Journal of Research Methodology, Volume 10, Number 1 (January - June 1997)

วารสารวิธีวิทยาการวิจัย ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2540)

The Development of Multi-level Causal Analysis Technique: the Application of HLM Program

Nikom Nak-ai

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop the multi-level causal analysis technique by using the HLM program and to test such technique with empirical data. The results can be summarized as follow :

1. The multi-level analysis and path analysis can be applied to analyze the multi-level data via the multi-level causal analysis technique: HLM in path analysis developed by the researcher.

2. The result of using the multi-level causal analysis technique with the application of HLM program can be drawn from information and analysis process when empirical data was tested by the analysis technique developed by the researcher. They are as follows :

2.1 The multi-level causal analysis technique can be used to analyze the fixed effect, random effect or between - class variance by taking into consideration the significance of t-test and Chi - square test. According to HLM analysis, the simple model can be used to analyze the causal micro model and the hypothetical model to the macro model with regression analysis by SPSS/PC .

2.2 The multi-level causal analysis technique can be used to test the coherence of such models and empirical data in both causal micro model analysis and causal macro model analysis by Specht's method.

2.3 The multi-level causal analysis technique can be used to analyze the decomposition of correlation analysis between variables in direct effect, indirect effect, and total effect in both causal micro model analysis and causal macro model analysis.

* Master's thesis of Department of Educational Research, Chulalongkorn University under the advice of Assoc. Prof. Sirichai Karnjanawasee, Ph.D.

Journal of Research Methodology, Volume 10, Number 1 (January - June 1997)

วารสารวิธีวิทยาการวิจัย ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน 2540)

การพัฒนาเทคนิควิธีเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ การประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม*

นิคม นาคอ้าย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม และทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โดยนำเทคนิควิธีที่พัฒนาขึ้นไปตรวจสอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิจัยที่สำคัญมีดังนี้

1. Multilevel Analysis และ Path Analysis สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ Multilevel Data ได้ โดยอาศัยเทคนิควิธีวิเคราะห์สาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis technique) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากหลักการของการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปร ตามโมเดล Path Analysis

2. ผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม สามารถพิจารณาได้จากสารสนเทศและกระบวนการวิเคราะห์ เมื่อนำเทคนิควิธีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปตรวจสอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนี้

2.1 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่มหรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน โดยการพิจารณาความมีนัยสำคัญของการทดสอบ t และการทดสอบ χ^2 ตามรูปแบบของการวิเคราะห์ในโมเดลเอชแอลเอ็ม ทั้งโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ซึ่งใช้การวิเคราะห์ขั้น Simple Model และโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนในการวิเคราะห์ขั้น Hypothetical Model ประกอบการวิเคราะห์ถดถอยด้วยโปรแกรม SPSS/PC+

2.2 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับสามารถทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ทั้งในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน และโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนด้วยวิธีของสเปค

2.3 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อศึกษาผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวมได้ทั้งการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน และโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน

---

* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต ปีการศึกษา 2539 โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้อมูลทางการศึกษามีลักษณะที่สำคัญประการหนึ่ง คือการสอดแทรก (nested) และเป็นระดับลดหลั่นกัน (hierarchy) อยู่ในรูปของข้อมูลพหุระดับ (multilevel data) อาทิเช่น นักเรียนในระดับเดียวกันถูกจัดกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อเป็นห้องเรียน ห้องเรียนหลาย ๆ ห้องเรียนรวมกันเป็นระดับชั้น ระดับชั้นหลาย ๆ ระดับชั้นรวมกันเป็นระดับการศึกษา ระดับการศึกษาหลาย ๆ ระดับการศึกษารวมกันอยู่ในโรงเรียน เป็นต้น เมื่อพิจารณาถึงบุคลากรทางการศึกษาจะเห็นได้ว่ามีการจัดการบริหารงานเป็นระดับชั้นเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน เช่น ผู้อำนวยการหรือครูใหญ่ ทำหน้าที่บริหารโรงเรียน ครูมีหน้าที่รับผิดชอบการเรียนการสอนในชั้นเรียน ส่วนนักเรียนซึ่งรวมกันเป็นกลุ่มมีหน้าที่ศึกษาเล่าเรียนในชั้นใดชั้นหนึ่ง เป็นต้น ดังนั้นธรรมชาติของตัวแปรทางการศึกษาจึงมีลักษณะการจัดเป็นระดับชั้นไปโดยปริยาย ดังนั้นหากนักวิจัยสนใจวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอิสระต่างระดับที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นตัวแปรระดับนักเรียนในรูปแบบของการวิเคราะห์รวมเสมือนหนึ่งว่าตัวแปรอิสระเหล่านั้นอยู่ในระดับเดียวกันโดยใช้เทคนิควิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ซึ่งเป็นการละเลยต่อโครงสร้างของระดับข้อมูล ผลที่ตามมาคือเกิดความผิดพลาดในการสรุปผลระหว่างระดับ (aggregation bias) เนื่องจากมีความผิดพลาดในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย ตลอดจนความคลาดเคลื่อนในการทำนายมีความแปรปรวนสูงไม่คงที่ นอกจากนี้แล้วการวิเคราะห์รวมโดยไม่สนใจความแตกต่างระหว่างหน่วยวิเคราะห์จะไม่สามารถคำนวณค่าความแปรปรวนภายในหน่วยหรือในกลุ่ม (within group variance) อันเป็นการละเลยการศึกษาปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรที่อยู่ต่างระดับกัน (Raudenbush and Bryk,1986; Kanjanawasee, 1989) จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้นักวิธีวิทยาการวิจัยทางการศึกษาหลายท่าน ได้เสนอเทคนิควิธีการออกแบบการวิจัย และการวิเคราะห์พหุระดับ (multilevel analysis) ซึ่งมีความเหมาะสมกับโครงสร้างและข้อมูลทางการศึกษา (Cronbach, 1976; Burstein, Lin and Capell ,1978; Burstein, 1980a, 1980b; Mason, Wong and Entwistle, 1984; Aitkin and Longford, 1986 ; Raudenbush and Bryk, 1986; Raudenbush, Chinapat and Mohamed, 1992)

การวิเคราะห์พหุระดับจึงเป็นเทคนิควิธีการทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว และตัวแปรอิสระเหล่านั้นสามารถจัดเป็นระดับได้อย่างน้อยสองระดับขึ้นไป โดยตัวแปรระดับเดียวกันต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันและได้รับอิทธิพลร่วมกันจากตัวแปรระดับที่สูงกว่า โดยความพยายามในการพัฒนาวิธีวิทยาการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับ ได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากการเปรียบเทียบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 4 โปรแกรม โดย Kreft and de Leeuw (1995) โปรแกรม ดังกล่าวประกอบด้วย VARCL ของ Longford (1988), ML/3 ของ Goldstein

(1989), HLM ของ Raudenbush and Bryk (1989) และ GENMOD ของ Mason (1988) ซึ่ง Kreft and de Leeuw (1995) ได้ให้ข้อสรุปโดยทั่วไปเกี่ยวกับประสิทธิภาพของโปรแกรม พอสรุปได้ดังนี้

$$HLM \geq VARCL \geq ML/3 \geq XLISP$$

ประสิทธิภาพของโปรแกรมที่นำเสนอข้างต้นสรุปได้ว่า HLM มีกระบวนการวิเคราะห์ที่ง่ายกว่า VARCL แต่ก็ให้ผลการวิเคราะห์ออกมาเหมือนกัน ถ้าโมเดลมีเงื่อนไขที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่าง VARCL กับ ML/3 จะไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ ML/3 จะให้สารสนเทศบางประการเกี่ยวกับค่าสถิติที่มีความเป็นทั่วไปมากกว่า HLM เช่นค่าเศษเหลือ (Residual) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม HLM Approach นับว่าถูกพัฒนามาจากพื้นฐานของโมเดลที่ถูกต้องกว่าแบบอื่นทั้งหมด ทั้งนี้การเรียงลำดับประสิทธิภาพของโปรแกรมนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันของผู้ใช้โปรแกรมเป็นสำคัญ

อย่างไรก็ตาม แนวคิดในการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับด้วยเทคนิคเอชแอลเอ็มที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่ออธิบายอิทธิพลของชุดของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามด้วยสมการพยากรณ์ (regression equation) เท่านั้น หรือกล่าวได้ว่า การวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับที่ผ่านมา ยังมิได้ทำการวิเคราะห์ในเชิงสาเหตุที่ตัวแปรต้นมีต่อตัวแปรตามในรูปสมการพยากรณ์ที่แสดงความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันทั้งหมดของตัวแปร ในลักษณะของ Path Model นั่นหมายความว่า การวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับด้วยเทคนิคเอชแอลเอ็ม มุ่งวิเคราะห์ตัวแปรพหุระดับ โดยศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามในแต่ละระดับแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังมิได้มุ่งศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดลการวิจัยแต่ละระดับ ดังนั้นจึงน่าจะได้ขยายขอบเขตของการวิเคราะห์ตัวแปรพหุระดับ ให้สามารถศึกษาถึงความเป็นสาเหตุระหว่างตัวแปร ตามเทคนิคของการวิเคราะห์เชิงสาเหตุ (path analysis) ด้วย

การนำแนวคิดของการวิเคราะห์ตัวแปรพหุระดับ มาทำการวิเคราะห์ในโมเดล Path Analysis ในรูปของการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis) จึงเป็นการพัฒนาวิธีวิทยาทางการวิจัยแบบใหม่ ซึ่งยังไม่มีผู้ใดพัฒนามาก่อน และเป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนาเทคนิควิธีทางสถิติที่มุ่งศึกษาถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร นอกเหนือจากการพิจารณาถึงโครงสร้างของระดับข้อมูลแต่เพียงอย่างเดียว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาว่า การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม ซึ่งได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในการวิเคราะห์พหุระดับนั้น ควรมีหลักการ วิธีการและกระบวนการในการวิเคราะห์อย่างไร สารสนเทศที่ได้มีลักษณะเช่นใด และควรมีแนวทางในการแปล

ความหมายอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีประสิทธิภาพสูงสุดในแง่ของการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแต่ละระดับ ที่ส่งผลต่อตัวแปรตามในโมเดลการวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม

2. เพื่อทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โดยนำเทคนิควิธีที่พัฒนาขึ้นไปตรวจสอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สมมติฐานของการวิจัย

จากแนวคิดเบื้องต้นที่ Jan de Leeuw (อ้างใน Raudenbush and Bryk , 1992) ได้กล่าวว่า หากนักวิจัยขยายรูปแบบการวิเคราะห์ออกไปจนสามารถสร้างโมเดลการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับได้อย่างสมเหตุสมผลแล้ว ย่อมคาดหวังถึงผลการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำมากขึ้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ดังนี้

1. Multilevel Analysis และ Path Analysis น่าจะประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ Multilevel Data ได้ โดยอาศัยเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากหลักการของการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปร ตามโมเดล Path Analysis

2. ผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม สามารถพิจารณาได้จากสารสนเทศและกระบวนการวิเคราะห์ เมื่อนำเทคนิควิธีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปตรวจสอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนี้

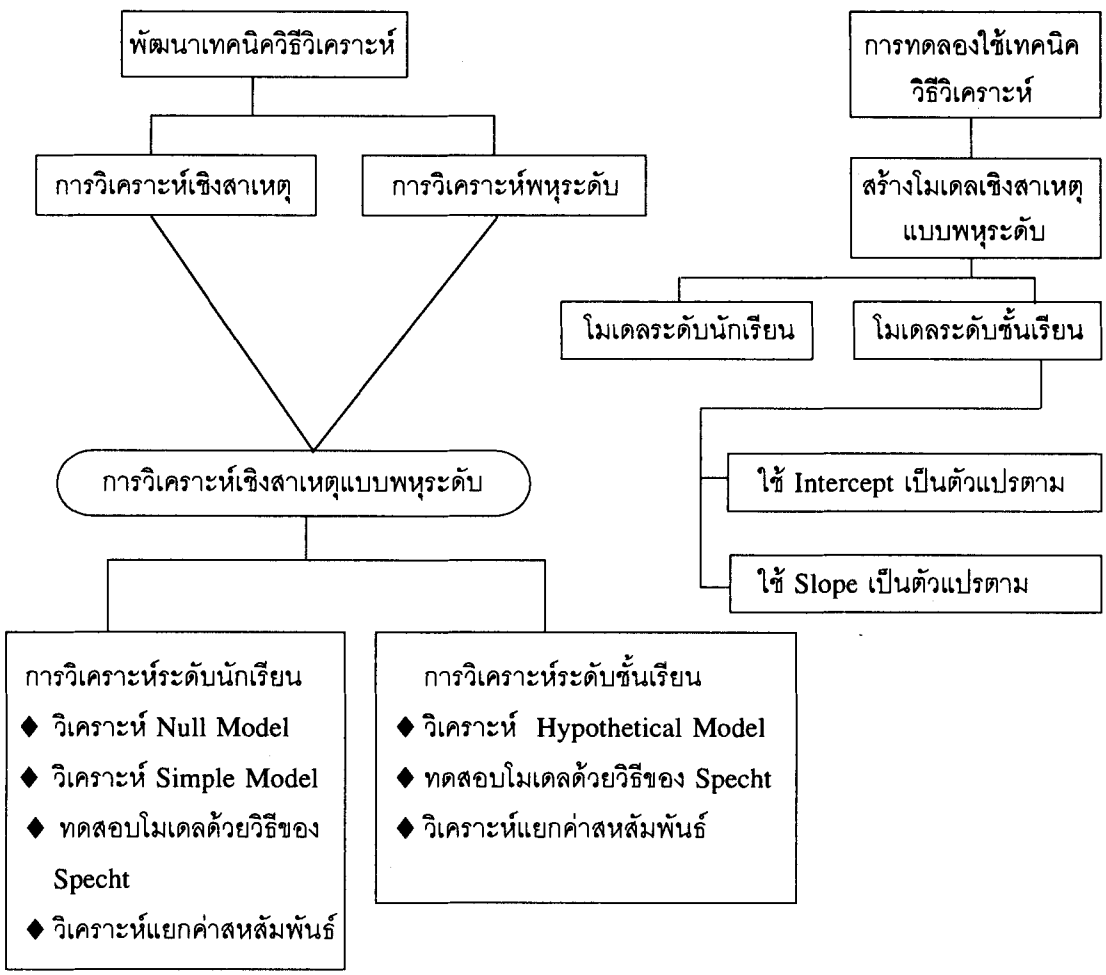
2.1 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ (fixed effects) อิทธิพลสุ่ม (random effects) หรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between-class variance) โดยการพิจารณาความมีนัยสำคัญของการทดสอบ t และการทดสอบ χ^2 ตามรูปแบบของการวิเคราะห์ในโมเดลเอชแอลเอ็ม

2.2 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับสามารถทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ทั้งในโมเดลการวิเคราะห์ระดับนักเรียนและระดับชั้นเรียน

2.3 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อศึกษาผลกระทบทางตรง (direct effects) ผลกระทบทางอ้อม (indirect effects) และผลกระทบรวม (total effects) ได้ทั้งการวิเคราะห์ระดับนักเรียน และระดับชั้นเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis technique) โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็มในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่างระดับ เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ จะนำไปทดลองใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์อันเป็นข้อมูลการวิจัยของประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532) มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังแผนภาพ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ

1.1 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ เชิงสาเหตุ (path analysis)

1.2 ศึกษาค้นคว้าเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์พหุระดับ (multilevel analysis)

1.3 พัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis) โดยประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเป็นลำดับขั้นตามโมเดลเชิงสาเหตุ กับเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ดังนี้

1.3.1 พัฒนาการวิเคราะห์ขั้น Null Model เพื่อให้สามารถพิจารณาความผันแปรของตัวแปรตามของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนได้ทุกตัว ในการวิเคราะห์ถดถอยแบบเป็นลำดับขั้นตอนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม

1.3.2 พัฒนาการวิเคราะห์ขั้น Simple Model เพื่อให้สามารถพิจารณาอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่มหรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน ในการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน (causal micro model) ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยแบบเป็นลำดับขั้นตอนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ทั้งโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูปและโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน

1.3.3 พัฒนาวิธีการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปค

1.3.4 พัฒนาวิธีวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ที่ผ่านการทดสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว

1.3.5 พัฒนาการวิเคราะห์ขั้น Hypothetical Model เพื่อให้สามารถพิจารณาอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่มหรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน ในการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน (causal macro model) ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยแบบเป็นลำดับขั้นตอนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ทั้งโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูปและโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน

1.3.6 พัฒนาวิธีการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปค

1.3.7 พัฒนาวิธีวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน ที่ผ่านการทดสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว

1.4 สร้างโมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โดยการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้น

2. การทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ

2.1 นำข้อมูลงานวิจัยของประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532) ซึ่งบันทึกข้อมูลในรูปแบบของโปรแกรม Q-EDIT ในจานบันทึกชนิดอ่อนขนาด 1.44 เมกกะไบต์ มาทำการคัดเลือกตัวแปรตามโมเดลเชิงสาเหตุที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นจึงแบ่งข้อมูลที่คัดเลือกออกเป็น 2 ระดับตามรูปแบบของฟอร์แทนฟอร์แมต คือ ระดับนักเรียนและระดับชั้นเรียน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม โดยตัวแปรระดับนักเรียนประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา และรายได้ของผู้ปกครอง ตัวแปรระดับชั้นเรียนประกอบด้วย คุณภาพการสอนของครู ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียน และขนาดของโรงเรียน

2.2 จัดเตรียม SYSTEM FILES ชื่อ MICRO.SSM จากแฟ้มข้อมูลทั้ง 2 ระดับที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไป

2.3 ทำการวิเคราะห์ถดถอยด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในโมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับซึ่งแบ่งออกเป็นระดับนักเรียน และระดับชั้นเรียน

ผลการพัฒนาและผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ

ผลการพัฒนาและผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ผู้วิจัยได้นำเสนอ โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

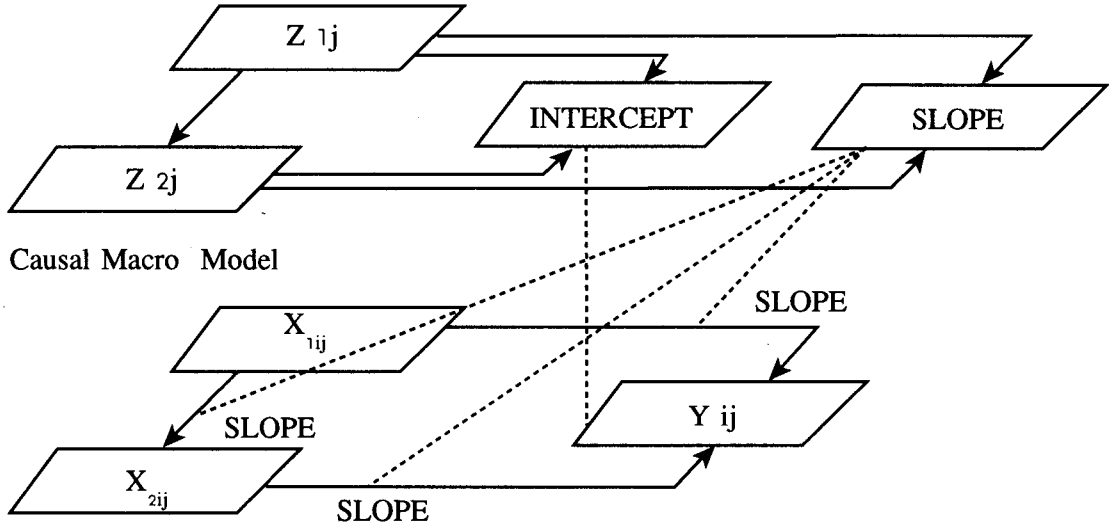
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะหเชิงสาเหตุ (path analysis) และการวิเคราะห์พหุระดับ (multilevel analysis) ในเชิงของหลักการและกระบวนการวิเคราะห์ พบว่า สามารถพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis) โดยประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเป็นลำดับขั้นตามโมเดลเชิงสาเหตุ กับเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ดังนี้

1.1 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถทำการวิเคราะห์ ขั้น Null Model เพื่อให้สามารถพิจารณาความผันแปรของตัวแปรตามของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนได้ทุกตัว ในการวิเคราะห์ถดถอยแบบเป็นลำดับขั้นตอนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม

1.2 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับสามารถทำการวิเคราะห์ขั้น Simple Model และ Hypothetical Model เพื่อให้สามารถพิจารณาอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่มหรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน ในการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน (causal micro model) และ

โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน (causal macro model) ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยแบบเป็นลำดับขั้นตอนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ทั้งโมเดลแบบเต็มรูปและโมเดลตามสมมติฐาน ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอโมเดลเบื้องต้นของการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับที่พัฒนาขึ้น โดยสมมุติว่าตัวแปรทั้งหมดในโมเดลเป็นตัวแปรที่สังเกตได้โดยตรง (manifest variables model) และอยู่ในรูปของโมเดลที่ไม่มีความสัมพันธ์ย้อนกลับ (recursive model) ดังนี้



ภาพที่ 2 แสดงโมเดลรวมของการวิเคราะห์

เมื่อ Y_{ij} เป็นตัวแปรตาม เช่นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนในห้องที่ j

X_{1ij} เป็นตัวแปรอิสระตัวที่ 1 ในระดับนักเรียน (causal micro level) ของนักเรียนแต่ละคน ในห้องที่ j

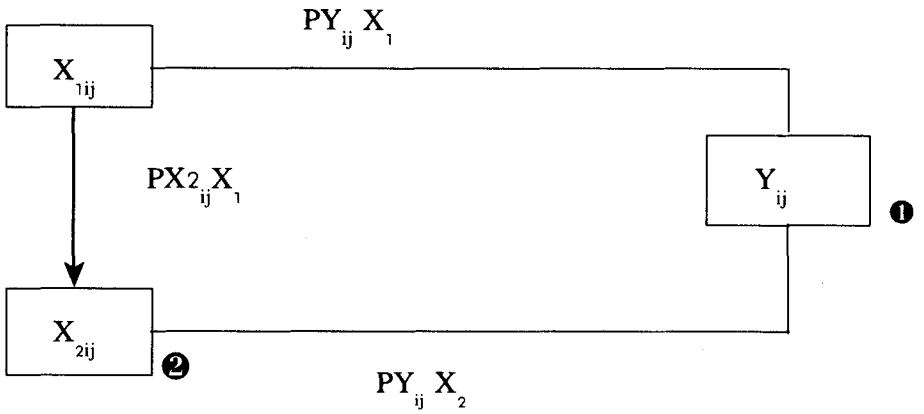
X_{2ij} เป็นตัวแปรอิสระตัวที่ 2 ในระดับนักเรียน (causal micro level) ของนักเรียนแต่ละคน ในห้องที่ j

Z_{1j} เป็นตัวแปรอิสระตัวที่ 1 ในระดับชั้นรียน (causal macro level) ในห้องที่ j

Z_{2j} เป็นตัวแปรอิสระตัวที่ 2 ในระดับชั้นเรียน (causal macro level) ในห้องที่ j

จากโมเดลข้างต้นมีข้อมูลแบ่งเป็นสองระดับ ระดับแรกเป็นข้อมูลระดับนักเรียน (causal micro level) ระดับที่สอง เป็นข้อมูลระดับชั้นเรียน (causal macro level) หากยึดแนวคิดของการวิเคราะห์พหุระดับ มาเป็นหลักในการวิเคราะห์ จะสามารถนำเสนอผลการพัฒนาโมเดลตลอดจนแนวทางการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็มมาวิเคราะห์ในระดับที่หนึ่ง หรือระดับนักเรียนเป็นเบื้องต้นก่อน ได้ดังนี้

1.2.1 ผลการพัฒนาการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ในระดับนักเรียน (causal micro model) การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ สามารถประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเป็นลำดับขั้นตามโมเดลเชิงสาเหตุ กับเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนของ Simple Model ดังนี้



ภาพที่ 3 แสดง Causal Micro Model : กรณี 3 ตัวแปร

❶ ตัวแปรตามในการวิเคราะห์ถดถอยด้วยเอชแอลเอ็มครั้งที่ 1
❷ ตัวแปรตามในการวิเคราะห์ถดถอยด้วยเอชแอลเอ็มครั้งที่ 2

จากภาพ แสดงให้เห็นว่า โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่หนึ่ง (causal micro model) สามารถอธิบายได้ในรูปของการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร โดยตัวแปร Y_{ij} ได้รับอิทธิพลทางตรงจากทั้งตัวแปร X_{1ij} และ X_{2ij} ขณะเดียวกันก็ได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากตัวแปร X_{1ij} ซึ่งส่งผ่านตัวแปร X_{2ij} อีกด้วย การวิเคราะห์โมเดลระดับที่หนึ่งข้างต้นจะทำให้ทราบค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (path coefficient) ของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตามทั้งอิทธิพลทางตรงและทางอ้อม ในระดับนักเรียน คือค่า $Py_{ij}x_1$, $Py_{ij}x_2$, $Px_{2ij}x_1$ และ ซึ่งแต่ละค่าจะมีอยู่ทุกห้องเรียนหมายความว่า ถ้าเก็บข้อมูลมา j ห้องก็จะได้แต่ละค่าเหล่านี้ j ค่า จากนั้นใช้ค่าดังกล่าวเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ระดับที่สองต่อไป ทั้งนี้หากยึดแนวทางการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มแล้ว จะสามารถวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับในโมเดลการวิเคราะห์ระดับนักเรียนได้ โดยการแบ่งผลพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณเป็นอิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุ่มหรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน ดังนี้

1.) การวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ (fixed effect)

เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่า ตัวแปรอิสระ (X_{1ij} , X_{2ij}) และค่าคงที่ (intercept) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม (Y_j) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามในการวิเคราะห์ (Y_{ij}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยเอซแอลเอ็มจะใช้ t-test ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลดังกล่าวจากทุกหน่วยการวิเคราะห์ว่ามีค่าเป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าไม่เป็นศูนย์แสดงว่าตัวแปรอิสระ (X_{1ij} , X_{2ij}) และค่าคงที่ (intercept) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามในการวิเคราะห์ถดถอยด้วยเอซแอลเอ็มครั้งที่ 1 (Y_{ij}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ จะเป็นตัวบ่งชี้ความมีนัยสำคัญทางสถิติของเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ตามโมเดลการวิเคราะห์ระดับนักเรียนที่นำเสนอ ทั้งนี้การวิเคราะห์โดยใช้ X_{2ij} เป็นตัวแปรตาม และใช้ X_{1ij} เป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์การถดถอยด้วยเอซแอลเอ็มลำดับถัดไป (ครั้งที่ 2) เพื่อให้สามารถพิจารณาเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้ครบถ้วนตามโมเดล ก็สามารถทำการวิเคราะห์ได้ในทำนองเดียวกันกับการวิเคราะห์โดยมี Y_{ij} เป็นตัวแปรตาม

ทั้งนี้หากพบว่าเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุใดที่อิทธิพลคงที่ (fixed effect) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยอาจพิจารณาตัดเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุนั้นออกจากโมเดล ผลการวิเคราะห์ที่ได้นอกจากจะทำให้ทราบถึงอิทธิพลคงที่ของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามแต่ละตัว (Y_{ij} , X_{2ij}) ตามโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแล้ว ยังสามารถคำนวณค่า R^2 (coefficient of determination) หรือค่าประสิทธิภาพการพยากรณ์ ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ความสอดคล้องโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีการของสเปค ตลอดจนสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานที่ได้ไปวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ (decomposition of correlation) เพื่อพิจารณาปริมาณผลกระทบทางตรง (direct effect) ผลทางอ้อม (indirect effect) และผลกระทบรวม (total effect)ของตัวแปรในโมเดลการวิเคราะห์ระดับนักเรียนได้

2.) การวิเคราะห์อิทธิพลสุ่ม (random effect)

เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าค่าคงที่ (intercept) และสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน มีความผันแปร (varry) ระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยเอซแอลเอ็มจะใช้ χ^2 ทดสอบความแปร ปรวนของค่าคงที่และสัมประสิทธิ์การถดถอยดังกล่าว ว่ามีค่าเป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าไม่เป็นศูนย์ หรือค่า χ^2 มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็แสดงว่าค่าคงที่และสัมประสิทธิ์การถดถอย มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนเพียงพอที่จะวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระในระดับชั้นเรียนมาอธิบายความผันแปรดังกล่าว หรือหมายความว่า เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (หรือสัมประสิทธิ์การถดถอยแต่ละค่า) และค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม ที่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการวิเคราะห์อิทธิพลสุ่ม น่าจะได้รับอิทธิพลจากตัวแปร

อิสระระดับชั้นเรียน แต่หาก χ^2 ที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็แสดงว่าค่าคงที่และสัมประสิทธิ์การถดถอย ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนเพียงพอที่จะวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระในระดับชั้นเรียนมาอธิบายความผันแปรดังกล่าว และสามารถตั้งให้ข้อจำกัดในการวิเคราะห์ได้ โดยการควบคุมให้มีค่าเป็นศูนย์

ประเด็นสำคัญประการหนึ่ง ที่ต้องพิจารณา คือ การวิเคราะห์อิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มดังกล่าวข้างต้น จะต้องทำการวิเคราะห์ทั้งโมเดลเชิงสาเหตุแบบเต็มรูป (full model) และโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน (proposed model) ทั้งนี้เพื่อให้ได้โมเดลเชิงสาเหตุสุดท้าย หรือโมเดลแต่งใหม่ (trimmed model) ที่มีลักษณะประหยัด (parsimony) ก่อนที่จะทำการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไป

3.) ผลการพัฒนาการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยวิธีของสเปค พบว่า เนื่องจากโปรแกรมเอชแอลเอ็ม มุ่งวิเคราะห์พหุระดับด้วยหลักการของการวิเคราะห์การถดถอบแบบสุ่ม (random - coefficients regression model) ตลอดจนไม่มีกระบวนการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในคราวเดียวกัน ดังเช่นการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล (LISREL) หรือโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นอื่น ๆ เช่น EQS, BMDP, EzPATH, LINC, LISCOMP, CALIS, COSAN และ AMOS เป็นต้น ดังนั้นเราจะสามารถทำการทดสอบสมมติฐานศูนย์ (null hypothesis, H_o) ที่ว่าโมเดลตามสมมติฐานสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการใช้ (χ^2 test ระหว่างเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากโมเดลกับเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์ (observed correlation matrix) ที่องศาของความเป็นอิสระ เท่ากับจำนวนเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่สมมุติให้มีผลเป็นศูนย์ เมื่อ $\chi^2 = 0$ แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ทั้งสองเมทริกซ์มีค่าเท่ากัน หรือโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลอย่างสมบูรณ์ แต่ถ้าปฏิเสธ H_o แสดงว่าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ขั้นตอนการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลตามสมมุตติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปคมาใช้ในเทคนิควิธีที่พัฒนาขึ้น ดังนี้

3.1) หาค่า R^2_m จากสูตร

$$R^2_m = 1 - (1 - R^2_1)(1 - R^2_2) \ldots (1 - R^2_p)$$

เมื่อ R^2_m แทน Ordinary squared multiple correlation coefficient ของโมเดลเชิงสาเหตุแบบเต็มรูป

3.2) หาค่า M จากสูตร

$$M = 1 - (1 - R^2_1)(1 - R^2_2) \ldots (1 - R^2_p)$$

เมื่อ M แทน Ordinary squared multiple correlation coefficient ของโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน

โดย R^2_1 ถึง R^2_p แทนค่าประสิทธิภาพการพยากรณ์ (Coefficient of determination) ที่คำนวณได้ จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปแกรมเอชแอลเอ็ม ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2535)

$$R^2 = \frac{\sigma_1^2 - \sigma_2^2}{\sigma_1^2}$$

เมื่อ R^2 คือ ประสิทธิภาพการพยากรณ์

σ_1^2 คือ within - unit variance จากการวิเคราะห์ขั้น Null Model

σ_2^2 คือ within - unit variance จากการวิเคราะห์ขั้น Simple Model

3.3) หาค่า Q ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้วัดความสอดคล้อง (measurement of goodnees of fit) ของโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จากสูตร

$$Q = \frac{1 - R^2m}{1 - M}$$

3.4) หาค่า W ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญของค่า Q จากสูตร

$$W = -(N - d)\log_e Q$$

เมื่อ W แทนค่าสถิติทดสอบที่มีการแจกแจงเป็น χ^2 ซึ่งมี df = d

N แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

d แทนจำนวนเส้นทางที่ถูกระบุว่ามีค่าเป็นศูนย์ (จึงไม่ได้ลากส้นทางนั้นเข้าไว้ในโมเดล) ในโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน

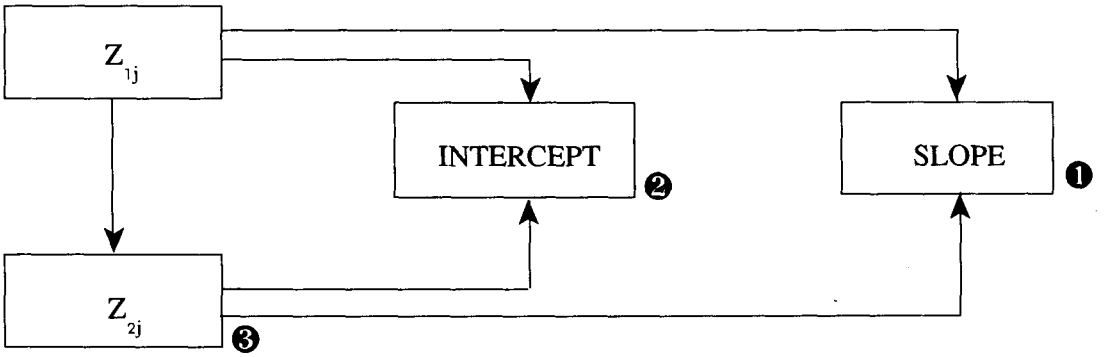
$\log_e$ แทน natural logarithm

4.) ผลการพัฒนาวิธีวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ที่ผ่านการทดสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว พบว่า การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น พิจารณาจากการทดสอบนัยสำคัญของค่า Q จากค่า W ถ้าค่า W ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐานอธิบายระบบของความสัมพันธ์ได้ไม่แตกต่างจากโมเดลเชิงสาเหตุเต็มรูป ซึ่งแสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่ถ้า W มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่าโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน อธิบายความแปรปรวนระบบของ

ความสัมพันธ์ได้แตกต่างจากโมเดลเชิงสาเหตุเต็มรูป ซึ่งแสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐานยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ

ผลจากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน หากพบว่า ค่าคงที่ (intercept) ของตัวแปรตาม และสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) จากการวิเคราะห์ถดถอยตามลำดับขั้นตอนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ค่าใดที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็สมควรนำค่าดังกล่าว ไปเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียนต่อไป โดยมุ่งพิจารณาค่าคงที่ของตัวแปรตามที่อยู่ภายในสุดของระบบความสัมพันธ์ระดับนักเรียน และสัมประสิทธิ์การถดถอย ที่มีต่อตัวแปรตามดังกล่าวเป็นสำคัญ

1.2.2 ผลพัฒนาการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ในระดับชั้นเรียน (causal macro model) พบว่า การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ สามารถประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเป็นลำดับขั้นตามโมเดลเชิงสาเหตุกับเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนของ Hypothetical Model โดยจากโมเดลการวิเคราะห์ที่นำเสนอไปแล้วในเบื้องต้น เมื่อทำการวิเคราะห์ต่อในระดับชั้นเรียนสามารถเขียนโมเดลการวิเคราะห์ได้ดังนี้



❶ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ตัวแปรตามคือสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน

❷ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ตัวแปรตามคือค่าคงที่ (intercept) ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน

❸ วิเคราะห์ถดถอยด้วยโปรแกรม SPSS/PC $^{+}$ ตัวแปรตามคือ Z_{2j}

ภาพที่ 3 แสดง Causal Macro Model

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ในระดับชั้นเรียนนี้ จะนำค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย (ซึ่งผลการวิเคราะห์อิทธิพลสุ่มหรือ Random Effect จะต้องมีความผันแปรระหว่างหน่วยการวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) มาเป็นตัวแปรตามโดยใช้ตัวแปรอิสระระดับในระดับชั้นเรียน คือ Z_{1j} และ Z_{2j} เป็นตัวพยากรณ์ ทั้งนี้การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีต่อค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ที่นำมาจากวิเคราะห์ระดับนักเรียนนั้น จะอยู่ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ของโปรแกรมเอชแอลเอ็ม แต่การพิจารณาอิทธิพลของ Z_{1j} ต่อ Z_{2j} นั้น โปรแกรมเอชแอลเอ็มไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาตรฐานเช่น SPSS/PC$^+$ วิเคราะห์ประกอบด้วยซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ และเมื่อพิจารณาตามโมเดลการวิเคราะห์ที่นำเสนอแล้ว หากพบว่าอิทธิพลคงที่(fixed effect)หรือเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุจาก Z_{1j} ไปยัง Z_{2j} มีนัยสำคัญทางสถิติ จะต้องพิจารณาในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุจาก Z_{1j} ที่ส่งผลต่อ Z_{2j} ก่อนส่งผ่านไปยังค่าคงที่ (intercept) และสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ด้วย แต่หากหากพบว่าอิทธิพลคงที่ (fixed effect) หรือเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุจาก Z_{1j} ไปยัง Z_{2j} ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็ไม่จำเป็นต้องพิจารณาเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุจาก Z_{1j} ที่ส่งผลต่อ Z_{2j} ก่อนส่งผ่านไปยังค่าคงที่ (intercept) และสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) แต่อย่างใด ดังนั้น จะสามารถนำเสนอผลการพัฒนาการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับในระดับชั้นเรียนได้ดังนี้

1) ผลการพัฒนาการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ พบว่า ในส่วนของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ใช้หลักการเดียวกันกับการวิเคราะห์ในระดับนักเรียน โดยพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลคงที่ จากตัวแปร Z_{1j} และ Z_{2j} ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ส่งผลต่อค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ซึ่งถูกยกระดับขึ้นเป็นตัวแปรตามระดับชั้นเรียน ส่วนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS/P$^+$ ยกตัวอย่างเช่นในโมเดลที่นำเสนอตามภาพที่ 3 นั้น หากอิทธิพลคงที่ของตัวแปร Z_{1j} ที่ส่งผลต่อ Z_{2j} มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็แสดงว่าค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ได้รับอิทธิพลจาก Z_{1j} ที่ส่งผลผ่าน Z_{2j} ด้วย ทั้งนี้หากโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนมีความซับซ้อนมากกว่าตัวอย่างที่นำเสนอ การวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ก็ย่อมมีความซับซ้อนมากขึ้นตามไปด้วย

2) ผลการพัฒนาการวิเคราะห์อิทธิพลสุ่ม พบว่า เมื่อพิจารณาตามโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่นำเสนอดังภาพที่ 3 ในส่วนของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม การวิเคราะห์อิทธิพลสุ่มจะเป็นการพิจารณาความผันแปรของค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ซึ่งเป็นตัวแปรตามภายในสุดของการวิเคราะห์ของเส้นทางความ

สัมพันธ์เชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเท่านั้น โดยจะไม่สามารถพิจารณาอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์ถดถอยของ Z_{1j} และ Z_{2j} ที่มีต่อค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ส่วนผลจากการวิเคราะห์อิทธิพลจาก Z_{1j} ที่ส่งผลต่อ Z_{2j} ด้วยโปรแกรม SPSS/PC + ก็ไม่สามารถพิจารณาอิทธิพลสุ่มได้แต่ประการใด

3) ผลการพัฒนาการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ อาศัยหลักการและวิธีการคำนวณเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ระดับนักเรียน แต่มีวัตถุประสงค์แตกต่างกันคือ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาโมเดลระดับชั้นเรียนที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยมีค่าคงที่ (intercept) และสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ในระดับนักเรียน เป็นตัวแปรตามเป็นประการสำคัญ ตลอดจนการคำนวณหาค่า R^2 โดยการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียนนี้ จะใช้ทั้งค่า R^2 ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ด้วย SPSS/PC+ และค่า R^2 ที่คำนวณจากผลการวิเคราะห์ด้วยเอชแอลเอ็ม ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2535)

$$R^2 = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

เมื่อ R^2 คือ ประสิทธิภาพในการพยากรณ์

T_1 คือ parameter variance จากการวิเคราะห์ขั้น Simple Model

T_2 คือ parameter variance จากการวิเคราะห์ขั้น Hypothetical Model

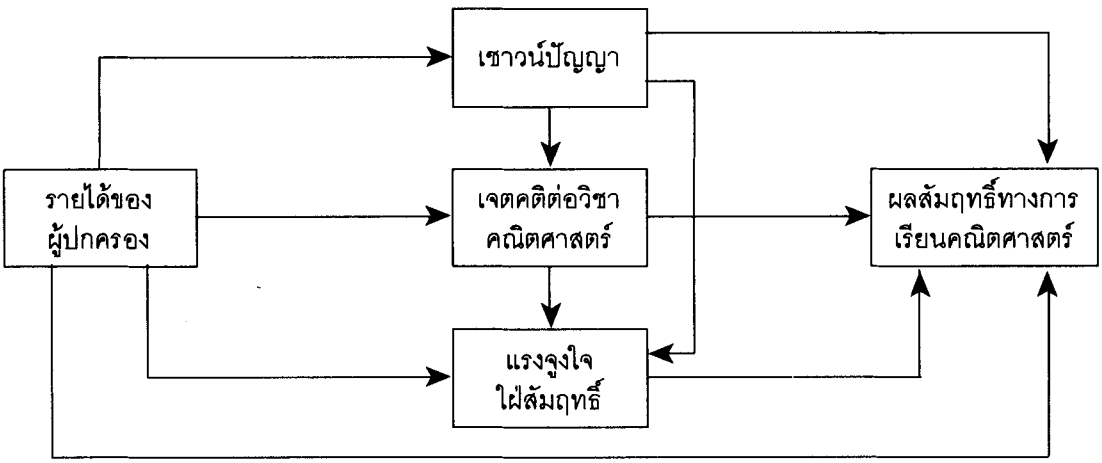
4) ผลการพัฒนาการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เป็นการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อมและผลกระทบรวมภายในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน โดยอาศัยหลักการและวิธีการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแทบทุกประการแต่สิ่งที่แตกต่างกันคือการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนจะใช้ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPSS/PC+ ประกอบด้วย

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ

1) ผลการวิเคราะห์ Null Model เพื่อพิจารณาความผันแปรของตัวแปรตามแต่ละตัว ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ด้วยโปรแกรม เอชแอลเอ็ม

โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่นำมาวิเคราะห์ ประกอบด้วยตัวแปรระดับนักเรียนที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม ทั้งในแบบเต็มรูปและตามสมมติฐาน เมื่อประยุกต์โปรแกรม

เอชแอลเอ็มเข้ามาวิเคราะห์ จึงต้องวิเคราะห์ขั้น Null Model ก่อนเป็นขั้นตอนแรก โดยพิจารณาจากโมเดลเชิงสาเหตุแบบเต็มรูป ดังนี้



ภาพที่ 4 โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป (Full Model)

การวิเคราะห์ Null Model สำหรับโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป โดยใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ใช้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ครั้งที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อพิจารณาความผันแปรของตัวแปรตามดังกล่าวโดยไม่มีตัวแปรอิสระใด ๆ ในระดับนักเรียนเข้ามาร่วมวิเคราะห์ ซึ่งจากการพิจารณาอิทธิพลสุ่มพบว่า ตัวแปรตามแต่ละตัวในระบบความสัมพันธ์มีความแปรผันระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสามารถนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

2) ผลการวิเคราะห์ Simple Model ผู้เขียนได้นำเสนอเฉพาะโมเดลตามสมมติฐานดังนี้

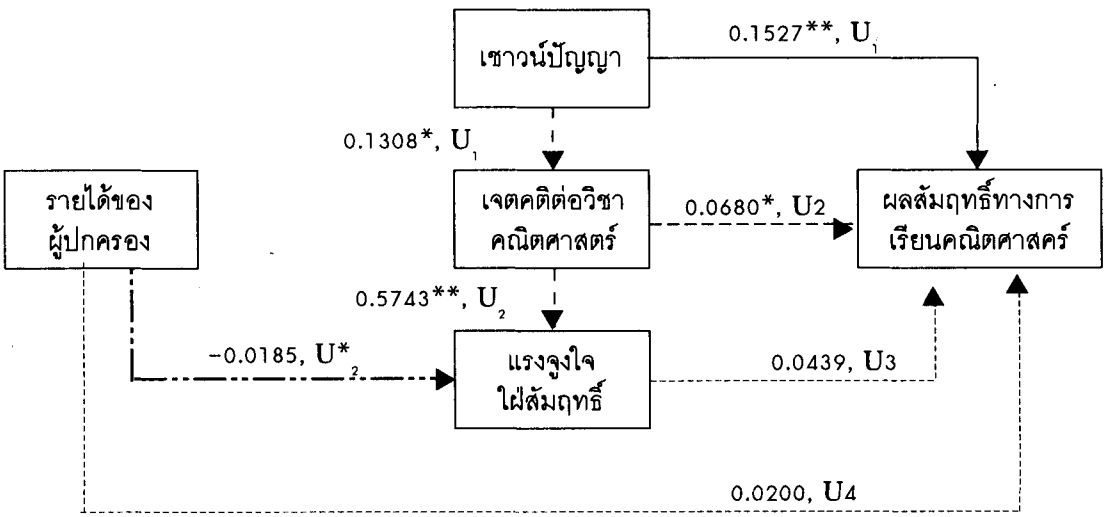
ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล	R^2	อิทธิพลคงที่		อิทธิพลสุ่ม	
			$P_{jk}(\beta)$	t	U	χ^2
IQ	ACH	0.1005	0.1527**	4.038	U_1*	32.0814
ATI			0.0680*	2.202	U_2	19.9270
MOTV			0.0439	1.389	U_3	24.5143
INCOMP			0.0200	0.703	U_4	8.5894
ATI	MOTV	0.3248	0.5734**	14.845	U_1	19.3496
INCOMP			−0.0185	−0.354	U_2*	35.2316
IQ	ATI	0.0248	0.1308*	2.202	U_1	28.9228

*p < 0.05, **p < 0.01

จากตาราง เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน หรือสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน มาแสดงในลักษณะของแผนภาพ จะได้ภาพแสดงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานทั้งในส่วนของอิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุ่ม ดังนี้

ภาพที่ 5 โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน แสดงอิทธิพลของตัวแปรแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา และรายได้ของผู้ปกครอง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์,ความมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์เส้นทางในระบบ ความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน



สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ และ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญ

สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ไม่มีนัยสำคัญ แต่ อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญ

สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีนัยสำคัญ แต่ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญ

สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ และ อิทธิพลสุ่ม มีนัยสำคัญ

ค่าตัวเลข หมายถึงสัมประสิทธิ์เส้นทาง พิจารณาความมีนัยสำคัญของอิทธิพลคงที่ได้จากเครื่องหมาย * หรือ ** (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

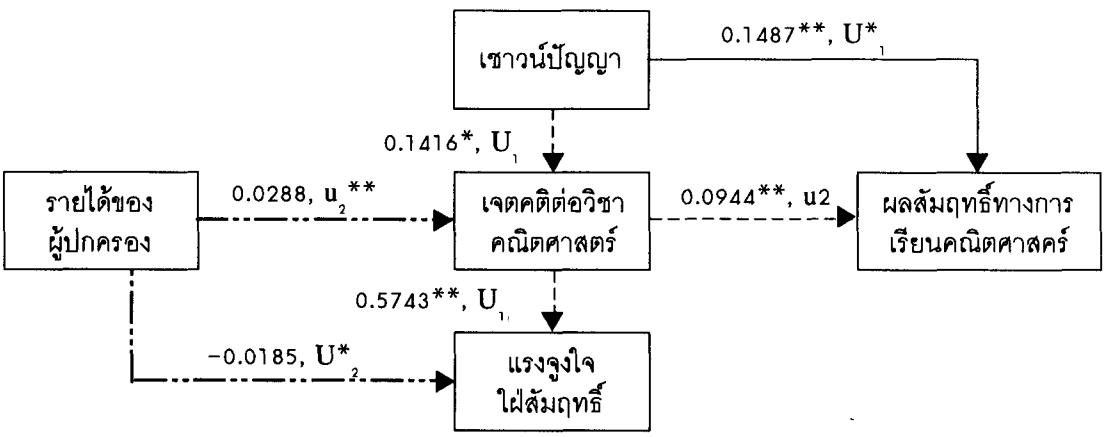
U หมายถึง อิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์เส้นทาง พิจารณาความมีนัยสำคัญได้จากเครื่องหมาย * หรือ ** (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

3) ผลการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยวิธีของสเปค

ผลการวิเคราะห์ พบว่าควรตัดเส้นทางที่ทั้งอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออกจากโมเดล และควรเพิ่มเส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ (ถึงแม้อิทธิพลคงที่จะ

ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) เข้าในโมเดล **เนื่องจากผลการพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์ พบว่า หากตัดเส้นทางดังกล่าวออกไป เพราะอิทธิพลคงที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ตามหลักของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิเคราะห์เชิงสาเหตุที่ใช้กันทั่วไปแล้ว จะทำให้ค่า W มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ โมเดลการวิเคราะห์จะไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และขาดความสมเหตุสมผล เพราะตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง จะถูกตัดออกจากโมเดลการวิจัย** ดังนั้นจึงควรคงเส้นทางดังกล่าวไว้ เพื่อเป็นการยืนยันถึงความมั่นคงในทฤษฎีของผู้วิจัย ดังนั้น เมื่อทำการวิเคราะห์ใหม่จะได้โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับใหม่ แสดงตามภาพที่ 6 ดังนี้

ภาพที่ 6 โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน แสดงอิทธิพลของตัวแปรแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา และรายได้ของผู้ปกครอง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์,ความมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์เส้นทางในระบบความสัมพันธ์ที่ปรับปรุงใหม่



อนึ่ง โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่นี้ เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อพิจารณาผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวมของตัวแปรอิสระในโมเดลที่มีต่อตัวแปรตาม ตลอดจนใช้วิเคราะห์ในระดับชั้นเรียน (macro level analysis) ต่อไป

4) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม และการแยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ ผู้เขียนได้นำเสนอเฉพาะ โมเดลที่ใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเชาวน์ปัญญา (IQ), เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI) มาวิเคราะห์ร่วม ในสมการโดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH) เป็นตัวแปรตาม
(ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

ตัวแปร	Fixed Effect		Random Effect			
	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Parameter Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept	12.5084**		21.8272	34.2528	1455.5995**	20
(γ_{00})	(12.149)					
IQ	0.1343**	0.1487**	0.0098	12.4354	35.6635*	20
	(3.983)					
ATI	0.0318**	0.0944**	0.0003	12.4259	25.4984	20
	(3.535)					
within unit error variance		12.4256				
R^2 = 0.0878						

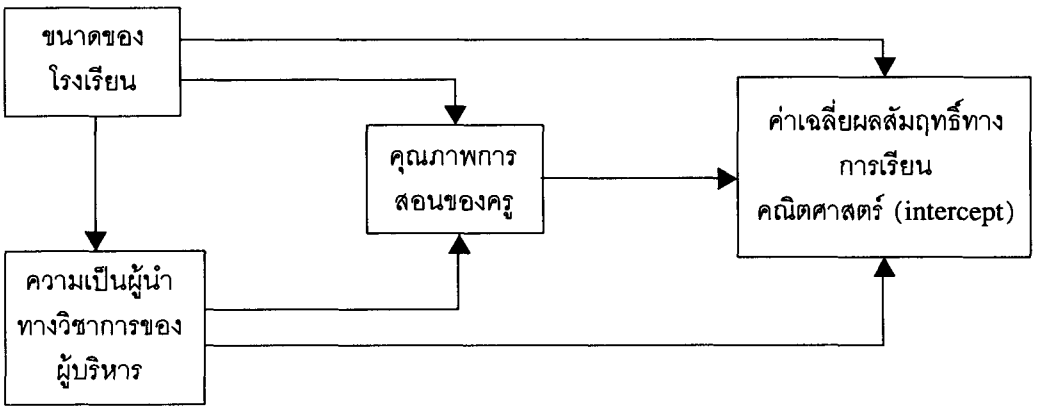
*P < 0.05, **P<0.01

จากตารางที่ 2 การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 1455.5995) ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 35.6635) ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สำหรับการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่นั้น โดยปกติแล้วจะนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐานหรือค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญทางสถิติ มาพิจารณาอิทธิพลที่มีต่อตัวแปรตาม ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาตรฐานทั่ว ๆ ไป นั้น จะพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะอิทธิพลคงที่ หากสัมประสิทธิ์เส้นทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะตัดเส้นทางนั้นออกจากโมเดลการวิเคราะห์ **แต่เมื่อใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานั้น ค่าอิทธิพลจากสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ จะประกอบไปด้วยทั้งอิทธิพลคงที่ (fixed effect) และอิทธิพลสุ่ม (random effect) ซึ่งผสมรวมกันอยู่ตามหลักการของโมเดลสัมประสิทธิ์ถดถอยแบบสุ่ม (random-coefficient regression model) (Raudenbush and Bryk , 1992) ดังนั้นการพิจารณาความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จึงต้องพิจารณาอิทธิพลสุ่มประกอบกันไปด้วย โดยจะนำสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีนัยสำคัญทางสถิติไปวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นสำคัญ หากอิทธิพลคงที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็สมควรนำไปวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลได้ เนื่องจากผลการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งใช้ค่า R^2 จากโมเดลที่ยังคงเส้นทางดังกล่าวไว้ พบว่า มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มากกว่าโมเดลที่ตัดเส้นทางดังกล่าวออกไป**

5) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน เพื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรระดับโรงเรียน ที่มีต่อค่าคงที่ (intercept) และสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope)

จากหลักการของการวิเคราะห์ถดถอยแบบสุ่ม(random-coefficient regression model) การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน (causal macro model) จึงสามารถที่จะประมาณค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามระดับนักเรียน (intercept) และค่าความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์ถดถอย (slope) ด้วยโมเดลที่ใช้ค่าเฉลี่ยและความชันเป็นตัวแปรตาม (intercepts and slopes as outcome model) (Raudenbush and Bryk , 1992) ดังนี้



ภาพที่ 7 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป (full model) เมื่อใช้ค่าคงที่ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH-intercept) เป็นตัวแปรตาม

จากภาพที่ 7 แสดงว่า การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนนี้ ค่าคงที่ หรือค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จะถูกยกระดับขึ้นมาเป็นตัวแปรตามระดับชั้นเรียน หากทำการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน ที่มีต่อตัวแปรตามดังกล่าว ด้วยขั้นตอนของ Hypothetical Model ของโปรแกรมเอชแอลเอ็มแล้ว กระบวนการวิเคราะห์ของโปรแกรมจะสามารถพิจารณาเฉพาะอิทธิพลเชิงสาเหตุ จากตัวแปรระดับโรงเรียนไปยังค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน เท่านั้น จะไม่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระดังกล่าวได้ ดังนั้น จึงต้องใช้โปรแกรม SPSS / PC$^+$ ประกอบการวิเคราะห์ด้วย ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรขนาดของโรงเรียน (SIZES), ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (HEAD) และคุณภาพการสอนของครู (QUALT) ที่มีต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน (ACH - intercept)

ตัวแปรระดับชั้นเรียน	ประมาณค่าอิทธิพล ที่มีต่อ ACH - intercept		
	γ	β	t
Fixed Effect			
intercept	12.4947**	-	20.7913
QUALT	1.7522*	0.6757*	2.508
SIZES	1.4755	0.4750	1.904
HEAD	0.2882**	0.7843**	3.031
Random Effect			
Parameter Variance	7.1359		
Total Observed Variance	19.9558		
χ^2 = 304.0558**, df = 17			
Within - unit Variance	12.8199		
R^2 = 0.6731			

*p < 0.05, **p < 0.01

จากตารางที่ 3 การพิจารณาอิทธิพลคงที่ พบว่าค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียนซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (t = 20.791) ส่วนตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (t = 3.031) ตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ คุณภาพการสอนของครู (t = 2.508) ส่วนตัวแปรขนาดของโรงเรียน อิทธิพลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์(ACH - intercept) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = (304.0558) และเมื่อวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอิสระ ต่อตัวแปรตามในระบบความสัมพันธ์ให้ครบถ้วน จะสามารถแสดงค่าสถิติจากการวิเคราะห์ ได้ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) เป็นตัวแปรตาม แบบเต็มรูป

ตัวแปรระดับชั้นเรียน	ตัวแปรผล	R^2	$P_{jk}(\beta)$	t
QUALT	ACH-intercept	0.6731	0.6757*	2.508
SIZES			0.4750	1.904
HEAD			0.7843**	3.031
HEAD	QUALT	0.2945	0.4188**	12.038
SIZES			0.2383**	6.851
SIZES	HEAD	0.0975	0.3122**	8.359

*P < 0.05, **P < 0.01

ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนข้างต้น ผู้เขียนนำเสนอเฉพาะโมเดลแบบเต็มรูปเท่านั้น ทั้งนี้ การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน จะอาศัยหลักการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป ซึ่งจะสามารถนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ ไปทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปคและวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้

อนึ่งสำหรับการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนโดยใช้สัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) เป็นตัวแปรตามนั้น จะใช้หลักการและกระบวนการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ใช้ค่าเฉลี่ย หรือค่าคงที่ (intercept) ที่ผู้เขียนนำเสนอข้างต้นทุกประการ

ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับที่นำเสนอไปข้างต้น มีประเด็นสำคัญที่สมควรพิจารณาประกอบด้วยทุกครั้ง คือ ในการพิจารณาตัดเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออกจากโมเดลการวิเคราะห์ หรือการคงเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีนัยสำคัญทางสถิติไว้ในโมเดลการวิเคราะห์นั้น เนื่องจากเทคนิควิธีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถพิจารณาได้ทั้งอิทธิพลคงที่ของสัมประสิทธิ์เส้นทางตลอดจนอิทธิพลสุ่มหรือความผันแปรของสัมประสิทธิ์เส้นทางดังกล่าวควบคู่ไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเสนอเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

1.) ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน (causal micro model)

1.1) สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ และ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ให้ตัดออกจากโมเดลการวิเคราะห์

1.2) สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ไม่มีนัยสำคัญแต่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติให้คงไว้ในโมเดลการวิเคราะห์

1.3) สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีนัยสำคัญแต่อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติให้คงไว้ในโมเดลการวิเคราะห์

1.4) สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ และ อิทธิพลสุ่ม มีนัยสำคัญทางสถิติให้คงไว้ในโมเดลการวิเคราะห์

2.) ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน (causal macro model)

นัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน จะสามารถพิจารณาได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ ดังนั้นการพิจารณาตัดเส้นทางหรือคงเส้นทางไว้ในโมเดล จะสามารถพิจารณาได้จากนัยสำคัญทางสถิติของ การทดสอบ t เช่นเดียวกับการวิเคราะห์เชิงสาเหตุทั่ว ๆ ไป

อภิปรายผลการวิจัย

จากสรุปผลการวิจัยที่นำเสนอไปข้างต้น พบว่าเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis technique) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากแนวคิดของ Jan de Leeuw (อ้างถึงใน Raudenbush and Bryk, 1992) โดยผู้วิจัยประยุกต์โปรแกรมเอชแอลเอ็มมาใช้วิเคราะห์นั้นมีกระบวนการวิเคราะห์และให้สารสนเทศที่น่าสนใจหลายประการ ดังนี้

1. การวิเคราะห์เชิงสาเหตุ (path analysis) สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพหุระดับ (multilevel data) ได้โดยใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis technique) ข้อค้นพบดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 ของการวิจัย ทั้งนี้เนื่องมาจากโปรแกรมเอชแอลเอ็มที่ประยุกต์มาใช้วิเคราะห์นั้น แม้จะมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับเพียงอย่างเดียว แต่ก็อาศัยหลักการวิเคราะห์ถดถอย (regression analysis) เป็นพื้นฐานสำคัญ ดังนั้นเมื่อนำมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์เชิงสาเหตุ จึงสามารถวิเคราะห์ได้โดยการวิเคราะห์ถดถอยตัวแปรตามแต่ละตัวในโมเดลเชิงสาเหตุตามลำดับขั้นตอน เช่นเดียวกับการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC+ จึงอาจกล่าวได้ว่าเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับนี้นอกจากจะพิจารณาถึงอิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัว

แปรในระบบความสัมพันธ์ได้แล้ว ยังสามารถพิจารณาโครงสร้างของข้อมูลที่แบ่งเป็นระดับตามสภาพธรรมชาติได้ด้วย

2. ผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม สามารถพิจารณาได้กระบวนการวิเคราะห์ และสารสนเทศที่ได้ ดังนี้

2.1 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ (fixed effectes) อิทธิพลสุ่ม (random effects) หรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between-class variance) โดยการพิจารณาความมีนัยสำคัญของการทดสอบ t และการทดสอบ χ^2 ตามรูปแบบของการวิเคราะห์ในโมเดลเอชแอลเอ็ม ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2.1 ของการวิจัย

2.2 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ทั้งในโมเดลการวิเคราะห์ระดับนักเรียน และระดับชั้นเรียน ข้อค้นพบดังกล่าวนี้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2.2 ของการวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากผลการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับทั้งในระดับนักเรียน (causal micro level) และระดับชั้นเรียน (causal macro level) สามารถคำนวณหาค่า R^2 สำหรับใช้ในการคำนวณตามสูตรของสเปค (Specht, 1975 อ้างถึงใน Pedhazur, 1982) เพื่อทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุทั้งสองระดับกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้

2.3 เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับสามารถวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อศึกษาผลกระทบทางตรง (direct effect) ผลกระทบทางอ้อม (in-direct effect) และผลกระทบรวม (total effects) ได้ทั้งการวิเคราะห์ระดับนักเรียน และระดับชั้นเรียน ข้อค้นพบดังกล่าวนี้ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2.3 ของการวิจัย ทั้งนี้เนื่องจาก สามารถทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ทั้งในโมเดลการวิเคราะห์ระดับนักเรียน และระดับชั้นเรียน จนได้โมเดลโมเดลสุดท้ายหรือโมเดลแต่งใหม่ (trimmed model) ที่มีลักษณะประหยัดและมีความเหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุแต่ละระดับได้

ข้อเสนอแนะในการนำเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับไปใช้

1. เนื่องจากเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็มที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมานั้น เป็นเทคนิคที่มีความซับซ้อนในการวิเคราะห์ ดังนั้นหากทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีดังกล่าว ผู้วิจัยจึงควรศึกษาให้เกิดความเข้าใจทั้งในเรื่องการวิเคราะห์พหุระดับ และการวิเคราะห์เชิงสาเหตุ ตลอดจนหลักการและขั้นตอนของการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ทั้งนี้เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผลการวิเคราะห์ดำเนินไปอย่างถูกต้อง

2. ควรขยายขอบเขตของเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับโดยการนำไปวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับทางมนุษยศาสตร์หรือสาขาอื่น ทั้งนี้เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ของนักวิจัยในการวิเคราะห์ข้อมูล

3. การพิจารณาตัดเส้นทางหรือคงเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ในโมเดลเชิงสาเหตุแต่ละระดับ มีเกณฑ์การพิจารณาบางประการที่แตกต่างจากการวิเคราะห์เชิงสาเหตุทั่วไป ดังนั้นหากทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จึงควรยึดเกณฑ์การพิจารณาตามที่ผู้วิจัยนำเสนอ กล่าวคือ ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน ควรตัดเฉพาะเส้นทางที่ทั้งอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ออกจากโมเดลเท่านั้น ส่วนโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน สามารถใช้เกณฑ์การพิจารณาได้ดังเช่นเกณฑ์การพิจารณาของการวิเคราะห์เชิงสาเหตุที่นิยมวิเคราะห์กันทั่วไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการวิจัยโดยใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ด้วยการใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมขึ้นมาจริง มีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น และใช้ตัวแปรจำนวนมากขึ้นในโมเดลการวิเคราะห์แต่ละระดับ ทั้งนี้เพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น

2. ควรประยุกต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์เชิงสาเหตุ เช่น LISREL มาวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับหรือทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่น ๆ เช่น VARCL หรือ ML/2 เป็นต้น

3. ควรทำการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็มกับข้อมูลสามระดับ

4. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้วิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับได้โดยตรง หรือพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำค่าสถิติจากเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ไปประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

ประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ ***.ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านนักเรียน องค์ประกอบด้านครูสภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางโรงเรียน กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4กรุงเทพมหานคร.*** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2532 .

ศิริชัย กาญจนวาสี . การวิเคราะห์พหุระดับสำหรับการวิจัยทางการศึกษา . ***ข่าวสารวิจัยการศึกษา*** 5 (มิถุนายน - กรกฎาคม 2535) : 6-14 .

Aitkin, M., and Longford, N. Statistical Modelling Issues in School Effectiveness Studies . ***Journal of the Royal Statistical Society.*** (Series A). 1986, 149,1-26.

Ann M. Gallagher and Richard De Lisi 'Gender Differences on Scholastic Aptitude Test Mathematics Problem Solving among High - Ability Students' ***Journal of Educational Psychology,*** 86(2) , 1994.

Burstein, L.Analysis of Multilevel Data in Educational Research and Evaluation. In Bertiner (Ed.) ***Review of Research in Education.*** Washington, D.C. :American Educational Research Association , 1980 a.

Burstein, L. The Role of Level of Analysis in the Specification of Education Effects . In R.Dreeben and J.A Thomas (Eds.). ***The Analysis of Educational Productivity*** : *Microanalysis.* Massachusette : Ballinger Publishing Company, 1980 b.

Burstein, L ; Linn, R.L ; and Capell I . Applying Multilevel Data in the Presence of Heteregeneus Within - Class Regressions. ***Journal of Educational Statistics .*** 1978, 4, 347-89.

Cronbach , L.J. ***Research on Classrooms and School : Formulation of Questions,Design and Analysis.*** Occasional Paper, Stanford Evaluation Consortium, July ,1976 .

Kreft , I.G.G.; de Leeuw , J. Questioning Multilevel Models . ***Journal of Educational and Behavioral Statistics.*** (1995) , 2 171-189.

Kanjanawasee , S. ***Alternative Strategies for Policy Analysis : An Assessment of School Effects on Students's Cognitive and Affective Mathematics Outcomes in Lower Secondary School in Thailand.*** Doctoral Dissertation in Education , University of California, Los Angeles, 1989.

Mason , W.M. ; Wong G.Y. ; and Entwistle, B. Contexual Analysis through the Multilevel Linear Model. In S.Leinhardt , (Ed.) ***Sociological Methodology 1983 - 1984.*** (pp. 72-103). San Francisco : Jossey - Bass , 1983.

Pedhazur , E.J. ***Multiple Regression in Behavioral Research*** . New York : Holt, Rinehart , and Winston, 1982.

Raudenbush , S.W., Chinapat and Mohamed, K. Predictors and Consequences of Primary Teacher's Sense of Efficacy and Students' Perceptions of Teaching Quality in Thailand. ***International Journal of Educational Research.*** 1992, 17(2) : 165-177.

Raudenbush, S.W. and Bryk, A.S. A Hierarchical Linear Model for Studying School Effects, ***Sociology of Education.*** 1986, 59, 1-17.

Raudenbush, S.W., and Bryk, A.S. A Hierarchical Linear Model : ***Applications and Data Analysis Methods.*** Newbury Park : Sage Publication, 1992.