โมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ: ประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

Multi-Level Causal Model: Application for Data Analysis

สิรินธร สินจินดาวงศ์

Sirinthorn Sinjindawong

310/183 หมู่ 3 ถนนสรงประภา แขวงสีกัน เขตดอนเมือง กรุงเทพฯ 10210

310/183 Moo 3 Songprapa road. Seekan Donmuang Bangkok 10210

E-mail: Sirin.si@spu.ac.th

(รับผลงาน 7 กรกฎาคม 2550; ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์ 1 ธันวาคม 2550)

คำสำคัญ : ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โปรแกรมเอชแอลเอ็ม โมเดลระดับนักเรียน โมเดลระดับโรงเรียน

Keywords: Multi-Level Causal Analysis, HLM Program, Within Student Model, Between Students within Schools Model

บทนำ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางการศึกษา และทางสังคมศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะโครงสร้างของข้อมูลเป็นพหุระดับ (Multilevel) ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบดั้งเดิมใช้การวิเคราะห์ข้อมูลในระดับเดียว (Single level approach) เช่น การสร้างสมการทำนายด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) จะไม่สามารถให้ผลสรุปที่ถูกต้องได้ เพราะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลแนวเส้นตรงระดับเดียว ซึ่งการเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องคำนึงโครงสร้างและธรรมชาติของข้อมูลเป็นหลัก ถ้าข้อมูลมีความแตกต่างระดับกันอยู่ เช่นข้อมูลในระดับนักเรียน และระดับโรงเรียน ซึ่งข้อมูลในระดับย่อยจะมีลักษณะซ้อนอยู่ภายในระดับสูง กล่าวคือนักเรียนนอกจากจะมีความผันแปรภายในตนเองแล้ว ยังได้รับอิทธิพลจากสภาพของโรงเรียนด้วย การวิเคราะห์ในระดับเดียวที่รวมข้อมูลทุกระดับไว้ด้วยกันจะเป็นการละเลยต่อโครงสร้างของระดับข้อมูล ทำให้เกิดความผิดพลาดในการสรุประหว่างระดับ (Aggregation bias) เนื่องจาก มีความผิดพลาดในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย และความคลาดเคลื่อนในการทำนายมีความแปรปรวนสูงไม่คงที่ และเป็นการวิเคราะห์โดยรวมไม่สนใจความแตกต่างระหว่างหน่วยของการวิเคราะห์ จึงไม่สามารถคำนวณค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within group variability) จึงเป็นการละเลยการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อยู่ต่างระดับกัน (นิคม นาคอ้าย, 2539, ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548) นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลในอดีตจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยตามแนวจิตมิติ(Psychometric) ซึ่งเน้นการวิจัยเชิงทดลองที่มีการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนในการวิจัยทำให้สภาพในการวิจัยแตกต่างไปจากสภาพจริงที่เป็นอยู่ ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์กันของข้อมูลในระดับต่างๆ ที่ลดหลั่นกันลงมา (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

Bryke และ Roundenbush (2002) จึงได้เสนอแนะแนวทางการประยุกต์ใช้โมเดลระดับลดหลั่น (Hierarchical model) ในการศึกษาความสัมพันธ์กันของข้อมูลภายในหน่วยและระหว่างหน่วย ซึ่งจะส่งผลต่อ

ข้อมูลในระดับที่สูงขึ้น หากมีความแปรปรวนระหว่างหน่วยเกิดขึ้น สำหรับข้อมูลที่สามารถจัดเป็นระดับได้ตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ศึกษาความความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรในแต่ละระดับข้อมูลได้อีกด้วย เทคนิคหนึ่งที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับคือ โปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม (HLM) (นิคม นาคอ้าย, 2539)

ดังนั้น ในบทความนี้จึงขอเสนอการวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel analysis) ด้วยโปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม (HLM) ในกรณีที่ข้อมูลในระดับเดียวกันต่างมีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุซึ่งกันและกันและได้รับอิทธิพลร่วมกันจากตัวแปรต่างระดับ ซึ่งเรียกว่าความสัมพันธ์ชนิดนี้ว่า ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (Multi-Level Causal Analysis)

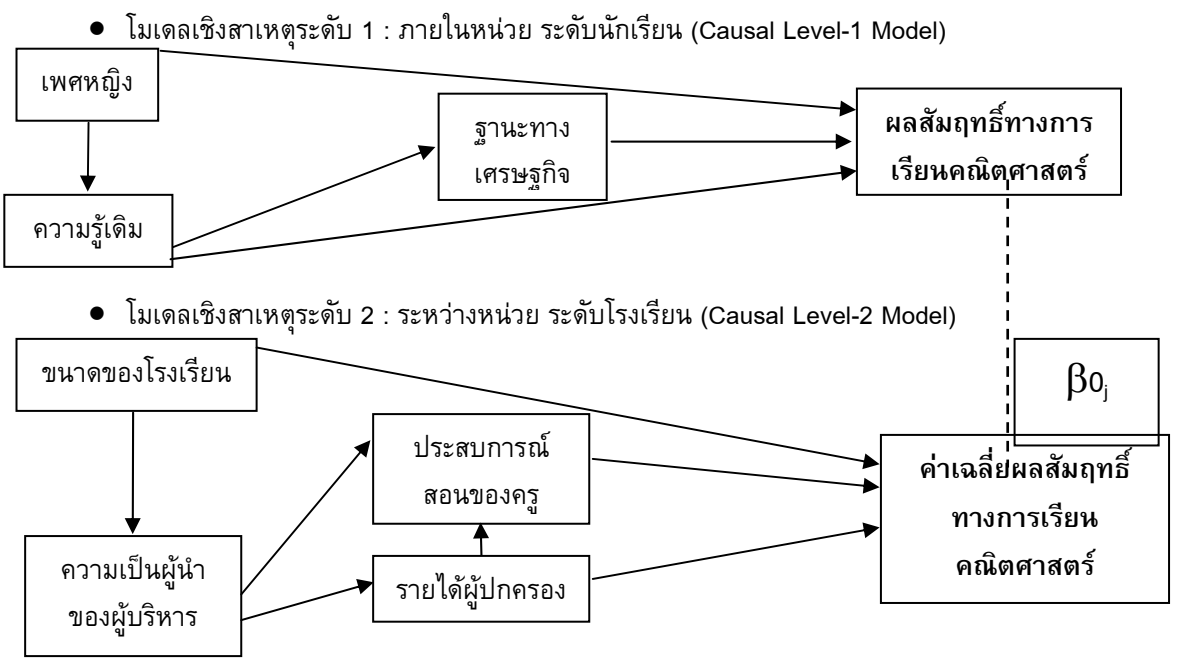
การประยุกต์ใช้โมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำโมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูล HSB ในโปรแกรม HLM 6.0 (student) for windows XP เพื่อแสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันในระดับเดียวกันและได้รับอิทธิพลจากระดับที่สูงกว่าอีกด้วย จึงขอเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปร ใน 2 ระดับ ดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรระดับที่ 1 ตัวแปรระดับนักเรียน (Within-student model) ประกอบด้วยตัวแปรทำนาย 3 ตัว ได้แก่ ความเป็นเพศหญิง (FEMALE) พื้นความรู้เดิม (BACKGD) และ ฐานะทางเศรษฐกิจ (SES)

2. ตัวแปรระดับที่ 2 ตัวแปรระดับโรงเรียน (Between student, within schools model) ประกอบด้วยตัวแปรทำนาย 4 ตัว ได้แก่ ขนาดโรงเรียน (SIZE) ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร (LEADER) รายได้ผู้ปกครอง (INCOME) และ ประสบการณ์สอนของครู (EXP)

โดยมีตัวแปรเกณฑ์ คือ คะแนนมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (MATHACH) แสดงให้เห็นดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 1 ระดับนักเรียน โดยใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับตัวแปรระดับที่ 2 ระดับโรงเรียนโดยใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็มวิเคราะห์ในขั้นที่ 2 (hypothetical model) ร่วมกับ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณด้วยโปรแกรมSPSS/PC$^+$

ตอนที่ 1 เสนอผลการวิเคราะห์โมเดลระดับที่ 1 ระดับนักเรียน โดยใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

กำหนดสัญลักษณ์แทนตัวแปรในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

MATHACH หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
FEMALE หมายถึง ความเป็นเพศหญิง
BACKGD หมายถึง พื้นความรู้เดิม
SES หมายถึง ฐานะทางเศรษฐกิจ

ขั้นที่ 1 ขั้นโมเดลศูนย์ (null model) ของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

- **Level-1 โมเดลระดับนักเรียนภายในโรงเรียน**

$$MATHACH_{ij} = \beta 0_j + r_{ij}$$

- **Level-2 โมเดลระหว่างโรงเรียน**

$$\beta 0_j = \gamma 00_j + U0_j$$

การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เพื่อศึกษาว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรระดับโรงเรียนมีความผันแปรระหว่างหน่วยและเหมาะสมที่จะวิเคราะห์พหุระดับหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ดังตาราง

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ระดับแบบ Null Model

Fixed Effect	**Coefficient**	**SE**	**t Ratio**
G00 ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	12.636972 **	0.243628	51.870
Random Effect	**Variance Component**	**df**	χ^2
$U0_j$ (ค่าส่วนที่เหลือของ $B0_j$)	8.61431**	159	1660.23259
Reliability of OLS Regression Coefficient G00	Estimate 0.901		

**p<.01, *p<.05

จากตารางที่1 การทดสอบอิทธิพลคงที่ (Fixed Effects) ซึ่งประกอบด้วยค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน Intercepts และ Slops ระหว่างโรงเรียนในระดับที่ 2 โดยใช้สถิติ t-test ปรากฏว่าพบนัยสำคัญที่ระดับ .01 แสดงว่า Intercepts $B0_j$ ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่า G00 หรือค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 12.636972 มีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ถือว่าเป็นค่าที่มีความสำคัญ (ไม่เป็น 0) และผลการทดสอบอิทธิพลสุ่ม (Random Effects) โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ (χ^2 – test)เพื่อทดสอบสมมติฐานทางสถิติ พบว่าส่วนประกอบความแปรปรวนของ $U0_j$ มีค่าเท่ากับ 8.61431 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 (χ^2=1660.23259) ดังนั้นค่า $U0_j$

มีความผันแปรระหว่างโรงเรียน จึงเหมาะสมที่จะวิเคราะห์พหุระดับได้

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 1 (Analysis of Causal Level-1 Model) ของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นโมเดลเชิงสาเหตุระหว่างสมาชิกภายในหน่วยเดียวกัน โดยใส่ตัวแปรทำนายเฉพาะโมเดลระดับที่ 1 ดังนี้

Level-1 โมเดลระดับนักเรียน ภายในโรงเรียน

$Y_{ij} = \beta 0_j + \beta 1_j*(BACKGD_{ij}) + \beta 2_j*(FEMALE_{ij}) + \beta 3_j*(SES_{ij}) + r_{ij}$

Level-2 โมเดลระหว่างโรงเรียน

$\beta 0_j = \gamma 00 + U0_j$

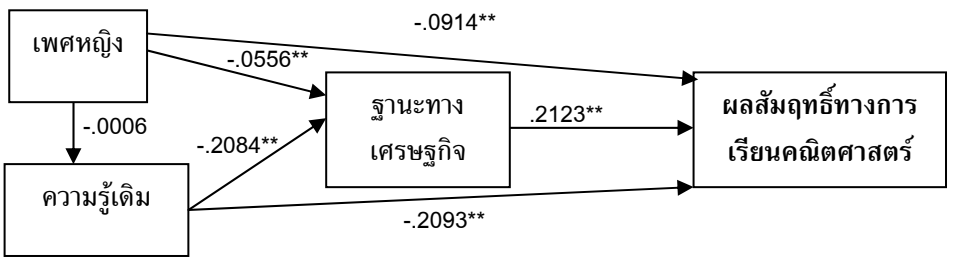
$\beta 1_j = \gamma 10 + U1_j$

$\beta 2_j = \gamma 20 + U2_j$

$\beta 3_j = \gamma 30 + U3_j$

1. วิเคราะห์โมเดลพื้นฐาน (Simple Model) เพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรในระดับเดียวกัน

1.1 วิเคราะห์โมเดลเต็มรูป (Full Model) เชิงสาเหตุ โดยใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม



ภาพที่ 2 รูปแบบและค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของความสัมพันธ์เต็มรูป (Full Model)

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM เสนอจำแนกตามตัวแปรตาม คือ MATHACH SES และ BACKGD ตามลำดับดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ประมาณค่าอิทธิพลของ พื้นความรู้เดิม (BACKGD) ความเป็นเพศหญิง (FEMALE) และฐานะทางเศรษฐกิจ (SES) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (MATHACH)

ตัวแปรระดับนักเรียน	Coefficient	β	t
ประมาณค่าอิทธิพลที่มีต่อ MATHACH			
Intercept	14.1404**	-	59.991
BACKGD	-3.2004**	-0.2093	-12.798
FEMALE	-1.2579**	-0.0914	-6.865
SES	1.8724**	0.2123	15.639
R^2 = 0.0983			

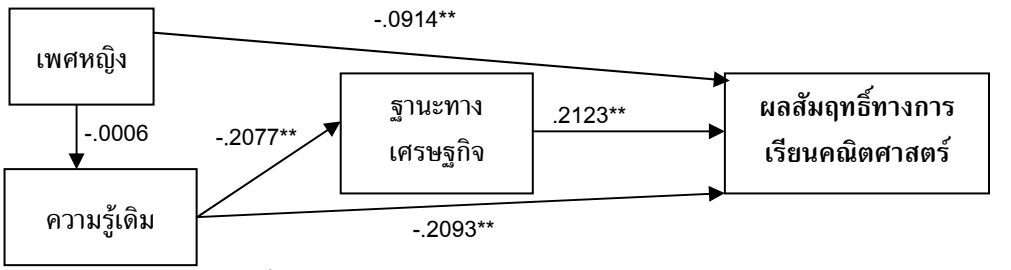
ประมาณค่าอิทธิพลที่มีต่อ SES			
Intercept	0.1488**	-	5.006
BACKGD	-0.3612**	-0.2084	-10.685
FEMALE	-0.0867**	-0.0556	-5.014
R^2 = 0.9892			
ประมาณค่าอิทธิพลที่มีต่อ BACKGD			
Intercept	0.2774**	-	11.714
FEMALE	-0.0054	-0.0006	-0.606
R^2 = 0.9972			

**P <.01, *P<.05

จากตารางที่ 2 เมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับนักเรียน มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t = 59.991) ส่วนตัวแปรระดับนักเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คือ ตัวแปรพื้นความรู้เดิม ฐานะทางเศรษฐกิจ และความเป็นเพศหญิง แสดงว่านักเรียนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดี จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงตามไปด้วย แต่มีพื้นความรู้เดิม และ เป็นเพศหญิง ส่งผลเชิงนิเสธกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียน สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 9.83 (R^2 = 0.0983) เมื่อใช้ฐานะทางเศรษฐกิจเป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับนักเรียนมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t =5.006) ส่วนตัวแปรระดับนักเรียนที่มีอิทธิพลเชิงนิเสธอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คือ ตัวแปรพื้นความรู้เดิม และ ความเป็นเพศหญิง ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียน สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของฐานะทางเศรษฐกิจได้ร้อยละ 98.92 (R^2 =0.9892)

เมื่อใช้พื้นความรู้เดิมเป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับนักเรียน มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t =11.714) ส่วนตัวแปรระดับนักเรียนความเป็น เพศหญิง ส่งผลเชิงนิเสธกับพื้นความรู้เดิม อย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียน สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของฐานะทางเศรษฐกิจได้ร้อยละ 99.72 (R^2 =0.9972)

1.2 วิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุ ตามสมมติฐาน (Propose Causal Model) โดยใช้โปรแกรม เอชแอลเอ็ม



ภาพที่ 3 รูปแบบและค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของความสัมพันธ์ตามโมเดลเชิงสาเหตุสมมติฐาน (Propose Causal Model)

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM เสนอจำแนกตามตัวแปรตาม คือ MATHACH SES และ BACKGD เช่นเดียวกับโมเดลเต็มรูป (Full Model) ซึ่งส่วนที่แตกต่างจากโมเดลเต็มรูป เฉพาะในส่วนที่เป็นตัวแปรตาม ฐานะทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจะเสนอตารางเพิ่มเติมเฉพาะ ตัวแปรตามฐานะทางเศรษฐกิจ (SES) เท่านั้น

ตารางที่ 3 ประมาณค่าอิทธิพลของ พื้นความรู้เดิม ที่มีต่อฐานะทางเศรษฐกิจ

ตัวแปรระดับนักเรียน	ประมาณค่าอิทธิพลที่มีต่อ SES		
	Coefficient	β	t
Fix Effect			
Intercept	0.102218 **	-	3.406
BACKGD	-0.360088**	-0.20774	-10.582
R^2 = 0.9891			

** P <.01, * P<.05

จากตารางที่ 3 เมื่อใช้ฐานะทางเศรษฐกิจเป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับนักเรียนมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t =3.406) ส่วนตัวแปรระดับนักเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คือ ตัวแปรพื้นความรู้เดิม ซึ่งส่งผลเชิงนิเสธกับฐานะทางเศรษฐกิจ ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียน สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของฐานะทางเศรษฐกิจได้ร้อยละ 98.91 (R^2 =0.9891)

ขั้นที่ 3 ทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ คำนวณค่า R^2_m ของโมเดลเต็มรูป และค่า M ของโมเดลตามสมมติฐานโดยวิธีของ Specht (Pedhazur, 1982) ได้ค่าสถิติทดสอบรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ค่า Q = 0.9905 และค่า W ที่คำนวณได้เท่ากับ 1.5177 และเมื่อทำการทดสอบนัยสำคัญ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($\chi^2_{1,.01}$ = 6.63) แสดงว่ารูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ขั้นที่ 4 ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและปริมาณผลทางตรง ปริมาณผลทางอ้อม และปริมาณผลรวมของผลทางตรงและผลทางอ้อมของตัวแปรที่ศึกษาตามรูปแบบความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

จากผลการวิเคราะห์ในแผนภูมิที่ 3 สรุปได้ว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ ฐานะทางเศรษฐกิจ ความรู้เดิม และความเป็นเพศหญิง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ ความรู้เดิมและความเป็นเพศหญิง โดยตัวแปรความรู้เดิม มีความสัมพันธ์ในรูปเป็นสาเหตุทางอ้อมผ่านทางฐานะทางเศรษฐกิจ ส่วนตัวความเป็นเพศหญิง มีความสัมพันธ์ในรูปสาเหตุทางอ้อมจะผ่านทางตัวแปรความรู้เดิมและฐานะทางเศรษฐกิจ เมื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ที่เป็นผลทางตรง ผลทางอ้อม และผลรวมของผลทางตรง และผลทางอ้อมจากตัวแปรต่างๆ ได้ปริมาณของผลทางตรง ปริมาณผลทางอ้อม และปริมาณผลรวมของผลทางตรงและผลทางอ้อม แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณผลทางตรง ปริมาณผลทางอ้อม และปริมาณผลรวมของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ตัวแปรทำนาย	ปริมาณผลทางตรง	ปริมาณผลทางอ้อม	ปริมาณผลรวม
ความเป็นเพศหญิง	-0.0914	0.0002	-0.0912
ความรู้เดิม	-0.2093	-0.0441	-0.2534
ฐานะทางเศรษฐกิจ	0.2123	-	0.2123

จากตารางที่ 4 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีจำนวน 3 ตัว คือ ความเป็นเพศหญิง ความรู้เดิม และฐานะทางเศรษฐกิจ ตัวแปรที่ส่งผลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียวคือ ฐานะทางเศรษฐกิจ ตัวแปรที่ส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ ความเป็นเพศหญิง ความรู้เดิม เมื่อพิจารณาปริมาณอิทธิพลทางตรงจากตัวแปรทั้ง 3 ตัวนี้ พบว่า ฐานะทางเศรษฐกิจ มีปริมาณอิทธิพลทางตรงมากที่สุด เท่ากับ 0.2123 รองลงมาได้แก่ ความรู้เดิม และความเป็นเพศหญิง โดยมีปริมาณผลทางตรงเท่ากับ -0.2093 และ-0.0914 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณอิทธิพลทางอ้อมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า ความรู้เดิม มีปริมาณอิทธิพลทางอ้อมมากที่สุด เท่ากับ -0.0441 รองลงมา คือ ความเป็นเพศหญิง มีปริมาณอิทธิพลทางอ้อม เท่ากับ 0.0002

และเมื่อพิจารณาผลรวมของผลทางตรงและผลทางอ้อมของตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษามา พบว่า ตัวแปรที่มีปริมาณอิทธิพลรวมสูงสุดคือ ความรู้เดิมมีปริมาณอิทธิพลรวม เท่ากับ -0.2534 รองลงมา ได้แก่ ฐานะทางเศรษฐกิจ และความเป็นเพศหญิง โดยมีปริมาณผลรวมเท่ากับ 0.2123 และ-0.0912 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 เสนอผลการวิเคราะห์เชิงสาเหตุของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับตัวแปรระดับโรงเรียน โดยใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็มวิเคราะห์ในขั้นที่ 2 (hypothetical model) ร่วมกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณด้วยโปรแกรม SPSS/PC^{+}

กำหนดสัญลักษณ์แทนตัวแปรในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$\overline{Y}_j$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน
SIZE หมายถึง ขนาดโรงเรียน
EXP หมายถึง ประสบการณ์สอนของครู
LEADER หมายถึง ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร
INCOME หมายถึง รายได้ผู้ปกครอง

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ Y_j ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม โดยใส่ตัวแปรทำนายในสมการ ระดับที่ 2 ดังโมเดล

Level-1 Model ระดับนักเรียน ระหว่างโรงเรียน

$$Y_{ij} = \beta0_j + \beta1_j *(BACKGD) + \beta2_j *(FEMALE) + \beta3_j *(SES) + r_{ij}$$

Level-2 Model ระดับโรงเรียน

$$\beta0_j = \gamma00 + \gamma01*(SIZE_j) + \gamma02*(EXP_j) + \gamma03*(LEADER_j)+ \gamma04*(INCOME_j) + U0_j$$

$$\beta1_j = \gamma10 + U1_j$$

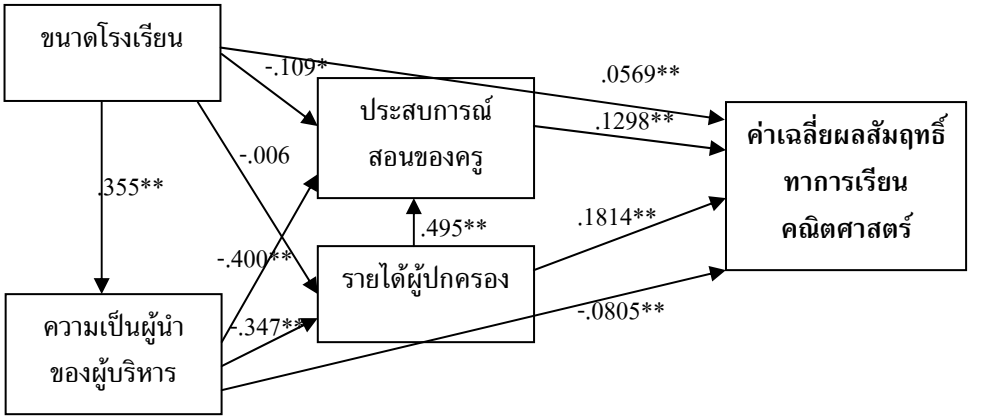
$$\beta2_j = \gamma20 + U2_j$$

$$\beta3_j = \gamma30 + U3_j$$

1. วิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 2 (Analysis of Causal Level-2 Model)

วิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 2 ซึ่งเป็นโมเดลเชิงสาเหตุระหว่างหน่วย ดังนี้

1.1 วิเคราะห์ โมเดลเต็มรูป (Full Model) ตามภาพข้างล่างนี้



ภาพที่ 4 รูปแบบและค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของความสัมพันธ์เต็มรูป (Full Model)

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM ในระดับที่ 2 ระดับโรงเรียน เสนอเฉพาะตัวแปรตาม คือ ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ตารางที่ 5 ประมาณค่าอิทธิพลของ ขนาดโรงเรียน ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร รายได้ผู้ปกครอง และประสบการณ์การสอนของครู ที่มีต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ตัวแปรระดับโรงเรียน	ประมาณค่าอิทธิพลที่มีต่อ $\beta 0_j$		
	Coefficient	β	t
Fix Effect			
Intercept	12.25925**	-	27.763
SIZE	0.000622**	0.05691	2.834
EXP	3.436126**	0.12985	4.231
LEADER	-0.565551**	-0.08056	-3.741
INCOME	3.044683**	0.18144	7.036
R^2 = 0.0979			

**P <.01, *P<.05

จากตารางที่ 5 เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับโรงเรียน มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 (t =27.763) ส่วนตัวแปรระดับโรงเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คือประสบการณ์การสอนของครู รายได้

ผู้ปกครอง ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร และขนาดโรงเรียน แสดงว่าขนาดโรงเรียน รายได้ผู้ปกครอง และประสบการณ์การสอนของครู จะทำให้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโรงเรียนสูงตามไปด้วย แต่มีความเป็นผู้นำของผู้บริหาร ส่งผลเชิงนิเสธกับค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียน แสดงว่า ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร ไม่ได้ทำให้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโรงเรียนสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับโรงเรียน สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียนได้ร้อยละ 9.79 (R^2 = 0.0979)

1.2 วิเคราะห์โมเดลเต็มรูป (Full Model) ในตัวแปรตาม ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร รายได้ผู้ปกครอง และประสบการณ์การสอนของครู ด้วยโปรแกรม SPSS PC$^+$ คำสั่ง Regression ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์โมเดลเต็มรูปแบบ (Full Model)

ตัวแปรตาม	ตัวแปรทำนาย	β	t-test
ประสบการณ์สอนของครู			
R = 0.775	ขนาดโรงเรียน	-0.109	-2.006*
R^2 = 0.601	ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร	-0.400	-6.988**
	รายได้ผู้ปกครอง	0.495	9.169**
รายได้ผู้ปกครอง			
R = 0.349	ขนาดโรงเรียน	-0.006	-0.079
R^2 = 0.122	ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร	-0.347	-4.338**
ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร			
R = 0.355	ขนาดโรงเรียน	0.355	4.779**
R^2 = 0.126			

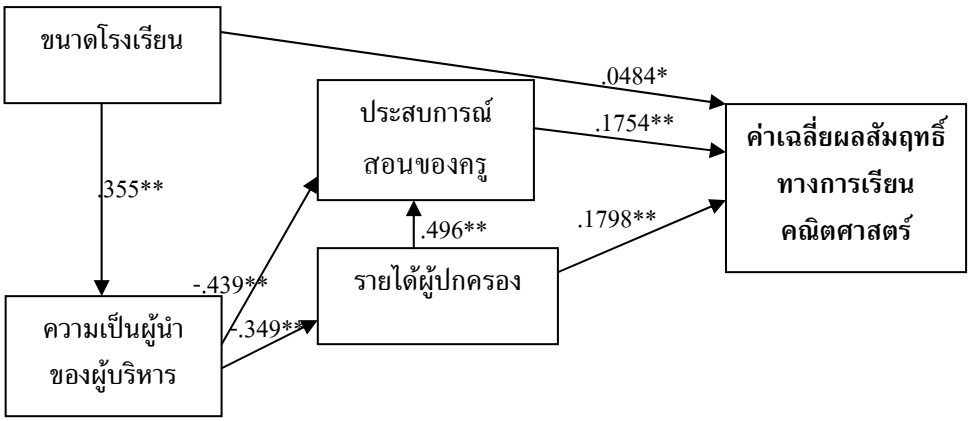
$^{**}P < .01$, $^{*}P < .05$

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่คำนวณได้จากรูปแบบความสัมพันธ์เต็มรูป พบว่า ตัวแปรทำนายที่ส่งผลต่อประสบการณ์สอนของครูอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 คือ ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร และรายได้ผู้ปกครอง ส่วนตัวแปรทำนายขนาดโรงเรียน ส่งผลต่อประสบการณ์สอนของครู อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยตัวแปรที่ส่งผลต่อประสบการณ์สอนของครู มากที่สุดคือ รายได้ผู้ปกครอง โดยมีค่า β เท่ากับ 0.495 รองลงมาได้แก่ ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร และขนาดโรงเรียนโดยมีค่า β เท่ากับ -0.400 และ -0.109 ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.775 หมายความว่า ตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปร สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรประสบการณ์สอนของครู ได้ร้อยละ 60.10 (R^2 =0.601) เมื่อพิจารณา ตัวแปรรายได้ผู้ปกครองเป็นตัวแปรเกณฑ์ พบว่าตัวแปรความเป็นผู้นำของผู้บริหารส่งผลต่อรายได้ผู้ปกครอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยมีค่า β เท่ากับ -0.347 ส่วนตัวแปรขนาดโรงเรียนส่งผลต่อ

รายได้ผู้ปกครองอย่างไม่มีนัยสำคัญ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.349 หมายความว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปรสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรรายได้ผู้ปกครอง ได้ร้อยละ12.20 (R^2 =0.122)

เมื่อพิจารณา ตัวแปรความเป็นผู้นำของผู้บริหารเป็นตัวแปรเกณฑ์ พบว่าตัวแปรขนาดโรงเรียนส่งผลต่อ ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยมีค่า β เท่ากับ 0.355 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.355 หมายความว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปรสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรรายได้ผู้ปกครอง ได้ร้อยละ 12.60 (R^2 =0.126)

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ โมเดลตามสมมติฐาน (Propose Model) ตามแผนภาพข้างล่างนี้



ภาพที่ 5 รูปแบบและค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางตามสมมติฐาน (Propose Model)

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM ในระดับที่ 2 ระดับโรงเรียน เสนอเฉพาะตัวแปรตาม คือค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียน ซึ่งตัวแปรตามอื่นๆ ผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกับโมเดลเต็มรูป

ตารางที่ 7 ประมาณค่าอิทธิพลของ ขนาดโรงเรียน รายได้ผู้ปกครอง และประสบการณ์ การสอนของครู ที่มีต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียน

ตัวแปรระดับโรงเรียน	ประมาณค่าอิทธิพลที่มีต่อ $\beta 0_j$		
	Coefficient	β	t
Fix Effect			
Intercept	11.63079**	-	27.278
SIZE	0.000529*	0.0484	2.281
EXP	4.641764**	0.1754	5.794
INCOME	3.016512**	0.1798	6.524
R^2 = 0.09813			

**P <.01, *P<.05

จากตารางที่ 7 เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับโรงเรียน มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t =27.278) ส่วนตัวแปรระดับโรงเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คือ ประสบการณ์การสอนของครู และรายได้ผู้ปกครอง ส่วนตัวแปรขนาดโรงเรียนมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับโรงเรียน สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียนได้ร้อยละ 9.81 (R^2 = 0.09813)

ต่อไปดำเนินการวิเคราะห์โมเดลตามสมมติฐาน (Propose Model) ในตัวแปรตามความเป็นผู้นำของผู้บริหาร รายได้ผู้ปกครอง และประสบการณ์การสอนของครู ด้วยโปรแกรม SPSS PC^+ คำสั่ง Regression ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 8 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์โมเดลตามสมมติฐาน (Propose Model)

ตัวแปรตาม	ตัวแปรทำนาย	β	t-test
ประสบการณ์สอนของครู			
R = 0.768	ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร	-0.439	-8.046**
R^2 = 0.590	รายได้ผู้ปกครอง	0.496	9.095**
รายได้ผู้ปกครอง			
R = 0.349	ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร	-0.349	-4.685**
R^2 = 0.122			
ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร			
R = 0.355	ขนาดโรงเรียน	0.355	4.779**
R^2 = 0.126			

** P <.01, * P<.05

จากตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่คำนวณได้จากรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน พบว่า ตัวแปรทำนายที่ส่งผลต่อประสบการณ์สอนของครู อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 คือ ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร และรายได้ผู้ปกครอง โดยตัวแปรที่ส่งผลต่อประสบการณ์สอนของครู มากที่สุดคือ รายได้ผู้ปกครอง โดยมีค่า β เท่ากับ 0.496 รองลงมาคือความเป็นผู้นำของผู้บริหาร มีค่า β เท่ากับ -0.439 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.768 หมายความว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปรสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรประสบการณ์สอนของครู ได้ร้อยละ 0.590 (R^2 = 59.00)

เมื่อพิจารณาตัวแปรรายได้ผู้ปกครองเป็นตัวแปรเกณฑ์ พบว่าตัวแปรความเป็นผู้นำของผู้บริหารส่งผลต่อ รายได้ผู้ปกครอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยมีค่า β เท่ากับ-0.349 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.349 หมายความว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปรสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรรายได้ผู้ปกครอง ได้ร้อยละ 12.20 (R^2 =0.122)

เมื่อพิจารณา ตัวแปรความเป็นผู้นำของผู้บริหารเป็นตัวแปรเกณฑ์ พบว่าตัวแปรขนาดโรงเรียนส่งผลต่อ ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 โดยมีค่า β เท่ากับ 0.355 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.355 หมายความว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปรสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรรายได้ผู้ปกครอง ได้ร้อยละ 12.60 (R^2 =0.126)

ขั้นที่ 3 ทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ในระดับที่ 2 เมื่อคำนวณค่า R^2_m ของโมเดลเต็มรูปและค่า M ของโมเดลความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน ได้ค่าสถิติทดสอบรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ค่า Q = 0.9736 และค่า W ที่คำนวณได้เท่ากับ 4.21 และเมื่อทำการทดสอบนัยสำคัญ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($\chi^2_{1,.01}$ =6.63) แสดงว่ารูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ขั้นที่ 4 ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและปริมาณผลทางตรง ปริมาณผลทางอ้อม และปริมาณผลรวมของผลทางตรงและผลทางอ้อมของตัวแปรที่ศึกษาตามรูปแบบความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

จากผลการวิเคราะห์ในแผนภูมิที่ 5 สรุปได้ว่า ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุทางตรงต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียน ($\beta 0_j$) คือ ขนาดโรงเรียน ประสบการณ์สอนของครู และรายได้ผู้ปกครอง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียน คือ ขนาดโรงเรียนและรายได้ผู้ปกครองโดยตัวแปรขนาดโรงเรียนมีความสัมพันธ์ในรูปเป็นสาเหตุทางอ้อมผ่านทาง ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร ประสบการณ์สอนของครู และรายได้ผู้ปกครอง ส่วนตัวรายได้ผู้ปกครอง มีความสัมพันธ์ในรูปสาเหตุทางอ้อมจะผ่านทางตัวแปรประสบการณ์สอนของครู และ ตัวแปรความเป็นผู้นำของผู้บริหาร มีความสัมพันธ์ในรูปสาเหตุทางอ้อมจะผ่านทางตัวแปรประสบการณ์สอนของครูและรายได้ผู้ปกครอง เมื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ที่เป็นผลทางตรง ผลทางอ้อม และผลรวมของผลทางตรงและผลทางอ้อมจากตัวแปรต่าง ๆ ได้ปริมาณของผลทางตรง ปริมาณผลทางอ้อม และปริมาณผลรวมของผลทางตรงและผลทางอ้อม แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ปริมาณผลทางตรง ปริมาณผลทางอ้อม และปริมาณผลรวมของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียน

ตัวแปรทำนาย	ปริมาณผลทางตรง	ปริมาณผลทางอ้อม	ปริมาณผลรวม
ขนาดโรงเรียน	0.0484	-0.0604	-0.0120
ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร	-	-0.1702	-0.1702
รายได้ผู้ปกครอง	0.1798	0.0870	0.2668
ประสบการณ์สอนของครู	0.1754	-	0.1754

จากตารางที่ 9 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุส่งผลต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียนมีจำนวน 4 ตัว คือ ขนาดโรงเรียน ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร รายได้ผู้ปกครอง และประสบการณ์สอนของครู ตัวแปรที่ส่งผลทางตรงต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียนเพียงอย่างเดียวคือ ประสบการณ์สอนของครู ตัวแปรที่ส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ของโรงเรียนคือ ขนาดโรงเรียน และรายได้ผู้ปกครอง ตัวแปรที่ส่งผลทางอ้อมต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของโรงเรียนเพียงอย่างเดียวคือ ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร เมื่อพิจารณาปริมาณอิทธิพลทางตรง จากตัวแปรทั้ง 4 ตัวนี้ พบว่า รายได้ผู้ปกครองมีปริมาณอิทธิพลทางตรงมากที่สุด เท่ากับ 0.1798 รองลงมาได้แก่ ประสบการณ์สอนของครู และขนาดโรงเรียน โดยมีปริมาณผลทางตรงเท่ากับ0.1754 และ 0.0484 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณอิทธิพลทางอ้อม พบว่า ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร มีปริมาณอิทธิพลทางอ้อมมากที่สุด เท่ากับ -0.1702 รองลงมาคือ รายได้ผู้ปกครอง และขนาดโรงเรียน มีปริมาณอิทธิพลทางอ้อม เท่ากับ 0.0870 และ -0.0604 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาผลรวมของผลทางตรงและผลทางอ้อมของตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษามา พบว่า ตัวแปรที่มีปริมาณอิทธิพลรวมสูงสุดคือ รายได้ผู้ปกครอง มีปริมาณอิทธิพลรวม เท่ากับ 0.2668 รองลงมาได้แก่ ประสบการณ์สอนของครู ความเป็นผู้นำของผู้บริหาร และขนาดโรงเรียน โดยมีปริมาณผลรวมเท่ากับ 0.1754, -0.1702 และ -0.0120 ตามลำดับ

สรุป

การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ 2 ระดับ คือ ระดับนักเรียนและระดับโรงเรียน โดยการวิเคราะห์ในระดับนักเรียนทำการวิเคราะห์ข้อมูลโมเดลเชิงสาเหตุด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม เริ่มจากการวิเคราะห์โมเดลศูนย์ (Null model) เพื่อพิจารณาอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มพบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม และค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ถดถอยมีความผันแปรระหว่างหน่วยเพียงพอที่จะวิเคราะห์ หาตัวแปรอิสระในระดับโรงเรียนมาอธิบายความผันแปรของตัวแปรอิสระในระดับนักเรียน และวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 1 ของตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นโมเดลเชิงสาเหตุระหว่างสมาชิกภายในหน่วยเดียวกัน หลังจากวิเคราะห์โมเดลเต็มรูปและโมเดลตามสมมติฐาน จึงพบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเมื่อพิจารณาปริมาณผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จึงพบว่าตัวแปรฐานะทางเศรษฐกิจ มีผลกระทบทางตรง (direct effect) มากที่สุด ส่วนตัวแปรความรู้เดิมมีผลกระทบทางอ้อม (indirect effect) และผลกระทบรวม (total effect) มากที่สุด

การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับที่ 2 ระดับโรงเรียน โดยโปรแกรมเอชแอลเอ็มวิเคราะห์ในขั้นที่ 2 (hypothetical model) ร่วมกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณด้วยโปรแกรม SPSS/PC^{+} เมื่อทำการวิเคราะห์โมเดลเต็มรูปและโมเดลตามสมมติฐาน จึงพบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเมื่อพิจารณาปริมาณผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จึงพบว่าตัวแปรรายได้ผู้ปกครองมีผลกระทบทางตรง (direct effect) และผลกระทบรวม (total effect) มากที่สุด ส่วนตัวแปรความเป็นผู้นำของผู้บริหาร มีผลกระทบทางอ้อม (indirect effect) มากที่สุด

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับมีข้อดี คือสามารถหาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรในระดับเดียวกันและพิจารณาหาอิทธิพลของตัวแปรต่างระดับกันได้ด้วย จึงเป็นการรวมเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel) กับการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) ไว้ด้วยกัน ซึ่งโปรแกรมเอ็ชแอลเอ็ม (HLM) ที่นำมาวิเคราะห์ยังมีข้อจำกัดคือ สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้เฉพาะในระดับแรกเท่านั้น จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมอื่นช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในระดับที่สูงขึ้นได้แก่ โปรแกรม SPSS PC+ คำสั่ง Regression หรือโปรแกรม LISREL เป็นต้น และ

ในปัจจุบันมีโปรแกรมที่สามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับได้อีก คือ โปรแกรม Mplus ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้ทั้ง 2 ระดับ โดยสามารถศึกษาได้จากวิทยานิพนธ์ และบทความที่นำโปรแกรม Mplus มาใช้ นอกจากนี้ผู้เขียนบทความต้องการนำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ และแปลผลข้อมูลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในบทความนี้จึงไม่สามารถนำไปใช้ในการอ้างอิงได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลในโปรแกรม

เอกสารอ้างอิง

1. Pedhazur, E. J. (1982). **Multiple regression in behavioral research.** New York: Holt, and Winston.
2. Raudenbush, S. W. and Bryk, A. S. (2002). **Hierarchical Linear Models Applications and Data Analysis Methods.** 2nd Edition. California: Sage Publications, Inc.
3. นิคม นาคอ้าย. (2539). **การพัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ : การประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
4. นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). **โมเดลลิสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). **การวิเคราะห์พหุระดับ.** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย