

การวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรล

รศ.ดร.บุญชม ศรีสะอาด*
มิถุนันต์ วรณมทินทร์**

การวิเคราะห์เส้นทางหรือการวิเคราะห์สาเหตุ (Path Analysis)

การวิเคราะห์สาเหตุหรือการวิเคราะห์เส้นทาง เป็นเทคนิคที่ไรท์ (Sewall Wright) เป็นผู้คิดขึ้น (Kerlinger and Pedhazur. 1973 : 305) เทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายตัว ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation) การวิเคราะห์ตัวแปรร่วม (Commonality Analysis) หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Canonical Correlation) ล้วนแต่ชี้ถึงการมีความสัมพันธ์แบบธรรมดาระหว่างตัวแปรหรือกลุ่มตัวแปร ไม่ได้ยืนยันหรือสนับสนุนถึงความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุและผล การยืนยันหรือสนับสนุนความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุและผล ก็คือการยืนยันหรือสนับสนุนว่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ตัวใดเป็นสาเหตุให้เกิดความแปรปรวนหรือความแตกต่างในตัวแปรตาม (Dependent Variable) และสาเหตุดังกล่าวเป็นสาเหตุที่เกิดจากตัวแปรอิสระตัวนั้น ๆ โดยตรง หรือเป็นสาเหตุโดยทางอ้อม กล่าวคือ ไปร่วมกับตัวแปรอื่นในการทำให้เกิดความแปรปรวนในตัวแปรตามหรือเป็นไปทั้งสองทาง ไรท์จึงคิดเทคนิคของการวิเคราะห์สาเหตุที่เรียกว่า Path Analysis ขึ้น (บุญชม ศรีสะอาด. 2541 : 181)

* รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

** มหาวิทยาลัย - สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา รุ่นที่ 20 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ลักษณะของการวิเคราะห์เส้นทางหรือการวิเคราะห์สาเหตุ

1. ไม่ใช่วิธีค้นหาสาเหตุ แต่เป็นเทคนิคที่อธิบายความเป็นสาเหตุในเชิงปริมาณ
2. เป็นเทคนิคในการตรวจสอบทฤษฎี หรือโมเดลตามสมมติฐานว่ามีความเที่ยงตรงหรือไม่ โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ไปเก็บรวบรวมมาจากสภาพจริงว่าได้ผลตรงกับทฤษฎีหรือสมมติฐานหรือไม่
3. ก่อนวิเคราะห์สาเหตุต้องมีโครงสร้างหรือโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปรตาม ในรูปของสาเหตุและผล ซึ่งสร้างจากความรู้ ทฤษฎี ผลการวิจัย และแบบแผนของความสัมพันธ์ที่สัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ
4. ผลการวิเคราะห์สาเหตุ เป็นการยืนยันหรือสนับสนุนว่า โครงสร้างหรือโมเดลความสัมพันธ์ในโมเดลของสาเหตุและผลระหว่างตัวแปรเหล่านั้น มีความเป็นไปได้หรือไม่จากข้อมูลที่สังเกตหรือวัดมาครั้งนั้น

เดิมการวิเคราะห์สาเหตุต้องใช้มือคำนวณเองและเสียเวลาในการคิดคำนวณมาก และบางครั้งอาจได้ข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ นอกจากนี้การวิเคราะห์สาเหตุแบบเดิมมีข้อดกของเบื้องต้นว่าตัวแปรทั้งหมดในโมเดลต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด ทำให้ผลการวิเคราะห์ขาดความถูกต้องแม่นยำ

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล

Joreskog และ Sorbom ได้พัฒนาโปรแกรมลิสเรล (Linear Structural Relationship : LISREL) ขึ้น และได้นำโมเดลลิสเรลมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปร พบว่าการนำโมเดลลิสเรลมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรในโมเดลการวิเคราะห์สาเหตุ นั้นมีส่วนต่ออยู่หลายประการ ทั้งนี้เพราะโมเดลลิสเรลสามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ ทำให้ผู้นคลายข้อดกของเบื้องต้นของโมเดลการวิเคราะห์สาเหตุแบบเดิม จากการศึกษาพบว่า การศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุโดยวิธีวิเคราะห์แบบเดิม (Classical Path Analysis) กับการใช้โมเดลลิสเรล (Lisrel Model) มีคุณสมบัติบางประการที่เหมือนและแตกต่างกันดังนี้

ตารางเปรียบเทียบลักษณะของการวิเคราะห์สาเหตุแบบเดิมกับโมเดลลิสเรล

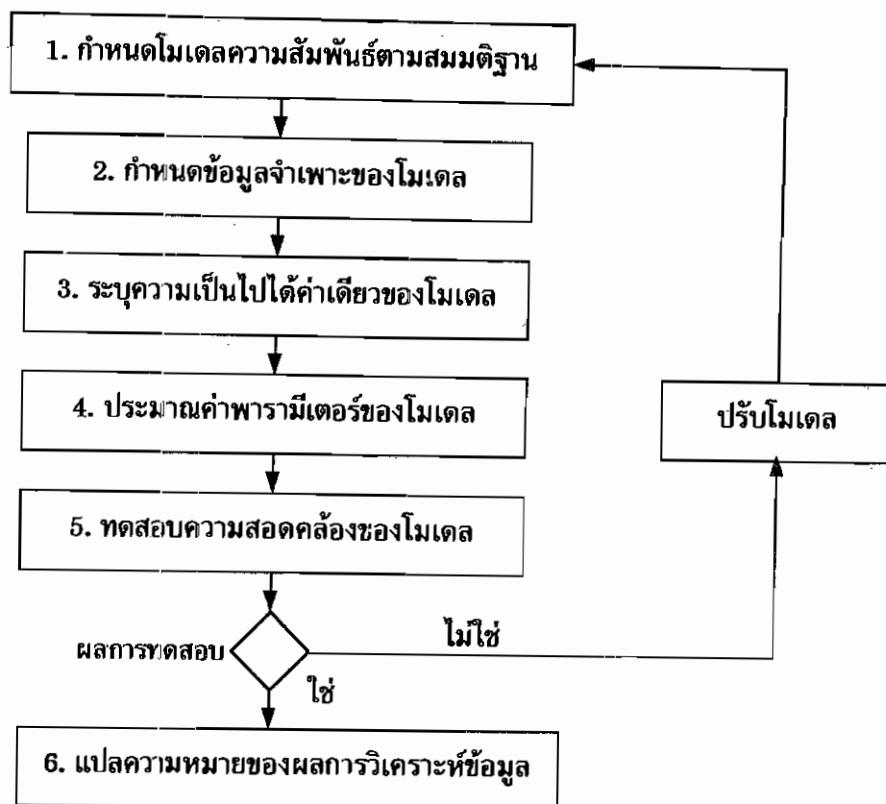
การวิเคราะห์สาเหตุแบบเดิม	การวิเคราะห์สาเหตุด้วยโมเดลลิสเรล
<p>จุดเหมือน</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นศูนย์และมีการกระจายคงที่ 2. ความแปรปรวนร่วมของเทอมความคลาดเคลื่อนกับตัวแปรสังเกตได้มีค่าเป็นศูนย์ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นศูนย์และมีการกระจายคงที่ 2. ความแปรปรวนร่วมของเทอมความคลาดเคลื่อนกับตัวแปรสังเกตได้มีค่าเป็นศูนย์
<p>จุดต่าง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal relationship) ทางเดียว แบบเส้นเชิงบวก (linear additive) 2. ความแปรปรวนร่วมของเทอมความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นศูนย์ 3. ตัวแปรไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด 4. โมเดลมีเฉพาะตัวแปรที่สังเกตได้ 5. ค่าวัดของตัวแปรอยู่ในระดับอันตรภาค 6. วิเคราะห์ตามหลักการวิเคราะห์สาเหตุ (Path Analysis) 7. ต้องแยกคำนวณดัชนีวัดความกลมกลืน (Goodness of Fit) 8. การประมาณค่าใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์กำลังสองน้อยที่สุด 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal relationship) ทางเดียวหรือสองทาง แบบเส้นเชิงบวก (linear additive) 2. ความแปรปรวนร่วมของเทอมความคลาดเคลื่อนมีค่าไม่เป็นศูนย์ได้ 3. ตัวแปรมีความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ 4. โมเดลมีทั้งตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝง 5. ค่าวัดของตัวแปรอยู่ในระดับตั้งแต่นามบัญญัติขึ้นไป 6. วิเคราะห์ตามหลักการวิเคราะห์สาเหตุ (Path Analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) 7. คำนวณดัชนีวัดความกลมกลืนในกระบวนการวิเคราะห์ 8. การประมาณค่าใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์หลายแบบ เช่น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีโลคัลลิตี้สูงสุด

หมายเหตุ 1. ตัวแปรที่สังเกตได้ หมายถึง ตัวแปรที่สามารถวัดหรือสังเกตได้โดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้น

2. ตัวแปรแฝง หมายถึง ตัวแปรที่มีตัวบ่งชี้หลายตัว ซึ่งตัวบ่งชี้ได้มาจากการวัดตัวแปรสังเกตได้

ขั้นตอนของการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรล (LISREL)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรลแบ่งได้ 6 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 1 ดังนี้

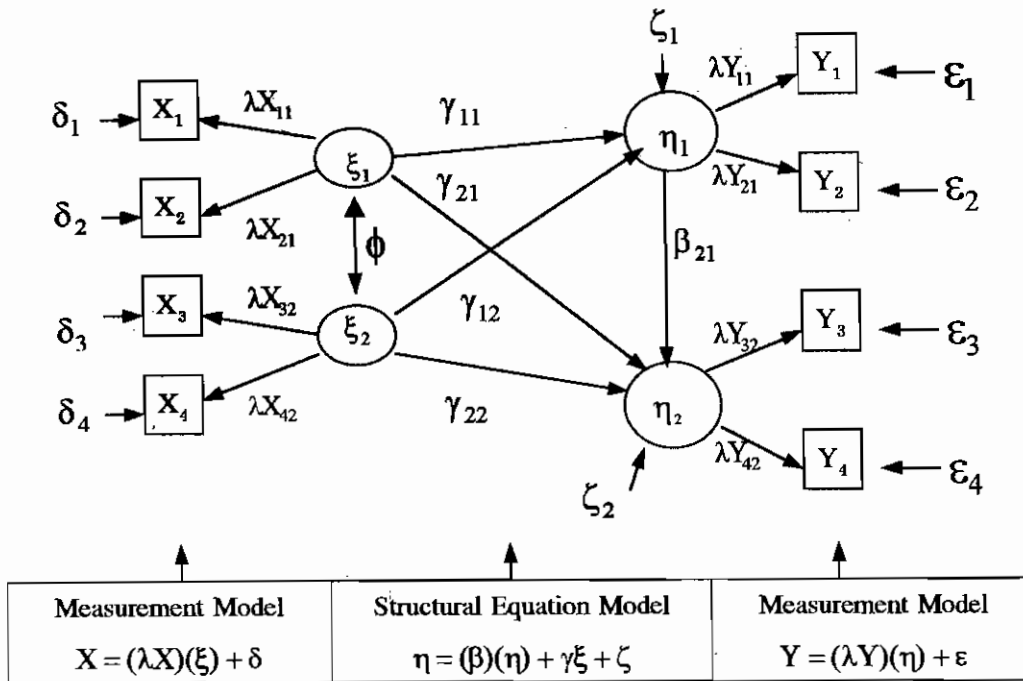


ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรล

1. กำหนดโมเดลความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน หมายถึง การกำหนดลักษณะของโมเดลที่จะวิเคราะห์ โดยโมเดลนี้ได้มาจากการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ ที่กำหนดในโมเดล และนำมาเขียนเป็นโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ซึ่งโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุประกอบด้วยโมเดลที่มีและไม่มีผลคลาดเคลื่อนในการวัด โมเดลที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดจะมีเฉพาะตัวแปรที่สังเกตได้ ไม่มีตัวแปรแฝง และต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นเพิ่มขึ้นว่าตัวแปรสังเกตได้นั้นไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด

ในโมเดลลิสเรลจะประกอบด้วยโมเดล 2 โมเดล คือ โมเดลการวัด (Measurement Model) และโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) โมเดลการวัดเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝง (Latent Variable) กับตัวแปรสังเกตได้ (Observed Variable) ส่วนโมเดลโครงสร้าง เป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกัน ซึ่ง

ความสัมพันธ์ทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 โมเดลความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรในโมเดล

สิ่งที่ผู้อ่านต้องจำและทำความเข้าใจก็คือ การใช้สัญลักษณ์แทนเมตริกซ์ทั้ง 8 เมตริกซ์ สัญลักษณ์แทนเวกเตอร์ตัวแปร 4 เวกเตอร์ และสัญลักษณ์แทนเวกเตอร์ความคลาดเคลื่อนอีก 3 เวกเตอร์ สัญลักษณ์เหล่านี้ Joreskog และ Sorbom ใช้เป็นภาษากรีก แต่ในการเขียนคำสั่งเพื่อการวิเคราะห์และผลในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ตัวย่อภาษาอังกฤษ จึงขอแนะนำทั้งภาษากรีก และตัวย่อภาษาอังกฤษ สัญลักษณ์แต่ละตัวมีความหมายดังต่อไปนี้

ภาษากรีก	คำอ่าน	ภาษาอังกฤษ	แทน
ξ	Ksi	K	เวกเตอร์ตัวแปรแฝงภายนอก
η	Eta	E	เวกเตอร์ตัวแปรแฝงภายใน
X	Eks	X	เวกเตอร์ตัวแปรภายนอกที่สังเกตได้
Y	Wi	Y	เวกเตอร์ตัวแปรภายในที่สังเกตได้

6 การวัดผลการศึกษามนุษ

ภาษากรีก	คำอ่าน	ภาษาอังกฤษ	แทน
δ	Delta	d	เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X
ϵ	Epsilon	e	เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน e ในการวัดตัวแปร Y
ζ	Zeta	z	เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อน z ในการวัดตัวแปร η
λ_X	Lamda-X	LX	เมตริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ X บน ξ
λ_Y	Lamda-Y	LY	เมตริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ Y บน η
γ	Gamma	GA	เมตริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจากตัวแปร ξ ต่อ η
β	Beta	BE	เมตริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร η
ϕ	Phi	PH	เมตริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง
ψ	Psi	PS	เมตริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน z
θ_δ	Theta-Delta	TD	เมตริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน d
θ_ϵ	Theta-Epsilon	TE	เมตริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน e

ตัวแปรในสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) มีความสัมพันธ์แสดงในรูปสมการโครงสร้าง ดังนี้

$$\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \zeta_1$$

$$\eta_2 = \beta_{21}\eta_1 + \gamma_{21}\xi_1 + \gamma_{22}\xi_2 + \zeta_2$$

ตัวแปรโมเดลในการวัด (Measurement Model) มีความสัมพันธ์กันแสดงในรูปแบบของสมการดังนี้

$$\begin{aligned} X_1 &= \lambda_{X_{11}}\xi_1 + \delta_1 & X_2 &= \lambda_{X_{21}}\xi_1 + \delta_2 \\ X_3 &= \lambda_{X_{32}}\xi_2 + \delta_3 & X_4 &= \lambda_{X_{42}}\xi_2 + \delta_4 \\ Y_1 &= \lambda_{Y_{11}}\eta_1 + \epsilon_1 & Y_2 &= \lambda_{Y_{21}}\eta_1 + \epsilon_2 \\ Y_3 &= \lambda_{Y_{32}}\eta_2 + \epsilon_3 & Y_4 &= \lambda_{Y_{42}}\eta_2 + \epsilon_4 \end{aligned}$$

2. กำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (Specification of the Model)

การวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสเรลนั้น สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งโมเดลที่มีตัวแปรแฝงหรือตัวแปรสังเกตได้ วิเคราะห์ได้ทั้งข้อมูลที่เป็นโมเดลความสัมพันธ์ทางเดียวและความสัมพันธ์ย้อนกลับ ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีนี้ จึงต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งสามารถกำหนดข้อมูลจำเพาะได้ 3 รูปแบบ คือ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2537 : 22)

1. พารามิเตอร์กำหนด (Fixed Parameter : FI) หมายถึง พารามิเตอร์ในโมเดลการวิจัยที่ไม่มีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปร ซึ่งสามารถกำหนดค่าความสัมพันธ์ในเมตริกซ์ด้วยสัญลักษณ์ "0"

2. พารามิเตอร์บังคับ (Constrained Parameters : ST) หมายถึง พารามิเตอร์ในโมเดลการวิจัยที่มีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปร และพารามิเตอร์ขนาดอิทธิพลนั้นเป็นค่าที่จะต้องมีการประมาณแต่มีเงื่อนไขกำหนดให้ พารามิเตอร์บางตัวมีค่าเฉพาะคงที่ ซึ่งถ้าบังคับให้เป็น 1 ก็ สามารถกำหนดค่าความสัมพันธ์ในเมตริกซ์ด้วยสัญลักษณ์ "1"

3. พารามิเตอร์อิสระ (Free Parameters : FR) หมายถึง พารามิเตอร์ในโมเดลการวิจัยที่ต้องการประมาณค่าและไม่ได้บังคับให้มีค่าอย่างใดอย่างหนึ่ง ใช้สัญลักษณ์ *

เพื่อให้เป็นที่เข้าใจชัดเจนถึงลักษณะของโมเดลลิสเรล และการกำหนดค่าเมตริกซ์ทั้ง 8 เมตริกซ์ที่จะประมาณค่า ผู้เขียนขอยกตัวอย่างโมเดลการวิจัย ตามภาพประกอบ 1 โมเดลนี้แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรที่เป็นสาเหตุหรือตัวแปรอิสระจำนวน 3 ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรภายนอกแฝง 2 ตัวแปร คือ ξ_1 และ ξ_2 และตัวแปรภายในแฝง 1 ตัวแปร คือ η_1 ตัวแปรตาม 1 ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรภายในแฝงคือ η_2 ตัวแปรทั้งหมดเป็นคุณลักษณะแฝงที่วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 8 ตัวแปร คือ ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ X_1, X_2, X_3 และ X_4 ตัวแปรภายในสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ Y_1, Y_2, Y_3 และ Y_4

จากภาพประกอบ 1 สามารถเขียนเมตริกซ์ทั้ง 8 เมตริกซ์ ดังนี้

$$LX = \begin{bmatrix} LX(1,1) & LX(1,2) \\ LX(2,1) & LX(2,2) \\ LX(3,1) & LX(3,2) \\ LX(4,1) & LX(4,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & 0 \\ * & 0 \\ 0 & * \\ 0 & * \end{bmatrix} \quad LY = \begin{bmatrix} LY(1,1) & LY(1,2) \\ LY(2,1) & LY(2,2) \\ LY(3,1) & LY(3,2) \\ LY(4,1) & LY(4,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & 0 \\ * & 0 \\ 0 & * \\ 0 & * \end{bmatrix}$$

$$GA = \begin{bmatrix} GA(1,1) & GA(1,2) \\ GA(2,1) & GA(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & * \\ * & * \end{bmatrix} \quad BE = \begin{bmatrix} BE(1,1) & BE(1,2) \\ BE(2,1) & BE(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ * & 0 \end{bmatrix}$$

$$PH = \begin{bmatrix} PH(1,1) & PH(1,2) \\ PH(2,1) & PH(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & * \\ * & * \end{bmatrix} \quad PS = \begin{bmatrix} PS(1,1) & PS(1,2) \\ PS(2,1) & PS(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & 0 \\ 0 & * \end{bmatrix}$$

$$TD = \begin{bmatrix} TD(1,1) & TD(1,2) & TD(1,3) & TD(1,4) \\ TD(2,1) & TD(2,2) & TD(2,3) & TD(2,4) \\ TD(3,1) & TD(3,2) & TD(3,3) & TD(3,4) \\ TD(4,1) & TD(4,2) & TD(4,3) & TD(4,4) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & 0 & 0 & 0 \\ 0 & * & 0 & 0 \\ 0 & 0 & * & 0 \\ 0 & 0 & 0 & * \end{bmatrix}$$

$$TE = \begin{bmatrix} TE(1,1) & TE(1,2) & TE(1,3) & TE(1,4) \\ TE(2,1) & TE(2,2) & TE(2,3) & TE(2,4) \\ TE(3,1) & TE(3,2) & TE(3,3) & TE(3,4) \\ TE(4,1) & TE(4,2) & TE(4,3) & TE(4,4) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} * & 0 & 0 & 0 \\ 0 & * & 0 & 0 \\ 0 & 0 & * & 0 \\ 0 & 0 & 0 & * \end{bmatrix}$$

การกำหนดลักษณะพารามิเตอร์ว่าเป็นพารามิเตอร์กำหนด พารามิเตอร์บังคับ และพารามิเตอร์อิสระในเมตริกซ์ทั้ง 8 มีความสำคัญต่อการใช้โปรแกรมลิสเรลมาก ในการเขียนคำสั่งนักวิจัยต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของพารามิเตอร์ที่เขียนในรูปเมตริกซ์ทั้ง 8 ด้วยว่ามีรูปแบบ (Form) และสถานะ (Mode) ของพารามิเตอร์เป็นแบบใด รูปแบบของเมตริกซ์ที่ใช้ในโปรแกรมลิสเรล มี 9 รูปแบบ ตามเมตริกซ์ทางคณิตศาสตร์ทั่วไป ดังนี้

1. เมตริกซ์ศูนย์ (Zero Matrix = ZE)
2. เมตริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix = ID)
3. เมตริกซ์เอกลักษณ์, ศูนย์ (Identity, Zero Matrix = IZ)
4. เมตริกซ์ศูนย์, เอกลักษณ์ (Zero, Identity Matrix = ZI)
5. เมตริกซ์แนวทแยง (Diagonal Matrix = DI)
6. เมตริกซ์สมมาตร (Symmetric Matrix = SY)
7. เมตริกซ์ใต้แนวทแยง (Subdiagonal Matrix = SD)
8. เมตริกซ์สมมาตรมาตรฐาน (Standardized Symmetric Matrix = ST)
9. เมตริกซ์เต็มรูป (Full Matrix = FU)

สถานะ (Mode) ของเมตริกซ์ที่ใช้ในโปรแกรมกำหนดตามสถานะของสมาชิกในเมตริกซ์เป็น 2 สถานะ คือ พารามิเตอร์กำหนด (Fixed Parameter = FI) และพารามิเตอร์อิสระ (Free Parameter = FR)

3. ระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (Identification of the Model) คือ การระบุว่าสมการโครงสร้างนั้นสามารถนำมาประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เป็นค่าเดียวหรือไม่ ถ้าจำนวนสมการ

โครงสร้างเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดล พารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าตัวหนึ่งจะประมาณค่าพารามิเตอร์ตัวนั้นได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น เรียกโมเดลนั้นว่าโมเดลระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวได้พอดีหรือโมเดลระบุพอดี (Just Identified Model) ถ้าจำนวนสมการมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดล เรียกโมเดลนั้นว่า โมเดลระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวเกินพอดีหรือโมเดลระบุเกินพอดี (Over Identified Model) และถ้าจำนวนสมการน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าในโมเดล เรียกโมเดลนั้นว่า โมเดลระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวไม่พอดี (Under Identified Model) ซึ่งโมเดลที่ระบุเกินพอดี และโมเดลที่ระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวไม่พอดีนี้ไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวช่วยทำให้ทราบล่วงหน้าว่าโมเดลนั้นประมาณค่าพารามิเตอร์ได้หรือไม่

4. ประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล (Parameter Estimation from the Model) คือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยการแก้สมการโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นตัวที่ไม่ทราบค่าในสมการ ซึ่งการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสมัลสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ 6 วิธีด้วยกัน คือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Least Squares : ULS) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักสำคัญ (Generalized Least Squares : GLS) วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood : ML) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป (Generally Weighted Least Squares : WLS) วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักแนวทแยง (Diagonally Weighted Least Squares : DWLS) วิธีใช้ตัวแปรเป็นเครื่องมือ (Instrumental Variable : IV) และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสองขั้น (Two-stage Least Squares : TSLS)

5. ทดสอบความสอดคล้องของโมเดล (Validation of the Model) คือ การทดสอบความสอดคล้องของโมเดลที่เป็นสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ข้อมูลที่ไปเก็บรวบรวมมาจริง) การทดสอบด้วยโปรแกรมลิสมัลสามารถตรวจสอบได้หลายวิธี ผู้เขียนจะเสนอเฉพาะวิธีที่นิยมใช้ ดังนี้

5.1 ใช้ไคสแควร์ (Chi-square Statistic) วิธีนี้โมเดลที่มีความสอดคล้องก็คือโมเดลที่มีค่าไคสแควร์ต่ำหรือเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด

5.2 ใช้ดัชนีวัดความสอดคล้อง (Goodness of Fit Index : GFI) ดัชนี GFI มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ถ้าดัชนี GFI เข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องหรือกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5.3 ใช้ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index : AGFI) ได้จากการนำดัชนี GFI มาปรับแก้ โดยคำนึงถึงจำนวนตัวแปร กลุ่มตัวอย่าง และความเบี่ยงเบนค่าอิสระ ดัชนี AGFI มีคุณสมบัติเหมือนดัชนี GFI

5.4 ใช้ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษ (Root Mean Squared Residual : RMR) วิธีนี้ค่าดัชนี RMR ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การปรับโมเดล (Model Adjustment) เมื่อทดสอบความสอดคล้องของโมเดลแล้วพบว่าโมเดลตามสมมติฐานยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ต้องทำการปรับโมเดลใหม่ โดยพิจารณาจากการมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (β หรือ P_{ij}) ค่าดัชนีดัดแปรโมเดล ซึ่งเป็นค่าที่บ่งว่า โมเดลที่กำหนดหรือตั้งตามทฤษฎีนั้นสามารถทำการเปลี่ยนแปลงโมเดลให้สอดคล้องกับความเป็นจริงได้อีกหรือไม่ โดยค่าดัชนีดัดแปรต้องมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แต่ถ้าค่าที่ได้มากกว่าหรือน้อยกว่าศูนย์ก็อาจต้องทำการปรับโมเดลของการวิจัยที่ตั้งไว้ โดยการพิจารณาเส้นทางของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามซึ่งอาจจะเพิ่มหรือลดเส้นทางก็ได้ แล้วทำการวิเคราะห์เส้นทางตั้งแต่แรกอีกครั้งหนึ่ง ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าดัชนีแปรรูปมีค่าเป็นศูนย์หรือเข้าใกล้ศูนย์ จึงจะสามารถนำค่าประมาณขนาดอิทธิพลไปใช้ในการอธิบายโมเดลความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้

6. การแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Translation of Results Analysis) คือ การนำค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ได้จากการคำนวณที่นำมาใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่มีนัยสำคัญทางสถิติมาแทนค่าในโมเดล ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจะบอกขนาดอิทธิพลและทิศทางของตัวแปรเหตุต่อตัวแปรผล โดยทิศทางของความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลนั้นมี 2 ประเภท คือ อิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อม

การเขียนคำสั่งโปรแกรมลิสเรล

การเขียนคำสั่งโปรแกรมลิสเรล ต้องพิมพ์คำสั่งในโปรแกรมลิสเรลหรือโปรแกรม Q-Edit ก็ได้ และบันทึกชื่อแฟ้ม เป็น *.inp (* หมายถึง ชื่อแฟ้ม) ลักษณะของคำสั่งจะแบ่งเป็น 5 ส่วนดังนี้

1. ชื่อเรื่อง (Title) ให้พิมพ์ชื่องานที่วิเคราะห์ไว้ในบรรทัดแรก โดยไม่จำกัดความยาว และต้องไม่ขึ้นต้นด้วยอักษร DA
2. ข้อมูล (Data) ต้องขึ้นต้นด้วย DA ต่อด้วยลักษณะข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย จำนวนตัวแปร (NI) จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (NO) ชื่อตัวแปร (LA) เมตริกซ์ข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ เช่น เมตริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (KM) ค่าเฉลี่ย (ME) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การจัดลำดับตัวแปร (SE) เป็นต้น
3. การสร้างโมเดล (Model) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล พิมพ์ขึ้นต้นด้วย MO ตามด้วยจำนวนตัวแปรตามหรือตัวแปรภายในสังเกตได้ (NY) จำนวนตัวแปรอิสระหรือตัวแปรภายนอกสังเกตได้ (NX) ตามด้วยรูปแบบเมตริกซ์และสถานะของเมตริกซ์ที่กำหนดเป็นข้อมูลจำเพาะของโมเดล
4. ผลการวิเคราะห์ (Output) เป็นการกำหนดผลการวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยต้องการ จะมีคำสั่งในส่วนที่เป็นการกำหนดวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ ให้พิมพ์ขึ้นต้นด้วย OU ตามด้วยผลการวิเคราะห์ที่ต้องการให้โปรแกรมวิเคราะห์ เช่น ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าสถิติที่ (TV) อิทธิพลรวม (EF) ดัชนีดัดแปรโมเดล (MI) จำนวนทศนิยม (ND=2) เป็นต้น

5. การสร้างภาพแสดงอิทธิพล (Path Diagram) คำสั่งนี้จะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้ เป็นคำสั่งที่ให้โปรแกรมสร้างภาพแสดงความสัมพันธ์พร้อมแสดงค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของตัวแปรในโมเดล เพื่อให้เป็นที่เข้าใจถึงการเขียนคำสั่งโปรแกรมลิสเรล ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการเขียนคำสั่งและตัวอย่างของผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรลของตัวอย่างงานวิจัยท้ายบทความนี้ ซึ่งเป็นโมเดลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนของการวัด ดังนี้

ตัวอย่างการเขียนคำสั่ง

PATH ANALYSIS FOR ACHI	(1. ชื่อเรื่อง)
DA NI=10 NO=364	(2. ข้อมูล)
LA	
'X8'X3'X7'X4'X6'X2'X5'X1'X9'ACH'	
KM	
1.000	
0.232 1.000	
0.534 0.214 1.000	
0.371 0.085 0.302 1.000	
0.487 0.254 0.468 0.323 1.000	
0.143 0.020 0.114 0.241 0.077 1.000	
0.429 0.115 0.354 0.555 0.410 0.169 1.000	
0.206 0.139 0.178 0.403 0.101 0.563 0.273 1.000	
0.402 0.146 0.377 0.425 0.378 0.203 0.403 0.256 1.000	
0.280 0.158 0.183 0.415 0.185 0.516 0.280 0.622 0.352 1.000	
ME	
57.489 56.550 54.077 59.841 53.794 10.907 52.484 17.379 14.967 18.929	
SD	
6.839 2.090 8.206 6.783 7.143 3.838 6.148 5.295 2.506 5.656	
SE	
5 6 7 8 9 10 1 2 3 4	
MO NY=6 NX=4 BE=SD,FI GA=FU,FI PH=DI,FR PS=DI,FR	(3. การสร้างโมเดล)
FR BE(2,1)BE(4,1)BE(4,2)BE(6,2)BE(4,3)BE(6,3)BE(6,4)BE(6,5)C	
GA(1,1)GA(3,1)GA(1,2)GA(6,2)GA(1,3)GA(4,3)GA(5,3)GA(4,4)GA(5,4)GA(6,4)	
ST 1 PH(1,1)PH(2,2)PH(3,3)PH(4,4)	
OU SE TV EF MI ND=2	(4. ผลการวิเคราะห์)
PATH DIAGRAM	(5. การสร้างภาพอิทธิพล)

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล
 เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่มีปริมาณมากดังนั้นผู้เขียนขอเสนอผลการวิเคราะห์เฉพาะส่วนที่ต้องการใช้ ดังนี้

1. ค่าที่ได้จากการประมาณด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (ML)

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)						
BETA						
	X6	X2	X5	X1	X9	ACH
X6	--	--	--	--	--	--
X2	0.04 (0.03) 1.46	--	--	--	--	--
X5	--	--	--	--	--	--
X1	-0.05 (0.03) -1.49	0.68 (0.06) 11.94	0.05 (0.04) 1.28	--	--	--
X9	--	--	--	--	--	--
ACH	--	0.34 (0.07) 5.21	-0.01 (0.04) -0.20	0.42 (0.05) 7.99	0.31 (0.10) 3.26	--
GAMMA						
	X8	X3	X7	X4		
X6	0.33 (0.05) 5.95	0.42 (0.15) 2.71	0.24 (0.05) 5.29	--		
X2	--	--	--	--		
X5	0.39 (0.04) 9.00	--	--	--		
X1	--	--	0.04 (0.03) 1.19	0.20 (0.03) 6.01		
X9	--	--	0.08 (0.01) 5.70	0.13 (0.02) 7.13		
ACH	--	0.18 (0.10) 1.76	--	0.12 (0.04) 3.19		

2. ค่าความสอดคล้องของโมเดลสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์

<p>Goodness of Fit Statistics Degrees of Freedom = 27 Minimum Fit Function Chi-Square = 178.00 (P = 0.0) Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 169.19 (P = 0.0) Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 142.19 90 Percent Confidence Interval for NCP = (104.83 ; 187.05) Root Mean Square Residual (RMR) = 3.58 Standardized RMR = 0.11 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.91 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.83 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.45</p>

3. ค่าดัชนีตัดแปรโมเดล (MI)

Modification Indices and Expected Change						
Modification Indices for BETA						
	X6	X2	X5	X1	X9	ACH

X6	--	4.98	17.36	0.14	10.53	0.46
X2	--	--	7.13	20.90	11.37	19.52
X5	23.32	5.11	--	23.19	25.27	26.45
X1	--	--	--	--	0.67	4.85
X9	11.96	3.82	6.87	2.72	--	4.79
ACH	0.20	--	--	--	--	--
Modification Indices for GAMMA						
	X8	X3	X7	X4		
X6	--	--	--	7.98		
X2	5.27	0.00	2.81	17.64		
X5	--	0.11	9.60	79.94		
X1	0.43	7.32	--	--		
X9	11.91	1.71	--	--		
ACH	2.13	--	0.34	--		

4. คำแนะนำของโปรแกรมให้ปรับโมเดล

Maximum Modification Index is 79.94 for Element (3, 4) of GAMMA

5. ค่าอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรต่าง ๆ

Total and Indirect Effects				
Total Effects of X on Y				
	X8	X3	X7	X4
X6	0.33 (0.05)	0.42 (0.15)	0.24 (0.05)	--
X2	5.95 0.01 (0.01)	2.71 0.02 (0.01)	5.29 0.01 (0.01)	--
X5	1.42 0.39 (0.04)	1.29	1.41	--
X1	9.00 0.01 (0.02)	-0.01 (0.02)	0.03 (0.03)	0.20 (0.03)
X9	0.56	-0.58	1.07 (0.01)	6.01 (0.02)
ACH	0.37 (0.02)	1.77 (0.10)	5.70 (0.02)	7.13 (0.04)
Indirect Effects of X on Y				
	X8	X3	X7	X4
X6	--	--	--	--
X2	0.01 (0.01)	0.02 (0.01)	0.01 (0.01)	--
X5	1.42	1.29	1.41	--
X1	0.01 (0.02)	-0.01 (0.02)	-0.01 (0.01)	--
X9	0.56	-0.58	-0.59	--
ACH	0.01 (0.02)	0.00 (0.01)	0.04 (0.02)	0.12 (0.02)
	0.37	0.19	2.70	5.64

Total Effects of Y on Y						
	X6	X2	X5	X1	X9	ACH
X6	--	--	--	--	--	--
X2	0.04 (0.03) 1.46	--	--	--	--	--
X5	--	--	--	--	--	--
X1	-0.02 (0.04) -0.60	0.68 (0.06)	0.05 (0.04)	--	--	--
X9	--	--	--	--	--	--
ACH	0.00 (0.02) 0.19	0.63 (0.06)	0.01 (0.04)	0.42 (0.05)	0.31 (0.10)	--
Largest Eigenvalue of B*B' (Stability Index) is 0.661						
Indirect Effects of Y on Y						
	X6	X2	X5	X1	X9	ACH
X6	--	--	--	--	--	--
X2	--	--	--	--	--	--
X5	--	--	--	--	--	--
X1	0.03 (0.02) 1.45	--	--	--	--	--
X9	--	--	--	--	--	--
ACH	0.00 (0.02) 0.19	0.28 (0.04)	0.02 (0.02)	--	--	--

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บในทุกแห่ง เป็นค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด

ตัวอย่างงานวิจัย

ชื่อเรื่อง ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด

ผู้วิจัย มิถุชมนัส วรณมทินทร์ (ปี พ.ศ. 2544)

ภูมิหลัง

มนุษย์ใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสาร ใช้ในการแสดงออกทางความรู้สึกนึกคิด และถ่ายทอดวัฒนธรรมต่าง ๆ ในด้านการศึกษาเราใช้ภาษาไทยเป็นเครื่องมือในการศึกษาและแสวงหาความรู้ในสรรพวิทยาการสาขาต่าง ๆ เมื่อมีวิชาต่าง ๆ เพิ่มขึ้นในหลักสูตรมากขึ้น การเรียนการสอนภาษาไทยก็มีความสำคัญขึ้นมาอีกแง่หนึ่งที่ต้องใช้เป็นเครื่องมือศึกษาค้นคว้าวิชาการต่าง ๆ ให้กว้างขวางออกไป ไม่ว่าจะเป็นวิชาอะไรย่อมต้องใช้ภาษาไทยเป็นสื่อในการสอน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะพัฒนาการเรียนการสอนวิชาภาษาไทยเป็นอันดับแรกเสียก่อน การศึกษาระดับประถมศึกษาเป็นการศึกษาพื้นฐานที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้สามารถพัฒนา

คุณภาพชีวิตให้พร้อมที่จะทำประโยชน์ให้กับสังคม ตามบทบาทและหน้าที่ของตนในฐานะพลเมืองดี ตามระบอบการปกครองแบบประชาธิปไตยที่มีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข โดยให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิต ทนต่อการเปลี่ยนแปลงมีสุขภาพสมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ ทำงานเป็นและครองชีวิตอย่างสงบสุข ถึงแม้หลักสูตรจะได้ให้ความสำคัญและชี้ให้ประจักษ์ถึงคุณค่าในการศึกษาวิชาภาษาไทย แต่คุณภาพการเรียนรู้วิชาภาษาไทยของนักเรียนยังไม่เป็นที่น่าพอใจ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่สมควรได้รับการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้ศึกษาเหตุผลและหลักการจากทฤษฎีและผลการวิจัยของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน จึงมีความสนใจที่จะศึกษาตัวแปรหรือปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย คือ ความรู้พื้นฐานเดิม รูปแบบการเรียน มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง ความถนัดทางภาษา ความตั้งใจเรียน คุณภาพของการสอน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความเอาใจใส่ของ ผู้ปกครอง เจตคติต่อวิชาภาษาไทย ว่ามีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หรือไม่ โดยใช้การวิเคราะห์สาเหตุหรือการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL 8.30 ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นข้อเสนอแนะในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาภาษาไทยเพื่อให้บรรลุ จุดมุ่งหมายต่อไป

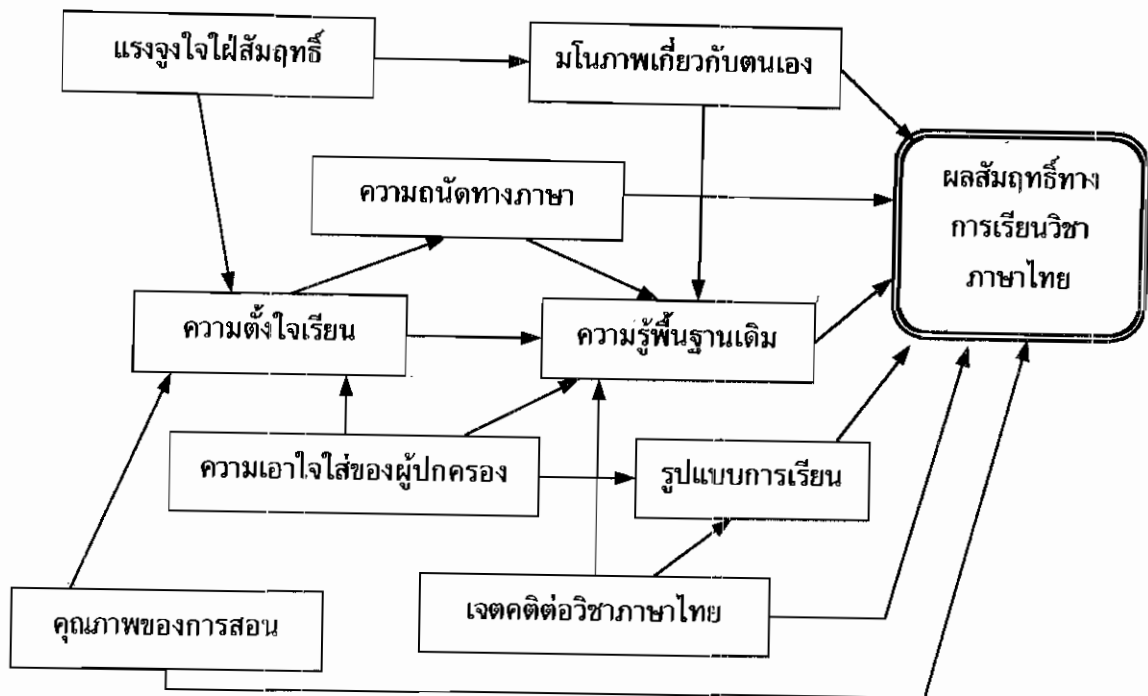
ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย
2. เพื่อพัฒนารูปแบบของปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

ภาษาไทย

สมมติฐานของการวิจัย

1. ตัวแปรที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม และรูปแบบการเรียน
2. ตัวแปรที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุทั้งโดยตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ได้แก่ ความถนัดทางภาษา คุณภาพของการสอน เจตคติต่อวิชาภาษาไทย และมโนภาพเกี่ยวกับตนเอง
3. ตัวแปรที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ได้แก่ ความตั้งใจเรียน ความเอาใจใส่ของผู้ปกครอง และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์
4. รูปแบบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยตามสมมติฐานเป็นดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 รูปแบบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยตามสมมติฐาน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543
สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 364 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบทดสอบ จำนวน 3 ฉบับ และ แบบวัด
จำนวน 7 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานเดิม ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัด
ความถนัดทางภาษา ฉบับที่ 3 แบบวัดรูปแบบการเรียน ฉบับที่ 4 แบบวัดเจตคติต่อวิชาภาษาไทย
ฉบับที่ 5 แบบวัดมโนภาพเกี่ยวกับตนเอง ฉบับที่ 6 แบบวัดความตั้งใจเรียน ฉบับที่ 7 แบบวัด
คุณภาพของการสอน ฉบับที่ 8 แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ฉบับที่ 9 แบบวัดความเอาใจใส่ของ
ผู้ปกครอง ฉบับที่ 10 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

พบว่าค่าเฉลี่ยของความรู้พื้นฐานเดิม และความถนัดทางภาษา มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มเล็กน้อย ส่วนค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย มีค่าต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มเล็กน้อย ตัวแปรอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันและสูงกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกตัวแปรมีค่าใกล้เคียงกันเกือบทุกค่ายกเว้นคุณภาพของการสอน และรูปแบบการเรียน (แบบมีส่วนร่วม) ที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่าตัวแปรอื่น ๆ ตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดมากที่สุด ได้แก่ ความเอาใจใส่ของผู้ปกครอง และตัวแปรที่มีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดน้อยที่สุด ได้แก่ คุณภาพของการสอน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

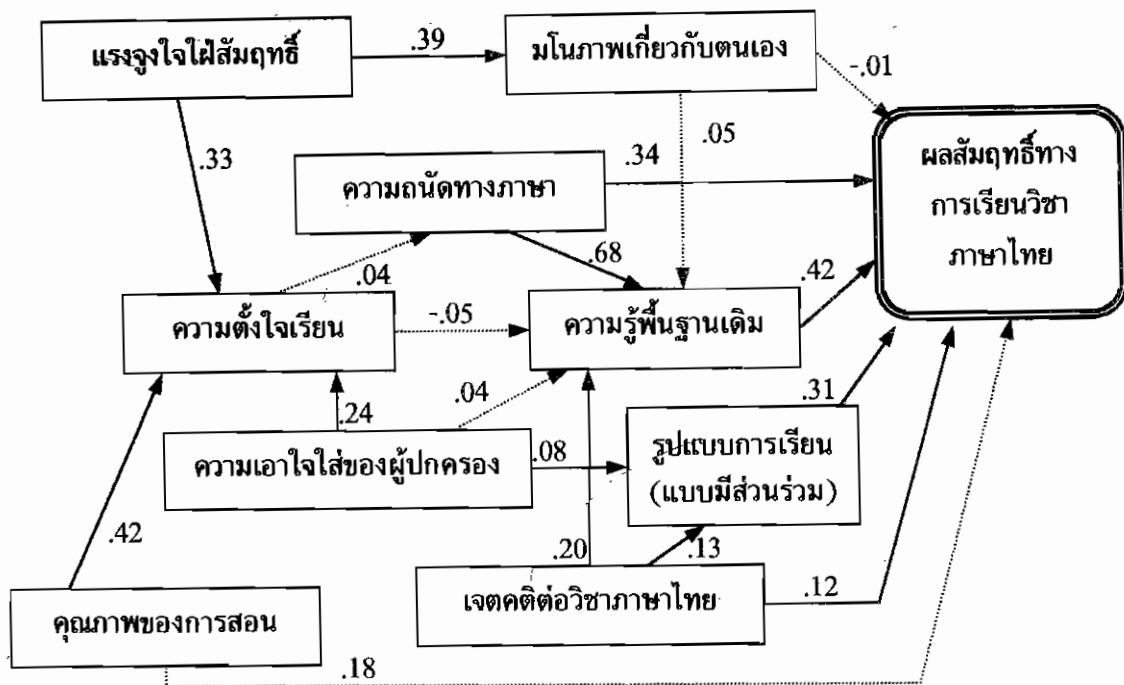
จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Intercorrelation) ระหว่างตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรพยากรณ์ด้วยกัน และระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละตัวกับตัวแปรตามซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรอิสระที่เป็นตัวพยากรณ์ด้วยกัน ทั้ง 9 ตัวแปร รวมทั้งหมด 36 ค่า พบว่ามีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.02 - 0.56 เป็นค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 32 ค่า และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 4 ค่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันที่มีค่าสูงสุด คือ ความรู้พื้นฐานเดิมกับความถนัดทางภาษา

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่เป็นตัวแปรพยากรณ์ทั้ง 9 ตัวกับตัวแปรตามซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์ พบว่า มีค่าตั้งแต่ .16 ถึง .62 มีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุด ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในระดับน้อยที่สุด คือ คุณภาพของการสอน

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมลิสรเอล

1. ผลการวิเคราะห์เส้นทางจากรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน

ผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเขียนกำกับแต่ละเส้นทางของรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานเพื่อแสดงขนาดความสัมพันธ์ของตัวแปรในแต่ละคู่ ปรากฏดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ผลการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาค่าสถิติวัดระดับความสอดคล้องของรูปแบบพบว่า ค่าสถิติ χ^2 มีค่าเท่ากับ 178.00 ($p = 0.00$) ค่าสถิติ GFI มีค่าเท่ากับ 0.91 และค่าสถิติ AGFI มีค่าเท่ากับ 0.83 แสดงว่า รูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เนื่องจากค่าสถิติ χ^2 สูงมากและมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ค่าสถิติ GFI และค่าสถิติ AGFI ยังมีค่าต่ำ

2. การปรับรูปแบบความสัมพันธ์ให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

เนื่องจากรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้นจึงได้ปรับปรุงรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานใหม่ เพื่อให้ได้รูปแบบความสัมพันธ์ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงรูปแบบ โดยพิจารณาจากคำแนะนำของโปรแกรมลิสเรล ค่าดัชนีตัดแปรรูปแบบที่ปรากฏในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวแปรที่ศึกษา และการไม่มีนัยสำคัญของค่าสถิติที (t-value) จนรูปแบบผลการเรียนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งดัชนีตัดแปรรูปแบบมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ค่าสถิติ χ^2 เข้าใกล้ศูนย์และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าสถิติ GFI และ ค่าสถิติ AGFI มีค่าเข้าใกล้ 1 และค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางทุกเส้นทางที่ปรากฏในรูปแบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงรูปแบบครั้งนี้จำนวน 6 ครั้ง ปรากฏดังตารางนี้

ตาราง ปรับปรุงรูปแบบตามแนวทางการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล

ครั้งที่	เหตุผลที่เปลี่ยนแปลง	เส้นทางที่เปลี่ยนแปลง	ค่าสถิติวัดระดับความสอดคล้อง		
			χ^2	GFI	AGFI
1.	เพิ่มเส้นทางที่มีค่าดัชนีตัดแปรโมเดลมากกว่า 50 จำนวน 1 คู่	$X_4 \rightarrow X_5$	86.55 ($p = 0.00$) df = 26	0.96	0.91
2.	ลดเส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่า t น้อยกว่า ± 1.00 จำนวน 1 คู่	$X_5 \rightarrow X_7$	86.58 ($p = 0.00$) df = 27	0.96	0.91
3.	เพิ่มเส้นทางที่มีค่าดัชนีตัดแปรโมเดลมากกว่า 10 จำนวน 4 คู่	$X_4 \rightarrow X_2$ $X_6 \rightarrow X_5$ $X_6 \rightarrow X_9$ $X_8 \rightarrow X_9$	32.64 ($p = 0.09$) df = 23	0.98	0.96
4.	ลดเส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่า t น้อยกว่า ± 1.500 จำนวน 4 คู่	$X_5 \rightarrow X_1$ $X_6 \rightarrow X_1$ $X_6 \rightarrow X_2$ $X_7 \rightarrow X_1$	36.11 ($p = 0.11$) df = 27	0.98	0.96
5.	เพิ่มเส้นทางที่มีค่าดัชนีตัดแปรโมเดลมากกว่า 4 จำนวน 4 คู่	$X_2 \rightarrow X_9$ $X_3 \rightarrow X_1$ $X_4 \rightarrow X_6$ $X_5 \rightarrow X_9$	12.87 ($p = 0.95$) df = 23	0.99	0.98
6.	ลดเส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 2 คู่	$X_2 \rightarrow X_9$ $X_3 \rightarrow X_7$	19.81 ($p = 0.76$) df = 25	0.99	0.98

เมื่อพิจารณาค่าสถิติวัดระดับความสอดคล้องของรูปแบบ แสดงว่ารูปแบบความสัมพันธ์ที่ปรับแก้สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เนื่องจากค่าสถิติ χ^2 มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ค่าสถิติ GFI และค่าสถิติ AGFI ยังมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์เส้นทางของรูปแบบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด สรุปได้ดังนี้

1. ตัวแปรที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม และรูปแบบการเรียน (แบบมีส่วนร่วม)
2. ตัวแปรที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยตรงและโดยทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ได้แก่ ความถนัดทางภาษา และเจตคติต่อวิชาภาษาไทย
3. ตัวแปรที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ได้แก่ คุณภาพของการสอน มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง ความตั้งใจเรียน ความเอาใจใส่ของผู้ปกครอง และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

บรรณานุกรม

- นงลักษณ์ วิรัชชัย. ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น (LISREL) : สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
- บุญชม ศรีสะอาด. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2541.
- มณู ดอนมอญ. การเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของรูปแบบผลการเรียนที่ได้จากการวิเคราะห์เส้นทางแบบพี เอ คิว และแบบพี เอ แอล. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2540.
- เอื้อมพร หลินเจริญ. "การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมลิสเรล Statistical Data Analysis by LISREL Program," วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 4(1) : 81 - 100 ; พฤศจิกายน - ธันวาคม, 2542.
- Kerlinger, Fred N. and Elazar J. Pedhazur. *Multiple Regression in Behavioral Research.* New York : Holt, Rinehart and Winston, 1973.