)

Number random	เงื่อนไข 7							เงื่อนไข 8						
	Level 2			Level 1			ICC	Level 2			Level 1			ICC
	50	30	15	I	10	5		50	30	15	I	10	5	
1			✓	✓			0.150			✓		✓		0.138
2			✓	✓			0.350			✓		✓		0.209
3			✓	✓			0.277			✓		✓		0.429
4			✓	✓			0.295			✓		✓		0.333
5			✓	✓			0.174			✓		✓		0.346
6			✓	✓			0.219			✓		✓		0.297
7			✓	✓			0.186			✓		✓		0.358
8			✓	✓			0.231			✓		✓		0.405
9			✓	✓			0.283			✓		✓		0.220
10			✓	✓			0.364			✓		✓		0.374
11			✓	✓			0.498			✓		✓		0.319
12			✓	✓			0.174			✓		✓		0.286
13			✓	✓			0.405			✓		✓		0.363
14			✓	✓			0.219			✓		✓		0.129
15			✓	✓			0.186			✓		✓		0.328
16			✓	✓			0.358			✓		✓		0.252
17			✓	✓			0.283			✓		✓		0.342
18			✓	✓			0.364			✓		✓		0.209
19			✓	✓			0.259			✓		✓		0.182
20			✓	✓			0.425			✓		✓		0.325
21			✓	✓			0.244			✓		✓		0.224
22			✓	✓			0.302			✓		✓		0.335
23			✓	✓			0.235			✓		✓		0.438
24			✓	✓			0.451			✓		✓		0.307
25			✓	✓			0.248			✓		✓		0.513
26			✓	✓			0.230			✓		✓		0.414
27			✓	✓			0.117			✓		✓		0.354
28			✓	✓			0.278			✓		✓		0.212
29			✓	✓			0.203			✓		✓		0.098
30			✓	✓			0.477			✓		✓		0.200

I หมายถึง จำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน

ตาราง 14 (ต่อ)

Number random	เงื่อนไข 9						ICC
	Level 2			Level 1			
	50	30	15	I	10	5	
1			✓			✓	0.248
2			✓			✓	0.309
3			✓			✓	0.228
4			✓			✓	0.133
5			✓			✓	0.406
6			✓			✓	0.135
7			✓			✓	0.202
8			✓			✓	0.142
9			✓			✓	0.211
10			✓			✓	0.324
11			✓			✓	0.215
12			✓			✓	0.232
13			✓			✓	0.136
14			✓			✓	0.216
15			✓			✓	0.311
16			✓			✓	0.241
17			✓			✓	0.231
18			✓			✓	0.109
19			✓			✓	0.272
20			✓			✓	0.225
21			✓			✓	0.324
22			✓			✓	0.135
23			✓			✓	0.238
24			✓			✓	0.107
25			✓			✓	0.313
26			✓			✓	0.214
27			✓			✓	0.154
28			✓			✓	0.212
29			✓			✓	0.198
30			✓			✓	0.099

I หมายถึง จำนวนนักเรียนที่เก็บจริงแต่ละโรงเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

ข้อมูลจากโครงการการศึกษาโอกาสในการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้ในการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 15 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรสังเกตได้ระดับนักเรียน

ตัวแปร	GPA	PAR_SUP	ACH_MOT	MAT_INT
คะแนนเฉลี่ย (GPA)	1			
การสนับสนุนจากผู้ปกครอง(PAR_SUP)	.163**	1		
แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน (ACH_MOT)	.252**	.509**	1	
ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (MAT_INT)	.223**	.373**	.580**	1
N	7799	7799	7799	7799
$\overline{X}$	2.8477	3.2856	3.6562	3.6768
SD	.9288	.6755	.5448	.6596
Sk	-0.383	-0.107	-0.081	-0.527
Ku	-0.877	-0.226	-0.064	0.748

** $p \leq .01$

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy =0.647 Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square=5633.5 Df=3 Sig=0.000

จากตาราง 15 พบว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ระดับนักเรียนที่ใช้ในการวิจัยพบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำนวน 6 คู่ โดยมีขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง .163 ถึง .580 โดยมีทิศทางความสัมพันธ์ที่เป็นบวกทุกคู่ ซึ่งสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุด 3 ลำดับแรกได้แก่ ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กับ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน (r=.580) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน กับ การ

สนับสนุนจากผู้ปกครอง (r=.509) และ ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กับ การสนับสนุนจากผู้ปกครอง (r=.373)

เมื่อพิจารณาความเบ้และความโด่ง พบว่า ตัวแปรทุกตัวมีค่าความเบ้เป็นลบซึ่งเป็นการแจกแจงของข้อมูลในลักษณะเบ้ซ้าย แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวบ่งชี้แต่ละตัวค่อนข้างสูง เช่นเดียวกับที่ตัวบ่งชี้ส่วนใหญ่มีค่าความโด่งเป็นลบเป็นลักษณะความโด่งแบบเตี้ยแบน แสดงว่าตัวแปรส่วนใหญ่มีการกระจายข้อมูลมาก

ค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity มีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่น้อยกว่า .05 ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของประชากรไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์และ เมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป (Bartlett, 1954 cited in Tabachnick; & Fidel. 1983; Bollen. 1989; cited in Hair et al. 1998) (2)

ค่าดัชนีKaiser-Meyer-Olkin (KMO) มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรมากพอ (Measure of sampling Adequacy) ที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบ

ตาราง 16 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\overline{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรสังเกตได้ระดับโรงเรียน

ตัวแปร	MAT_TEA	EQU_TEC	CLI_LEA
การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์(MAT_TEA)	1		
การใช้สื่อการเรียนการสอน (EQU_TEC)	.620**	1	
การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ (CLI_LEA)	.678**	.471**	1
N	294	294	294
$\overline{X}$	3.9176	3.2556	4.1925
SD	.4649	.6292	.4796
Sk	0.083	0.201	-0.092
Ku	-0.386	-0.09	-0.34

** $p \leq .01$

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy =0.667 Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square=8633.4 Df=3 Sig=0.000

จากตาราง 16 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ระดับโรงเรียนที่ใช้ในการวิจัย พบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำนวน 3 คู่ โดยมีขนาดความสัมพันธ์ระหว่าง .471 ถึง .678 โดยมีทิศทางความสัมพันธ์ที่เป็นบวกทุกคู่ ซึ่งสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาความเบ้และความโด่ง พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่มีค่าความเบ้เป็นบวก ซึ่งเป็นการแจกแจงของข้อมูลในลักษณะเบ้ขวา แสดงว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละตัวค่อนข้างต่ำ แต่ตัวแปรทุกตัวมีค่าความโด่งเป็นบวก**ซึ่งเป็นลักษณะความสูงโด่ง แสดงว่าตัวบ่งชี้เหล่านี้มีการกระจายของข้อมูลน้อย**

ค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity มีค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่น้อยกว่า .05 ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของประชากรไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์และ เมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป (Bartlett, 1954 cited in Tabachnick; & Fidel. 1983; Bollen. 1989; cited in Hair et al. 1998) (2)

ค่าดัชนีKaiser-Meyer-Olkin (KMO) มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรมากพอ (Measure of sampling Adequacy) ที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบ

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามเงื่อนไขการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามเงื่อนไขการวิเคราะห์

ตาราง 17 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Statistics(n=50)							
ครั้งที่ 1	1.249	1.075	1.217	1.209	0.096	-0.458	0.263
ครั้งที่ 2	0.765	0.750	1.278	1.180	0.086	-0.453	0.317
ครั้งที่ 3	0.297	0.701	1.226	1.071	0.111	-0.067	0.189
ครั้งที่ 4	0.989	0.911	1.311	1.199	0.244	-0.507	0.357
ครั้งที่ 5	1.244	1.095	1.192	1.190	0.100	-0.416	0.082
ครั้งที่ 6	0.989	0.911	1.311	1.199	0.082	-0.507	0.357
ครั้งที่ 7	0.815	0.735	1.227	1.069	0.100	-0.18	0.062
ครั้งที่ 8	0.407	3.260	1.140	1.038	0.136	-0.016	0.229
ครั้งที่ 9	1.187	0.929	1.214	1.190	0.128	0.268	0.318
ครั้งที่ 10	1.234	0.798	1.164	1.171	0.105	-0.339	0.029
ครั้งที่ 11	0.900	0.857	1.246	1.201	0.096	-0.264	0.108
ครั้งที่ 12	0.852	0.892	1.310	1.220	0.101	-0.211	0.275
ครั้งที่ 13	0.994	0.805	1.251	1.248	0.084	-0.418	0.231
ครั้งที่ 14	0.941	0.812	1.234	1.134	0.090	-0.141	0.020
ครั้งที่ 15	0.963	0.830	1.285	1.075	0.119	-0.083	0.214
ครั้งที่ 16	0.931	0.917	1.310	1.314	0.112	-0.314	0.048
ครั้งที่ 17	0.678	0.84	1.167	1.126	0.085	-0.528	0.340
ครั้งที่ 18	0.789	0.651	1.202	1.106	0.113	-0.015	0.033

ตาราง 17 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Statistics(n=50)							
ครั้งที่ 19	0.877	0.639	1.157	1.064	0.14	-0.111	0.164
ครั้งที่ 20	0.749	0.639	1.324	1.280	0.102	-0.018	0.255
ครั้งที่ 21	0.410	0.560	1.034	1.060	0.108	-0.188	0.132
ครั้งที่ 22	1.074	0.795	1.424	1.048	0.074	-0.134	0.331
ครั้งที่ 23	1.155	1.080	1.248	1.169	0.108	0.046	0.018
ครั้งที่ 24	0.872	0.755	1.328	1.189	0.097	-0.062	0.29
ครั้งที่ 25	1.261	0.651	1.281	1.197	0.126	-0.005	0.598
ครั้งที่ 26	0.745	0.789	1.130	1.104	0.103	0.133	0.305
ครั้งที่ 27	1.359	1.090	1.237	1.199	0.143	0.091	0.200
ครั้งที่ 28	1.285	0.820	1.172	1.121	0.088	-0.164	0.347
ครั้งที่ 29	0.905	0.581	1.375	1.224	0.076	-0.094	0.498
ครั้งที่ 30	0.815	0.735	1.227	1.069	0.102	-0.108	-0.062
$\overline{X}$	0.924	0.897	1.241	1.155	0.109	-0.175	0.218
SD	0.264	0.469	0.080	0.073	0.031	0.207	0.152
ช่วงความเชื่อมั่น	0.660-1.189	0.427-1.366	1.161-1.321	1.083-1.228	0.077-0.140	-0.382-0.031	0.066-0.370

จากตาราง 17 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ผลการ

วิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 18 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.899	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
			Statistics (n=50)				
ครั้งที่ 1	1.249	1.075	1.217	1.209	0.287	-0.458	0.263
ครั้งที่ 2	0.765	0.75	1.278	1.180	0.086	-0.453	0.317
ครั้งที่ 3	0.927	0.701	1.226	1.071	0.334	-0.067	0.189

ตาราง 18 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 4	0.989	0.911	1.311	1.199	0.244	-0.507	0.357
ครั้งที่ 5	1.244	1.095	1.192	1.190	0.100	-0.416	0.082
ครั้งที่ 6	0.857	0.663	1.326	1.243	0.082	-0.393	0.238
ครั้งที่ 7	1.118	0.930	1.254	1.136	0.074	0.109	-0.044
ครั้งที่ 8	0.407	0.326	1.140	1.038	0.091	-0.016	0.229
ครั้งที่ 9	1.187	0.929	1.214	1.190	0.128	0.268	0.318
ครั้งที่ 10	1.234	0.798	1.164	1.171	0.105	-0.339	0.029
ครั้งที่ 11	0.900	0.857	1.246	1.201	0.096	-0.264	0.108
ครั้งที่ 12	0.852	0.892	1.310	1.220	0.101	-0.211	0.275
ครั้งที่ 13	0.994	0.805	1.251	1.248	0.084	-0.418	0.231
ครั้งที่ 14	0.941	0.812	1.234	1.134	0.090	-0.141	0.02
ครั้งที่ 15	0.963	0.83	1.285	1.075	0.119	-0.083	0.214
ครั้งที่ 16	0.931	0.917	1.310	1.314	0.112	-0.314	0.048
ครั้งที่ 17	0.678	0.840	1.167	1.126	0.085	-0.528	0.34
ครั้งที่ 18	0.789	0.651	1.202	1.106	0.113	-0.015	0.033
ครั้งที่ 19	0.877	0.639	1.157	1.064	0.140	-0.111	0.164
ครั้งที่ 20	0.749	0.639	1.324	1.280	0.102	-0.018	0.255
ครั้งที่ 21	0.410	0.560	1.034	1.060	0.108	-0.188	0.132
ครั้งที่ 22	1.074	0.795	1.424	1.048	0.074	-0.134	0.331
ครั้งที่ 23	1.155	1.080	1.248	1.169	0.108	0.046	0.018
ครั้งที่ 24	0.872	0.755	1.328	1.189	0.097	-0.062	0.290
ครั้งที่ 25	1.261	0.651	1.281	1.197	0.126	-0.005	0.598

ตาราง 18 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 26	0.745	0.789	1.130	1.104	0.103	0.133	0.305
ครั้งที่ 27	1.359	1.090	1.237	1.199	0.143	0.091	0.200
ครั้งที่ 28	1.285	0.820	1.172	1.121	0.088	-0.164	0.347
ครั้งที่ 29	0.905	0.581	1.375	1.224	0.076	-0.094	0.498
ครั้งที่ 30	0.815	0.735	1.227	1.069	0.102	-0.108	-0.062
$\overline{X}$	0.951	0.797	1.242	1.159	0.120	-0.162	0.211
SD	0.237	0.173	0.080	0.072	0.061	0.208	0.154
ช่วงความเชื่อมั่น	0.714-1.188	0.625-0.970	1.162-1.322	1.087-1.232	0.059-0.181	-0.370-0.046	0.056-0.365

จากตาราง 18 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 19 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
			Statistics (n=50)				
ครั้งที่ 1	1.118	0.978	1.114	1.028	0.1099	-0.077	0.147
ครั้งที่ 2	0.854	0.758	1.185	1.205	0.1085	0.182	0.233
ครั้งที่ 3	0.987	0.854	1.135	1.214	0.084	-0.360	-0.149
ครั้งที่ 4	0.876	0.811	1.296	1.101	0.074	-0.265	0.215
ครั้งที่ 5	0.866	0.821	1.229	1.246	0.080	-0.053	0.217
ครั้งที่ 6	1.158	0.943	1.196	1.094	0.059	-0.324	0.362
ครั้งที่ 7	1.715	0.928	1.323	1.204	0.042	0.200	0.384
ครั้งที่ 8	0.998	0.936	1.288	1.199	0.097	-0.454	0.577
ครั้งที่ 9	0.843	0.500	1.379	1.241	0.063	-0.742	0.370
ครั้งที่ 10	0.787	0.910	1.265	1.133	0.088	-0.500	0.364
ครั้งที่ 11	0.561	0.492	1.260	1.073	0.070	0.137	-0.106
ครั้งที่ 12	0.950	0.638	1.124	1.130	0.086	-0.748	0.355
ครั้งที่ 13	0.895	0.764	1.269	1.231	0.073	0.087	0.222
ครั้งที่ 14	0.653	0.715	1.107	1.079	0.090	0.127	0.122
ครั้งที่ 15	1.402	1.015	1.565	1.298	0.071	-0.261	0.164
ครั้งที่ 16	0.751	1.137	1.338	1.205	0.085	1.055	0.532

ตาราง 19 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 17	0.925	0.671	1.222	1.105	0.073	-0.154	0.295
ครั้งที่ 18	0.875	0.810	1.126	1.063	0.073	0.160	0.162
ครั้งที่ 19	1.367	0.852	1.253	1.136	0.096	-0.034	0.479
ครั้งที่ 20	0.479	1.096	1.088	1.009	0.093	0.156	0.533
ครั้งที่ 21	1.263	1.360	1.239	1.216	0.092	0.248	0.209
ครั้งที่ 22	1.180	0.690	1.269	1.101	0.096	-0.311	-0.097
ครั้งที่ 23	1.387	0.967	1.308	1.251	0.065	-0.184	0.192
ครั้งที่ 24	0.818	0.498	1.454	1.181	0.079	-0.052	0.456
ครั้งที่ 25	0.570	0.592	1.280	1.047	0.085	-0.173	0.081
ครั้งที่ 26	0.768	0.580	1.282	1.152	0.058	-0.080	-0.313
ครั้งที่ 27	0.875	0.810	1.126	1.063	0.073	0.160	0.162
ครั้งที่ 28	1.402	1.015	1.565	1.298	0.071	-0.261	0.164
ครั้งที่ 29	0.843	0.500	1.379	1.241	0.063	-0.742	0.370
ครั้งที่ 30	1.118	0.978	1.114	1.028	0.099	-0.077	0.147
$\overline{X}$	0.976	0.844	1.259	1.152	0.079	-0.111	0.344
SD	0.286	0.233	0.124	0.084	0.014	0.360	0.693
ช่วงความเชื่อมั่น	0.690-1.262	0.611-1.077	1.135-1.383	1.068-1.236	0.065-0.093	-0.471-0.249	-0.350-1.037

จากตาราง 19 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์

น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 20 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.899	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
			Statistics (n=50)				
ครั้งที่ 1	1.118	0.978	1.114	1.028	0.099	-0.077	0.147
ครั้งที่ 2	0.854	0.758	1.185	1.205	0.085	-0.182	0.233
ครั้งที่ 3	0.987	0.854	1.135	1.214	0.084	-0.360	-0.149
ครั้งที่ 4	0.876	0.811	1.296	1.101	0.074	-0.265	0.215
ครั้งที่ 5	0.866	0.821	1.229	1.246	0.080	-0.053	0.217
ครั้งที่ 6	1.158	0.943	1.196	1.094	0.059	-0.324	0.362
ครั้งที่ 7	1.715	0.928	1.323	1.204	0.042	0.200	0.032
ครั้งที่ 8	0.998	0.936	1.288	1.199	0.097	-0.454	0.577
ครั้งที่ 9	0.843	0.500	1.379	1.241	0.063	-0.742	0.370
ครั้งที่ 10	0.787	0.910	1.265	1.133	0.088	-0.500	0.364
ครั้งที่ 11	0.561	0.492	1.260	1.073	0.070	0.137	-0.106
ครั้งที่ 12	0.950	0.638	1.124	1.130	0.086	-0.748	0.355
ครั้งที่ 13	0.895	0.764	1.269	1.231	0.073	0.087	0.222
ครั้งที่ 14	0.653	0.715	1.107	1.079	0.090	0.127	0.122
ครั้งที่ 15	1.402	1.015	1.565	1.298	0.071	-0.261	0.164
ครั้งที่ 16	0.751	1.137	1.338	1.205	0.085	1.055	0.532

ตาราง 20 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 17	0.925	0.671	1.222	1.105	0.073	-0.154	0.295
ครั้งที่ 18	0.875	0.810	1.126	1.063	0.073	0.160	0.162
ครั้งที่ 19	1.367	0.852	1.253	1.136	0.096	-0.034	0.479
ครั้งที่ 20	0.479	1.096	1.088	1.009	0.093	0.156	0.533
ครั้งที่ 21	1.263	1.360	1.239	1.216	0.092	0.248	0.209
ครั้งที่ 22	1.180	0.690	1.269	1.101	0.096	-0.311	-0.097
ครั้งที่ 23	1.387	0.967	1.308	1.251	0.065	-0.184	0.192
ครั้งที่ 24	0.818	0.498	1.454	1.181	0.079	-0.052	0.456
ครั้งที่ 25	0.570	0.592	1.280	1.047	0.085	-0.173	0.081
ครั้งที่ 26	0.768	0.580	1.282	1.152	0.058	-0.080	-0.313
ครั้งที่ 27	0.875	0.810	1.126	1.063	0.073	0.160	0.162
ครั้งที่ 28	1.302	0.915	1.365	1.198	0.071	-0.361	0.264
ครั้งที่ 29	0.843	0.500	1.379	1.241	0.063	-0.742	0.370
ครั้งที่ 30	1.218	0.878	1.154	1.068	0.099	-0.097	0.157
$\overline{X}$	0.976	0.844	1.254	1.117	0.079	-0.115	0.220
SD	0.284	0.235	0.110	0.181	0.014	0.362	0.209
ช่วงความเชื่อมั่น	0.692-1.260	0.609-1.079	1.144-1.364	0.936-1.298	0.065-0.093	-0.477-0.247	0.011-0.429

จากตาราง 20 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่าง

ระดับที่สอง 30 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 21 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งเก็บจริงแต่ละโรงเรียน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.899	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
	Statistics (n=50)						
ครั้งที่ 1	1.461	0.961	1.365	1.080	0.078	-0.124	0.151
ครั้งที่ 2	0.852	0.527	1.209	1.014	0.061	0.202	-0.320
ครั้งที่ 3	1.071	1.051	1.447	1.329	0.066	-0.163	0.037
ครั้งที่ 4	1.043	0.941	1.322	1.205	0.074	0.156	0.297
ครั้งที่ 5	0.707	0.745	1.241	1.106	0.080	0.051	-0.282
ครั้งที่ 6	0.164	2.131	1.294	1.082	0.086	0.538	0.833
ครั้งที่ 7	0.596	0.378	1.311	1.080	0.084	-0.022	0.242

ตาราง 21 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 8	1.019	1.050	1.075	1.091	0.083	-0.331	0.301
ครั้งที่ 9	0.491	0.387	1.203	1.186	0.092	-0.339	-0.029
ครั้งที่ 10	0.147	0.923	1.087	0.998	0.069	-0.198	0.848
ครั้งที่ 11	0.563	0.861	1.130	0.968	0.034	-0.553	0.349
ครั้งที่ 12	0.717	0.715	1.041	1.006	0.090	0.071	-0.382
ครั้งที่ 13	0.537	0.486	1.043	1.193	0.074	-0.513	0.446
ครั้งที่ 14	1.621	2.266	1.404	1.675	0.098	-0.257	0.237
ครั้งที่ 15	0.896	0.678	1.411	1.180	0.079	-0.052	0.252
ครั้งที่ 16	1.055	0.771	1.160	1.012	0.103	0.081	0.690
ครั้งที่ 17	0.491	0.387	1.203	1.186	0.092	-0.339	-0.029
ครั้งที่ 18	0.147	0.923	1.087	0.998	0.069	-0.198	0.848
ครั้งที่ 19	1.571	1.232	1.345	1.141	0.077	0.109	-0.084
ครั้งที่ 20	1.043	0.491	1.317	1.287	0.077	-1.127	0.888
ครั้งที่ 21	0.453	0.401	1.366	0.986	0.039	-0.090	-0.007
ครั้งที่ 22	0.816	0.910	1.032	0.989	0.102	-0.107	-0.094
ครั้งที่ 23	1.162	0.247	1.109	1.120	0.052	-0.066	-0.028
ครั้งที่ 24	1.418	0.540	1.141	0.978	0.075	-1.000	0.621
ครั้งที่ 25	2.938	1.060	1.157	1.161	0.089	-1.192	1.630
ครั้งที่ 26	1.156	0.850	1.358	1.140	0.070	0.327	-0.092
ครั้งที่ 27	1.432	0.742	1.402	1.128	0.065	-0.547	0.438
ครั้งที่ 28	0.563	1.373	1.014	0.978	0.067	0.880	-0.819
ครั้งที่ 29	1.780	1.848	1.338	1.348	0.091	-2.499	1.928

ตาราง 21 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 30	0.459	0.900	1.131	0.881	0.045	-0.962	1.620
$\overline{X}$	0.946	0.893	1.225	1.118	0.075	-0.109	0.350
SD	0.584	0.489	0.134	0.154	0.017	1.226	0.617
ช่วงความเชื่อมั่น	0.362-1.529	0.404-1.381	1.091-1.359	0.964-1.271	0.058-0.093	-1.335-1.117	-0.267-0.966

จากตาราง 21 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 22 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ

	Parameter Estimation Methods							
	FIML	RML	FIML			RML		
	(n=294)	(n=294)	(n=50)	(n=30)	(n=15)	(n=50)	(n=30)	(n=15)
น้ำหนักองค์ประกอบ								
EQU_TEC,OTLSB	0.889	0.889	0.924	0.976	-	0.951	0.976	0.946
CLI_LEA , OTLSB	0.748	0.748	0.897	0.844	-	0.797	0.844	0.893
ACH_MOT , OTLSW	1.245	1.245	1.241	1.259	-	1.242	1.254	1.225
MAT_INT , OTLSW	1.141	1.141	1.155	1.152	-	1.159	1.117	1.118
สัมประสิทธิ์เส้นทาง								
OTLSW , MATH	0.107	0.107	0.109	0.079	-	0.120	0.079	0.075
สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ								
OTLSB , Slope	-0.119	-0.119	-0.175	-0.111	-	-0.162	-0.115	-0.109
OTLSB , MATH	0.165	0.165	0.218	0.344	-	0.211	0.220	0.350

จากตาราง 22 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับจากประชากร (n=294) ด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับเท่ากัน

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust

Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ ส่วนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) สามารถประมาณค่าต่าง ๆ ได้ครบ และให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ และมีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์

ตาราง 23 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
			Statistics (n=50)				
ครั้งที่ 1	0.368	0.512	1.170	1.070	0.072	-0.205	0.113
ครั้งที่ 2	1.068	0.788	1.459	0.937	0.077	-0.291	0.382
ครั้งที่ 3	0.921	0.697	1.282	1.097	0.106	-0.160	0.196
ครั้งที่ 4	1.217	0.942	1.169	1.251	0.097	0.157	0.208
ครั้งที่ 5	1.206	0.779	1.217	1.259	0.113	-0.280	0.025
ครั้งที่ 6	0.903	0.863	1.285	1.352	0.099	-0.264	0.094
ครั้งที่ 7	0.840	0.715	1.164	0.924	0.094	-0.377	0.465
ครั้งที่ 8	0.977	0.790	1.098	1.045	0.062	-0.306	0.210
ครั้งที่ 9	0.802	0.645	1.144	1.100	0.084	-0.103	0.004
ครั้งที่ 10	0.749	0.705	1.340	0.982	0.095	-0.278	0.204
ครั้งที่ 11	0.688	0.866	1.273	1.045	0.097	-0.381	0.532
ครั้งที่ 12	0.822	0.677	1.145	1.091	0.110	0.195	0.138
ครั้งที่ 13	0.880	0.642	1.210	1.122	0.089	-0.172	0.142
ครั้งที่ 14	0.822	0.693	1.289	1.215	0.087	-0.095	0.219
ครั้งที่ 15	0.368	0.512	1.170	1.070	0.072	-0.205	0.113
ครั้งที่ 16	0.937	0.806	1.309	1.144	0.106	-0.191	0.460

ตาราง 23 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 17	0.936	1.005	1.205	1.272	0.094	0.163	-0.140
ครั้งที่ 18	1.105	0.589	1.272	1.079	0.750	0.489	-0.248
ครั้งที่ 19	0.752	0.806	1.003	1.061	0.100	0.114	0.266
ครั้งที่ 20	0.754	0.839	1.264	1.058	0.104	-0.407	0.241
ครั้งที่ 21	0.867	0.559	1.470	1.181	0.079	0.015	0.472
ครั้งที่ 22	0.832	0.751	1.081	1.018	0.084	-0.036	-0.062
ครั้งที่ 23	0.955	0.641	1.246	1.336	0.079	-0.044	-0.114
ครั้งที่ 24	0.740	0.691	1.223	1.157	0.078	0.230	0.215
ครั้งที่ 25	1.062	0.834	1.294	1.101	0.107	-0.660	0.295
ครั้งที่ 26	0.655	0.601	1.079	1.097	0.080	-0.613	0.299
ครั้งที่ 27	0.997	0.763	1.167	1.212	0.100	-0.164	0.299
ครั้งที่ 28	0.693	0.632	1.023	0.974	0.061	-0.370	0.084
ครั้งที่ 29	0.738	0.644	1.239	1.104	0.078	0.137	0.127
ครั้งที่ 30	0.629	0.467	1.189	1.127	0.089	-0.384	-0.051
$\overline{X}$	0.843	0.715	1.216	1.116	0.111	-0.150	0.173
SD	0.199	0.128	0.107	0.107	0.121	0.257	0.189
ช่วงความเชื่อมั่น	0.644-1.042	0.587-0.843	1.109-1.323	1.009-1.223	-0.010-0.233	-0.407-0.108	-0.016-0.362

จากตาราง 23 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์

น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 24 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Statistics (n=50)							
ครั้งที่ 1	0.368	0.512	1.170	1.070	0.107	-0.205	0.113
ครั้งที่ 2	1.068	0.788	1.459	0.937	0.108	-0.291	0.382
ครั้งที่ 3	0.921	0.697	1.282	1.097	0.106	-0.160	0.196
ครั้งที่ 4	1.217	0.942	1.169	1.251	0.110	0.157	0.208
ครั้งที่ 5	1.206	0.779	1.217	1.259	0.113	-0.280	0.025

ตาราง 24 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 6	0.903	0.863	1.285	1.352	0.110	-0.264	0.094
ครั้งที่ 7	0.840	0.715	1.164	0.924	0.109	-0.377	0.465
ครั้งที่ 8	0.977	0.790	1.098	1.045	0.106	-0.306	0.210
ครั้งที่ 9	0.802	0.645	1.144	1.100	0.108	-0.103	0.004
ครั้งที่ 10	0.749	0.705	1.340	0.982	0.095	-0.278	0.204
ครั้งที่ 11	0.688	0.866	1.273	1.045	0.097	-0.381	0.532
ครั้งที่ 12	0.822	0.677	1.145	1.091	0.110	0.195	0.138
ครั้งที่ 13	0.880	0.642	1.210	1.122	0.109	-0.172	0.142
ครั้งที่ 14	0.822	0.693	1.289	1.215	0.109	-0.095	0.219
ครั้งที่ 15	0.368	0.512	1.170	1.070	0.107	-0.205	0.113
ครั้งที่ 16	0.937	0.806	1.309	1.144	0.106	-0.191	0.460
ครั้งที่ 17	0.936	1.005	1.205	1.272	0.094	0.163	-0.140
ครั้งที่ 18	1.105	0.589	1.272	1.079	0.108	-0.248	0.489
ครั้งที่ 19	0.752	0.806	1.003	1.061	0.100	0.114	0.266
ครั้งที่ 20	0.754	0.839	1.264	1.058	0.104	-0.407	0.241
ครั้งที่ 21	0.867	0.559	1.470	1.181	0.108	0.015	0.472
ครั้งที่ 22	0.832	0.751	1.081	1.018	0.108	-0.036	-0.062
ครั้งที่ 23	0.955	0.641	1.246	1.336	0.108	-0.044	-0.114
ครั้งที่ 24	0.740	0.691	1.223	1.157	0.108	0.230	0.215
ครั้งที่ 25	1.062	0.834	1.294	1.101	0.107	-0.660	0.295
ครั้งที่ 26	0.655	0.601	1.079	1.097	0.108	-0.613	0.299
ครั้งที่ 27	0.997	0.763	1.167	1.212	0.100	-0.164	0.299
ครั้งที่ 28	0.693	0.632	1.023	0.974	0.106	-0.370	0.084

ตาราง 24 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 29	0.738	0.644	1.239	1.104	0.108	0.137	0.127
ครั้งที่ 30	0.629	0.467	1.189	1.127	0.109	-0.384	-0.051
$\overline{X}$	0.843	0.715	1.216	1.116	0.089	-0.174	0.198
SD	0.199	0.128	0.107	0.107	0.014	0.228	0.180
ช่วงความเชื่อมั่น	0.644-1.042	0.587-0.843	1.109-1.323	1.009-1.223	0.075-0.103	-0.402-0.054	0.017-0.378

จากตาราง 24 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 25 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA , OTLSB	ACH_MOT , OTLSW	MAT_INT , OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
			Statistics (n=50)				
ครั้งที่ 1	0.989	1.210	1.159	1.043	0.087	-0.035	0.051
ครั้งที่ 2	0.935	0.845	1.087	1.170	0.084	0.246	-0.106
ครั้งที่ 3	0.647	0.618	1.296	1.421	0.099	-0.522	-0.147
ครั้งที่ 4	0.692	0.689	1.335	1.190	0.104	-0.152	0.266
ครั้งที่ 5	0.880	0.838	1.423	1.585	0.077	-0.089	0.336
ครั้งที่ 6	1.125	0.941	1.055	1.094	0.059	-0.365	0.057
ครั้งที่ 7	2.237	0.934	1.290	1.131	0.085	0.188	0.131
ครั้งที่ 8	1.338	0.982	1.308	1.294	0.102	0.011	-0.722
ครั้งที่ 9	0.206	0.690	1.057	0.912	0.105	-0.300	0.788
ครั้งที่ 10	1.525	0.999	1.062	1.311	0.466	-1.548	0.757
ครั้งที่ 11	0.768	0.632	1.053	0.982	0.069	0.522	-0.053
ครั้งที่ 12	0.808	0.511	1.150	1.071	0.090	-0.521	0.405
ครั้งที่ 13	0.890	0.748	1.288	1.200	0.107	-0.131	0.214
ครั้งที่ 14	0.571	0.636	1.216	1.063	0.095	0.000	0.126
ครั้งที่ 15	0.662	0.545	1.492	1.095	0.052	-0.214	0.119
ครั้งที่ 16	0.811	1.492	1.276	1.230	0.103	0.866	1.132

ตาราง 25 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 17	0.891	0.765	1.266	1.052	0.082	-0.277	0.397
ครั้งที่ 18	1.014	0.729	1.336	1.274	0.068	-0.025	0.283
ครั้งที่ 19	1.289	0.817	1.173	1.205	0.085	-0.191	0.388
ครั้งที่ 20	0.432	0.437	1.310	1.218	0.061	-0.489	-0.082
ครั้งที่ 21	1.079	1.263	1.598	1.146	0.070	0.334	0.138
ครั้งที่ 22	0.931	1.104	1.349	1.203	0.102	-0.431	0.272
ครั้งที่ 23	1.237	0.890	1.618	1.719	0.082	-0.258	0.103
ครั้งที่ 24	0.805	0.488	1.556	1.080	0.087	0.082	0.463
ครั้งที่ 25	0.692	0.713	1.103	0.993	0.117	0.115	0.077
ครั้งที่ 26	0.769	0.581	1.285	1.164	0.069	0.044	-0.335
ครั้งที่ 27	0.907	0.840	1.047	1.240	0.070	0.104	0.168
ครั้งที่ 28	0.772	0.546	1.243	1.051	0.080	0.079	0.373
ครั้งที่ 29	0.961	0.565	1.343	1.172	0.089	-0.925	0.467
ครั้งที่ 30	0.746	0.593	1.339	1.150	0.077	-0.462	0.099
$\overline{X}$	0.920	0.788	1.270	1.182	0.097	-0.145	0.206
SD	0.364	0.249	0.160	0.167	0.071	0.438	0.344
ช่วงความเชื่อมั่น	0.556-1.285	0.540-1.037	1.110-1.431	1.014-1.349	0.026-0.169	-0.583-0.294	-0.139-0.550

จากตาราง 25 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์

น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 26 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
Statistics (n=50)							
ครั้งที่ 1	0.989	1.210	1.159	1.043	0.087	-0.035	0.051
ครั้งที่ 2	0.935	0.845	1.087	1.170	0.084	0.246	-0.106
ครั้งที่ 3	0.647	0.618	1.296	1.421	0.099	-0.522	-0.147
ครั้งที่ 4	0.692	0.689	1.335	1.190	0.144	-0.152	0.266
ครั้งที่ 5	0.880	0.838	1.423	1.585	0.158	-0.089	0.336

ตาราง 26 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 6	1.125	0.941	1.055	1.094	0.106	-0.365	0.057
ครั้งที่ 7	2.237	0.934	1.290	1.131	0.085	0.188	0.131
ครั้งที่ 8	1.338	0.982	1.308	1.294	0.102	0.011	-0.722
ครั้งที่ 9	0.206	0.690	1.057	0.912	0.105	-0.300	0.788
ครั้งที่ 10	1.525	0.999	1.062	1.311	0.109	-0.548	0.757
ครั้งที่ 11	0.768	0.632	1.053	0.982	0.107	0.522	-0.053
ครั้งที่ 12	0.808	0.511	1.150	1.071	0.090	-0.521	0.405
ครั้งที่ 13	0.890	0.748	1.288	1.200	0.107	-0.131	0.214
ครั้งที่ 14	0.571	0.636	1.216	1.063	0.095	0.000	0.126
ครั้งที่ 15	0.662	0.545	1.492	1.095	0.105	-0.214	0.119
ครั้งที่ 16	0.811	1.492	1.276	1.230	0.103	0.866	1.132
ครั้งที่ 17	0.891	0.765	1.266	1.052	0.108	0.397	-0.277
ครั้งที่ 18	1.014	0.729	1.336	1.274	0.107	-0.025	0.283
ครั้งที่ 19	1.289	0.817	1.173	1.205	0.109	-0.191	0.388
ครั้งที่ 20	0.432	0.437	1.310	1.218	0.106	-0.489	-0.082
ครั้งที่ 21	1.079	1.263	1.598	1.146	0.107	0.334	0.138
ครั้งที่ 22	0.931	1.104	1.349	1.203	0.102	-0.431	0.272
ครั้งที่ 23	1.237	0.890	1.618	1.719	0.082	-0.258	0.103
ครั้งที่ 24	0.805	0.488	1.556	1.080	0.087	0.082	0.463
ครั้งที่ 25	0.692	0.713	1.103	0.993	0.117	0.115	0.077
ครั้งที่ 26	0.769	0.581	1.285	1.164	0.107	0.044	-0.335
ครั้งที่ 27	0.907	0.840	1.047	1.240	0.107	0.104	0.168

ตาราง 26 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 28	0.772	0.546	1.243	1.051	0.080	0.079	0.373
ครั้งที่ 29	0.961	0.565	1.343	1.172	0.089	-0.925	0.467
ครั้งที่ 30	0.746	0.593	1.339	1.150	0.108	-0.462	0.099
$\overline{X}$	0.920	0.788	1.270	1.182	0.086	-0.122	0.183
SD	0.364	0.249	0.160	0.167	0.016	0.449	0.353
ช่วงความเชื่อมั่น	0.556-1.285	0.540-1.037	1.110-1.431	1.014-1.349	0.069-0.102	-0.571-0.326	-0.170-0.536

จากตาราง 26 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 27 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50, 30, 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 10 คน

	Parameter Estimation Methods							
	FIML	RML	FIML			RML		
	(n=294)	(n=294)	(n=50)	(n=30)	(n=15)	(n=50)	(n=30)	(n=15)
น้ำหนักองค์ประกอบ								
EQU_TEC,OTLSB	0.889	0.889	0.843	0.920	-	0.843	0.920	-
CLI_LEA , OTLSB	0.748	0.748	0.715	0.788	-	0.715	0.788	-
ACH_MOT , OTLSW	1.245	1.245	1.216	1.270	-	1.216	1.270	-
MAT_INT , OTLSW	1.141	1.141	1.116	1.182	-	1.116	1.182	-
สัมประสิทธิ์เส้นทาง								
OTLSW , MATH	0.107	0.107	0.111	0.097	-	0.089	0.086	-
สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ								
OTLSB , Slope	-0.119	-0.119	-0.150	-0.145	-	-0.174	-0.122	-
OTLSB , MATH	0.165	0.165	0.173	0.206	-	0.198	0.183	-

จากตาราง 27 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับจากประชากร (n=294) ด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับเท่ากัน

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust

Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

ตาราง 28 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ FIML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
	Statistics (n=50)						
ครั้งที่ 1	0.841	0.889	1.371	1.222	0.099	0.007	0.401
ครั้งที่ 2	0.795	0.707	1.144	1.064	0.056	0.011	-0.080
ครั้งที่ 3	1.302	0.920	1.302	1.152	0.092	0.275	-0.541
ครั้งที่ 4	0.674	0.601	1.323	1.063	0.099	-0.291	0.232
ครั้งที่ 5	0.883	0.867	1.346	1.336	0.085	-0.325	0.034
ครั้งที่ 6	0.602	0.780	1.082	1.051	0.091	-0.728	0.503
ครั้งที่ 7	0.804	0.663	1.324	1.190	0.089	0.105	0.082
ครั้งที่ 8	0.872	0.636	1.221	1.159	0.075	-0.291	0.085
ครั้งที่ 9	0.880	0.737	1.325	1.426	0.064	-0.341	0.121
ครั้งที่ 10	0.824	0.836	1.028	1.185	0.065	0.332	0.022
ครั้งที่ 11	0.859	0.938	1.082	0.962	0.105	0.041	0.067

ตาราง 28 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA , OTLSB	ACH_MOT , OTLSW	MAT_INT , OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 12	1.136	1.055	1.348	1.212	0.087	-0.275	-0.129
ครั้งที่ 13	0.904	0.782	1.557	1.186	0.102	-0.102	0.316
ครั้งที่ 14	0.645	0.565	1.063	1.086	0.131	-0.135	0.295
ครั้งที่ 15	1.193	0.635	1.301	0.986	0.071	-0.027	0.448
ครั้งที่ 16	0.745	0.796	1.066	1.417	0.068	0.130	0.172
ครั้งที่ 17	1.212	1.095	1.688	1.330	0.075	0.660	-0.296
ครั้งที่ 18	0.885	0.976	1.338	1.223	0.067	-0.753	0.244
ครั้งที่ 19	1.089	0.756	1.196	1.049	0.055	-0.563	-0.040
ครั้งที่ 20	0.850	0.548	1.325	1.132	0.071	0.282	0.499
ครั้งที่ 21	0.850	0.767	1.069	1.004	0.057	0.208	-0.121
ครั้งที่ 22	0.940	0.631	1.277	1.207	0.068	0.002	-0.020
ครั้งที่ 23	0.683	0.504	1.060	1.199	0.081	-0.426	0.013
ครั้งที่ 24	1.098	0.818	1.203	1.030	0.083	-0.513	-0.151
ครั้งที่ 25	0.765	0.630	1.356	1.266	0.059	-0.410	0.120
ครั้งที่ 26	0.695	1.055	1.425	1.289	0.121	-0.512	-0.258
ครั้งที่ 27	0.930	0.767	1.221	1.346	0.076	-0.382	0.098
ครั้งที่ 28	0.998	1.008	1.405	1.622	0.080	-1.041	0.152
ครั้งที่ 29	0.883	0.710	1.126	1.209	0.092	0.040	0.225
ครั้งที่ 30	0.611	0.533	1.293	0.913	0.049	0.401	0.204
$\overline{X}$	0.882	0.774	1.262	1.184	0.080	-0.154	0.090
SD	0.180	0.165	0.155	0.155	0.019	0.382	0.237
ช่วงความเชื่อมั่น	0.702-1.061	0.608-0.939	1.107-1.417	1.029-1.339	0.061-0.100	-0.536-0.228	-0.148-0.327

จากตาราง 28 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 29 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
			Statistics (n=50)				
ครั้งที่ 1	0.841	0.889	1.371	1.222	0.120	0.007	0.401
ครั้งที่ 2	0.795	0.707	1.144	1.064	0.106	0.011	-0.080
ครั้งที่ 3	1.302	0.920	1.302	1.152	0.109	0.275	-0.441
ครั้งที่ 4	0.674	0.601	1.323	1.063	0.110	-0.291	0.232
ครั้งที่ 5	0.883	0.867	1.346	1.336	0.110	-0.325	0.034
ครั้งที่ 6	0.602	0.780	1.082	1.051	0.101	-0.728	0.503
ครั้งที่ 7	0.804	0.663	1.324	1.190	0.109	0.082	0.105
ครั้งที่ 8	0.872	0.636	1.221	1.159	0.108	-0.291	0.085
ครั้งที่ 9	0.880	0.737	1.325	1.426	0.106	-0.341	0.121
ครั้งที่ 10	0.824	0.836	1.028	1.185	0.107	0.332	0.022
ครั้งที่ 11	0.859	0.938	1.082	0.962	0.105	0.041	0.067
ครั้งที่ 12	1.136	1.055	1.348	1.212	0.109	-0.275	-0.129
ครั้งที่ 13	0.904	0.782	1.557	1.186	0.102	-0.102	0.316
ครั้งที่ 14	0.645	0.565	1.063	1.086	0.131	-0.135	0.295
ครั้งที่ 15	1.193	0.635	1.301	0.986	0.107	-0.027	0.448
ครั้งที่ 16	0.745	0.796	1.066	1.417	0.107	0.130	0.172

ตาราง 29 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 17	1.212	1.095	1.688	1.330	0.108	0.660	-0.296
ครั้งที่ 18	0.885	0.976	1.338	1.223	0.107	-0.753	0.244
ครั้งที่ 19	1.089	0.756	1.196	1.049	0.106	-0.563	-0.040
ครั้งที่ 20	0.850	0.548	1.325	1.132	0.107	0.282	0.499
ครั้งที่ 21	0.850	0.767	1.069	1.004	0.106	0.208	-0.121
ครั้งที่ 22	0.940	0.631	1.277	1.207	0.107	0.002	-0.020
ครั้งที่ 23	0.683	0.504	1.060	1.199	0.108	-0.426	0.013
ครั้งที่ 24	1.098	0.818	1.203	1.030	0.108	-0.513	-0.151
ครั้งที่ 25	0.765	0.630	1.356	1.266	0.106	-0.410	0.120
ครั้งที่ 26	0.695	1.055	1.425	1.289	0.121	-0.512	-0.258
ครั้งที่ 27	0.930	0.767	1.221	1.346	0.108	-0.382	0.098
ครั้งที่ 28	0.998	1.008	1.405	1.622	0.108	-1.041	0.152
ครั้งที่ 29	0.883	0.710	1.126	1.209	0.109	0.040	0.225
ครั้งที่ 30	0.611	0.533	1.293	0.913	0.105	0.401	0.204
$\overline{X}$	0.882	0.774	1.262	1.184	0.109	-0.155	0.091
SD	0.180	0.165	0.155	0.155	0.006	0.382	0.237
ช่วงความเชื่อมั่น	0.702 1.061	0.608 0.939	1.107 1.417	1.029 1.339	0.103 0.115	-0.537 0.227	-0.147 0.328

จากตาราง 29 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่าง

ระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 30 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติโดยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ RML กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน

	น้ำหนักองค์ประกอบ				**สัมประสิทธิ์เส้นทาง**	**สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ**	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
Parameter(n=294)	0.889	0.748	1.245	1.141	0.107	-0.119	0.165
			Statistics (n=50)				
ครั้งที่ 1	1.117	0.914	1.477	1.109	0.108	0.558	0.482
ครั้งที่ 2	0.663	0.593	1.126	1.297	0.110	-0.095	-0.184
ครั้งที่ 3	0.988	1.198	1.186	1.058	0.109	-0.334	0.136
ครั้งที่ 4	0.847	0.801	1.310	1.285	0.117	0.155	0.294
ครั้งที่ 5	1.141	0.837	1.138	0.948	0.103	-1.392	0.327
ครั้งที่ 6	0.914	0.713	1.220	1.131	0.108	-0.587	0.001
ครั้งที่ 7	0.717	0.823	1.194	1.124	0.107	-0.621	0.659
ครั้งที่ 8	0.841	0.880	1.004	1.180	0.108	0.076	-0.062
ครั้งที่ 9	0.392	1.557	1.579	1.445	0.105	-0.076	-1.455
ครั้งที่ 10	0.464	0.410	1.215	0.928	0.106	0.348	-0.177
ครั้งที่ 11	0.740	0.586	1.200	1.314	0.109	-0.309	0.160
ครั้งที่ 12	0.823	0.710	1.145	1.287	0.108	-0.418	0.208
ครั้งที่ 13	1.117	0.914	1.477	1.109	0.108	0.558	0.482
ครั้งที่ 14	0.766	0.559	1.464	1.005	0.107	0.021	0.028
ครั้งที่ 15	0.835	1.177	1.302	1.361	0.109	-0.387	1.115
ครั้งที่ 16	0.941	0.727	1.559	1.181	0.106	-0.002	0.301

ตาราง 30 (ต่อ)

	น้ำหนักองค์ประกอบ				สัมประสิทธิ์เส้นทาง	สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ	
	EQU_TEC, OTLSB	CLI_LEA, OTLSB	ACH_MOT, OTLSW	MAT_INT, OTLSW	OTLSW, MATH	OTLSB, Slope	OTLSB, MATH
ครั้งที่ 17	0.847	0.801	1.310	1.285	0.117	0.155	0.294
ครั้งที่ 18	1.358	0.863	1.063	1.089	0.105	0.160	0.281
ครั้งที่ 19	0.512	1.113	1.273	1.645	0.108	0.504	0.264
ครั้งที่ 20	1.026	1.252	1.938	1.408	0.104	0.806	-0.337
ครั้งที่ 21	0.909	0.831	1.135	1.135	0.106	-0.162	0.046
ครั้งที่ 22	1.258	0.980	1.166	1.151	0.106	-0.858	-0.445
ครั้งที่ 23	0.822	0.495	1.559	1.164	0.106	0.378	0.486
ครั้งที่ 24	0.670	0.690	0.968	1.013	0.109	0.198	0.058
ครั้งที่ 25	0.731	0.551	1.575	1.241	0.103	0.395	-0.171
ครั้งที่ 26	0.920	0.855	1.013	1.251	0.109	0.045	0.182
ครั้งที่ 27	0.722	0.608	1.168	1.275	0.114	-0.215	0.383
ครั้งที่ 28	0.895	0.905	1.052	1.194	0.107	0.183	-0.173
ครั้งที่ 29	1.229	1.077	1.476	1.106	0.142	-0.065	0.112
ครั้งที่ 30	0.650	0.593	0.991	1.345	0.106	0.264	0.409
$\overline{X}$	0.862	0.834	1.276	1.202	0.109	-0.024	0.123
SD	0.228	0.254	0.226	0.154	0.007	0.462	0.434
ช่วงความเชื่อมั่น	0.633 1.090	0.580 1.088	1.050 1.502	1.048 1.356	0.102 0.116	-0.486 0.438	-0.310 0.557

จากตาราง 30 การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่าง

ระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ 30 ครั้ง มีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แสดงว่าเมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์เมื่อขนาดตัวอย่างระดับที่สองขนาดใหญ่ (294 โรงเรียน)

ตาราง 31 แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ ของค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ กรณีจำนวนขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50, 30, 15 โรงเรียน ขนาดตัวอย่างระดับที่หนึ่งโรงเรียนละ 5 คน

	Parameter Estimation Methods							
	FIML	RML	FIML			RML		
	(n=294)	(n=294)	(n=50)	(n=30)	(n=15)	(n=50)	(n=30)	(n=15)
น้ำหนักองค์ประกอบ								
EQU_TEC,OTLSB	0.889	0.889	0.882	-	-	0.882	0.862	-
CLI_LEA , OTLSB	0.748	0.748	0.774	-	-	0.774	0.834	-
ACH_MOT , OTLSW	1.245	1.245	1.262	-	-	1.262	1.276	-
MAT_INT , OTLSW	1.141	1.141	1.184	-	-	1.184	1.202	-
สัมประสิทธิ์เส้นทาง								
OTLSW , MATH	0.107	0.107	0.080	-	-	0.080	0.082	-
สัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ								
OTLSB , Slope	-0.119	-0.119	-0.154	-	-	-0.155	-0.024	-
OTLSB , MATH	0.165	0.165	0.090	-	-	0.091	0.123	-

จากตาราง 31 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับจากประชากร (n=294) ด้วยวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับเท่ากัน

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 50 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับใกล้เคียงกัน

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 30 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ ส่วนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ให้ผลการประมาณค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลข้ามระดับ และมีค่าช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์

กรณีขนาดตัวอย่างระดับที่สอง 15 โรงเรียนวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Full Information Maximum Likelihood (FIML) และวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ Robust Maximum Likelihood (RML) ประมาณค่าต่าง ๆ ได้ไม่ครบ

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นายธีระวัฒน์ สุขีสาร
สถานที่เกิด	จ.พระนครศรีอยุธยา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	37/2 หมู่ 5 ต.บางเดื่อ อ.บางปะหัน
	จ.พระนครศรีอยุธยา 13220
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครูชำนาญการ โรงเรียนอนุบาลพระนครศรีอยุธยา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนอนุบาลพระนครศรีอยุธยา ต.ท่าวาสุกรี
	อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538	ครุศาสตรบัณฑิต (การประถมศึกษา-โครงการคุรุทายาท)
	เกียรตินิยมอันดับ 1
	จาก สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2542	ครุศาสตรมหาบัณฑิต (วิจัยการศึกษา)
	จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2543	ศึกษาศาสตรบัณฑิต (คณิตศาสตร์)
	จาก มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2554	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (การทดสอบและวัดผลการศึกษา)
	จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ