การวิเคราะห์พหุระดับเชิงลดหลั่นในข้อมูลทางการศึกษา

Hierarchical Linear Model (HLM) in Educational Data

ปิยะธิดา ทองอร่าม*

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้กล่าวถึงการนำวิธีการวิเคราะห์พหุระดับเชิงลดหลั่นไปใช้ในข้อมูลทางการศึกษา ซึ่งส่วนมากมีธรรมชาติของข้อมูลเป็นข้อมูลหลายระดับ หากใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลในระดับเดียวก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาด เกิดปัญหาเกี่ยวกับความตรงทางสถิติในการศึกษา วิธีการวิเคราะห์พหุระดับที่ได้รับความนิยมมาก คือ การวิเคราะห์พหุระดับเชิงลดหลั่น (HLM) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสมใช้หลักการสัมประสิทธิ์แบบสุ่ม และการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีของเบส์ โปรแกรม HLM (Hierachical Linear Model) แบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) การวิเคราะห์ขั้นโมเดลศูนย์ (2) การวิเคราะห์ ขั้นโมเดลอย่างง่าย และ (3) การวิเคราะห์โมเดลสมมติฐาน โดยข้อค้นพบที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นสามารถระบุถึงความไม่เสมอภาคทางการศึกษาด้วยว่ามีมากในระดับใด เพื่อให้มีการพิจารณาปรับปรุงให้ลดความแตกต่างในระดับนั้นๆ ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

Abstract

This article depicts using Hierarchical Linear Model for educational data and the most educational data is multi-level data if method use single-level analysis may be make type I error valid in statistical analysis. Hierarchical Linear Model (HLM) is popular program in multi-level analysis, and it is mixed effect by random effect coefficient and estimated parameter by Beyesian method for analysis of variance. HLM Program has 3 analysis step as follow: (1) Null Model (2) Simple model and (3) Hypothetical model. Finding data from this analysis can determine non-equivalent in educational when for consider the most correctly adapt education in organization.

* อาจารย์ประจำสำนักงานนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทนำ

ปัจจุบันการจัดองค์กรทางการศึกษาและการแบ่งส่วนการบริหารงานภายในองค์กรเป็นลักษณะการจัดลำดับชั้น หน่วยงานในระดับสูงกว่ามีอิทธิพลต่อหน่วยงานในระดับรองลงมาตามลำดับ ทำให้ข้อมูลทางการศึกษามีลักษณะเป็นระดับชั้นด้วย เช่น ข้อมูลระดับโรงเรียน และข้อมูลระดับจังหวัด เป็นต้น ซึ่งข้อมูลในแต่ละระดับนั้นมีผลหรือมีอิทธิพลต่อข้อมูลในระดับที่ถัดมาเป็นทอดๆ จากระดับบนลงสู่ระดับล่าง ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลจึงควรใช้สถิติที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล โดยในปี 1980 Burstien ได้พัฒนาโมเดลที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีหลายระดับขึ้นมาเป็นการวิเคราะห์พหุระดับ การวิเคราะห์ชนิดนี้สามารถจัดระดับตัวแปรอิสระได้ตั้งแต่สองระดับขึ้นไป ตัวแปรระดับเดียวกันต่างก็มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และได้รับอิทธิพลร่วมกันจากตัวแปรระดับที่สูงกว่า นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์พหุระดับสามารถที่จะบอกถึงอิทธิพลของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตามในแต่ละระดับแตกต่างกันตามขนาดของความแปรปรวนอีกด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์หลายระดับ จะให้ข้อค้นพบที่ชัดเจนกว่าการวิเคราะห์ระดับเดียวและผลการวิเคราะห์ยังบอกให้เห็นถึงความไม่เสมอภาคทางการศึกษาด้วยว่ามีมากในระดับใด เพื่อให้มีการพิจารณาปรับปรุงให้ลดความแตกต่างในระดับนั้นๆ ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลในระดับเดียวอาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความตรงทางสถิติในการศึกษา อาจได้แก่ การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ผิดพลาด และทำให้พิสูจน์สมมติฐานผิด ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Bouk, 1989; Bryk & Raudenbush, 1989; Cuttance, 1992; Goldstein, 1987; Rowe & Hill, 1995; Scheerens, 1993 ; Peter & Kenneth, 1996)

การวิเคราะห์พหุระดับมีจุดมุ่งหมายสำคัญ 4 ประการ คือ

1. ประการที่ 1 เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการของผลผลิตทางการศึกษาซึ่งเป็นตัวแปรตามในช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อศึกษาแนวโน้ม (time series data)

2. ประการที่ 2 เพื่อประมาณค่าความแตกต่างของค่าส่วนประกอบความแปรปรวนของตัวแปรแต่ละตัวว่าในแต่ละระดับมีความแตกต่างมากน้อยเพียงไร

3. ประการที่ 3 เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อผลผลิตทางการศึกษาในแต่ละระดับ รวมทั้งศึกษาอิทธิพลของตัวแปรสภาพแวดล้อมที่มีต่อผลผลิตทางการศึกษาโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยในแต่ละระดับ โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยวิเคราะห์แยกแต่ละระดับ

4. ประการที่ 4 เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามในระดับนักเรียน และศึกษาว่าอิทธิพลจากความแตกต่างแต่ละระดับนั้นมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามอย่างไร เพื่อศึกษาอิทธิพลจากแต่ละระดับของข้อมูล

หลักการสำคัญในการวิเคราะห์พหุระดับ คือ การนำโครงสร้างตามลำดับขั้นของข้อมูลมาพิจารณาเพื่อให้ความสำคัญต่อข้อมูลต่างระดับ โดยศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรในระดับเดียวกัน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อยู่ต่างระดับกัน และการนำหลักการของตัวแปรสุ่มมาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม โดยถือว่าตัวแปรเกี่ยวกับชั้นเรียน/โรงเรียนน่าจะมีอิทธิพลที่แตกต่างกันต่อตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียน นอกจากนี้การวิเคราะห์พหุระดับนั้นใช้หลักการของการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นสูงสุดของค่าสัมประสิทธิ์ และทฤษฎีของเบส์ ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นตรงสูงขึ้นและมีความคลาดเคลื่อนต่ำ

วิธีการวิเคราะห์ประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวน (analysis of variance component estimation) ในการวิเคราะห์ข้อมูลระดับลดหลั่นนั้น นงลักษณ์ วิรัชชัย (2535) ได้กล่าวไว้ว่า ตัวแปรที่วัดได้ในระดับนักเรียนมีความแปรปรวนซึ่งแยกส่วนประกอบได้ตามระดับที่ลดหลั่นกัน เช่น ในกรณีที่มีตัวแปรใน 3 ระดับ คือ ระดับนักเรียน ระดับห้องเรียน และระดับโรงเรียน จะเขียนแสดงส่วนประกอบของความแปรปรวนได้ดังนี้

$$\sigma^2 y = \sigma^2 pupil + \sigma^2 class + \sigma^2 school \quad (1)$$

เมื่อ $\sigma^2 y$ แทน ความแปรปรวนของตัวแปรตาม y ที่เราต้องการศึกษา

$\sigma^2 pupil$ แทน ความแปรปรวนระหว่างนักเรียนภายในห้องเรียน

$\sigma^2 class$ แทน ความแปรปรวนระหว่างห้องเรียนภายในโรงเรียน

$\sigma^2 school$ แทน ความแปรปรวนระหว่างโรงเรียน

โดยมีวิธีในการประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวน 4 วิธี คือ (1) ใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) คำนวณค่าคาดหมายกำลังสองเฉลี่ย (expected mean square) โดยแต่ละระดับเป็นค่าประมาณความแปรปรวนแต่ละส่วนที่ต้องการ ซึ่งนักวิจัยต้องเลือกใช้โมเดลให้เหมาะสมกับข้อมูลว่าเป็นโมเดลอิทธิพลสุ่ม (random effect model) หรือโมเดลอิทธิพลผสม (mixed effect model) (2) การประมาณค่าความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood esimation) (3) การประมาณค่าประจำกำลังสองที่ไม่ลำเอียงซึ่งมีค่าต่ำสุด (minimum norm quadratic unbiases estimation : MINQUE) แต่ในทางปฏิบัตินั้นทำได้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SAS หรือ BMDP โดยผลการวิเคราะห์นั้นจะบอกถึงอิทธิพลของตัวแปรต้นต่อตัวแปรตามในแต่ละดับ และแตกต่างกันตามขนาดของความแปรปรวน ซึ่งการวิเคราะห์หลายระดับนั้นจะให้ข้อค้นพบที่ชัดเจนกว่าการวิเคราะห์ระดับเดียว นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ยังบอกให้เห็นถึงความไม่เสมอภาคทางการศึกษาด้วยว่ามีมากในระดับใด ทำให้มีการพิจารณาเพื่อปรับปรุงให้ลดความแตกต่างในระดับนั้นๆ ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น (4) การใช้ความชันเป็นตัวแปรตาม (slope as outcome) หรือที่เรียกว่า วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสองสมการ (ordinary least square separate equation approach) โดยจะพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในชั้นเรียน/โรงเรียน โดยใช้เทคนิคกำลังสองน้อยที่สุดเป็นแนวคิดทั่วไป แต่ตัวแปรอิสระในแต่ละระดับนั้นต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด และในแต่ละระดับตัวแปรนั้นคะแนนตัวแปรตาม (Y) มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติในแต่ละค่าของตัวแปรอิสระ (X) โดยที่ความคลาดเคลื่อนแต่ละค่านั้นมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติและเป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม

แนวคิดทั่วไปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับ 2 ระดับ

ถ้าตัวแปรที่ต้องการจะวิเคราะห์นั้นมีสองระดับ คือระดับนักเรียนและระดับชั้นเรียน จะทำการวิเคราะห์ถดถอยตัวแปรระดับนักเรียนเป็นระดับจุลภาค (micro level analysis) และตัวแปรระดับชั้นเรียนเป็นระดับมหภาค (macro level analysis) โดยมีตัวแปรดังนี้

ให้ y_{ij} แทน ตัวแปรเกณฑ์ระดับนักเรียน เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนคนที่ i ในชั้นเรียนที่ j

x_{ij} แทน ตัวแปรพยากรณ์ระดับนักเรียน เช่น ฐานะทางเศรษฐกิจของนักเรียนคนที่ i ในชั้นเรียนที่ j

z_{ij} แทน ตัวแปรพยากรณ์ระดับชั้นเรียน เช่น คุณภาพการสอนของครูคนที่ i ในชั้นเรียนที่ j

1. โมเดลการถดถอยระดับนักเรียน (micro - level model) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง y_{ij} กับ x_{ij} โดยแยกวิเคราะห์การถดถอยในแต่ละชั้นเรียน

$$y_{ij} = b_{oj} + b_{ij} x_{ij} + e_{ij} \quad (2)$$

เมื่อ b_{oj} เป็น intercept ของตัวแปรระดับนักเรียนในชั้นที่ j (j =1, 2,....,m)

b_{ij} เป็น regression slope ซึ่งเป็นขนาดความสัมพันธ์ของ x_{ij} ต่อ y_{ij} ในชั้นที่ j

e_{ij} เป็น ความคลาดเคลื่อนระดับนักเรียน ในการทำนาย yij

จากนั้นจึงใช้ b_{oj} และ b_{ij} ของแต่ละชั้นเป็นตัวแปรเกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ในระดับชั้นเรียน

2. โมเดลการถดถอยระดับชั้นเรียน/โรงเรียน (macro-level Model) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง zj กับ b_{oj} และ b_{ij} โดยทำการวิเคราะห์ถดถอยดังนี้

$$b_{oj} = \Phi_{00} + \Phi_{01} z_j + U_{0j} \quad (3)$$

$$b_{ij} = \Phi_{10} + \Phi_{11} z_j + U_{1j}$$

เมื่อ Φ_{00} เป็น intercept ของ b_{oj}

Φ_{11} เป็น slope ที่แสดงผลของ zj ต่อ b_{oj}

U_{0j} เป็น ความคลาดเคลื่อนระดับชั้นเรียนในการทำนาย b_{oj}

Φ_{10} เป็น intercept ของ b_{ij}

Φ_{11} เป็น slope ที่แสดงผลของ zj ต่อ b_{ij}

U_{ij} เป็น ความคลาดเคลื่อนระดับชั้นเรียนในการทำนาย bij

ที่ผ่านมาเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับนี้ได้รับความสนใจอย่างมาก จึงมีการพัฒนาเทคนิคการประมาณค่าพารามิเตอร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับที่มีตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปเพื่ออธิบายตัวแปรตามขึ้นมา เช่น การวิเคราะห์ประมาณค่า ส่วนประกอบความแปรปรวน (analysis of variance component estimation) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสมการเดียว (OLS single equation approach) วิธีการประมาณค่าความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีของเบส์ (bayesian estimation) เป็นต้น ซึ่งแต่ละเทคนิควิธีจะมีวิธีการประมาณค่าข้อมูลแตกต่างกันออกไป

การวิเคราะห์พหุระดับ (multilevel analysis) มีอยู่หลายเทคนิควิธีการและหลายโปรแกรมด้วยกัน ซึ่ง Kreft and Leeuw (1995) ได้ให้ข้อสรุปโดยทั่วไปเกี่ยวกับประสิทธิภาพของโปรแกรม ดังนี้ HLM ≥ VARCL ≥ ML/3 ≥ XLISP โดยเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM : hierarchical linear model) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสมใช้หลักการสัมประสิทธิ์แบบสุ่มและการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีของเบส์ จุดเด่นของเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยวิธี HLM คือ (1) สามารถตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ซึ่งสามารถตรวจสอบว่าตัวแปร X นั้นส่งผล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อ Y หรือไม่ และตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแต่ละหน่วยว่ามีความผันแปรระหว่างหน่วยหรือไม่ (2) ใช้วิธีการของเบส์มาช่วยในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทำให้ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้น มีความคงเส้นคงวา และน่าเชื่อถือ

การวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM)

Raudenbush และ Bryk (1986) ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับ HLM (hierarchical linear model) ขึ้นมา เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสมใช้หลักการสัมประสิทธิ์แบบสุ่มและการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีของเบส์ โดยเทคนิคเอชแอลเอ็มนี้นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีลักษณะเด่น คือ

1. พัฒนามาจากสถิติหลายชนิด ได้แก่ เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม (mixed-model ANOVA) สัมประสิทธิ์การถดถอยแบบสุ่ม (regression with random coefficients), โมเดลส่วนประกอบความแปรปรวนร่วม (covariance component model) และการประมาณค่าในโมเดลเชิงเส้นด้วยวิธีของเบส์ (bayesian estimation for linear models) ทำให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นตรงสูงและมีความคลาดเคลื่อนต่ำ

2. นำโครงสร้างตามลำดับขั้นของข้อมูลมาพิจารณาเพื่อให้ความสำคัญกับข้อมูลต่างระดับ โดยศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรในระดับเดียวกันและปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อยู่ต่างระดับ โดยถือว่าตัวแปรในแต่ละระดับนั้นมีอิทธิพลต่างกัน

3. สามารถตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล (adequacy of a model) โดยใช้ค่า t-test ทดสอบค่าเฉลี่ยของอิทธิพลคงที่ (fixed effect) และใช้ค่า χ^2- test ทดสอบความแปรปรวนของอิทธิพลสุ่ม (random effect) ถ้าค่าทั้งสองไม่เป็น 0 แสดงว่าค่าพารามิเตอร์ผันแปรระหว่างหน่วย

ขั้นตอนการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น

การวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเส้นตรงระดับลดหลั่นนั้นมีหลักการ และแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ระดับ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ระดับนักเรียน (micro level หรือ within-class analysis) มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอน คือ

1.1 การวิเคราะห์โมเดลศูนย์ (null model) เป็นการวิเคราะห์ขั้นแรกสุดที่ทำ การวิเคราะห์เพื่อให้เห็นภาพรวมของตัวแปรตาม โดยที่ไม่นำตัวแปรอิสระใดๆ เข้ามาร่วมในการพิจารณา และเพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรตามมีความแปรปรวนภายในหน่วยหรือระหว่างหน่วยเพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลในขั้นตอนต่อไปหรือไม่ โดยมีรูปแบบอธิบายได้ดังสมการต่อไปนี้

- **การวิเคราะห์ภายในหน่วย (within-unit model)**

$$y_{ij} = b_{01} + e_{ij} \qquad (4)$$

- **การวิเคราะห์ระหว่างหน่วย (between-unit model)**

$$b_{01} = \underset{\text{(fixed)}}{\gamma_{00}} + \underset{\text{(random)}}{U_{0j}} \qquad (5)$$

ค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อน,

$e \sim N(0, \sigma^2_j)$

เมื่อ y_{ij} แทน ตัวแปรเกณฑ์ระดับนักเรียน

b_{01} แทน ค่าจุดตัดแกนของชั้นที่ 1

γ_{00} แทน ค่าเฉลี่ยรวม

e_{ij} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ระดับภายในหน่วย

U_{0j} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ระดับระหว่างหน่วย

จากสมการข้างต้น กำหนดให้ b_{0j} เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ และมีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าระหว่างชั้นเรียน โดยในการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) นั้นจะแบ่งผลของพารามิเตอร์ออกเป็นอิทธิพลคงที่ (fixed effects) และอิทธิพลสุ่ม (random effects) แล้วใช้การทดสอบโดยใช้สถิติ t-test ในการทดสอบอิทธิพลคงที่ (fixed effects) ($H_0 : \gamma_{00} = 0$) ถ้าผลที่ออกมาไม่เป็นศูนย์แสดงว่าจุดตัดแกน (intercept) และตัวแปรอิสระส่งผลต่อ Y_{ij} แต่ถ้าผลที่ออกมามีค่าเท่ากับศูนย์แสดงว่าไม่ส่งผลต่อ Y_{ij} นอกจากนี้ใน การวิเคราะห์ HLM นั้นยังสามารถใช้ไคสแควร์ (χ^2 - test) ทดสอบความแปรปรวนของอิทธิพลสุ่ม (random effects) หรือความแปรปรวนของพารามิเตอร์ (parameter variance) ($H_0 : var(b_{01}) = 0$, $H_0 : var\ (U_{0j}) = 0$) หากผลที่ออกมาพบว่าไม่เป็นศูนย์แสดงว่า พารามิเตอร์มีความแปรปรวนระหว่างหน่วยชั้นเรียน จึงสมเหตุสมผลที่จะหาตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนมาอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นว่ามาจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระตัวแปรใด แต่ถ้าผลที่ออกมาพบว่ามีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไม่มีความแปรปรวนระหว่างหน่วยชั้นเรียน ซึ่งเราสามารถตั้งเป็นเงื่อนไขให้เป็นค่าคงที่ในการวิเคราะห์ได้

1.2 การวิเคราะห์โมเดลแบบง่าย (simple model) เป็นการวิเคราะห์โดยนำตัวแปรอิสระระดับนักเรียน (micro level) เข้ามาวิเคราะห์ทีละตัว เพื่อดูว่าตัวแปรอิสระในแต่ละตัวเหล่านั้นมีอิทธิพลต่อ b_{0j} หรือ b_{01} หรือไม่ นอกจากนี้เพื่อตรวจสอบว่า ตัวแปรอิสระเหล่านั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วทำให้เกิดความแปรปรวนระหว่างหน่วยชั้นเรียนที่ศึกษาเพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์หาค่าอิทธิพลของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนในขั้นต่อไปหรือไม่มีรูปแบบสมการ ดังนี้

- การวิเคราะห์ภายในหน่วย (within - unit model)

$$y_{ij} = b_{01} + b_{ij}\, x_{ij} + e_{ij} \qquad (6)$$

เมื่อ xij แทน ตัวแปรพยากรณ์

- การวิเคราะห์ระหว่างหน่วย (between - unit model)

$$b_{01} = \gamma_{00} + U_{0j} \qquad (7)$$

$$b_{ij} = \gamma_{10} + U_{ij}$$

(fixed) (random)

ค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อน,

$e \sim N\ (0\ ,\ \sigma^2_j)$

จากสมการข้างต้น โปรแกรม HLM จะใช้การทดสอบโดยใช้สถิติ t - test ทดสอบอิทธิพลคงที่ (fixed effects) ($H_0 = 0$; $H_0 : \gamma_{10} = 0$) แล้วใช้การทดสอบไค-สแควร์ (χ^2 - test) เพื่อทดสอบอิทธิพลสุ่ม (random effects) หรือความแปรปรวนของพารามิเตอร์ (parameter variance) ($H_0 : var(b_{01}) = 0$, $H_0 : var\ (b_{ij}) = 0$)

2. การวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน (macro level หรือ between-class analysis) เป็นการวิเคราะห์ชั้นโมเดลสมมติฐาน (hypothetical model) โดยนำตัวแปรอิสระระดับนักเรียนที่ผ่านการวิเคราะห์และพิจารณาแล้วว่าเหมาะสมจากการวิเคราะห์ระดับนักเรียนมาวิเคราะห์ร่วมกับตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีต่อตัวแปรระดับนักเรียน มีรูปแบบการวิเคราะห์ดังสมการต่อไปนี้

- การวิเคราะห์ภายในหน่วย (within-unit model)

$$y_{ij} = b_{01} + b_{ij}\, x_{ij} + b_{2j}\, x_{2j} + \ldots + e_{ij} \qquad (8)$$

- การวิเคราะห์ระหว่างหน่วย

(between-unit model)

$$b_{01} = \gamma_{00} + \gamma_{1j}Z_{1j} + \gamma_{2j}Z_{2j} + ... + U_{0j} \quad (9)$$
$$b_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}Z_{1j} + \gamma_{12}Z_{2j} + ... + U_{0j}$$
$$b_{2j} = \gamma_{20} + \gamma_{21}Z_{1j} + \gamma_{22}Z_{2j} + ... + U_{0j}$$

.

.

.

$$b_{kj} = \gamma_{k0} + \gamma_{kj}Z_{1j} + \gamma_{k2}Z_{2j} + ... + U_{kj}$$

จากสมการข้างต้น โปรแกรม HLM จะใช้การทดสอบโดยใช้สถิติ t - test ทดสอบอิทธิพลคงที่ (fixed effects) ($H_0 = 0$; $H_0 : \gamma_{10} = 0$) แล้วใช้การทดสอบไค-สแควร์ (χ^2 - test) เพื่อทดสอบอิทธิพลสุ่ม (random effects) หรือความแปรปรวนของพารามิเตอร์ (parameter variance (H_0: var(b_{01}) = 0; H_0 : var b_{ij}) = 0) เนื่องจากในบทความนี้เป็นการยกตัวอย่างจากการศึกษาซึ่งศึกษาเพียง 2 ระดับ จึงมีการทดสอบแค่ $H_0 : \gamma_{10} = 0$

การนำการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น ผู้วิจัยจำเป็นต้องวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบใส่ตัวแปรทั้งหมด (enter multiple regression analysis) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เพื่อศึกษาภาพรวมของตัวแปรอิสระทั้ง 2 ระดับ เพื่อให้ทราบว่ามีตัวแปรใดบ้างที่สามารถอธิบายหรือทำนายตัวแปรตาม ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (hierarchical linear model) โดยในบทความนี้ได้นำตัวอย่างจากการวิจัย เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของสถานศึกษา มาประกอบการยกอย่างเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้นโดยการวิจัยเรื่องนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระดับ คือ การวิเคราะห์ระดับโรงเรียน (ระดับชั้นที่ 1) และการวิเคราะห์ระดับจังหวัด (ระดับชั้นที่ 2) วิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (hierarchical linear model) ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม (HLM) เพื่อตอบปัญหาการวิจัย โดยในแต่ละขั้นตอนนั้นมีรูปแบบและขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

1. วิเคราะห์ขั้นโมเดลศูนย์ (null model) เป็นการวิเคราะห์ขั้นแรกสุดเพื่อให้เห็นภาพรวมของตัวแปรตาม โดยไม่นำตัวแปรอิสระใดๆ เข้ามาวิเคราะห์ร่วม เพื่อให้เห็นการกระจายของตัวแปรว่ามีความผันแปรภายในจังหวัดหรือระหว่างจังหวัดเพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลในขั้นต่อไปหรือไม่ โดยใช้สถิติ t-test ทดสอบ fixed effect; $H_0 : \gamma_{00} = 0$ และใช้ χ_2- test ทดสอบ random effect ; $H_0 : Var(\beta_{0j}) = 0$

มีรูปแบบการวิเคราะห์ ดังนี้

Within - Province model

$$SQUAL_{ij} = \beta_{01} + R_{ij} \quad (10)$$

Between - Province model

$$\beta_{01} = \gamma_{00} + U_{0j} \quad (11)$$

โดยจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ในขั้นโมเดลศูนย์นี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแปรตามเท่านั้น และพิจารณาว่าข้อมูลตัวแปรตามมีการกระจายตัวหรือไม่ ซึ่งหากผลการวิเคราะห์ในโมเดลนี้ พบว่าไม่มีความผันแปรระหว่างหน่วยอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยก็จะไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไปได้ ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อิทธิพลคงที่ (fixed effect) อิทธิพลสุ่ม (random effect) ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในจังหวัด (pooled within province effect) และความแปรปรวนระหว่างจังหวัด (between province variance) ของตัวแปรคุณภาพของสถานศึกษาโดยรวม (SQUAL)

ตัวแปรระดับโรงเรียน	Fixed Effect			Random Effect			χ^2	df
	Pooled Within province Effect			Between province Variance				
	Coefficient (γ_{00})	Standard error	t - ratio	Stardard Deviation	Variance Component	Total Observed Variance		
	2.127**	.030	69.893	.223	.050**	.120	309.259	75
Within – unit error variance				.264	.070			

** $p < 0.01$

จากตาราง จะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาจากอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาจากอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ตัวแปรตามมีความผันแปรระหว่างจังหวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. วิเคราะห์ขั้นโมเดลอย่างง่าย (simple model) เป็นการวิเคราะห์โดยนำตัวแปรอิสระระดับชั้นที่ 1 ภายในระดับชั้นที่ 2 (ระดับโรงเรียนภายในจังหวัด) เข้ามาวิเคราะห์ทีละตัว เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระตัวนั้นๆ ที่มีต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ และเพื่อศึกษาว่าตัวแปรอิสระตัวนั้นๆ ทำให้ตัวแปรตามในงานวิจัยครั้งนี้เกิดความผันแปรระหว่างจังหวัดเพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์หาอิทธิพลของตัวแปรอิสระระดับจังหวัดในขั้นต่อไปหรือไม่ โดยการสถิติ t-test ทดสอบ fixed effect; $H_0 : \gamma_{00} = 0$ และ $H_0 : \gamma_{10} = 0$ และใช้ χ^2- test ทดสอบ random effect; $H_0 : Var(\beta_{0j}) = 0$ และ $H_0 : Var(\beta_{1j}) = 0$

มีรูปแบบการวิเคราะห์ ดังนี้

Within - Province model

$$SQUAL_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X)_{ij} + R_{0ij} \quad (12)$$

Between - Province model

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j} \quad (13)$$
$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + U_{1j}$$

โดยจะเห็นได้ว่าผู้วิจัยต้องนำตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ) และมีความผันแปรระหว่างระดับจังหวัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เข้ามาในการวิเคราะห์โมเดลอย่างง่ายทีละตัว เพื่อศึกษาว่าตัวแปรอิสระตัวใดที่ทำให้ตัวแปรตามเกิดความผันแปรในระดับจังหวัด ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ขั้นโมเดลอย่างง่าย (simple model) ของตัวแปรคุณภาพของสถานศึกษาโดยรวม (SQUAL)

ตัวแปรระดับโรงเรียน	Fix effects		Random effects		df	χ^2
	pooled within school effect		between school variance			
	Coefficient (γ_{00})	t	Variance Component	Total Observed Variance		
Intercept	2.131**	110.385	.019	.044	27	67.360**
SCRATIO	.006**	2.885	.000	.025	27	23.037
TWORK	-.001	-.733	.000	.025	27	31.896
TMORAL	.209**	10.654	.006	.031	27	21.820
ALEAD	.204**	5.335	.032	.057	27	27.493
Within – unit error variance			.025			
R^2 = 0.642						

*p < 0.05 , ** p <0.01

จากตาราง จะเห็นได้ว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ได้แก่ ตัวแปร SCRATIO TMORAL ALEAD และเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบอิทธิพลสุ่ม พบว่า ตัวแปรตามมีความผันแปรระหว่างจังหวัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้ตัวแปรต้นทั้ง 4 ตัวร่วมกันอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 64

จากผลการวิเคราะห์สามารถเขียนเป็นสมการในรูปคะแนนดิบได้ดังนี้

$$SQUAL_{ij} = 2.131^{**}+0.006^{**}(SCRATIO) +0.209^{**}(TMORAL)+0.204^{**}(ALEAD) \quad (14)$$

3. วิเคราะห์ขั้นโมเดลสมมติฐาน (hypothetical model) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยนำตัวแปรอิสระระดับโรงเรียน ภายในจังหวัดที่ผ่านการวิเคราะห์ และพิจารณาว่าเหมาะสมจากการวิเคราะห์ระดับโรงเรียนมาวิเคราะห์ร่วมกับตัวแปรอิสระระดับระหว่างจังหวัดเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรอิสระระดับระหว่างจังหวัดที่มีต่อค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม โดยการใช้สถิติ t-test ทดสอบ fixed effect และใช้ χ^2-test ทดสอบ random effect และ centerlized

รูปแบบในการวิเคราะห์ ดังนี้

Within - Province model

$$SQUAL_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(SCRATIO)_{ij} + \beta_{2j}(TMORAL)_{ij} + \beta_{3j}(ALEAD)_{ij} + R0_{ij} \quad (15)$$

Between - Province model

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}(MSEM) + \gamma_{02}(MBUD) + U_{0j} \quad (16)$$

โดยจะเห็นได้ว่าโมเดลการวิเคราะห์ภายในจังหวัดนั้นจะเป็นการเขียนสมการจากตัวแปรต้นที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามระดับจังหวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการวิเคราะห์ในขั้นโมเดลอย่างง่าย ส่วนโมเดลการวิเคราะห์ระหว่างจังหวัดนั้นเป็นการวิเคราะห์ตัวแปรต้นระดับจังหวัดที่มีต่อตัวแปรตามระดับจังหวัด ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรระดับ จังหวัดที่มีต่อค่าเฉลี่ยคุณภาพของสถานศึกษาโดยรวม (MQUAL - intercept)

Fixed Effect	Coefficient	Standard error	t – ratio
MQUAL – intercept , γ_{00}	2.132**	.018	115.820
MSEM , γ_{01}	.032*	.020	1.634
MBUD , γ_{02}	.050*	.047	1.060

Random Effect	Variance Component	Total Observed Variance	df	χ^2
MQUAL – intercept , U_{0j}	.018**	.043	27	64.678
Within–Provincevariance ,R_{ij}	.025			
R^2 = 0.526				

*p < 0.05 , ** p <0.01

จากตารางจะเห็นได้ว่า ผลการทดสอบอิทธิพลคงที่ พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ในระดับจังหวัดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามระดับจังหวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และตัวแปรต้นในระดับจังหวัดทั้ง 2 ตัวแปรนั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามระดับจังหวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาจากอิทธิพลสุ่ม พบว่า ตัวแปรตามระดับจังหวัดมีความผันแปรระหว่างจังหวัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยตัวแปรต้นระดับจังหวัดทั้ง 2 ตัวแปรนั้นร่วมกันอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามระดับจังหวัดได้ร้อยละ 52

จากผลการวิเคราะห์ สามารถเขียนเป็นสมการในรูปคะแนนดิบ ได้ดังนี้

Within - Province model

$$\hat{SQUAL}_{ij} = 2.131^{**} + 0.006^{**}\,(SCRATIO) + 0.209^{**}(TMORAL) + 0.204^{**}\,(ALEAD) \qquad (17)$$

Between - Province model

$$\hat{\beta}_{0j} = 2.132^{**} + 0.032^{*}\,(MSEM) + 0.050^{*}\,(MBUD) \qquad (18)$$

บทสรุป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาซึ่งส่วนมากจะมีธรรมชาติของข้อมูลหลายระดับนั้น ควรใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสม ซึ่งก็คือ การวิเคราะห์พหุระดับ โดยโปรแกรมที่ได้รับความนิยมมาก คือ โปรแกรม HLM โดยแบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) การวิเคราะห์ขั้นโมเดลศูนย์ (2) การวิเคราะห์ขั้นโมเดลอย่างง่าย และ (3) การวิเคราะห์โมเดลสมมติฐาน โดยทั้ง 3 ขั้นตอนนั้นมีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกัน โดยหากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นโมเดลศูนย์พบว่าตัวแปรตามไม่มีความผันแปรภายในหน่วยก็จะไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไปได้ ต้องเปลี่ยนไปใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลอื่น ดังนั้น ในการจะวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษาด้วยการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรม HLM นั้น ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องตรวจสอบความผันแปรภายในหน่วยก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้น

ข้อจำกัดของโปรแกรม HLM

โปรแกรมการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงพหุระดับลดหลั่น (HLM) นี้มีจำกัดในเรื่องของถ้าข้อมูลของตัวแปรตาม ไม่มีความผันแปรภายในหน่วยหรือระหว่างหน่วยเพียงพอ โดยไม่เป็นไปตามการวิเคราะห์ในโมเดลศูนย์ ผลการทดสอบโมเดลศูนย์พบว่า ไม่มีความผันแปรระหว่างหน่วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยก็จะไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไปได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นวิธีอื่นๆ ต่อไป

นงลักษณ์
ศิริชัย กา
ศิริชัย กา
สุวิมล ว่อ
Bert P.M
Bryk, A.
Burstein
Cuttanc
Kijai, J.
Peter, W

บรรณานุกรม

นลักษณ์ วิรัชชัย. 2535. การวิเคราะห์ประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวน. **ข่าวสารวิจัยการศึกษา**. 4 (เมษายน พฤษภาคม): 9-14.

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

ศิริชัย กาญจนวาสี. 2541. การวิเคราะห์พหุระดับ. **รวมบทความประกอบการบรรยายวิชา 2702883 SEL TOP ED STAT.** (อัดสำเนา).

สุวิมล ว่องวาณิช. 2543. **การวิจัยและพัฒนาระบบการประเมินผลภายในของสถานศึกษา.** คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร: พิมพ์ดี.

Bert P.M., Creeers and Gerry J. Reezigt. School level conditions affecting the effectiveness of instruction. **School Effectiveness and School Improvement.** 7 (1996): 197 - 228.

Bryk, A.S. & Raudenbush, S.W. 1987. Application of hierarchical linear models to assessing change. **Psychological Bullentin.** 101(1): 147-158.

Burstein, L. 1980. Analysis of multilevel data in educational research and evaluation. **Review of Research in Education.** 50(4): 158-232.

Cuttance, P. 1994. Quality assurance in education systems. **Studies in Educational Evaluation.** 20: 99-112.

Kijai, J. 1984. School effectiveness characteristics and school incentive reward. **Dissertion Abstracts International.** 48: 329A.

Peter, W.H. & Kenneth, J.R. 1996. Multilevel modeling in school effectiveness research. **School Effectiveness and School Improvement.** 7(1): 1-34.