บทที่ 4

ผลการพัฒนาและผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ (multilevel causal analysis) โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็มมาใช้วิเคราะห์ ดังนั้นผลการวิเคราะห์ข้อมูลจึงสามารถนำเสนอ ในรูปแบบของการวิเคราะห์เชิงสาเหตุ (path analysis) ประกอบกับการวิเคราะห์พหุระดับ (multilevel analysis) ซึ่งแสดงให้เห็นเห็นถึงผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

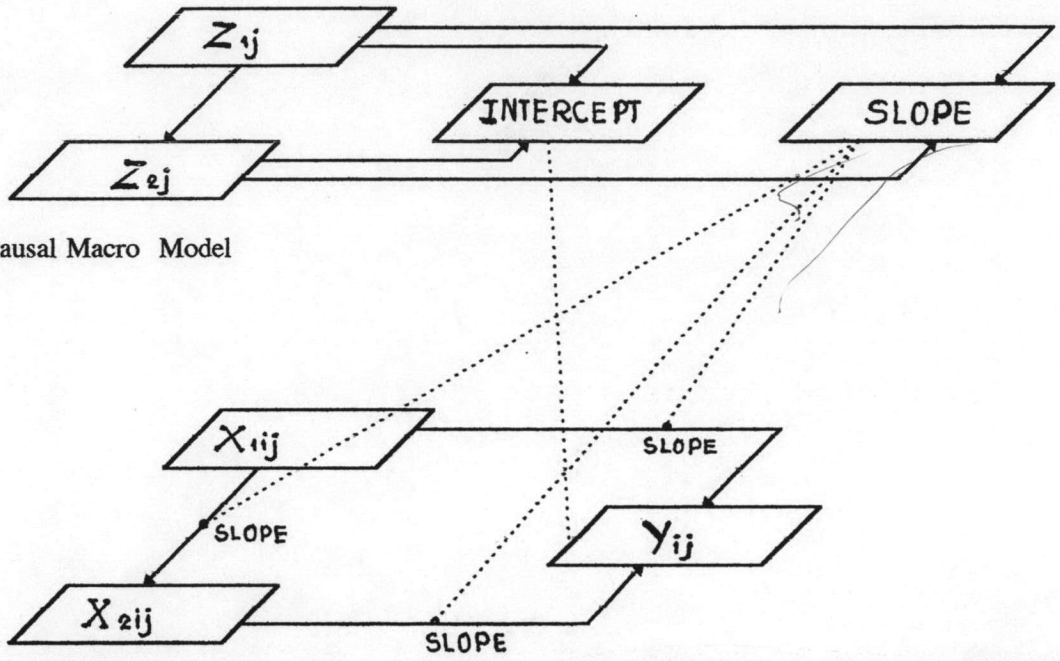
ผลการพัฒนาและผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ผู้วิจัยได้นำเสนอ โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม

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

1.1เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ สามารถทำการวิเคราะห์ขั้น Null Model เพื่อให้สามารถพิจารณาความผันแปรของตัวแปรตามของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนได้ทุกตัว ในการวิเคราะห์ถดถอยแบบเป็นลำดับขั้นตอนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม

1.2เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับสามารถทำการวิเคราะห์ขั้น Simple Model และ Hypothetical Model เพื่อให้สามารถพิจารณาอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม หรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน ในการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน (causal micro model) และโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน (causal macro model) ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยแบบเป็นลำดับขั้นตอนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ทั้งโมเดลแบบเต็มรูปและโมเดลตามสมมติฐาน ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอโมเดลเบื้องต้นของการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับที่พัฒนาขึ้น โดยสมมติว่าตัวแปรทั้งหมดในโมเดลเป็นตัวแปรที่สังเกตได้โดยตรง (manifest variables model) และอยู่ในรูปของโมเดลที่ไม่มีความสัมพันธ์ย้อนกลับ (recusive model) ดังนี้



ภาพที่ 11 แสดงโมเดลรวมของการวิเคราะห์

เมื่อ Y_{ij} เป็นตัวแปรตาม เช่นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนในห้องที่ j

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

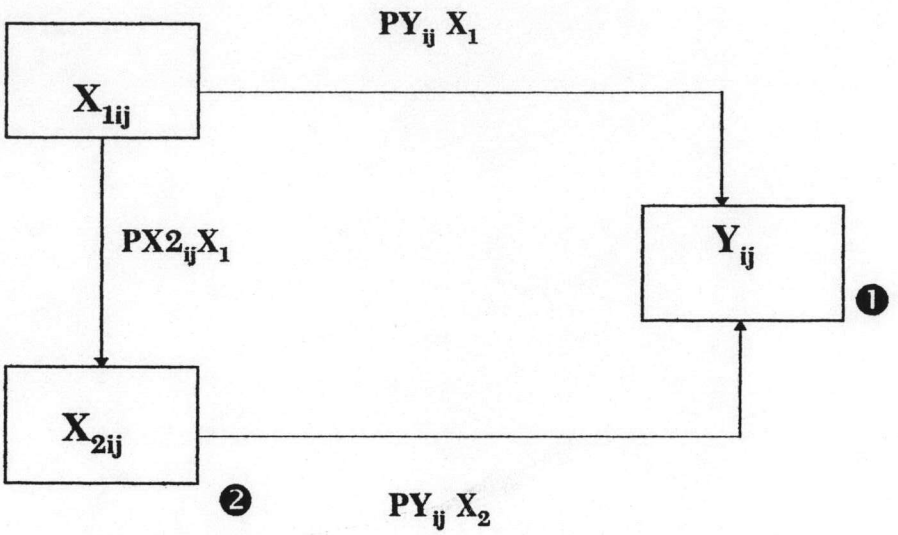
X_{2ij} เป็นตัวแปรอิสระตัวที่ 2 ในระดับนักเรียน(causal micro level) ของนักเรียนแต่ละคน ในห้องที่ j

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

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

จากโมเดลข้างต้น มีข้อมูลแบ่งเป็นสองระดับ ระดับแรกเป็นข้อมูลระดับนักเรียน (causal micro level) ระดับที่สอง เป็นข้อมูลระดับชั้นเรียน (causal macro level) หากยึดแนวคิดของการวิเคราะห์พหุระดับ มาเป็นหลักในการวิเคราะห์ จะสามารถนำเสนอผลการพัฒนาโมเดล ตลอดจนแนวทางการประยุกต์ใช้โปรแกรมเอชแอลเอ็ม มาวิเคราะห์ในระดับที่หนึ่ง หรือระดับนักเรียน เป็นเบื้องต้นก่อน ได้ดังนี้

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



ภาพที่ 12 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 coefficent) ของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม ทั้งอิทธิพลทางตรงและทางอ้อม ในระดับนักเรียน คือค่า $Py_{ij}x_1$, $Py_{ij}x_2$, $Px_{2ij}x_1$ และ ซึ่งแต่ละค่าจะมีอยู่ทุกห้องเรียนหมายความว่า ถ้าเก็บข้อมูลมา j ห้องก็จะได้แต่ละค่าเหล่านี้ j ค่า จากนั้นใช้ค่าดังกล่าวเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ระดับที่สองต่อไป ทั้งนี้หากยึดแนวทางการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มแล้ว จะสามารถวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับในโมเดลการวิเคราะห์ระดับนักเรียนได้ โดยการแบ่งผลพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณเป็นอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มหรือความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน ดังนี้

1.) การวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ (fixed effect)

เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่า ตัวแปรอิสระ (X_{1ij} , X_{2ij}) และค่าคงที่ (intercept) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม (Y_j) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามในการวิเคราะห์ (Y_{ij}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยเอชแอลเอ็มจะใช้ t-test ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลดังกล่าวจากทุกหน่วยการวิเคราะห์ว่ามีค่าเป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าไม่เป็นศูนย์แสดงว่าตัวแปรอิสระ (X_{1ij} , X_{2ij}) และค่าคงที่ (intercept) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

ในการวิเคราะห์ถดถอยด้วยเอชแอลเอ็มครั้งที่ 1 (Y_{ij}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ที่ได้ จะเป็นตัวบ่งชี้ความมีนัยสำคัญทางสถิติของเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ตามโมเดลการวิเคราะห์ระดับนักเรียนที่นำเสนอตามภาพที่ 12 ทั้งนี้การวิเคราะห์โดยใช้ X_{2ij} เป็นตัวแปรตาม และใช้ X_{1ij} เป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์การถดถอยด้วยเอชแอลเอ็มลำดับถัดไป (ครั้งที่ 2) เพื่อให้สามารถพิจารณาเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้ครบถ้วนตามโมเดล ก็สามารถทำการวิเคราะห์ได้ในทำนองเดียวกันกับการวิเคราะห์โดยมี Y_{ij} เป็นตัวแปรตาม

ทั้งนี้หากพบว่าเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุใดที่อิทธิพลคงที่ (fixed effect) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยอาจพิจารณาตัดเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุนั้นออกจากโมเดล ผลการวิเคราะห์ที่ได้นอกจากจะทำให้ทราบถึงอิทธิพลคงที่ของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามแต่ละตัว (Y_{ij}, X_{2ij}) ตามโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแล้ว ยังสามารถคำนวณค่า R^2 (coefficent 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) และสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนดังแสดงในภาพที่ มีความผันแปร (varry) ระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยเอชแอลเอ็มจะใช้ χ^2 ทดสอบความแปรปรวนของค่าคงที่และสัมประสิทธิ์การถดถอยดังกล่าว ว่ามีค่าเป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าไม่เป็นศูนย์ หรือค่า χ^2 มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็แสดงว่าค่าคงที่และสัมประสิทธิ์การถดถอย มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนเพียงพอที่จะวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระในระดับชั้นเรียนมาอธิบายความผันแปรดังกล่าว หรือหมายความว่า เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (หรือสัมประสิทธิ์การถดถอยแต่ละค่า) และค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม ที่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการวิเคราะห์อิทธิพลสุ่ม น่าจะได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน แต่หาก χ^2 ที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็แสดงว่าค่าคงที่และสัมประสิทธิ์การถดถอย ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนเพียงพอที่จะวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระในระดับชั้นเรียนมาอธิบายความผันแปรดังกล่าว และสามารถตั้งให้ข้อจำกัดในการวิเคราะห์ได้ โดยการควบคุมให้มีค่าเป็นศูนย์

ประเด็นสำคัญประการหนึ่ง ที่ต้องพิจารณาคือ การวิเคราะห์อิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มดังกล่าวข้างต้น จะต้องทำการวิเคราะห์ทั้งโมเดลเชิงสาเหตุแบบเต็มรูป (full model) และโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน (proposed model) ทั้งนี้เพื่อให้ได้โมเดลเชิงสาเหตุสุดท้ายหรือโมเดลแต่งใหม่ (trimmed model) ที่มีลักษณะประหยัด (parsimony) ก่อนที่จะทำการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไป

3.) ผลการพัฒนาการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยวิธีของสเปค พบว่า เนื่องจากโปรแกรมเอชแอลเอ็ม มุ่งวิเคราะห์พหุระดับด้วยหลักการของการวิเคราะห์การถดถอยแบบสุ่ม (random - coefficients regression model) ตลอดจนไม่มีกระบวนการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในคราวเดียวกัน ดังเช่นการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล (LISREL) ดังนั้นเราจะสามารถทำการทดสอบสมมติฐานศูนย์ (null hypothesis, H_0) ที่ว่าโมเดลตามสมมติฐานสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการใช้ χ^2 - test ระหว่างเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากโมเดลกับเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์ (observed correlation matrix) ที่องศาของความเป็นอิสระ เท่ากับจำนวนเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่สมมติให้มีผลเป็นศูนย์ เมื่อ $\chi^2 = 0$ แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ทั้งสองเมทริกซ์มีค่าเท่ากัน หรือโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลอย่างสมบูรณ์ แต่ถ้าปฏิเสธ H_0 แสดงว่าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ขั้นตอนการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลตามสมมตติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปค มาใช้ในเทคนิควิธีที่พัฒนาขึ้น 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 Odinary squared multiple correlation coefficent ของโมเดลเชิงสาเหตุแบบเต็มรูป

3.2) หาค่า M จากสูตร

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

เมื่อ M แทน Odinary squared multiple correlation coefficent ของโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน

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

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

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

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

3.4) หาค่า W ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญของค่า Q จากสูตร

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

เมื่อ W แทนค่าสถิติทดสอบที่มีการแจกแจงเป็น χ^2 ซึ่งมี df = d

N แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

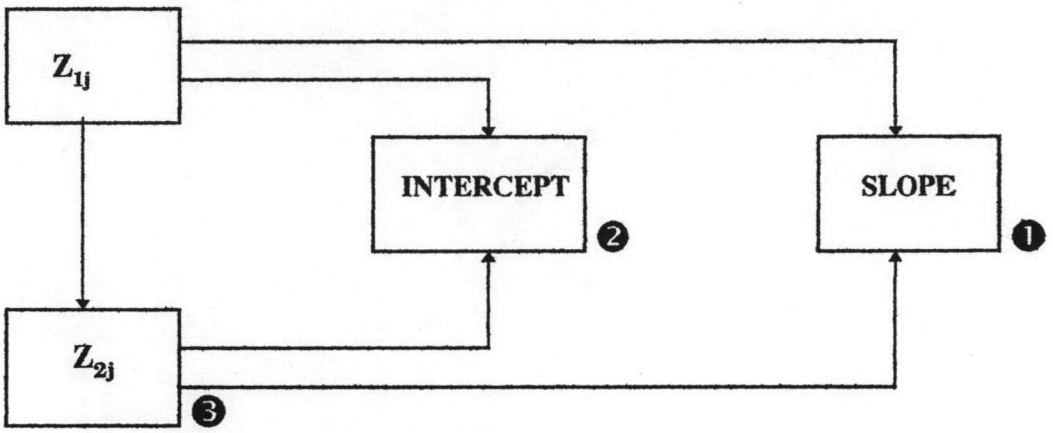
d แทนจำนวนเส้นทางที่ถูกระบุว่ามีค่าเป็นศูนย์ (จึงไม่ได้ลากเส้นทางนั้นเข้าไว้ในโมเดล) ในโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน

$\log_e$ แทน natural logarithm

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

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

1.2.1 ผลพัฒนาการวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ในระดับชั้นเรียน (causal macro model) พบว่า การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ สามารถประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเป็นลำดับขั้นตามโมเดลเชิงสาเหตุกับเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนของ Hypothetical Model โดยจากโมเดลการวิเคราะห์ที่นำเสนอไปแล้วในเบื้องต้น เมื่อทำการวิเคราะห์ต่อในระดับชั้นเรียน สามารถเขียนโมเดลการวิเคราะห์ได้ดังนี้



❶ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ตัวแปรตามคือสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน

❷ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ตัวแปรตามคือค่าคงที่ (intercept) ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน

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

ภาพที่ 13 แสดง Causal Macro Model

จากภาพที่ 13 แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ในระดับชั้นเรียนนี้จะนำค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย (ซึ่งผลการวิเคราะห์อิทธิพลสุ่มหรือ Random Effect จะต้องมีความผันแปรระหว่างหน่วยการวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ) มาเป็นตัวแปรตาม โดยใช้ตัวแปรอิสระระดับในระดับชั้นเรียน 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 ก็ไม่จำเป็นต้องพิจารณา เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุจาก Z_{1j} ที่ส่งผลต่อ Z_{2j} ก่อนส่งผ่านไปยังค่าคงที่ (intercept) และสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) แต่อย่างใด ดังนั้น จะสามารถนำเสนอผลการพัฒนาการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับในระดับชั้นเรียนได้ดังนี้

1.) ผลการพัฒนาการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ พบว่า ในส่วนของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ใช้หลักการเดียวกันกับการวิเคราะห์ในระดับนักเรียน โดยพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลคงที่ จากตัวแปร Z_{1j} และ Z_{2j} ในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน ที่ส่งผลต่อค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ซึ่งถูกยกระดับขึ้นเป็นตัวแปรตามระดับชั้นเรียน ส่วนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS/PC ยกตัวอย่างเช่นในโมเดลที่นำเสนอตามภาพที่ 13 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 ในส่วนของการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม การวิเคราะห์อิทธิพลสุ่มจะเป็นการพิจารณาความผันแปรของค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ซึ่งเป็นตัวแปรตามภายในสุดของการวิเคราะห์ของเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเท่านั้น โดยจะไม่สามารถพิจารณาอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์ถดถอยของ Z_{1j} และ Z_{2j} ที่มีต่อค่าคงที่ (intercept) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) ส่วนผลจากการวิเคราะห์อิทธิพลจาก Z_{1j} ที่ส่งผลต่อ Z_{2j} ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$ ก็ไม่สามารถพิจารณาอิทธิพลสุ่มได้ แต่ประการใด

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

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

เมื่อ R^2 คือ ประสิทธิภาพในการพยากรณ์

T_1 คือ paramiter variance จากการวิเคราะห์ขั้น Simple Model

T_2 คือ paramiter variance จากการวิเคราะห์ขั้น Hypothetical Model

4.ผลการพัฒนาการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เป็นการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อมและผลกระทบรวมภายในโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน โดยอาศัยหลักการและวิธีการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแทบทุกประการ

แต่สิ่งที่แตกต่างกันคือ การวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน จะใช้ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPSS/PC^{+} ประกอบด้วย

ตอนที่ 2 ผลการทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ

การทดลองใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์เชิงสาเหตุแบบพหุระดับ ที่พัฒนาขึ้นมานี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างโมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับ จากการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรในการวิจัยของประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532) แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน เพื่อพิจารณาอิทธิพลของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา และรายได้ผู้ปกครอง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

1.) ผลการวิเคราะห์ Null Model เพื่อพิจารณาความผันแปรของตัวแปรตามในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม

2.) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูปด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Simple Model

3)ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Simple Model

4)ผลการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยวิธีของสเปค

5)ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Simple Model

6) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม และการแยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน เพื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรคุณภาพการสอนของครู ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียน และขนาดของโรงเรียน ที่มีต่อค่าคงที่ (intercept) และสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope)

2.2.1โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่มีค่าคงที่ (intercept) เป็นตัวแปรตาม

1) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป โดยใช้ค่าคงที่ ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นตัวแปรตามด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$

2) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน โดยใช้ค่าคงที่ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นตัวแปรตาม ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคาะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$

3)ผลการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปค

4) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม และการแยกค่าสหสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2.2.2 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่มีสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) เป็นตัวแปรตาม

1) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นตัวแปรตามด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$

2) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน โดยใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นตัวแปรตามด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$

3)ผลการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปค

4)ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$

5) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม และการแยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์แทนค่าสถิติ และตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

R หมายถึง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

R^2 หมายถึง สัมประสิทธิ์การทำนาย

R^2_m หมายถึง ค่า Generalized Squared Multiple Correlation Coefficient ของโมเดลเชิงสาเหตุแบบเต็มรูป

M หมายถึง ค่า Generalized Squared Multiple Correlation Coefficient ของโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน

Q หมายถึง ค่าสถิติที่ใช้วัดความสอดคล้อง (measure of goodness of fit) ของโมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์

W หมายถึง ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่า Q

β หรือ

P_{jk} หมายถึง สัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรในรูปคะแนนมาตรฐาน หรือค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ มีทิศทางความสัมพันธ์จากตัวแปรที่ k ไปยังตัวที่ j

t หมายถึง ค่าสถิติ t ที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลคงที่ (fixed effect) หรือสัมประสิทธิ์ถดถอย

χ^2 หมายถึง ค่าสถิติไค-สแควร์ ที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลสุ่ม (random effect)

ตัวแปรระดับนักเรียน (micro level variables)

ACH หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

IQ หมายถึง เชาวน์ปัญญาของนักเรียน

ATI หมายถึง เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

MOTV หมายถึง แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

INCOMP หมายถึง รายได้ของผู้ปกครอง

ตัวแปรระดับชั้นเรียน (macro level variables)

QUALT หมายถึง คุณภาพในการสอนของครู

HEAD หมายถึง ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียน

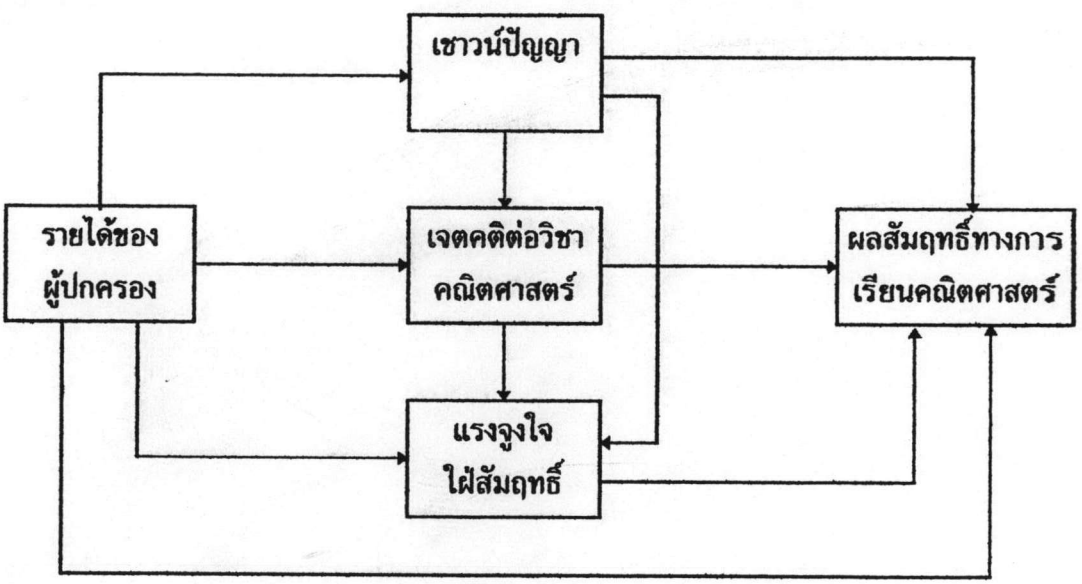
SIZES หมายถึง ขนาดของโรงเรียน

ตอนที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน เพื่อพิจารณาอิทธิพลของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา และรายได้ผู้ปกครอง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้นำเสนอตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ Null Model เพื่อพิจารณาความผันแปรของตัวแปรตามแต่ละตัวในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ด้วยโปรแกรม เอชแอลเอ็ม

โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่นำมาวิเคราะห์ ประกอบด้วยตัวแปรระดับนักเรียนที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม ทั้งในแบบเต็มรูปและตามสมมติฐาน เมื่อประยุกต์โปรแกรมเอชแอลเอ็มเข้ามาวิเคราะห์ จึงต้องวิเคราะห์ขั้น Null Model ก่อนเป็นขั้นตอนแรก โดยพิจารณาจากโมเดลเชิงสาเหตุแบบเต็มรูป ดังนี้



ภาพที่ 14 โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป (Full Model)

จากภาพที่ 14 แสดงให้เห็นว่า จะต้องวิเคราะห์ Null Model สำหรับโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป โดยใช้ผลสัมฤธิ์ทางการเรียนเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ใช้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และเชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ครั้งที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อพิจารณาความผันแปรของตัวแปรตามดังกล่าวโดยไม่มีตัวแปรอิสระใด ๆ ในระดับนักเรียนเข้ามาร่วมวิเคราะห์ ตลอดจนเพื่อตรวจสอบเบื้องต้นว่าตัวแปรตามในละตัวในโมเดลเชิงสาเหตุ มีความผันแปรภายในห้องเรียนหรือระหว่างห้องเรียนเพียงพอที่จะวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลในระดับชั้นเรียนต่อไปหรือไม่ และสามารถนำค่า

σ^2 หรือค่า within unit error variance ที่ได้ไปคำนวณหาค่า R^2 ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป แสดงผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อใช้ตัวแปรตามแต่ละตัวในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนมาวิเคราะห์ (ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

	Fixed Effect	Random Effect			
ตัวแปร	Pooled - Within Class Effect	Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ_{00}	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
ACH -					
Intercept	12.0572**	21.7741	35.3957	1327.8969**	20
	(12.150)				
within - unit error variance (σ^2)		13.6210			
MOTV -					
Intercept	153.5961**	19.2767	319.8686	59.67083**	20
	(129.500)				
within - unit error variance (σ^2)		300.5919			
ATI -					
Intercept	169.3042**	31.6185	355.0575	84.8842**	20
	(118.690)				
within - unit error variance (σ^2)		323.4390			

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ตัวแปร	Fixed Effect	Random Effect			
	Pooled – Within Class Effect	Between – Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ_{00}	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
IQ – Intercept	21.4247** (23.300)	16.6429	78.3875	388.6249**	20
within – unit error variance (σ^2)		31.7446			

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ Null Model ปรากฏดังนี้

เมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละห้องเรียนมีค่า 12.5072 (γ_{00} = 12.5072) ผลการทดสอบอิทธิพลคงที่(fixed effect) พบว่าตัวแปรอิสระซึ่งเป็นตัวแปรระดับนักเรียนและค่าคงที่ (intercept) มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (t = 12.150) และผลการทดสอบอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 1327.8969)โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์21.7741และความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกต 35.3957

เมื่อใช้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนแต่ละห้องเรียนมีค่า 153.5961 (γ_{00} = 153.5961) ผลการทดสอบอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่าตัวแปรอิสระซึ่งเป็นตัวแปรระดับนักเรียนและค่าคงที่ (intercept) มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจฝ่สัมฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (t = 129.500) และผลการทดสอบอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่าค่าเฉลี่ยแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 59.6708) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ 19.2767 และความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกต 319.8686

เมื่อใช้เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละห้องเรียนมีค่า 169.3042 (γ_{00} = 169.3042) ผลการทดสอบอิทธิพล

คงที่ (fixed effect) พบว่าตัวแปรอิสระซึ่งเป็นตัวแปรระดับนักเรียนและค่าคงที่ (intercept) มีอิทธิพลต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (t = 118.690) และผลการทดสอบอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 84.8842) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ 31.6115 และความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกต 355.0575

เมื่อใช้เชาวน์ปัญญาเป็นตัวแปรตาม พบว่า ค่าเฉลี่ยเชาวน์ปัญญาของนักเรียนแต่ละห้องเรียนมีค่า 21.4247 (γ_{00} = 21.4247) ผลการทดสอบอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่าตัวแปรอิสระซึ่งเป็นตัวแปรระดับนักเรียนและค่าคงที่ (intercept) มีอิทธิพลต่อเชาวน์ปัญญาของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (t = 23.300) และผลการทดสอบอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าเฉลี่ยเชาวน์ปัญญาของนักเรียน (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 388.6249) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ 16.6429 และความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกต 48.3875

2) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มในขั้นตอนการวิเคราะห์ Simple Model

การลากเส้นจากตัวแปรอิสระ ไปสู่ตัวแปรตาม จะได้โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป (ดังแสดงในภาพที่ 14) เมื่อวิเคราะห์ถดถอยด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มแต่ละครั้ง จะได้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficient) ประจำในแต่ละเส้นทาง การวิเคราะห์ในขั้น Simple Model นี้ จะเป็นการวิเคราะห์เมื่อผลการวิเคราะห์ Null Model พบว่าตัวแปรอิสระ และค่าคงที่ มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และตัวแปรตามแต่ละตัวในโมเดลเชิงสาเหตุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ขั้น Simple Model จะนำตัวแปรอิสระระดับนักเรียน (micro level variables) มาอธิบายตัวแปรตามแต่ละตัวในสมการถดถอย แล้วตรวจสอบความผันแปรของตัวแปรตามแต่ละตัวดังกล่าวว่า มีความผันแปรระหว่างหน่วยเพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์หาอิทธิพลของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน (macro level variables) ในขั้นต่อไปหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเชาวน์ปัญญา (IQ), เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI), แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (MOTV) และรายได้ของผู้ปกครอง (INCOMP) มาวิเคราะห์ร่วมในสมการ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH) เป็นตัวแปรตาม (ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

	Fixed Effect		Random Effect			
ตัวแปร	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept	12.5077**		21.83189	34.0851	1476.1553**	20
(γ_{00})	(12.148)					
IQ	0.1379**	0.1527**	0.0105	12.2637	32.0814*	20
	(4.038)					
ATI	0.0229*	0.0680*	0.0003	12.2535	19.9270	20
	(2.202)					
MOTV	0.0156	0.0439	0.0006	12.2538	24.5143	20
	(1.389)					
INCOMP	0.0900	0.0200	0.0208	12.2734	8.5894	20
	(0.0703)					
within unit error variance		12.2531 5				
R^2 = 0.1005						

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 2 เมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน (t = 12.148 และ 4.038 ตามลำดับ) สำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 2.202) ส่วน

สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (γ_{MOTV}) และรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่านักเรียนที่มีเชาวน์ปัญญาสูงและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีแนวโน้มที่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ดีด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 1476.1553) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 21.8319 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 34.0851 ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 32.0814) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 0.0105 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 12.2637 ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) , สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (γ_{MOTV}) และรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนทุกตัวสามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ร้อยละ 10.05 (R^2 = 0.1005)

ตารางที่ 3 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเชาวน์ปัญญา (IQ), เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI) และรายได้ของผู้ปกครอง (INCOMP) มาวิเคราะห์ร่วมในสมการ โดยมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (MOTV) เป็นตัวแปรตาม

(ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

ตัวแปร ระดับนักเรียน	Fixed Effect		Random Effect			
	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
	γ	β	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept (γ_{00})	153.5564** (128.048)		23.2761	225.3454	88.8526**	20
IQ	-0.0735 (-0.666)	-0.0289	0.0353	202.1046	16.7941	20
ATI	0.5522** (14.891)	0.5832**	0.0065	202.0758	21.0251	20
INCOMP	-0.2269 (-0.342)	-0.0179	3.6602	205.7295	34.4826*	20
within unit error variance		202.0693				
R^2 =0.3278						

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 3 เมื่อใช้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน (t = 128.048 และ 14.891 ตามลำดับ) สำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) และรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่านักเรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีแนวโน้มที่จะมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 88.8526) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 23.2761 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 225.3454 สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 34.4826) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 3.6602 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 205.7295 ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05

ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนทุกตัวในการวิเคราะห์ครั้งนี้ สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ร้อยละ 32.78 (R^2 =0.3278)

ตารางที่ 4 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเชาวน์ปัญญา (IQ), และ รายได้ของผู้ปกครอง (INCOMP) มาวิเคราะห์ร่วมในสมการ โดยมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI) เป็นตัวแปรตาม (ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

	Fixed Effect		Random Effect			
ตัวแปร	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept	169.2722**		33.1644	339.458	89.7247**	20
(γ_{00})	(117.436)					
IQ	0.3799*	0.1416*	0.1898	306.4834	28.0466	20
	(2.394)					
INCOMP	0.3859	0.0288	7.8038	314.0974	39.3662**	20
	(0.431)					
within unit error variance		306.2936				
R^2 = 0.0530						

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 4 เมื่อใช้เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน (t = 117.436) สำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 2.394) ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่านักเรียนที่เชาวน์ปัญญาดี มีแนวโน้วที่จะมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 =89.7247 และ 39.3662 ตามลำดับ) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 33.1644 และ 7.8038 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการ

สังเกตมีค่าเท่ากับ 339.458 และ 314.0974 ตามลำดับ ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนในการวิเคราะห์ครั้งนี้ สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ร้อยละ 5.30 ($R^2 = 0.0530$)

ตารางที่ 5 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (INCOMP)มาเป็นตัวแปรอิสระในสมการ โดยมีตัวแปรเชาวน์ปัญญา (IQ) เป็นตัวแปรตาม

(ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

ตัวแปร	Fixed Effect		Random Effect			
	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept (γ_{00})	21.4271** (23.317)		16.6259	48.3618	388.6724**	20
INCOMP	-0.04099 (-0.246)	-0.0100	0.0497	31.8087	20.7023	20
within unit error variance		31.7359				
R^2 =0.0003						

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 5 เมื่อใช้เชาวน์ปัญญาของนักเรียนเป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อเชาวน์ปัญญาของนักเรียน (t =23.317) ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอย ของรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อเชาวน์ปัญญาของนักเรียน

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2=388.6724) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 16.6259 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 48.3618 สำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งนี้ตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองสามารถอธิบายความผันแปรของเชาวน์ปัญญาของนักเรียน ได้เพียงร้อยละ 0.03 (R^2 = 0.0003)

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูปที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน (β) ทั้งในส่วนอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่ม อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบความสัมพันธ์ทั้งหมดจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ขั้น Simple Model มาแสดงในรูปแบบของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จะสามารถแสดงค่าสถิติต่าง ๆ ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูปได้ดังตารางที่ 6 ดังนี้

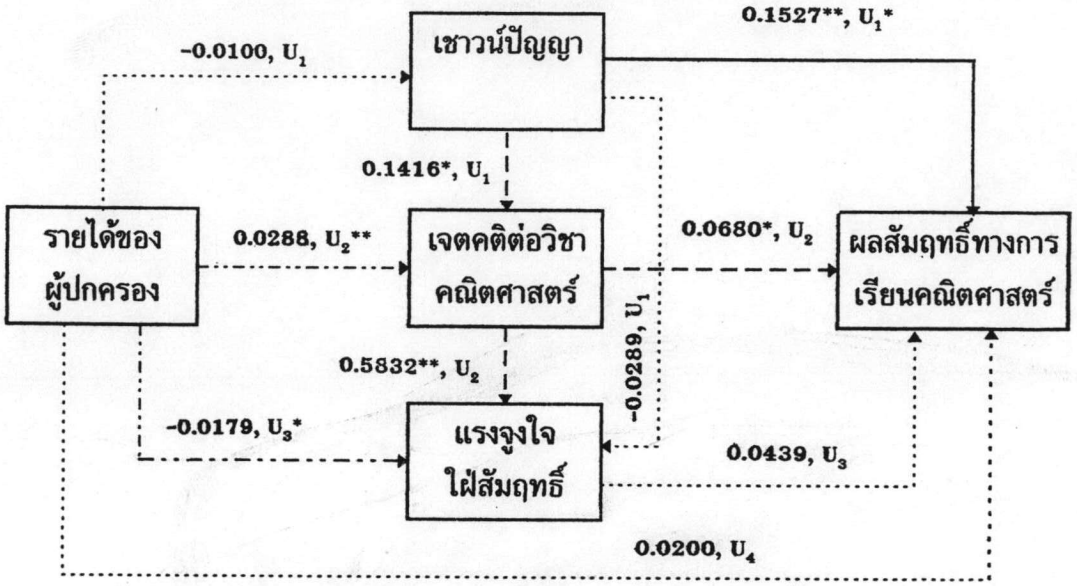
ตารางที่ 6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล	R^2	อิทธิพลคงที่		อิทธิพลสุ่ม	
			P_{jk} (β)	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
IQ	MOTV	0.3278	-0.0289	-0.666	U_1	16.7941
ATI			0.5832**	14.891	U_2	21.0251
INCOMP			-0.0179	-0.342	U_3*	34.4826
IQ	ATI	0.0530	0.1416*	2.394	U_1	28.0466
INCOMP			0.0288	0.431	U_2**	39.3662
INCOMP	IQ	0.0003	-0.0100	-0.246	U_1	20.7023

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 6 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน หรือสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป มาแสดงในลักษณะของแผนภาพ จะได้ภาพแสดงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูปทั้งในส่วนของอิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุ่ม ดังนี้

ภาพที่ 15 โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน แสดงอิทธิพลของตัวแปรแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา และรายได้ของผู้ปกครอง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์,ความมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์เส้นทางในระบบ ความสัมพันธ์แบบเต็มรูป



.....→ 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 ** (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

จากภาพที่ 15 และตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูปพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 2 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มี 2 ค่า ส่วนสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มี 1 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มี 2 ค่า แสดงรายละเอียดเมื่อพิจารณาตามตัวแปรตามแต่ละตัว ดังนี้

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่พบว่า ตัวแปรตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 คือ เชาวน์ปัญญา ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนตัวแปรอื่น อิทธิพลคงที่ไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05 ทั้งนี้ ชุดของตัวแปรอิสระดังกล่าวสามารถร่วมกันทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้ประมาณร้อยละ 10.05 (R^2 = 0.1005) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ตัวแปรเชาวน์ปัญญามีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนตัวแปรอื่น ๆ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

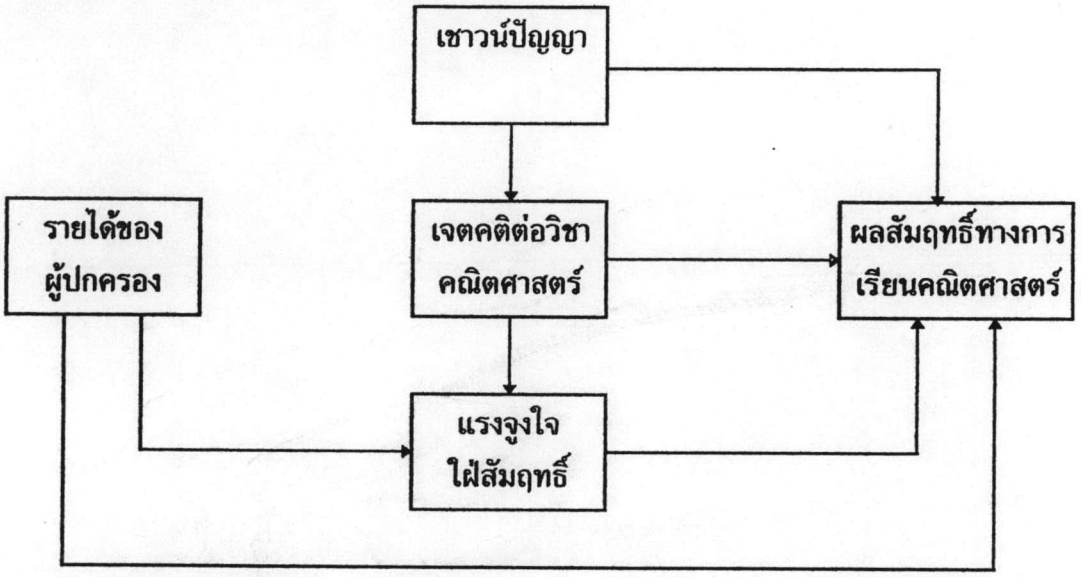
เมื่อพิจารณาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่ พบว่าตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนตัวแปรอื่น อิทธิพลคงที่ไม่ส่งผลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ ชุดของตัวแปรอิสระดังกล่าว สามารถร่วมกันทำนายแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ได้ประมาณร้อยละ32.78 (R^2 = 0.3278) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวแปรอื่น ๆ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่ พบว่าตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือเชาวน์ปัญญา ส่วนตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีอิทธิพลคงที่ไม่ส่งผลต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05 ทั้งนี้ตัวแปรอิสระทั้งสองสามารถร่วมกันทำนายเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้ประมาณร้อยละ 5.30 (R^2 = 0.0530) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่มพบว่าตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.01ส่วนตัวแปรเชาวน์ปัญญาอิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาเชาวน์ปัญญา เป็นตัวแปรตาม พบว่าไม่มีตัวแปรใดที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ทั้งอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่ม ส่งผลต่อเชาวน์ปัญญาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มในขั้นตอนการวิเคราะห์ Simple Model

การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน มีหลักการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป แตกต่างกันแต่เพียงการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานนั้น จะใช้ตัวแปรในการวิเคราะห์ตามทฤษฎีที่ผู้วิจัยคาดว่าจะส่งผลต่อตัวแปรตามเท่านั้น แสดงโมเดลได้ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน (proposed model)

อนึ่ง สำหรับผลการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน ซึ่งใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นตัวแปรตามนั้น เนื่องจากใช้ตัวแปรเหมือนกับการวิเคราะห์ครั้งที่ 1 ของการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป ดังนั้นจึงได้ผลการวิเคราะห์เหมือนกันทุกประการ (พิจารณาตามตารางที่ 1) ส่วนผลการวิเคราะห์ลำดับต่อไปนั้นแสดงได้ดังตารางที่ 7 ถึงตารางที่ 8 ดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI) และรายได้ของผู้ปกครอง(INCOMP) มาวิเคราะห์ร่วมในสมการ โดยมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (MOTV) เป็นตัวแปรตาม

(ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

ตัวแปร	Fixed Effect		Random Effect			
	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept	153.5377**		22.9531	225.9022	88.5120**	20
(γ_{00})	(128.644)					
ATI	0.5430**	0.5734**	0.0059	202.955	19.3496	20
	(14.845)					
INCOMP	-0.2345	-0.0185	3.5917	206.5408	35.2316*	20
	(-0.354)					
within unit error variance		202.9491				
R^2 = 0.3248						

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 7 เมื่อใช้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน (t = 128.644 และ14.845 ตามลำดับ) สำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่านักเรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีแนวโน้มที่จะมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 =88.5120) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 22.9531 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ

225.9022 สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 35.2316) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ3.5917ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 206.5408 ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีระดับ 0.05

ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนทุกตัวในการวิเคราะห์ครั้งนี้ สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ร้อยละ 32.48 (R^2 =0.3248)

ตารางที่ 8 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเชาวน์ปัญญา (IQ) มาเป็นตัวแปรอิสระโดยมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI) เป็นตัวแปรตาม

(ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

ตัวแปร	Fixed Effect		Random Effect			
	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept	169.2934**		32.3123	347.714	87.0760**	20
(γ_{00})	(118.178)					
IQ	0.3508*	0.1308*	0.1895	315.5912	28.9228	20
	(2.202)					
within unit error variance		315.4017				
R^2 =0.0248						

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 8 เมื่อใช้เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน (t =118.178) สำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา ($\gamma_{I\,Q}$) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t =2.202) ต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่านักเรียนที่เชาวน์ปัญญาดี มีแนวโน้มที่จะมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2=87.0760) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 32.3123 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 347.714 ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนคือ เชาวน์ปัญญา สามารถอธิบายความผันแปรของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ร้อยละ 2.48 (R^2 = 0.0248)

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน (β) ทั้งในส่วนอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่ม อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบความสัมพันธ์ทั้งหมดจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ขั้น Simple Model มาแสดงในรูปแบบของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จะสามารถแสดงค่าสถิติต่าง ๆ ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน ได้ดังตารางที่ 9 ดังนี้

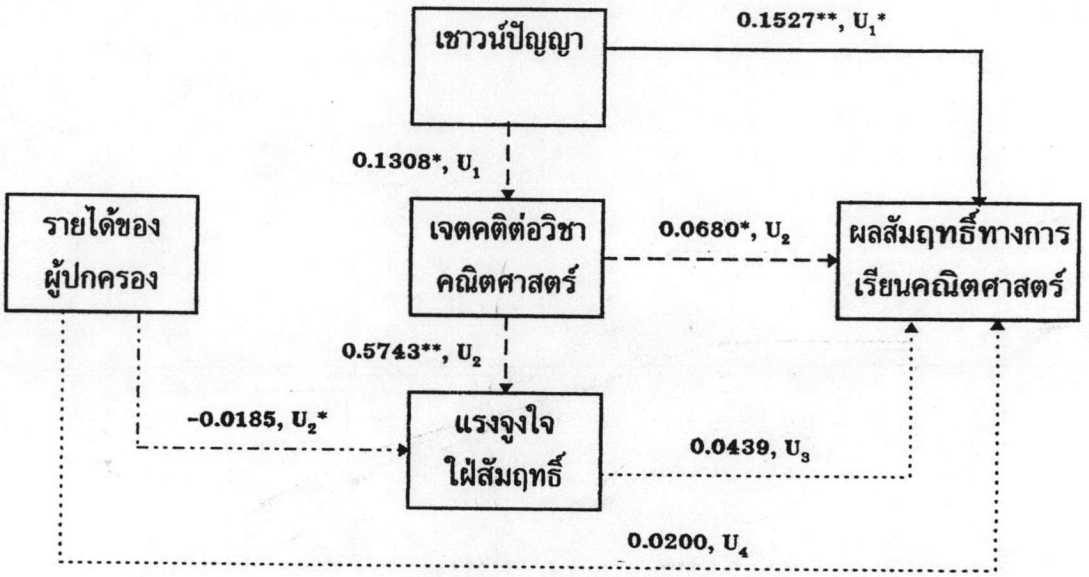
ตารางที่ 9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน

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

จากตารางที่ 9 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน หรือสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน มาแสดงในลักษณะของแผนภาพ จะได้ภาพแสดงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานทั้งในส่วนของอิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุ่ม ดังนี้

ภาพที่ 17 โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน แสดงอิทธิพลของตัวแปรแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ 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 ** (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

จากภาพที่ 17 และตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 2 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มี 2 ค่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มี 2 ค่า แสดงรายละเอียดเมื่อพิจารณาตามตัวแปรตามแต่ละตัว ดังนี้

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่พบว่า ตัวแปรตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 คือ เชาวน์ปัญญา ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนตัวแปรอื่น ๆ อิทธิพลคงที่ไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ ชุดของตัวแปรอิสระดังกล่าว สามารถร่วมกันทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้ประมาณร้อยละ 10.05 (R^2 = 0.1005) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ตัวแปรเชาวน์ปัญญามีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนตัวแปรอื่น ๆ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่ พบว่าตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองอิทธิพลคงที่ไม่ส่งผลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระทั้งสอง สามารถร่วมกันทำนายแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ได้ประมาณร้อยละ32.48 (R^2 = 0.3248) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่ พบว่าตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ มีผลต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ เชาวน์ปัญญา ทั้งนี้ ตัวแปรเชาวน์ปัญญาสามารถทำนายเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้ประมาณร้อยละ 2.48 (R^2 = 0.0248) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่มพบว่า ตัวแปรเชาวน์ปัญญามีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4) ผลการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยวิธีของสเปค

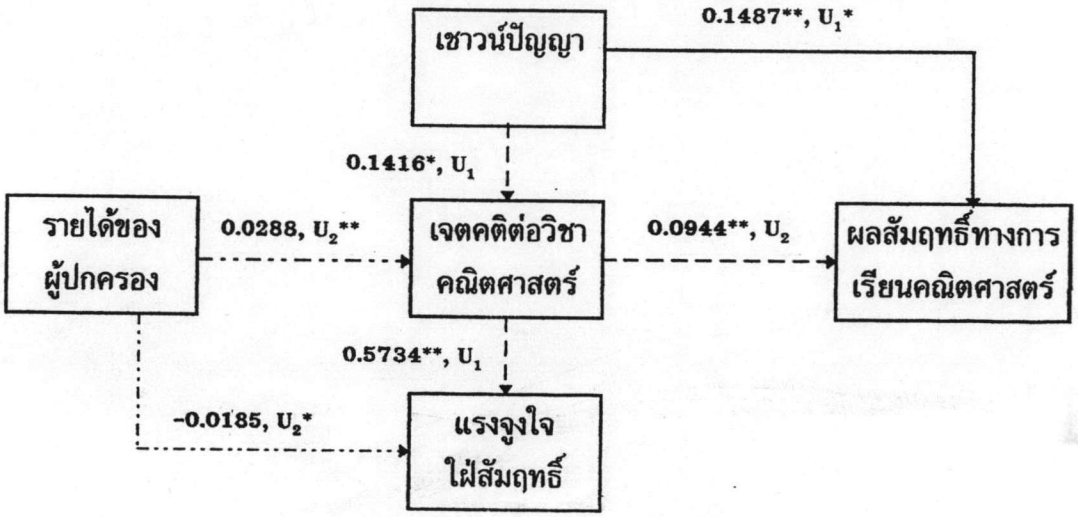
การทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า R^2 จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ซึ่งไม่ให้ค่า R^2 ออกมาโดยตรง (สูตรการคำนวณดูได้ที่ภาคผนวก) แล้วนำไปคำนวณตามวิธีการของสเปค (Specht, 1975 อ้างถึงใน Pedazur, 1982) ได้ผลการทดสอบตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1) ผลการวิเคราะห์หาค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (R^2_m) ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป ได้ค่า R^2_m เท่ากับ 0.4275 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป อธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ได้ประมาณร้อยละ 42.75

4.2) ผลการวิเคราะห์หาค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (M) ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน ได้ค่า M เท่ากับ 0.4078 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน อธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ได้ประมาณร้อยละ 40.78

4.3) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการหาค่า Q ได้ค่า Q เท่ากับ 0.9666 และผลการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Q จากค่า W ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.5106 (df = 3) พบว่าค่า W ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) ประกอบกับอิทธิพลสุ่ม (random effect) ของสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐานหรือสัมประสิทธิ์เส้นทางของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน (ตามภาพที่ 17) พบว่าควรตัดเส้นทางที่ทั้งอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออกจากโมเดล (เส้นทางที่ใช้เครื่องหมาย ·····→) นั่นคือ เส้นทางจากแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเส้นทางจากรายได้ของผู้ปกครองไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับการพิจารณาอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐานหรือสัมประสิทธิ์เส้นทางของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป (ตามภาพที่ 15) พบว่าควรเพิ่มเส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ (ถึงแม้อิทธิพลคงที่จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ) นั่นคือเส้นทางจากรายได้ของผู้ปกครองไปยังเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (เส้นทางที่ใช้เครื่องหมาย _·_·_·→) เนื่องจากผลการพัฒนาเทคนิควิธีวิเคราะห์ พบว่า หากตัดเส้นทางดังกล่าวออกไป เพราะอิทธิพลคงที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ตามหลักของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิเคราะห์เชิงสาเหตุที่ใช้กันทั่วไปแล้ว จะทำให้ค่า W มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือโมเดลการวิเคราะห์จะไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และขาดความสมเหตุสมผล เพราะตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง จะถูกตัดออกจากโมเดลการวิจัย ประกอบกับความผันแปรของเส้นทางดังกล่าวระหว่างห้องเรียน เป็นเหตุผลสำคัญที่ควรต้องทำการวิเคราะห์ต่อไป ดังนั้นจึงควรคงเส้นทางดังกล่าวไว้ เพราะนอกจากเส้นทางดังกล่าวจะมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนแล้ว ยังเป็นการยืนยันถึงความมั่นคงในทฤษฎีของผู้วิจัยได้อีกนัยหนึ่งด้วย เมื่อทำการวิเคราะห์ใหม่จะได้โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับใหม่ แสดงตามภาพที่ 18 ดังนี้

ภาพที่ 18 โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน แสดงอิทธิพลของตัวแปรแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เชาวน์ปัญญา และรายได้ของผู้ปกครอง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์,ความมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์เส้นทางในระบบความสัมพันธ์ที่ปรับปรุงใหม่



..... 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 ** (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

5) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Simple Model

เมื่อทำการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม พบว่าค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (M) ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ มีค่าเท่ากับ 0.4168 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ อธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ได้ประมาณร้อยละ 41.68 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการหาค่า Q ได้ค่า Q เท่ากับ 0.9816 และผลการทดสอบความมี

นัยสำคัญทางสถิติของค่า Q จากค่า W ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.2089 (df = 4) พบว่าค่า W ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ มากกว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน และสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (R^2_m หรือ M) , ค่า Q และค่า W ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ได้ดังตารางที่ 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 แสดงค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (R^2_m หรือ M) , ค่า Q และค่า W ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน

โมเดลเชิงสาเหตุ	Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient		Q	W	df
โมเดลเชิงสาเหตุแบบเต็มรูป	R^2_m	0.4275	-	-	-
โมเดลเชิงสาเหตุตามสมมติฐาน	M	0.4078	0.9666	9.5106	3
โมเดลเชิงสาเหตุที่ปรับปรุงใหม่	M	0.4168	0.9816	5.2089	4

จากตารางที่ 10 ผลการพิจารณาค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient พบว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ สามารถอธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ ได้มากกว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน (M = 0.4168) แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มากกว่า โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐาน ดังนั้น โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่นี้ จึงเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อพิจารณาผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวม ของตัวแปรอิสระในโมเดลที่มีต่อตัวแปรตาม ตลอดจนใช้วิเคราะห์ในระดับชั้นเรียน (macro level analysis) ต่อไป

6) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม และการแยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

6.1) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่มของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

จากภาพที่ 18 สามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่มของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้ตามตารางที่ 11 ถึงตารางที่ 13 ดังนี้

ตารางที่ 11 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเชาวน์ปัญญา (IQ), เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI) มาวิเคราะห์ร่วมในสมการ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH) เป็นตัวแปรตาม

(ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

ตัวแปร	Fixed Effect		Random Effect			
	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Paramet er 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 11 เมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน (t =12.149 3.983 และ 3.535 ตามลำดับ)

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่านักเรียนที่มีเชาวน์ปัญญาสูงและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีแนวโน้มที่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ดีด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 1455.5995) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 21.8272 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 34.2528 ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 35.6635) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 0.0098 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 12.4354 ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนดังกล่าวสามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ร้อยละ 8.78 (R^2 =0.0878)

ตารางที่ 12 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI) และรายได้ของผู้ปกครอง(INCOMP) มาวิเคราะห์ร่วมในสมการ โดยมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (MOTV) เป็นตัวแปรตาม

(ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

ตัวแปร	Fixed Effect		Random Effect			
	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept	153.5377**		22.9531	225.9022	88.5120**	20
(γ_{00})	(128.644)					
ATI	0.5430**	0.5734**	0.0059	202.955	19.3496	20
	(14.845)					
INCOMP	-0.2345	-0.0185	3.5917	206.5408	35.2316*	20
	(-0.354)					
within unit error variance		202.9491				
R^2 = 0.3248						

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 12 เมื่อใช้แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน (t = 128.644 และ14.845 ตามลำดับ) สำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่านักเรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีแนวโน้มที่จะมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 =88.5120) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 22.9531 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ

225.9022 สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 35.2316) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ3.5917ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 206.5408 ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (γ_{ATI}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีระดับ 0.05

ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนทุกตัวในการวิเคราะห์ครั้งนี้ สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ร้อยละ 32.48 (R^2 =0.3248)

ตารางที่ 13 แสดงอิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม ของการวิเคราะห์อิทธิพลภายในห้องเรียน (pooled within class effect) และความแปรปรวนระหว่างห้องเรียน (between class variance) เมื่อนำตัวแปรเชาวน์ปัญญา (IQ), และ รายได้ของผู้ปกครอง (INCOMP)มาวิเคราะห์ร่วมในสมการ โดยมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ATI) เป็นตัวแปรตาม

(ค่าในวงเล็บคือสถิติทดสอบ t-test)

ตัวแปร	Fixed Effect		Random Effect			
	Pooled - Within Class Effect		Between - Class Variance			
ระดับนักเรียน	γ	β	Paramet er Variance	Total Observed Variance	χ^2	df
intercept (γ_{00})	169.2722** (117.436)		33.1644	339.458	89.7247**	20
IQ	0.3799* (2.394)	0.1416*	0.1898	306.4834	28.0466	20
INCOMP	0.3859 (0.431)	0.0288	7.8038	314.0974	39.3662**	20
within unit error variance		306.2936				
R^2 = 0.0530						

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 13 เมื่อใช้เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ (fixed effect) พบว่า ค่าคงที่ของการวิเคราะห์ (γ_{00}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน (t= 117.436) สำหรับสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัว

แปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 2.394) ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น แสดงว่านักเรียนที่เชาวน์ปัญญาดี มีแนวโน้วที่จะมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม (random effect) พบว่า ค่าคงที่ (γ_{00}) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครอง (γ_{INCOMP}) มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 =89.7247 และ 39.3662 ตามลำดับ) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 33.1644 และ 7.8038 ความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกตมีค่าเท่ากับ 339.458 และ 314.0974 ตามลำดับ ส่วนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญา (γ_{IQ}) ไม่มีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ทั้งนี้ตัวแปรอิสระระดับนักเรียนในการวิเคราะห์ครั้งนี้ สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ร้อยละ 5.30 (R^2 = 0.0530)

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ ที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน (β) ทั้งในส่วนอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่ม อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบความสัมพันธ์ทั้งหมดจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ขั้น Simple Model มาแสดงในรูปแบบของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จะสามารถแสดงค่าสถิติต่าง ๆของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ได้ดังตารางที่ 14 ดังนี้

ตารางที่ 14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล	R^2	อิทธิพลคงที่		อิทธิพลสุ่ม	
			$P_{jk}(\beta)$	t	U	χ^2
IQ	ACH	0.0878	0.1487**	3.983	U_1*	35.6635
ATI			0.0944**	3.535	U_2	25.4984
ATI	MOTV	0.3248	0.5734**	14.845	U_1	19.3496
INCOMP			-0.0185	-0.354	U_2*	35.2316
IQ	ATI	0.0530	0.1416*	2.394	U_1	28.0466
INCOMP			0.0288	0.431	U_2**	39.3662

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 3 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มี 1 ค่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มี 1 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มี 2 ค่า แสดงรายละเอียดเมื่อพิจารณาตามตัวแปรตามแต่ละตัว ดังนี้

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่พบว่า ตัวแปรตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 คือ เชาวน์ปัญญา และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระทั้งสอง สามารถร่วมกันทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้ประมาณร้อยละ 8.78 (R^2 =0.0878) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ตัวแปรเชาวน์ปัญญามีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่ พบว่าตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีอิทธิพลคงที่ไม่ส่งผลต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระทั้งสองสามารถร่วมกันทำนายแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ได้ประมาณร้อยละ32.48 (R^2 = 0.3248) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม ในส่วนของอิทธิพลคงที่ พบว่า ตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีผลต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ เชาวน์ปัญญา ส่วนตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีอิทธิพลคงที่ไม่ส่งผลต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ ชุดของตัวแปรอิสระดังกล่าว สามารถร่วมกันทำนายเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้ประมาณร้อยละ 5.30 (R^2 = 0.0530) ส่วนการพิจารณาอิทธิพลสุ่มพบว่า ตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนตัวแปรเชาวน์ปัญญา อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

6.2)การวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่

สำหรับการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่นั้น โดยปกติแล้วจะนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐานหรือค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญทางสถิติ มาพิจารณาอิทธิพลที่มีต่อตัวแปรตาม ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาตรฐานทั่ว ๆไป นั้น จะพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะอิทธิพลคงที่ของสัมประสิทธิ์เส้นทางแต่เพียงอย่างเดียว หากพบว่าอิทธิพลคงที่ของสัมประสิทธิ์เส้นทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็จะตัดเส้นทางนั้นออกจากโมเดลการวิเคราะห์ 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

จากหลักการที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำมาพิจารณาประกอบกับผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 14 พบว่า ถึงแม้อิทธิพลคงที่ของสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองที่มีต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และอิทธิพลคงที่ของสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองที่มีต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่พบว่าอิทธิพลสุ่มของสัมประสิทธิ์เส้นทางดังกล่าว มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ ดังนั้นการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน จึงสามารถที่จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางทั้งสองเส้นทางนี้ได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาตามภาพที่ 18 และตารางที่

14 จึงสามารถอธิบายสรุปลักษณะอิทธิพลต่าง ๆของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ดังนี้

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ เชาวน์ปัญญาของนักเรียน

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงอย่างเดียวต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน คือเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมอย่างเดียวต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน คือ รายได้ของผู้ปกครอง

ทั้งนี้ อิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมของตัวแปรที่กล่าวไปข้างต้น จะส่งผ่านตัวแปรคั่นกลาง (intervening variables) ต่าง ๆ ดังนี้

เชาวน์ปัญญา มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมส่งผ่านทางเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

รายได้ของผู้ปกครอง มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมอย่างเดียวต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมส่งผ่านทางเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากผลการวิเคราะห์ในภาพที่ 18 และตารางที่ 14 เมื่อคำนวณหาขนาดความสัมพันธ์ที่เป็นผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวม จากตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลเชิงสาเหตุ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 15 ดังนี้

ตารางที่ 15 แสดงผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวมของตัวแปรอิสระระดับนักเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ตัวแปร	ผลกระทบทางตรง	ผลกระทบทางอ้อม	ผลกระทบรวม
เชาวน์ปัญญา	0.1487	0.0134	0.1621
เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์	0.0944	-	0.0944
แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์	-	-	-
รายได้ของผู้ปกครอง	-	0.0027	0.0027

จากตารางที่ 15 พบว่า ตัวแปรที่มีผลกระทบทางตรงสูงสุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนคือ เชาวน์ปัญญา รองลงมาคือเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนตัวแปรที่มีผลกระทบทางอ้อมสูงสุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนคือ เชาวน์ปัญญา รองลงมาคือ รายได้ของผู้ปกครอง และเมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ตัวแปรที่มีผลกระทบรวม

สูงสุดต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ เชาวน์ปัญญา รองลงมาคือ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และ รายได้ของผู้ปกครอง ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนที่มีเชาวน์ปัญญาสูง มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และผู้ปกครองมีรายได้ต่อเดือนมาก จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงตามไปด้วย ส่วนตัวแปร แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้งผลกระทบทางตรง และผลกระทบทางอ้อม

อนึ่ง การวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ที่นำเสนอไปนั้น พิจารณาจากสัมประสิทธิ์เส้นทางหรือสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐานของตัวแปรอิสระระดับนักเรียนที่มีต่อตัวแปรตามระดับนักเรียนแต่เพียงอย่างเดียว แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ในระดับชั้นเรียน (macro level analysis) จะพิจารณาจากสัมประสิทธิ์เส้นทางหรือสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐานของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนที่มีต่อทั้ง สัมประสิทธิ์เส้นทางหรือสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐานของตัวแปรอิสระระดับนักเรียน(ซึ่งถูกยกระดับเป็นตัวแปรตามระดับชั้นเรียน) และค่าคงที่ (intercept) อันเป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามด้วย

ตอนที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน เพื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรคุณภาพการสอนของครู ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนและขนาดของโรงเรียน 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) โดยสามารถจำแนกโมเดลหลัก ของการวิเคราะห์ ตามตัวแปรตาม ดังนี้

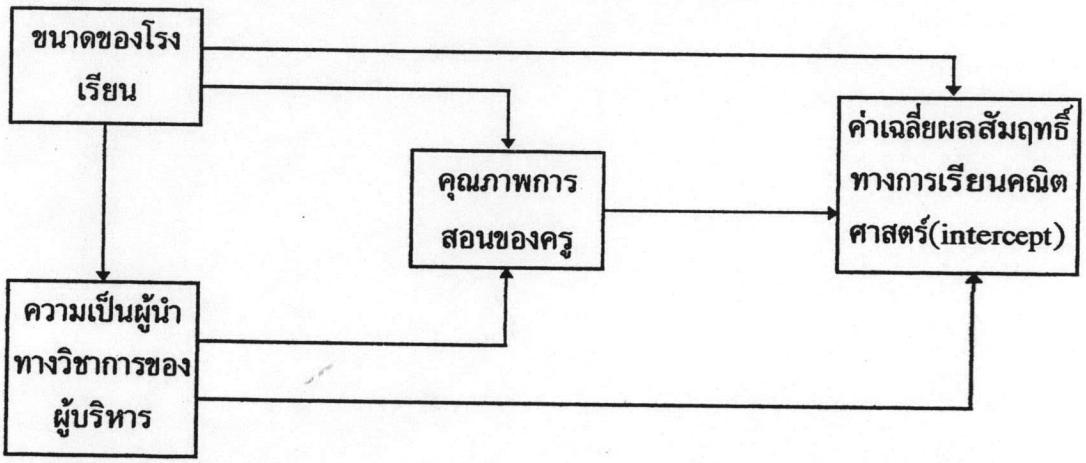
2.2.1 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่มีค่าคงที่ (intercept) เป็นตัวแปรตาม

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ เป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูปโดยใช้ค่าคงที่ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นตัวแปรตามด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC^{+}

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ตามตารางที่ 11-13 พบว่า ค่าคงที่ ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ คือค่าคงที่ของ

ตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตัวแปรแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และเมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สามารถนำเสนอภาพแสดงโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป ได้ดังนี้



ภาพที่ 19 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป (full model) เมื่อใช้ค่าคงที่ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH-intercept) เป็นตัวแปรตาม

จากภาพที่ 19 แสดงว่า การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนนี้ ค่าคงที่ หรือค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จะถูกยกระดับขึ้นมาเป็นตัวแปรตามระดับชั้นเรียน หากทำการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน คือ ขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู ที่มีต่อตัวแปรตามดังกล่าว ด้วยขั้นตอนของ Hypothetical Model ของโปรแกรมเอชแอลเอ็มแล้ว กระบวนการวิเคราะห์ของโปรแกรมจะสามารถพิจารณาเฉพาะอิทธิพลเชิงสาเหตุ จากตัวแปรขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู ไปยังค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน เท่านั้น จะไม่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระดังกล่าวได้ ดังนั้น จึงต้องใช้โปรแกรม SPSS / PC$^+$ ประกอบการวิเคราะห์ด้วย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1.1) วิเคราะห์ครั้งที่ 1 ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอน Hypothetical Model โดยมีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู

1.2) วิเคราะห์ครั้งที่ 2 ด้วยโปรแกรม SPSS / PC$^+$ (multiple regression) โดยมี คุณภาพการสอนของครู เป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรขนาดของโรงเรียน และความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

1.3) วิเคราะห์ครั้งที่ 3 ด้วยโปรแกรม SPSS / PC^{+} (simple regression) โดยมีความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรขนาดของโรงเรียน ผลการวิเคราะห์ ปรากฏดังตารางที่ 16 ถึงตารางที่ 18 ดังนี้

ตารางที่ 16 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			
Paramiter 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 16 เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์รายห้องเรียนเป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ พบว่าค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียนซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 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 แสดงว่าโรงเรียนที่ผู้บริหารมีความเป็นผู้นำทางวิชาการสูง และคุณภาพการสอนของครูอยู่ในระดับสูง จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนทั้งสามตัว สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์รายห้องเรียนได้ร้อยละ 67.31 (R^2 =0.6731)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 304.0558) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ 7.1359 และความแปรปรวนรวมที่ได้จากกการสังเกต 19.9558

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร ที่มีต่อคุณภาพการสอนของครู จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS / PC$^+$

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม (QUALT)		
	b	β	t
HEAD	0.0452**	0.4188**	12.038
SIZES	0.2911**	0.2383**	6.851
Constant	0.4311*	-	2.124
	R = 0.5427		
	R^2 = 0.2945		
	F = 134.8096**		

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 17 พบว่า ตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และขนาดของโรงเรียน มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสอนของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 (t = 12.038 และ 6.851 ตามลำดับ) ส่วนค่าคงที่ มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t = 2.124) โดยตัวแปรทั้งสอง สามารถร่วมกันทำนายคุณภาพการสอนของครูได้ร้อยละ 29.45 (R^2 = 0.2945)

ตารางที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรขนาดของโรงเรียน ที่มีต่อ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร จากการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย (simple regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS / PC^+

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม (HEAD)		
	b	β	t
SIZES	3.5344**	0.3122**	8.359
Constant	44.0721**	-	35.761
	R = 0.3122		
	R^2 = 0.0975		
	F = 69.8756**		

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 18 พบว่าตัวแปรขนาดของโรงเรียน และค่าคงที่ของการวิเคราะห์ มีอิทธิพลต่อตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยตัวแปรขนาดของโรงเรียน สามารถทำนายความเป็นผู้นำทางวิชาการได้ร้อยละ 9.75 (R^2 =0.0975)

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) เป็นตัวแปรตาม แบบเต็มรูปที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบความสัมพันธ์ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มประกอบกับโปรแกรม SPSS/ PC^+ มาแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จะสามารถแสดงค่าสถิติต่าง ๆ ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป ได้ดังตารางที่ 19

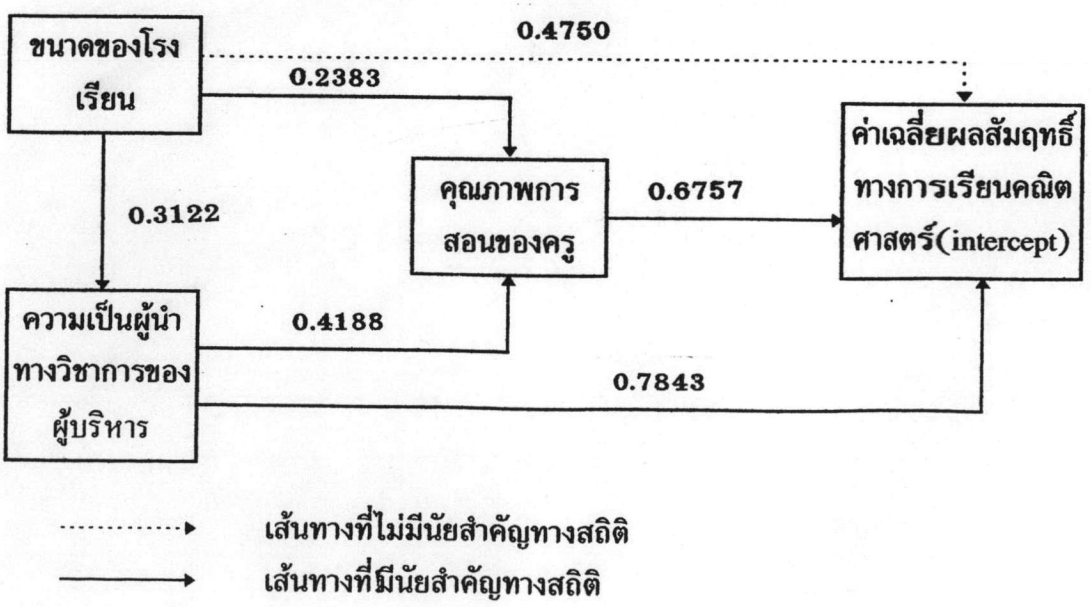
ตารางที่ 19 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ACH – intercept) เป็นตัวแปรตาม แบบเต็มรูป

ตัวแปรสาเหตุ	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

จากตารางที่ 19 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน หรือสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป มาแสดงในลักษณะของแผนภาพ จะได้ภาพแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ดังนี้

ภาพที่ 20 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH – intercept)



จากภาพที่ 20 และตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป พบว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 4 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 1 ค่า แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อพิจารณาตามตัวแปรตามแต่ละตัว ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) เป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรระดับชั้นเรียนที่ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร ตัวแปรที่ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือคุณภาพการสอนของครู ส่วนตัวแปรขนาดของโรงเรียน สัมประสิทธิ์เส้นทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

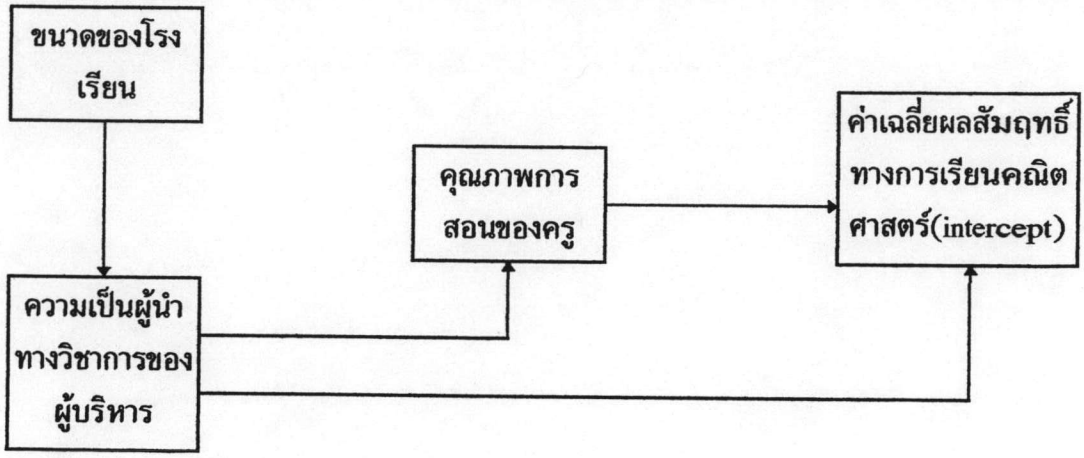
เมื่อพิจารณาคุณภาพในการสอนของครูเป็นตัวแปรตาม พบว่าทั้งตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และขนาดของโรงเรียน ต่างก็มีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อคุณภาพการสอนของครู

เมื่อพิจารณาความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรขนาดของโรงเรียน มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ต่อความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

อนึ่ง ประเด็นที่ควรพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คือ **การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนนี้ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ จะสามารถพิจารณาได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนที่มีต่อตัวแปรตามเท่านั้น ส่วนอิทธิพลสุ่ม จะสามารถพิจารณาได้จากความผันแปรของตัวแปรตามระดับชั้นเรียน ซึ่งจากตารางที่ 16 พบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายห้อง (ACH - intercept) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 304.0558) แสดงว่า ยังสามารถที่จะหาตัวแปรอื่นมาอธิบายความผันแปรดังกล่าวได้ต่อไปอีก**

2) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน โดยใช้ค่าคงที่ ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นตัวแปรตามด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$

เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ใช้ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม ตามสมมติฐานนี้ มีหลักการวิเคราะห์เหมือนกับการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ใช้ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตามแบบเต็มรูปทุกประการ สามารถนำเสนอภาพแสดงโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน ได้ดังนี้



ภาพที่ 21 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน (proposed model) เมื่อใช้ค่าคงที่ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH-intercept) เป็นตัวแปรตาม

จากภาพที่ 21 แสดงว่า การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามมสมติฐานนี้ ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จะถูกยกระดับขึ้นมาเป็นตัวแปรตามระดับชั้นเรียน หากทำการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู ที่มีต่อตัวแปรตามดังกล่าว ด้วยขั้นตอนของ Hypothetical Model ของโปรแกรมเอชแอลเอ็มแล้ว กระบวนการวิเคราะห์ของโปรแกรมจะสามารถพิจารณาเฉพาะอิทธิพลเชิงสาเหตุ จากตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารและคุณภาพการสอนของครู ไปยังค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนเท่านั้น จะไม่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระทั้งสอง ประกอบกับตัวแปรขนาดของโรงเรียนได้ ดังนั้น จึงต้องใช้โปรแกรม SPSS/PC$^+$ ประกอบการวิเคราะห์ด้วย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1.1) วิเคราะห์ครั้งที่ 1 ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอน Hypothetical Model โดยมีค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู

1.2) วิเคราะห์ครั้งที่ 2 ด้วยโปรแกรม SPSS / PC$^+$ (simple regression) โดยมีคุณภาพการสอนของครู เป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

1.3) วิเคราะห์ครั้งที่ 3 ด้วยโปรแกรม SPSS / PC$^+$ (simple regression) โดยมีความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือตัวแปรขนาดของโรงเรียน ผลการวิเคราะห์ ปรากฏดังตารางที่ 20 ถึงตารางที่ 22 ดังนี้

ตารางที่ 20 ประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (HEAD) และคุณภาพการสอนของครู (QUALT) ที่มีต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน (ACH – intercept)

ตัวแปรระดับชั้นเรียน	ประมาณค่าอิทธิพล ที่มีต่อ ACH – intercept		
	γ	β	t
Fixed Effect			
intercept	12.5037**	-	19.442
QUALT	2.1236**	0.7620**	2.961
HEAD	0.3143**	0.7961**	3.121
Random Effect			
Paramiter Variance	8.2389		
Total Observed Variance	21.0203		
χ^2	374.4782** , df 18		
Within – unit Variance	12.7814		
R^2	0.6225		

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 20 เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์รายห้องเรียนเป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ พบว่าค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียนซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 (t = 19.442) ส่วนตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู (t =2.961 และ 3.121 ตามลำดับ) แสดงว่าโรงเรียนที่ผู้บริหารมีความเป็นผู้นำทางวิชาการสูง และคุณภาพการสอนของครูอยู่ในระดับสูง จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนทั้งสองตัว สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์รายห้องเรียนได้ร้อยละ 62.25 (R^2 = 0.6225)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ACH – intercept) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 374.4782) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ 8.2389 และความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกต 21.0203

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารที่มีต่อคุณภาพการสอนของครู จากการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย (simple regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS / PC+

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม (QUALT)		
	b	β	t
HEAD	0.0532**	0.4932**	14.420
Constant	0.8099**	-	4.007
	R = 0.4932		
	R^2 = 0.2432		
	F = 207.9287**		

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 21 พบว่า ตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสอนของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 (t =14.420) ส่วนค่าคงที่ มีอิทธิพลต่อคุณภาพการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (t = 4.007) โดยตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร สามารถร่วมกันทำนายคุณภาพการสอนของครูได้ร้อยละ 24.32 (R^2 = 0.2432)

ตารางที่ 22 ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรขนาดของโรงเรียน ที่มีต่อ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร จากการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย(simple regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS / PC+

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม (HEAD)		
	b	β	t
SIZES	3.5344**	0.3122**	8.359
Constant	44.0721**	-	35.761
	R = 0.3122		
	R^2 = 0.0975		
	F = 69.8756**		

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 22 พบว่าตัวแปรขนาดของโรงเรียน และค่าคงที่ของการวิเคราะห์ มีอิทธิพลต่อตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยตัวแปรขนาดของโรงเรียน สามารถทำนายความเป็นผู้นำทางวิชาการได้ร้อยละ 9.75 (R^2 =0.0975)

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) เป็นตัวแปรตาม ตามสมมติฐาน ที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบความสัมพันธ์ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มประกอบกับโปรแกรม SPSS/PC$^+$ มาแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จะสามารถแสดงค่าสถิติต่าง ๆ ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน ได้ดังตารางที่ 23

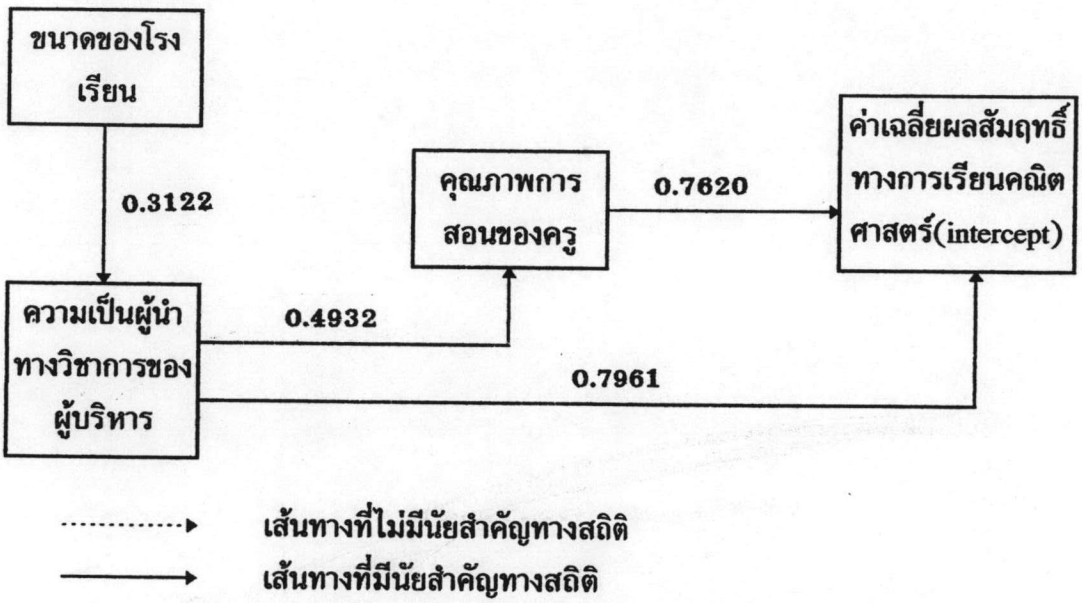
ตารางที่ 23 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) เป็นตัวแปรตาม ตามสมมติฐาน

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล	R^2	$P_{jk}(\beta)$	t
QUALT	ACH - intercept	0.6225	0.7620**	2.961
HEAD			0.7961**	3.121
HEAD	QUALT	0.2432	0.4932**	14.420
SIZES	HEAD	0.0975	0.3122**	8.359

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 23 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน หรือสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานมาแสดงในลักษณะของแผนภาพ จะได้ภาพแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ดังนี้

ภาพที่ 22 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานแสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรระดับชั้นเรียน ที่มีต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept)



จากภาพที่ 22 และตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน พบว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 4 ค่า แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อพิจารณาตามตัวแปรตามแต่ละตัว ดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) เป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรระดับชั้นเรียนที่ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารและคุณภาพการสอนของครู

เมื่อพิจารณาคุณภาพในการสอนของครูเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารมีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อคุณภาพการสอนของครู

เมื่อพิจารณาความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรขนาดของโรงเรียน มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ต่อความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

สำหรับการพิจารณาอิทธิพลสุ่มจากความผันแปรของตัวแปรตามระดับชั้นเรียนนั้น จากตารางที่ 20 พบว่า ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายห้อง (ACH - intercept) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 374.4782) แสดงว่า ยังสามารถที่จะหาตัวแปรอื่นมาอธิบายความผันแปรดังกล่าวได้ต่อไปอีก

3)ผลการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปค

การทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า R^2 จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ซึ่งไม่ให้ค่า R^2 ออกมาโดยตรง (สูตรการคำนวณดูได้ที่ภาคผนวก) แล้วนำไปคำนวณตามวิธีการของสเปค (Specht, 1975 อ้างถึงใน Pedazur, 1982) ได้ผลการทดสอบตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1) ผลการวิเคราะห์หาค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (R^2_m) ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป ได้ค่า R^2_m เท่ากับ 0.7918 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป อธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ได้ประมาณร้อยละ 79.18

3.2) ผลการวิเคราะห์หาค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (M) ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน ได้ค่า M เท่ากับ 0.7422 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานอธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ได้ประมาณร้อยละ 74.22

3.3) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการหาค่า Q ได้ค่า Q เท่ากับ 0.8075 และผลการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Q จากค่า W ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.7647 (df = 2) พบว่าค่า W ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ และสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ไปวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในขั้นตอนต่อไป

4) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม และการแยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

จากผลการวิเคราะห์ที่นำเสนอไปข้างต้น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ จะสามารถพิจารณาได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ ส่วนอิทธิพลสุ่มนั้นต้องพิจารณาจากความผันแปรของตัวแปรตาม ในที่นี้คือ ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept)รายห้องเรียน ซึ่งมีความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงสามารถหาตัวแปรอื่น ๆ หรือตัวแปรในระดับที่สูงขึ้น มาอธิบายความผันแปรดังกล่าวต่อไปได้อีก ดังนั้นการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุ่ม จึงสามารถพิจารณาได้จากผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 20 ถึงตารางที่ 23 ดังกล่าวไปแล้วข้างต้น

สำหรับการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งก็คือโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานนั่นเอง ดังนั้นเมื่อพิจารณาตามภาพที่ 22 และตารางที่ 23 จึงสามารถอธิบายสรุปลักษณะอิทธิพลต่าง ๆของโมเดลได้ดังนี้

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงอย่างเดียวต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) คือ คุณภาพการสอนของครู

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมอย่างเดียวต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) คือ ขนาดของโรงเรียน

ทั้งนี้ อิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมของตัวแปรที่กล่าวไปข้างต้น จะส่งผ่านตัวแปรคั่นกลาง (intervening variables) ต่าง ๆ ดังนี้

ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) โดยอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมส่งผ่านทางคุณภาพการสอนของครู

ขนาดของโรงเรียน มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมอย่างเดียวต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) โดยอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมส่งผ่านทางความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารและคุณภาพการสอนของครูตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ในภาพที่ 22 และตารางที่ 23 เมื่อคำนวณหาขนาดความสัมพันธ์ที่เป็นผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวม จากตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลเชิงสาเหตุ ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) ปรากฏผลดังตารางที่ 24 ดังนี้

ตารางที่ 24 แสดงผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวมของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนที่มีต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH-intercept)

ตัวแปร	ผลกระทบทางตรง	ผลกระทบทางอ้อม	ผลกระทบรวม
ขนาดของโรงเรียน	-	0.3659	0.3659
ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร	0.7961	0.3758	1.1719
คุณภาพการสอนของครู	0.7620	-	0.7620

จากตารางที่ 24 พบว่า ตัวแปรที่มีผลกระทบทางตรงสูงสุดต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร รองลงมาคือคุณภาพการสอนของครู ตัวแปรที่มีกระทบทางอ้อมสูงสุดต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร รองลงมาคือขนาดของโรงเรียน และเมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ตัวแปรที่มีผลกระทบรวมสูงสุดต่อค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH - intercept) คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร รองลงมาคือคุณภาพการสอนของครูและขนาดของโรงเรียนตามลำดับ

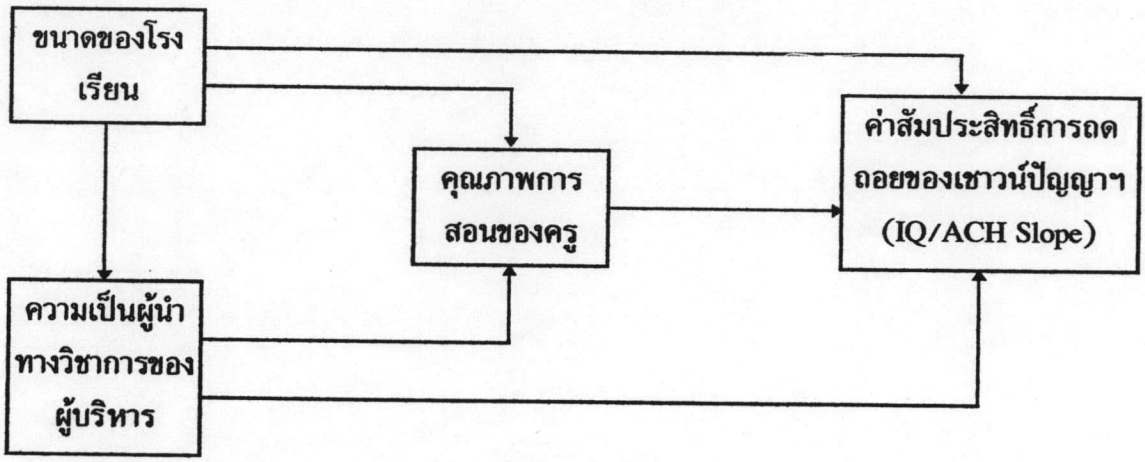
2.2.2 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (slope) เป็นตัวแปรตาม

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ เป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) **ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป** โดยใช้สัมประสิทธิ์การถดถอย ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นตัวแปรตาม ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC^{+}

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ตามตารางที่ 11 - 13 พบว่า สัมประสิทธิ์การถดถอย ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ คือสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองที่มีต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองที่มีต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และเมื่อพิจารณาเฉพาะสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรเชาวน์ปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จะสามารถนำเสนอภาพแสดงโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป ได้ดังนี้



ภาพที่ 23 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป (full model) เมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถด ถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม

จากภาพที่ 23 แสดงว่า การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนนี้ สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) จะถูกยกระดับขึ้นมาเป็นตัวแปรตามระดับชั้นเรียน หากทำการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน คือ ขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู ที่มีต่อตัวแปรตามดังกล่าว ด้วยขั้นตอนของ Hypothetical Model ของโปรแกรมเอชแอลเอ็มแล้ว กระบวนการวิเคราะห์ของโปรแกรม จะสามารถพิจารณาเฉพาะอิทธิพลเชิงสาเหตุจากตัวแปรขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครูไปยังสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เท่านั้น จะไม่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระดังกล่าวได้ ดังนั้น จึงต้องใช้โปรแกรม SPSS / PC^{+} ประกอบการวิเคราะห์ด้วย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1.1) วิเคราะห์ครั้งที่ 1 ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอน Hypothetical Model โดยมีสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู

1.2) วิเคราะห์ครั้งที่ 2 ด้วยโปรแกรม SPSS/ PC^{+} (multiple regression) โดยมีคุณภาพการสอนของครู เป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรขนาดของโรงเรียน และความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

1.3) วิเคราะห์ครั้งที่ 3 ด้วยโปรแกรม SPSS / PC^{+} (simple regression) โดยมีความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรขนาดของโรงเรียน

ผลการวิเคราะห์ ปรากฏดังตารางที่ 25 ถึงตารางที่ 26 ดังนี้

ตารางที่ 25 ประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรขนาดของโรงเรียน (SIZES), ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (HEAD) และคุณภาพการสอนของครู (QUALT) ที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)

ตัวแปรระดับชั้นเรียน	ประมาณค่าอิทธิพล ที่มีต่อ IQ/ACH Slope		
	γ	β	t
Fixed Effect			
intercept	0.1446**	-	4.721
QUALT	0.0279	0.3937	0.792
SIZES	- 0.0269	- 0.3169	- 0.698
HEAD	0.0071*	0.6971*	1.474
Random Effect			
Paramiter Variance	0.0054		
Total Observed Variance	12.8253		
χ^2	28.7896* , df = 17		
Within - unit Variance	12.8199		
R^2	0.4518		

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 25 เมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ พบว่าค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 (t = 4.721) ส่วนตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (t = 1.474) ส่วนตัวแปรขนาดของโรงเรียนและคุณภาพการสอนของครู อิทธิพลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าโรงเรียนที่ผู้บริหารมีความเป็นผู้นำทางวิชาการสูง จะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนอันเนื่องมาจากเชาวน์ปัญญาสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน

ทั้งสามตัว สามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)รายห้องเรียนได้ร้อยละ 45.18 (R^2 =0.4518) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 28.7896) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ 0.0054 และความแปรปรวนรวมที่ได้จากกการสังเกต 12.8253

สำหรับการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร ที่มีต่อคุณภาพการสอนของครู และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรขนาดของโรงเรียนที่มีต่อความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารจากการวิเคราะห์ถดถอย ด้วยโปรแกรม SPSS / PC$^+$ ตามข้อที่ 1.2) และ 1.3) นั้น เมื่อพิจารณาตามโมเดลและขั้นตอนการวิเคราะห์แล้ว จะให้ผลการวิเคราะห์เหมือนกับการวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ACH - intercept) เป็นตัวแปรตาม ในขั้นตอนของการใช้โปรแกรม SPSS/PC$^+$ วิเคราะห์ประกอบทุกประการ ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ 17 ถึงตารางที่ 18

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)เป็นตัวแปรตามแบบเต็มรูป ที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบความสัมพันธ์ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มประกอบกับโปรแกรม SPSS / PC$^+$ มาแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จะสามารถแสดงค่าสถิติต่าง ๆ ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป ได้ดังตารางที่ 26

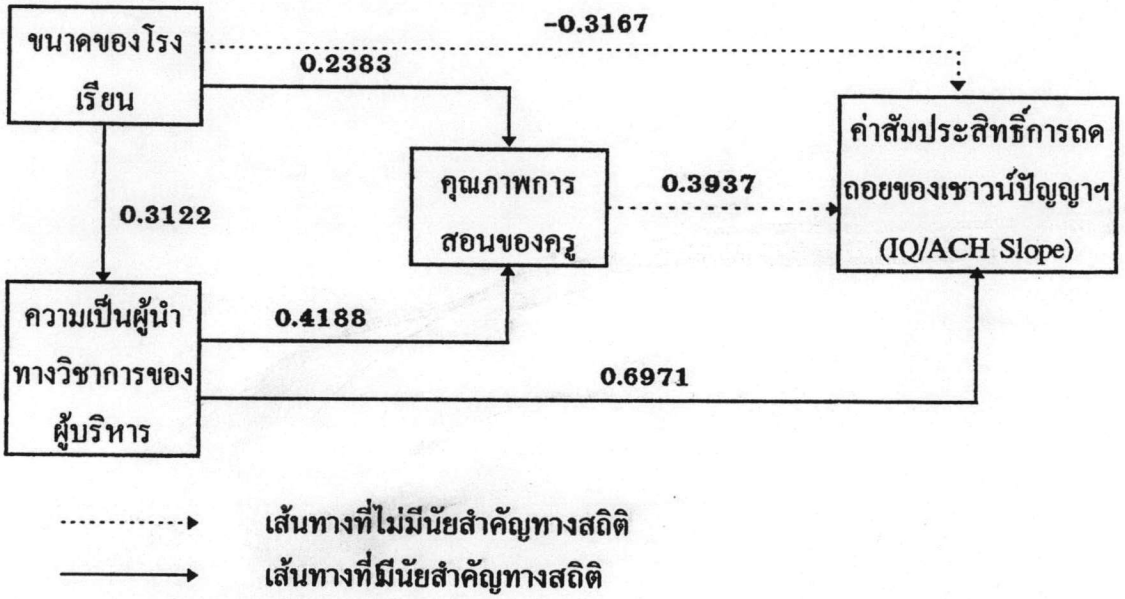
ตารางที่ 26 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูปเมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล	R^2	$P_{jk}(\beta)$	t
QUALT	IQ/ACH Slope	0.4518	0.3937	0.792
SIZES			- 0.3167	- 0.698
HEAD			0.6971*	1.474
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

จากตารางที่ 26 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน หรือสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป มาแสดงในลักษณะของแผนภาพ จะได้ภาพแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ดังนี้

ภาพที่ 24 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)



จากภาพที่ 24 และตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป พบว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 3 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 1 ค่า แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อพิจารณาตามตัวแปรตามแต่ละตัว ดังนี้

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์ถดถอยถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)เป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรระดับชั้นเรียนที่ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร ส่วนตัวแปรขนาดของโรงเรียนและคุณภาพการสอนของครู สัมประสิทธิ์เส้นทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

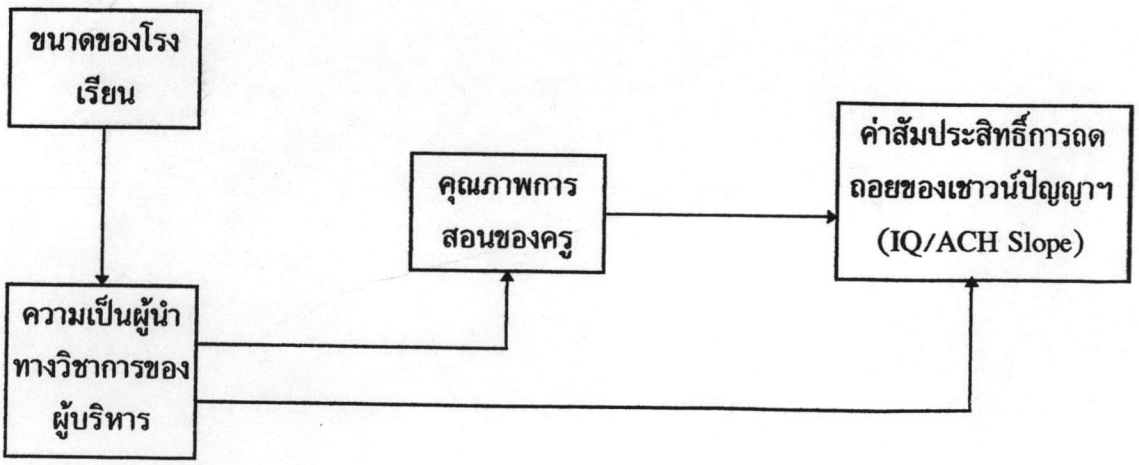
เมื่อพิจารณาคุณภาพในการสอนของครูเป็นตัวแปรตาม พบว่าทั้งตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และขนาดของโรงเรียน ต่างก็มีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อคุณภาพการสอนของครู

เมื่อพิจารณาความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรขนาดของโรงเรียน มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ต่อความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

อนึ่ง ประเด็นที่ควรพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คือ **การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนนี้ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ จะสามารถพิจารณาได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนที่มีต่อตัวแปรตามเท่านั้น ส่วนอิทธิพลสุ่ม จะสามารถพิจารณาได้จากความผันแปรของตัวแปรตามระดับชั้นเรียน ซึ่งจากตารางที่ 25 พบว่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (χ^2 = 28.7896) แสดงว่ายังสามารถที่จะหาตัวแปรอื่นมาอธิบายความผันแปรดังกล่าวได้ต่อไปอีก**

2) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน โดยใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นตัวแปรตามด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอย ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$

เมื่อพิจารณาเฉพาะสัมประสิทธิ์การถดถอยถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ที่อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน ที่ใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยเป็นตัวแปรตามตามสมมติฐานนี้ มีหลักการวิเคราะห์เหมือนกับการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ใช้ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตามแบบเต็มรูปทุกประการ สามารถนำเสนอภาพแสดงโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน ได้ดังนี้



ภาพที่ 25 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน (proposed model) เมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอย ของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม

จากภาพที่ 25 แสดงว่า การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามมสมติฐานนี้ สัมประสิทธิ์การถดถอย ของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) จะถูกยกระดับขึ้นมาเป็นตัวแปรตามระดับชั้นเรียน หากทำการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู ที่มีต่อตัวแปรตามดังกล่าว ด้วยขั้นตอนของ Hypothetical Model ของโปรแกรมเอชแอลเอ็มแล้ว กระบวนการวิเคราะห์ของโปรแกรมจะสามารถพิจารณาเฉพาะอิทธิพลเชิงสาเหตุจากตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารและคุณภาพการสอนของครูไปยังสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)เท่านั้น จะไม่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระทั้งสองประกอบกับตัวแปรขนาดของโรงเรียนได้ ดังนั้น จึงต้องใช้โปรแกรม SPSS/PC$^+$ ประกอบการวิเคราะห์ด้วย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1.1) วิเคราะห์ครั้งที่ 1 ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอน Hypothetical Model โดยมีสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และคุณภาพการสอนของครู

1.2) วิเคราะห์ครั้งที่ 2 ด้วยโปรแกรม SPSS / PC$^+$ (simple regression) โดยมีคุณภาพการสอนของครู เป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

1.3) วิเคราะห์ครั้งที่ 3 ด้วยโปรแกรม SPSS / PC$^+$ (simple regression) โดยมีความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระคือ ตัวแปรขนาดของโรงเรียน ผลการวิเคราะห์ ปรากฏดังตารางที่ 27 ถึงตารางที่ 28 ดังนี้

ตารางที่ 27 ประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (HEAD) และคุณภาพการสอนของครู (QUALT) ที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)

ตัวแปรระดับชั้นเรียน	ประมาณค่าอิทธิพล ที่มีต่อ IQ/ACH Slope		
	γ	β	t
Fixed Effect			
intercept	0.1439**	-	4.500
QUALT	0.0202	0.2498	0.572
HEAD	0.0071*	0.6197*	1.405
Random Effect			
Paramiter Variance	0.0069		
Total Observed Variance	12.7883		
χ^2	30.1799* , df 18		
Within - unit Variance	12.7814		
R^2	0.2899		

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 27 เมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) รายห้องเรียนเป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ พบว่าค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 (t = 4.500) ตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (t = 1.405) ส่วนตัวแปรคุณภาพการสอนของครู อิทธิพลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าโรงเรียนที่ผู้บริหารมีความเป็นผู้นำทางวิชาการสูง จะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนอันเนื่องมาจากเชาวน์ปัญญาสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนทั้งสองตัวสามารถร่วมกันอธิบายความผันแปรของสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)รายห้องเรียนได้ร้อยละ 28.99 (R^2 =0.2899)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 30.1799) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ 0.0069 และความแปรปรวนรวมที่ได้จากการสังเกต 12.7883

สำหรับการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรขนาดของโรงเรียน ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร ที่มีต่อคุณภาพการสอนของครู และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรขนาดของโรงเรียนที่มีต่อความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารจากการวิเคราะห์ถดถอย ด้วยโปรแกรม SPSS / PC$^+$ ตามข้อที่ 1.2) และ 1.3) นั้น เมื่อพิจารณาตามโมเดลและขั้นตอนการวิเคราะห์แล้ว จะให้ผลการวิเคราะห์เหมือนกับการวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ACH - intercept) เป็นตัวแปรตาม ในขั้นตอนของการใช้โปรแกรม SPSS / PC$^+$ วิเคราะห์ประกอบทุกประการ ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาผลการวิเคราะห์ได้จากตารางที่ 21 ถึงตารางที่ 22

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)เป็นตัวแปรตาม ตามสมมติฐาน ที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบความสัมพันธ์ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มประกอบกับโปรแกรม SPSS / PC$^+$ มาแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จะสามารถแสดงค่าสถิติต่าง ๆ ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน ได้ดังตารางที่ 28

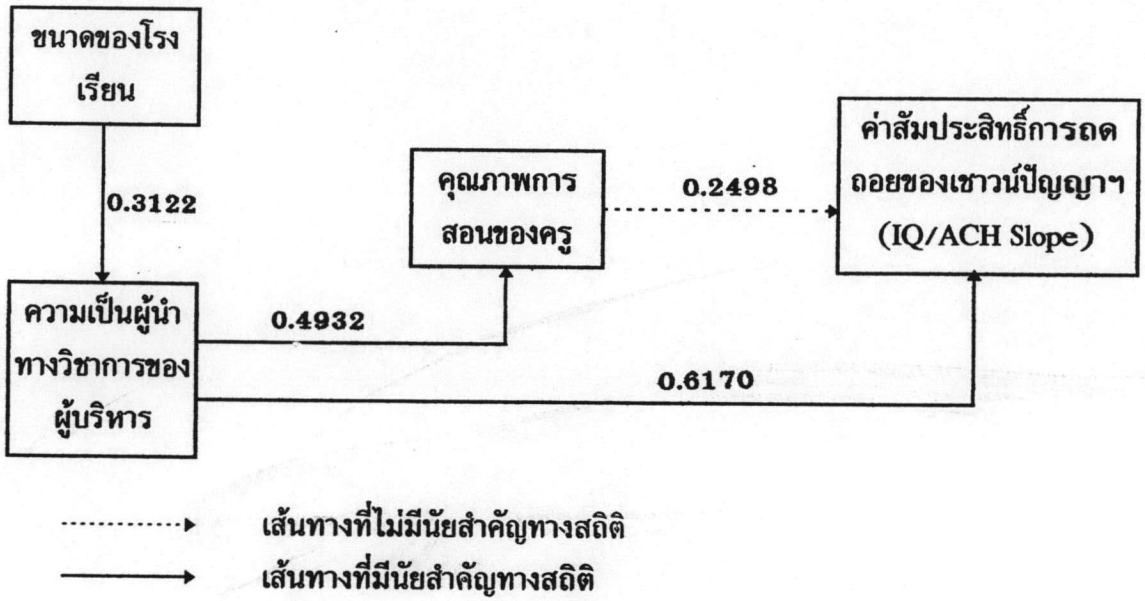
ตารางที่ 28 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานเมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล	R^2	$P_{jk}(\beta)$	t
QUALT	IQ/ACH Slope	0.2899	0.2498	0.572
HEAD			0.617*	1.405
HEAD	QUALT	0.2432	0.4932**	14.420
SIZES	HEAD	0.0975	0.3122**	8.359

*$p < 0.05$, **$p < 0.01$

จากตารางที่ 28 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน หรือสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน มาแสดงในลักษณะของแผนภาพ จะได้ภาพแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ดังนี้

ภาพที่ 26 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานแสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)



จากภาพที่ 26 และตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน พบว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 2 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 1 ค่า แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อพิจารณาตามตัวแปรตามแต่ละตัวดังนี้

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์ถดถอยถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรระดับชั้นเรียนที่ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร ส่วนตัวแปรคุณภาพการสอนของครู สัมประสิทธิ์เส้นทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาคุณภาพในการสอนของครูเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร มีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อคุณภาพการสอนของครู

เมื่อพิจารณาความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรขนาดของโรงเรียน มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ต่อความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

อนึ่ง ประเด็นที่ควรพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คือ การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนนี้ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ จะสามารถพิจารณาได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนที่มีต่อตัวแปรตามเท่านั้น ส่วนอิทธิพลสุ่ม จะสามารถพิจารณาได้

จากความผันแปรของตัวแปรตามระดับชั้นเรียน ซึ่งจากตารางที่ 27 พบว่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 30.1799) แสดงว่ายังสามารถที่จะหาตัวแปรอื่นมาอธิบายความผันแปรดังกล่าวได้ต่อไปอีก

3) ผลการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีของสเปค

การทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่า R^2 จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ซึ่งไม่ให้ค่า R^2 ออกมาโดยตรง (สูตรการคำนวณดูได้ที่ภาคผนวก) แล้วนำไปคำนวณตามวิธีการของสเปค (Specht, 1975 อ้างถึงใน Pedazur, 1982) ได้ผลการทดสอบตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1) ผลการวิเคราะห์หาค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (R^2_m) ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนแบบเต็มรูป ได้ค่า R^2_m เท่ากับ 0.6509 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนแบบเต็มรูป อธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ได้ประมาณร้อยละ 65.09

3.2) ผลการวิเคราะห์หาค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (M) ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐาน ได้ค่า M เท่ากับ 0.5150 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนตามสมมติฐานอธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ได้ประมาณร้อยละ 51.50

3.3) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการหาค่า Q ได้ค่า Q เท่ากับ 0.7197 และผลการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Q จากค่า W ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.7139 (df = 2) พบว่าค่า W ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนตามสมมติฐานสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 28 และภาพที่ 26 พบว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจากตัวแปรจากตัวแปรคุณภาพการสอนของครู ไปยังสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงต้องตัดเส้นทางดังกล่าวออกจากโมเดลการวิเคราะห์ แล้วทำการวิเคราะห์ใหม่อีกครั้ง ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มในขั้นตอนของ Hypothetical Model โดยใช้เฉพาะตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรอิสระ ส่วนการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน ด้วยโปรแกรม SPSS/PC$^+$ นั้น ไม่ต้องทำการวิเคราะห์ใหม่ เนื่องจากสามารถใช้ผลการวิเคราะห์เดียวกันกับตารางที่ 21 และตารางที่ 22

4)ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ประกอบกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ด้วยโปรแกรม SPSS/PC+

ผลการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็ม ในขั้นตอนการวิเคราะห์ Hypothetical Model ปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 29 ประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (HEAD) ที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)

ตัวแปรระดับชั้นเรียน	ประมาณค่าอิทธิพล ที่มีต่อ IQ/ACH Slope		
	γ	β	t
Fixed Effect			
intercept	0.1439**	-	4.642
HEAD	0.0084*	0.7923*	1.870
Random Effect			
Paramiter Variance	0.0059		
Total Observed Variance	12.7921		
χ^2	30.6653* , df 19		
Within - unit Variance	12.7862		
R^2	0.4006		

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 29 เมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) รายห้องเรียนเป็นตัวแปรตาม การพิจารณาอิทธิพลคงที่ พบว่าค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน ซึ่งหมายถึงค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 (t = 4.642) ส่วนตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (t = 1.870) แสดงว่าโรงเรียนที่ผู้บริหารมีความเป็นผู้นำทางวิชาการสูง จะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนอันเนื่องมาจากเชาวน์ปัญญาสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร สามารถอธิบายความผันแปรของสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์

ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)รายห้องเรียนได้ร้อยละ 40.06 (R^2 =0.4006)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลสุ่ม พบว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 30.6653) โดยมีความแปรปรวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ 0.0059 และความแปรปรวนรวมที่ได้จากกการสังเกต 12.7921

อนึ่ง สำหรับผลการวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน ด้วยโปรแกรม SPSS/PC $^+$ นั้น สามารถใช้ผลการวิเคราะห์เดียวกันกับตารางที่ 21 และตารางที่ 22 จึงไม่ได้นำเสนอในที่นี้

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนเมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)เป็นตัวแปรตาม ที่ปรับปรุงใหม่ที่นำเสนอไปข้างต้น เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน อันแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบความสัมพันธ์ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอชแอลเอ็มประกอบกับโปรแกรม SPSS / PC$^+$ มาแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์เส้นทาง จะสามารถแสดงค่าสถิติต่าง ๆ ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่ ได้ดังตารางที่ 30

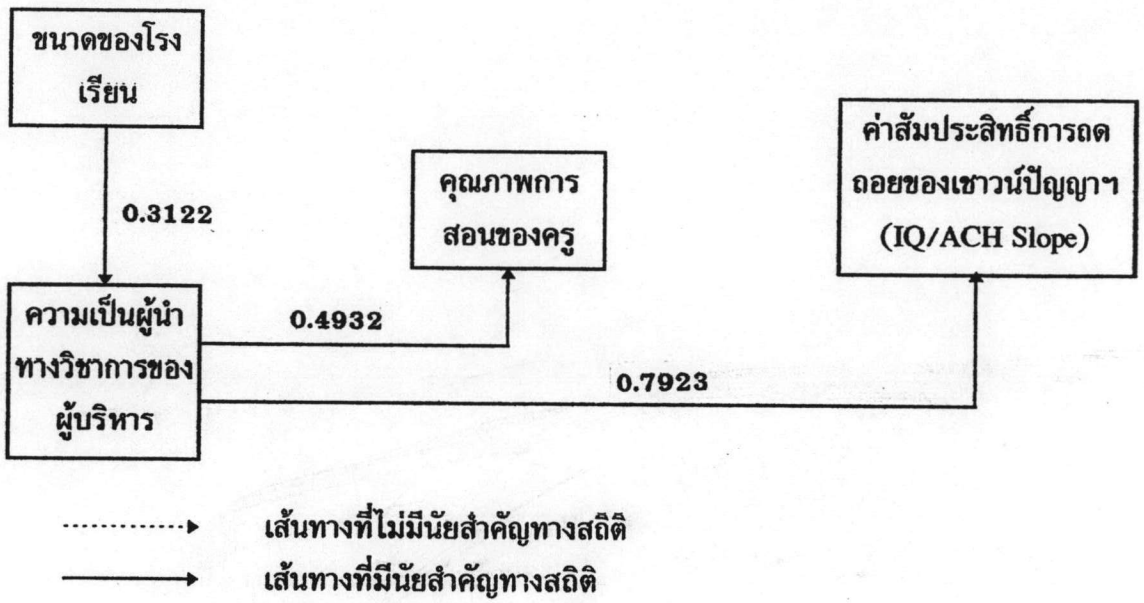
ตารางที่ 30 แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่เมื่อใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล	R^2	$P_{jk}(\beta)$	t
HEAD	IQ/ACH Slope	0.4006	0.7923*	1.870
HEAD	QUALT	0.2432	0.4932**	14.420
SIZES	HEAD	0.0975	0.3122**	8.359

*p < 0.05 , **p < 0.01

จากตารางที่ 30 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน หรือสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่ มาแสดงในลักษณะของแผนภาพ จะได้ภาพแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ดังนี้

ภาพที่ 27 โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่แสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)



จากภาพที่ 27 และตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่ พบว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีทั้งหมด 2 ค่า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 1 ค่า แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อพิจารณาตามตัวแปรตามแต่ละตัว ดังนี้

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์ถดถอยถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)เป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรระดับชั้นเรียนที่ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

เมื่อพิจารณาคุณภาพในการสอนของครูเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร มีสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ต่อคุณภาพการสอนของครู

เมื่อพิจารณาความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเป็นตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรขนาดของโรงเรียน มีค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ต่อความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

อนึ่ง ประเด็นที่ควรพิจารณาจากผลการวิเคราะห์คือ การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนนี้ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ จะสามารถพิจารณาได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนที่มีต่อตัวแปรตามเท่านั้น ส่วนอิทธิพลสุ่ม จะสามารถพิจารณาได้จากความผันแปรของตัวแปรตามระดับชั้นเรียน ซึ่งจากตารางที่ 29 พบว่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ยังมีความ

ผันแปรระหว่างห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (χ^2 = 30.6653) แสดงว่ายังสามารถที่จะหาตัวแปรอื่นมาอธิบายความผันแปรดังกล่าวได้ต่อไปอีก

สำหรับผลการวิเคราะห์หาค่า Generalized Sqaured Multiple Correlation Coefficient (M) ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่ ได้ค่า M เท่ากับ 0.5906 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียนที่ปรับปรุงใหม่อธิบายความแปรปรวนของทั้งระบบความสัมพันธ์ได้ประมาณร้อยละ 59.06 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสถิติทดสอบความสอดคล้อง ของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการหาค่า Q ได้ค่า Q เท่ากับ 0.8526 และผลการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Q จากค่า W ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.2467 (df = 3) พบว่าค่า W ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ปรับปรุงใหม่ มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญ มากกว่าโมเดลตามสมมติฐาน จึงสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ ไปวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ตลอดจนวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่มของโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่มีสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) เป็นตัวแปรตาม ที่ปรับปรุงใหม่ได้

5) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ อิทธิพลสุ่ม และการแยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน ที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

จากผลการวิเคราะห์ที่นำเสนอไปข้างต้น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้ จะสามารถพิจารณาได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ ส่วนอิทธิพลสุ่มนั้นต้องพิจารณาจากความผันแปรของตัวแปรตาม ซึ่งในที่นี้ คือสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) รายห้องเรียน ซึ่งมีความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงสามารถหาตัวแปรอื่น ๆ หรือตัวแปรในระดับที่สูงขึ้น มาอธิบายความผันแปรดังกล่าวต่อไปได้อีก ดังนั้นการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุ่ม จึงสามารถพิจารณาได้จากผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 29 ถึงตารางที่ 30 ดังกล่าวไปแล้วข้างต้น

สำหรับการวิเคราะห์แยกค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งก็คือโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนที่ใช้สัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)เป็นตัวแปรตาม ที่ปรับปรุงใหม่ นั่นเอง ดังนั้นเมื่อพิจารณาตามภาพที่ 27 และตารางที่ 30 จึงสามารถอธิบายสรุปลักษณะอิทธิพลต่าง ๆของโมเดลได้ดังนี้

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางตรงอย่างเดียวต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) คือ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

ตัวแปรที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมอย่างเดียวต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) คือ ขนาดของโรงเรียน

ทั้งนี้ อิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมของตัวแปรที่กล่าวไปข้างต้น จะส่งผ่านตัวแปรคั่นกลาง (intervening variables) ต่าง ๆ ดังนี้

ขนาดของโรงเรียน มีอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมอย่างเดียวต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) โดยอิทธิพลเชิงสาเหตุทางอ้อมส่งผ่านทางความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

จากผลการวิเคราะห์ในภาพที่ 27 และตารางที่ 30 เมื่อคำนวณหาขนาดความสัมพันธ์ที่เป็นผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวม จากตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลเชิงสาเหตุ ที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ปรากฏผลดังตารางที่ 31 ดังนี้

ตารางที่ 31 แสดงผลกระทบทางตรง ผลกระทบทางอ้อม และผลกระทบรวมของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนที่มีต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)

ตัวแปร	ผลกระทบทางตรง	ผลกระทบทางอ้อม	ผลกระทบรวม
ขนาดของโรงเรียน	-	0.2474	0.2474
ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร	0.7923	-	0.7923
คุณภาพการสอนของครู	-	-	-

จากตารางที่ 31 พบว่า ตัวแปรคุณภาพการสอนของครู ไม่มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope) ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่วนตัวแปรขนาดของโรงเรียนและ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารนั้นมีผลกระทบทางอ้อมอย่างเดียวและทางตรงอย่างเดียวต่อสัมประสิทธิ์การถดถอยของเชาวน์ปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (IQ/ACH Slope)ตามลำดับ

อนึ่ง สำหรับการพิจารณาอิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรระดับชั้นเรียน ที่มีต่อค่าเฉลี่ยแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (MOTV - Intercept), ค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน (ATI - Intercept) ตลอดจนอิทธิพลเชิงสาเหตุของตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีต่อสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองที่มีต่อแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (INCOMP/MOTV Slope) และสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองที่มีต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (INCOMP/ATI Slope) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์เชิงสาเหตุระดับนักเรียน พบว่าค่าดังกล่าวข้างต้นมีอิทธิพลสุ่มที่มีนัยสำคัญทางสถิติ สมควรนำไปวิเคราะห์หาอิทธิพลเชิงสาเหตุจากตัวแปรระดับชั้นเรียนต่อไปนั้น

จากผลการวิเคราะห์ (พิจารณาได้จากภาคผนวก) พบว่า ไม่มีตัวแปรระดับชั้นเรียนตัวแปรใดที่มีอิทธิพลเชิงสาเหตุต่อค่าดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงไม่สามารถทำการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียนได้

อย่างไรก็ตาม จากผลการวิเคราะห์ Hypothetical Model พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าดังกล่าวข้างต้นซึ่งเป็นค่าคงที่ของการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน (macro model) ยังมีความผันแปรระหว่างห้องเรียนอยู่อีก (อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ) แสดงว่ายังสามารถที่จะหาตัวแปรอื่น หรือตัวแปรในระดับที่สูงขึ้นมาอธิบายความผันแปรดังกล่าวได้ต่อไปอีก นั่นแสดงว่าตัวแปรระดับชั้นเรียนที่นำมาวิเคราะห์ ยังมีน้ำหนักไม่เพียงพอที่จะนำมาอธิบายความผันแปรของค่านั้นได้

ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุแบบพหุระดับที่นำเสนอไปข้างต้น มีประเด็นสำคัญที่สมควรพิจารณาประกอบด้วยทุกครั้ง คือ ในการพิจารณาตัดเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติออกจากโมเดลการวิเคราะห์ หรือการคงเส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีนัยสำคัญทางสถิติไว้ในโมเดลการวิเคราะห์นั้น เนื่องจากเทคนิควิธีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถพิจารณาได้ทั้งอิทธิพลคงที่ของสัมประสิทธิ์เส้นทางตลอดจนอิทธิพลสุ่มหรือความผันแปรของสัมประสิทธิ์เส้นทางดังกล่าว ควบคู่ไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเสนอเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

1.) ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับนักเรียน (causal micro model)

1.1) สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ และ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ให้ตัดออกจากโมเดลการวิเคราะห์

1.2) สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ไม่มีนัยสำคัญ แต่ อิทธิพลสุ่มมีนัยสำคัญทางสถิติ ให้คงไว้ในโมเดลการวิเคราะห์

1.3) สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่มีนัยสำคัญ แต่ อิทธิพลสุ่มไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ให้คงไว้ในโมเดลการวิเคราะห์

1.4) สัมประสิทธิ์เส้นทางที่อิทธิพลคงที่ และ อิทธิพลสุ่ม มีนัยสำคัญทางสถิติ ให้คงไว้ในโมเดลการวิเคราะห์

2.) ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน (causal macro model)

นัยสำคัญทางสถิติของสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์ในโมเดลเชิงสาเหตุระดับชั้นเรียน จะสามารถพิจารณาได้เฉพาะอิทธิพลคงที่ ดังนั้นการพิจารณาตัดเส้นทางหรือคงเส้นทางไว้ในโมเดล จะสามามารถพิจารณาได้จากนัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบ t เช่นเดียวกับการวิเคราะห์เชิงสาเหตุทั่ว ๆ ไป