บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายงานการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอแยกเป็น 5 ตอน คือ ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดความเปลี่ยนแปลง ตอนที่ 2 แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) ตอนที่ 3 แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์แบบพหุระดับ ตอนที่ 4 แนวคิดในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ (Multilevel Latent Growth Curve Model: MLGCM) และตอนที่ 5 แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

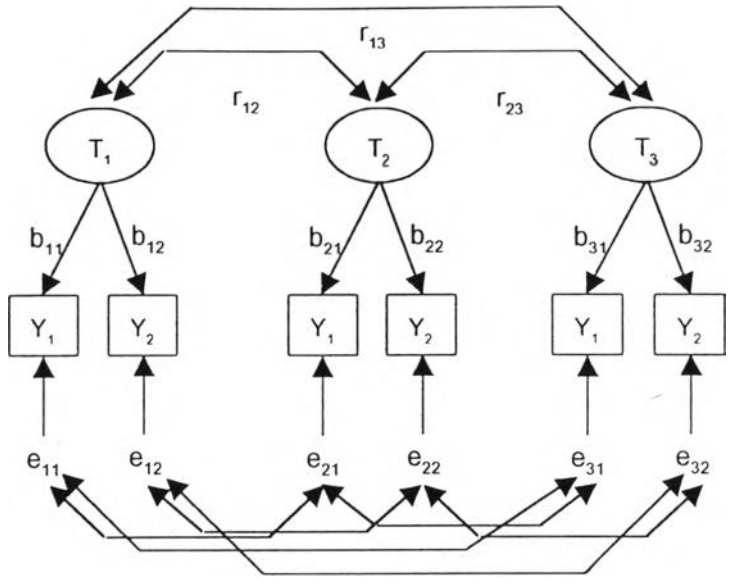
1. แนวคิดในการวัดความเปลี่ยนแปลง

วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงที่ใช้ในงานวิจัยมีการพัฒนามาเป็นระยะเวลานานแล้ว ซึ่งวิธีการวัดความเปลี่ยนแปลงในอดีตจะใช้วิธีการวัดความเปลี่ยนแปลงเพียง 2 ครั้งเท่านั้น คือ ก่อนเรียนกับหลังเรียน แล้วจึงทำการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนที่วัดมาได้ ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการวัดแบบนี้จะเรียกว่า "แนวคิดการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม" (classical methods for measuring change) ซึ่งมีหลายแบบด้วยกัน เช่น วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนที่สังเกตได้ (difference score) ซึ่งวิธีพบว่ามีข้อเสียคือ มีค่าความเที่ยงที่ต่ำ และอาจก่อให้เกิดความสัมพันธ์ลวง (spurious correlation) ขึ้นได้ แบบที่ 2 คือ วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวล (residual change score) ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะสามารถแก้ไขในเรื่องของการเกิดความสัมพันธ์ลวง (spurious correlation) ได้ แต่วิธีนี้ก็ยังคงมีข้อเสียอยู่ คือ ไม่สามารถบอกปริมาณการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนแต่ละคนได้ แบบที่ 3 วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด (estimated true gain score) การใช้วิธีนี้จะทำให้สามารถอธิบายถึงความเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนในแต่ละคนได้ แต่ว่าการใช้วิธีนี้ในเชิงการวัดยังไม่มีเหตุผลมารองรับเท่าที่ควร แบบที่4 วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน (based-free measurement of change) วิธีการนี้จะสามารถขจัดความสัมพันธ์ลวง (spurious correlation) ได้ อีกทั้งยังสามารถบอกได้ว่าผู้เรียนมีการเปลี่ยนจากคะแนนจริงก่อนเรียนเพียงใด แต่ว่าไม่สามารถบอกได้ถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนได้ แบบที่ 5 วิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ (relative gain score) วิธีนี้ยังขาดการตรวจสอบในด้านคุณสมบัติในเชิงทฤษฎีการวัดผล และแบบสุดท้ายคือ วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้โดยขจัดอิทธิพลเพดานของ อรุณี อ่อนสวัสดิ์ (2537) (ceiling

effect) วิธีการนี้มีค่าความเที่ยงในการวัดที่สูง แต่ยังมีข้อจำกัดในการวัดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถใช้ได้เฉพาะในสถานการณ์ที่กำหนดเท่านั้น

การวัดแบบดั้งเดิมในรูปแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นยังมีข้อบกพร่อง และข้อจำกัดในการใช้หลายประการ เช่น วิธีการวัดแบบดั้งเดิมจะไม่มีการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน แต่จะอนุโลมให้ความคลาดเคลื่อนของการวัดที่เกิดขึ้นในการวัดครั้งแรก และครั้งหลังนั้นสามารถหักลบกันเท่ากับศูนย์ ซึ่งเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (classical test theory) อีกทั้งการวัดความเปลี่ยนแปลงที่ใช้การวัดเพียงสองครั้ง จะให้ค่าความเที่ยงที่ต่ำกว่าการวัดหลาย ๆ ครั้ง และการวัดเพียงสองครั้งจะไม่สามารถอธิบายถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ยังประมาณค่าได้เฉพาะคะแนนการเปลี่ยนแปลง และอัตราการเปลี่ยนแปลงจากการวัดพัฒนาการซึ่งอยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นตรง ซึ่งจะไม่สามารถบอกอัตราการเปลี่ยนแปลงและรูปแบบพัฒนาการที่เป็นเส้นโค้งได้ (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537; เอื้อมพร หลินเจริญ, 2539; ประสิทธิ์ ไชยกาล, 2539; อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล, 2541)

ต่อมามีการปรับปรุงวิธีการวัดขึ้น มีการพัฒนาวิธีการวัดซึ่งจะเรียกวิธีการวัดแบบนี้ว่า "แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่" (recent methods of measurement of change) วิธีการวัดความเปลี่ยนแปลงในแนวใหม่นี้จะสามารถวัดความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากตัวแปรที่ใช้วัดได้หลายตัวแปร และหลายวิธี อีกทั้งยังมีการพัฒนาวิธีการวัดความเปลี่ยนแปลงให้มีการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป ซึ่งวิธีการวัดในแนวใหม่นี้จะเป็นนำโมเดลการวัด (measurement model) ที่อยู่ในรูปของสมการโครงสร้างเชิงเส้น (linear structure equation model) มาใช้ ซึ่งเราสามารถแบ่งการวัดในแนวใหม่นี้ได้เป็น 3 แบบ ตามลักษณะของโมเดลการวัด (measurement model) คือ โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปสมการโครงสร้างที่มีตัวแปรแฝง และตัวแปรทำนาย (structural equation model with latent variables and predictors) โมเดลที่ 2 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model) ซึ่งโมเดลในกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (baseline longitudinal factor analysis model) โมเดลนี้พัฒนาโดย Tisak และ Meredith (1990) ซึ่งประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้นำโมเดลนี้มาใช้ โมเดลนี้จะใช้หลักการ คือ คะแนนดิบของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรหนึ่ง ๆ ในช่วงเวลาที่ต่างกันจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ คะแนนองค์ประกอบร่วม (common factor score) และคะแนนองค์ประกอบเฉพาะ (unique factor score) ของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรนั้น ๆ ในช่วงเวลานั้น ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

ตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาที่ต่างกันจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง ผลคูณขององค์ประกอบร่วมกับน้ำหนักองค์ประกอบ ส่วนที่สอง คือ คะแนนองค์ประกอบเฉพาะ หรือความคลาดเคลื่อนในการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาที่ต่างกันจะเป็นตัวบอกว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาหนึ่งสามารถเป็นตัวทำนายองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาถัดไปได้ และโมเดลประเภทที่ 2 ในกลุ่มนี้ คือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง หรือโมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวของ Raykov (Raykov's latent variable growth curve model or longitudinal factor analysis model) โมเดลนี้จะกำหนดให้คะแนนดิบของแต่ละบุคคลที่วัดได้ในแต่ละครั้งประกอบไปด้วยตัวแปรแฝงคะแนนจริง องค์ประกอบเฉพาะ และตัวแปรแฝงคะแนนจริง สามารถประมาณค่าได้จากตัวบ่งชี้เดียว หรือหลายตัวก็ได้ โมเดลที่ 3 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของ McArdle, Hamagami และ Epstein (1998) (latent growth curve model developed by McArdle, Hamagami and Epstein) โมเดลนี้จะมีความคล้ายกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของ Raykov ต่างกันที่โมเดลนี้จะต้องมีการวัดตัวแปรอย่างน้อย 5 ครั้ง ซึ่งจะใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ โมเดลออโตรีเกรสซีพ (autoregressive model) และการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ทำให้โมเดลมีเทอมตัวคงที่ (constant) ในโมเดล และโมเดลไม่ต้องวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ 2 ขั้นตอนเหมือนโมเดลของ Raykov ตัวแปรสำคัญในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของ McArdle, Hamagami และ Epstein คือ ตัวแปรสังเกตได้ Y ซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลาของการวัด ค่าของตัวแปร $Y_{(t,n)}$ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

$L_{(t)}$ คือ ตัวแปรแฝงที่แสดงความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งผลการวัดครั้งแรกของแต่ละบุคคลจะมีค่าคงที่เสมอ

$S_{(t)}$ คือ ตัวแปรแฝงความชัน แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของบุคคล ซึ่งเครื่องหมาย + หรือ - จะเป็นตัวแสดงทิศทางในการเปลี่ยนแปลง โดยที่ตัวแปรแฝงความชันนี้จะมีค่าคงที่เสมอ

ε_t คือ ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนสุ่ม คะแนนนี้จะมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีความสัมพันธ์เป็นศูนย์กับตัวแปรอื่น ๆ ทั้งหมด

เราสามารถเขียนออกมาได้เป็นสมการดังนี้

$$Y_t = L_t + B_t S_{(t)} + E_t$$

$$S_{(t)} = M_S(1) + D_S S^*$$

$$L_{(t)} = M_L(1) + D_L L^*$$

ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังภาพดังนี้

โดย

Y_t คือ ตัวแปรสังเกตได้ในครั้งที่ t

L คือ ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรก

S คือ ตัวแปรแฝงความชัน หรืออัตราการเปลี่ยนแปลง

L^* คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงการวัดครั้งแรก

S^* คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชัน

E_t คือ ความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งที่ t

1 คือ ค่าคงที่ (constant) กำหนดให้เป็นตัวแปรสังเกตได้ และมีค่าเท่ากับ 1

B_t คือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบพื้นฐานหรือพารามิเตอร์ที่เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ t

M_L คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง L

M_S คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชัน หรือตัวแปรแฝง S

D_L คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง L

D_S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง S

D_e คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดครั้งที่ t

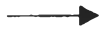
RLS คือ ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง L กับความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง S หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างองค์ประกอบของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง

ซึ่งสัญลักษณ์ต่าง ๆ มีความหมาย ดังนี้

คือ ตัวแปรสังเกตได้

คือ ตัวแปรแฝง

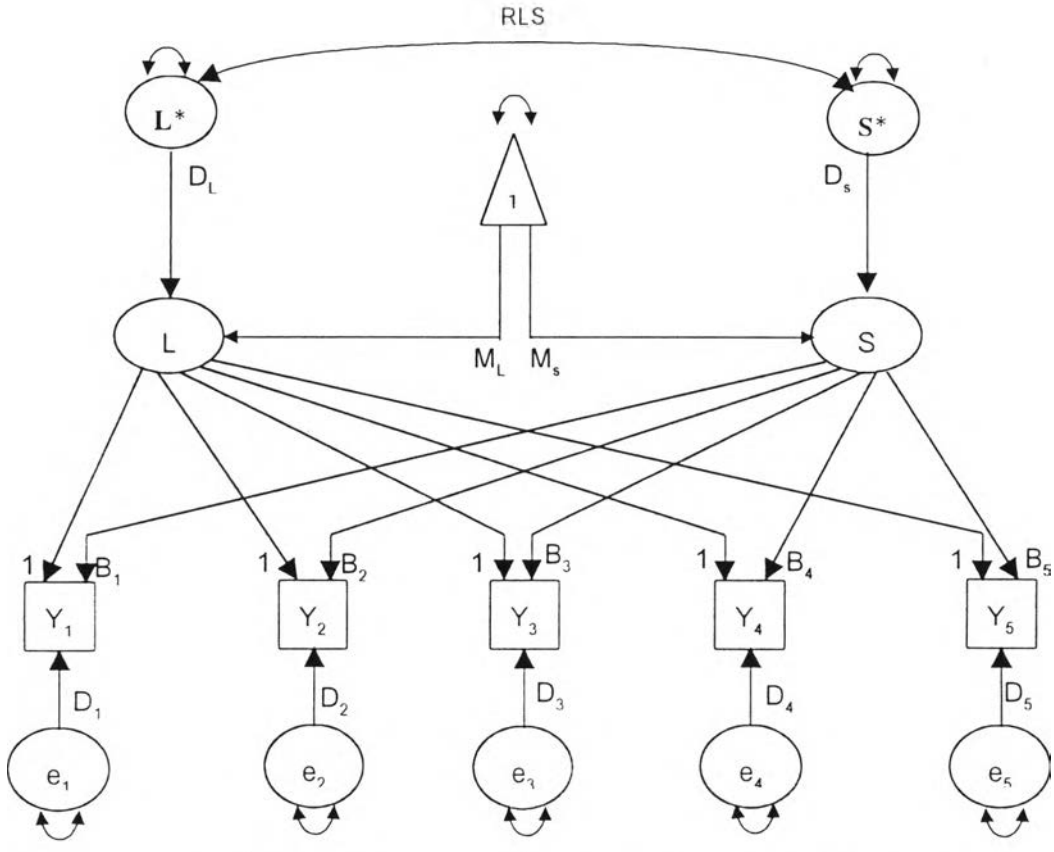
คือ ค่าคงที่

 คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงบนตัวแปรสังเกตได้

คือ ค่าความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม

ถึงแม้ว่าตัวแปรแฝงความชัน $[S_{(t)}]$ จะเป็นค่าคงที่ของบุคคลเช่นเดียวกับค่า L แต่การส่งผลต่อตัวแปรสังเกตได้ $Y_{(t)}$ ของตัวแปรแฝงความชันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะว่าตัวแปรนี้จะถูกคูณด้วย $B_{(t)}$ ซึ่ง $B_{(t)}$ ก็คือ น้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) จากตัวแปรแฝงความชันไปยังตัวแปรสังเกตได้ มีลักษณะเป็นฟังก์ชั่นซึ่งนำมาคูณกับค่าความชันในสมการ ตัวแปรนี้สามารถเปลี่ยนค่าได้ตามช่วงเวลา

จุดเด่นของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนี้นั้นมีจุดเด่น คือ มีความยืดหยุ่น (flexible) ที่อาจจะดัดแปลงโมเดลให้เหมาะสมกับโค้งพัฒนาการรูปแบบต่าง ๆ ได้ โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ B(t) ซึ่งในงานวิจัยของ McArdle และ Hamagami มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์เป็น 4 แบบได้ดังนี้ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter หรือ FRC model) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (latent growth curve model with fixed parameter หรือ FIC model) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model หรือ LIN model) และโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model หรือ NSB model) (เอื้อมพร หลินเจริญ, 2539; ประสิทธิ์ ไชยกาล, 2539; อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล, 2541)



ภาพที่ 2 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว

2. แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model)

โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model หรือ SEM) เป็นโมเดลที่สร้างขึ้นมาจากทฤษฎีเพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรหลาย ๆ ตัว SEM นี้พัฒนามาจากเทคนิคการวิเคราะห์ 2 อย่าง คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) และการวิเคราะห์อิทธิพล (path analysis)

โมเดลสมการโครงสร้างประกอบไปด้วยโมเดลสำคัญ 2 โมเดล คือ โมเดลการวัด (measurement model) และโมเดลโครงสร้าง (structural model) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

1. โมเดลการวัด (measurement model) ประกอบไปด้วย 2 โมเดล คือ โมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายนอก และโมเดลการวัดสำหรับตัวแปรภายใน โดยทั้ง 2 โมเดล จะแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ โมเดลการวัดสามารถเขียนเป็นสมการในรูปเมทริกซ์พร้อมทั้งขนาดของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\underset{(px1)}{X} = \underset{(pxm)(mx1)}{\Lambda_x \xi} + \underset{(px1)}{\varepsilon}$$

$$\underset{(qx1)}{Y} = \underset{(qxn)(nx1)}{\Lambda_y \eta} + \underset{(qx1)}{\zeta}$$

2. โมเดลโครงสร้าง (structural equation model) เป็นโมเดลที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง กับตัวแปรแฝง ξ และ η โดยทั่วไปมีความสัมพันธ์กันทั้งภายในกลุ่มตัวแปร และระหว่างกลุ่มตัวแปรด้วย โดย η ถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม (latent endogenous variables) และ ξ ถูกกำหนดเป็นตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ (latent exogenous variables) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\underset{(nx1)}{\eta} = \underset{(nxn)(nx1)}{\beta\eta} + \underset{(nxm)(mx1)}{\Gamma\xi} + \underset{(nx1)}{\zeta}$$

เมื่อนำโมเดลสมการโครงสร้างทั้ง 2 ส่วน มาเขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ได้ดังนี้

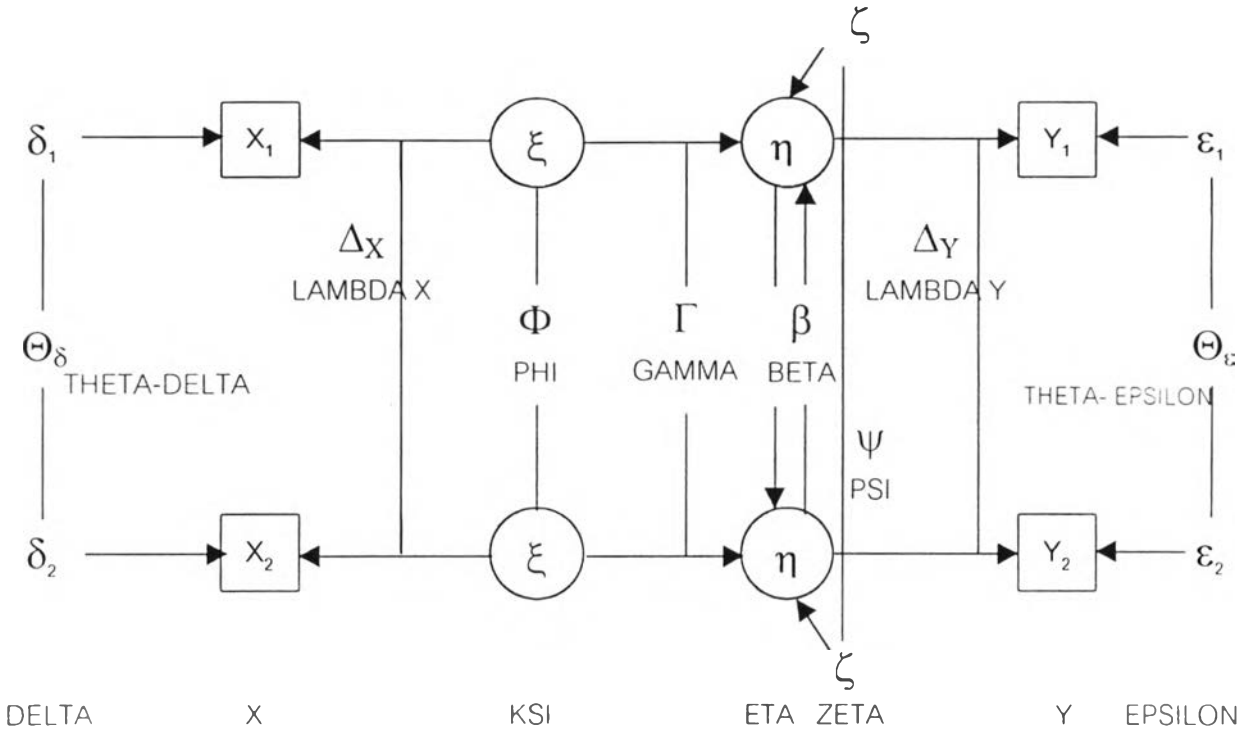
ในที่นี้

NX = จำนวนตัวแปรภายนอกสังเกตได้

NY = จำนวนตัวแปรภายในสังเกตได้

NK = จำนวนตัวแปรภายนอกแฝง

NE = จำนวนตัวแปรภายในแฝง



ภาพที่ 3 โมเดลเต็มรูปในลิสเรล (LISREL)

เวคเตอร์ของตัวแปรในโมเดลมีสัญลักษณ์อักษรกรีก คำอ่าน และความหมาย ดังต่อไปนี้

X	= Eks	=		เวคเตอร์ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ X ขนาด (NXx1)
Y	= Wi	=		เวคเตอร์ตัวแปรภายในสังเกตได้ Y ขนาด (NYx1)
ξ	= Xi	=		เวคเตอร์ตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด (NKx1)
η	= Eta	=		เวคเตอร์ตัวแปรภายในแฝง E ขนาด (NEx1)
δ	= Delta	=		เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน d ในการวัดตัวแปร X ขนาด (NXx1)
ε	= Epsilon	=		เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน e ในการวัดตัวแปร Y ขนาด (NYx1)
ζ	= Zeta	=		เวคเตอร์ความคลาดเคลื่อน z ของตัวแปร E ขนาด (NEx1)
Δ_X	= Lambda-X	= LX	=	เมทริกซ์สปส. การถดถอยของ K บน X ขนาด (NXxNX)
Δ_Y	= Lambda-Y	= LY	=	เมทริกซ์สปส. การถดถอยของ E บน Y ขนาด (NYxNY)
Γ	= Gamma	= GA	=	เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุจาก K ไป E ขนาด (NExNK)

β = Beta = BE = เมทริกซ์อิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่าง E ไป E ขนาด (NExNE)

Φ = Phi = PH = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรภายนอกแฝง K ขนาด (NKxNK)

ψ = Psi = PS = เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน Z ขนาด (NExNE)

Θ_δ = Theta-delta =TD= เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่าง ความคลาดเคลื่อน d ขนาด (NXxNX)

Θ_ε = Theta-epsilon =TE= เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน e ขนาด (NYxNY)

กระบวนการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างนั้นต้องสร้างโมเดลสมมติฐานการวิจัยก่อน แล้วจึงค่อยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสถิติทั่วไป คือ การเน้นความสำคัญของเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม (variance - covariance matrix) ระหว่างตัวแปร การประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโมเดล อาศัยหลักการที่ว่า พยายามทำให้ค่าของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้ซึ่งคำนวณจากข้อมูลเชิงประจักษ์มีค่าใกล้เคียงมากที่สุดพร้อมทั้งรายงานดัชนีความสอดคล้องด้วย สำหรับการวิเคราะห์โดยการใช้โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดในโมเดลเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรง เชิงบวก และเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (causal relationship) ลักษณะของการแจกแจงของตัวแปรทั้งตัวแปรภายนอกและภายในและความคลาดเคลื่อนต้องเป็นการแจกแจงแบบปกติ ความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ต้องมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ลักษณะความเป็นอิสระต่อกัน (independence) ระหว่างตัวแปรกับความคลาดเคลื่อนสามารถแยกได้ดังนี้คือ ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ตัวแปรและความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน แต่ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแต่ละกลุ่มอาจสัมพันธ์กันได้ และสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลา (time series data) ที่มีการวัดข้อมูลมากกว่า 2 ครั้ง การวัดตัวแปรต้องไม่ให้มีอิทธิพลจากช่วงเวลาเหลื่อม (time lag) ระหว่างการวัด

ลักษณะเด่นของโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) คือ มีการรวมเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ กับการวิเคราะห์การถดถอยไว้รวมกัน ทำให้ประสิทธิภาพการวิเคราะห์โมเดลของ SEM มีจุดเด่น 3 ประการด้วยกัน คือ สามารถผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ในแบบเดิมได้ เช่น การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณ (multiple correlation) มี

ข้อตกลงเบื้องต้นว่า ความคลาดเคลื่อนจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน และตัวแปรจะต้องวัดได้โดยไม่มีความคลาดเคลื่อน ซึ่งหากผู้วิจัยสร้างเครื่องมือในการวิจัยที่ไม่มีคุณภาพย่อมทำให้ผลการวิจัยไม่ถูกต้อง แต่การวิเคราะห์ด้วย SEM จะสามารถผ่อนคลายข้อตกลงข้อนี้ได้ ซึ่งนั่นทำให้เกิดข้อดีของ SEM ในประการที่สอง คือ ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้น เนื่องจากการวัดตัวแปรที่นำความคลาดเคลื่อนจากการวัดมาวิเคราะห์ด้วยจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์มีความถูกต้อง ชัดเจนมากกว่า อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) และการตรวจสอบความตรงของโมเดล (model validation)

ซึ่งการตรวจสอบว่าโมเดลสมมติฐานที่เราสร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เก็บมาได้นั้น สามารถพิจารณาได้จากดัชนีที่เสนอไว้ในผลการวิเคราะห์ คือ ค่าสถิติไค-สแควร์ (chi-square statistics) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) และดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษ (RMR) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) ก็ยังมีข้อจำกัดในบางเรื่องอยู่เช่นเดียวกัน คือ ไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นลักษณะลดหลั่นกันได้ (hierarchy) แต่ในปัจจุบันได้มีนักวิชาการ และนักวิจัยหลายท่านได้พยายามค้นหาวิธีจนสามารถนำโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) มาวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นลักษณะลดหลั่น (hierarchy) ได้ ซึ่งนั่นจะช่วยทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะพหุระดับมีความถูกต้อง และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากโมเดลสมการโครงสร้างสามารถแก้ปัญหาในเรื่องของความคลาดเคลื่อนจากการวัดได้ เนื่องจากมีการรวมเอาโมเดลการวัด (measurement model) เข้าไปในการวิเคราะห์ด้วยนั่นเอง

3. <u>แนวคิดทั่วไปของการวิเคราะห์แบบพหุระดับ</u>

ลักษณะของข้อมูลที่พบในการทำวิจัยทางด้านสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์มักเป็นข้อมูลแบบพหุระดับ (multilevel) ดังตัวอย่างการวิเคราะห์ 5 ระดับต่อไปนี้ นักเรียน (หน่วยการวิเคราะห์ระดับ1) เป็นส่วนหนึ่งของห้องเรียน ห้องเรียน (หน่วยการวิเคราะห์ระดับ2) เป็นส่วนหนึ่งของโรงเรียน โรงเรียน (หน่วยการวิเคราะห์ระดับ3) เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มโรงเรียน กลุ่มโรงเรียน (หน่วยการวิเคราะห์ระดับ4) เป็นส่วนหนึ่งของกระทรวงศึกษาธิการ (หน่วยการวิเคราะห์ระดับ5) ซึ่งการวิเคราะห์พหุระดับจะมีจุดมุ่งหมายอยู่ที่การต้องการทราบความแตกต่างของกลุ่มเมื่อมีระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งถ้าหากละเลยต่อลักษณะโครงสร้างของระดับข้อมูลแล้ว อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการสรุปผลระหว่างระดับ เนื่องจากเกิดข้อผิดพลาดในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย และความคลาดเคลื่อนจากการทำนายมีความแปรปรวนสูง และไม่คงที่อีกด้วย ซึ่งนั่นอาจเป็นสาเหตุให้เกิด

ความผิดพลาดแบบ type I error ได้ (Raudenbush & Bryk, 1986; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2541)

การวิเคราะห์พหุระดับเป็นเทคนิควิธีทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว และตัวแปรอิสระเหล่านั้นสามารถจัดเป็นระดับได้อย่างน้อย 2 ระดับขึ้นไป โดยตัวแปรในระดับเดียวกันต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และได้รับผลร่วมกันจากตัวแปรระดับอื่น ๆ ซึ่งเทคนิคในการวิเคราะห์ พหุระดับที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ วิธีของ Raudenbush และ Bryk (1986) ที่เรียกว่า Hierarchical Linear Model หรือ HLM ซึ่งสมการทั่วไปของการวิเคราะห์พหุระดับ คือ

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} X_{ij} + r_{ij}$$

เมื่อ

Y_{ij} คือ ตัวแปรที่ต้องการศึกษา เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

X_{ij} คือ ตัวแปรทำนายระดับนักเรียน เช่น สถานภาพทางเศรษฐกิจ

β_{0j} คือ ค่าคงที่

β_{1j} คือ ค่าความชัน

r_{ij} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ในการวิเคราะห์แบบพหุระดับ ค่าคงที่ และค่าความชันจะแปรผันไปตามค่าของตัวแปรในระดับที่สูงกว่า ดังนั้นค่าคงที่ และค่าความชันจึงสามารถอธิบายได้ด้วยค่าของตัวแปรระดับที่สูงกว่า (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2541)

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์พหุระดับที่นิยมใช้กัน คือ การใช้ความชันเป็นผลลัพธ์ หรือตัวแปรตาม (slope as outcome) ซึ่งเสนอโดย Burstein, Lin & Capell (1978) หรือรู้จักกันในชื่อ วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบสองสมการ (ordinary least square separate equation approach) โดยมีหลักการ คือ การตรวจสอบ หรือพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในชั้นเรียน/โรงเรียน โดยใช้เทคนิคกำลังสองน้อยที่สุดเป็นแนวคิดของการวิเคราะห์ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ คือ ตัวแปรอิสระในแต่ละระดับที่ศึกษาต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด ในแต่ละระดับของตัวแปรที่ศึกษาคะแนนตัวแปรตาม (Y) มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติในแต่ละค่าของตัวแปรอิสระ (X) โดยมีค่าความแปรปรวนเท่ากันทุกค่าในตัวแปรอิสระ (X) กล่าวคือ Y ณ X ใดก็ตาม ถือว่าเป็นตัวแทนที่สุ่มมาจากประชากรปกติ โดยที่ทุก ๆ ค่าของประชากรมีการกระจายร่วมกันอยู่ ทั้งนี้

ค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามีการแจกแจงเป็นโค้งปกติและเป็นความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอย่างสุ่มมีความแปรปรวนในทุก ๆ ค่าของ X แต่ความแปรปรวนแต่ละระดับไม่จำเป็นต้องเท่ากัน (Raudenbush & Bryk, 1986; ปราณี จำนงเจริญ, 2534) ถ้าตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์มี 2 ระดับ คือ ระดับนักเรียนและระดับชั้นเรียน จะสามารถทำการวิเคราะห์การถดถอยตัวแปรระดับนักเรียนเป็นระดับจุลภาค (micro level) และตัวแปรระดับชั้นเรียนเป็นระดับมหภาค (macro level) ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ระดับนักเรียน (micro level analysis) โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Y_{ij} กับ X_{ij} โดยแยกการวิเคราะห์การถดถอยในแต่ละชั้นเรียนมีรูปแบบ ดังนี้

$$Y_{ig} = \alpha_{ij} + \beta_{y} X_{ig} + \varepsilon_{ig}$$

เมื่อ

Y_{ig} คือ ตัวแปรระดับนักเรียน เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนคนที่ I ชั้นเรียนที่ j

X_{ig} คือ ตัวแปรอิสระระดับนักเรียน เช่น ฐานะทางเศรษฐกิจของนักเรียนคนที่ I ชั้นเรียนที่ j

α_{ij} คือ ค่าคงที่จุดตัดแกน intercept ของตัวแปรระดับนักเรียนในชั้นที่ g (g =1-m)

β_{y} คือ อัตราการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อตัวแปรระดับนักเรียนเปลี่ยนแปลงค่าไป 1 หน่วย

ε_{ig} คือ ความคลาดเคลื่อนในการทำนาย Y_{ig} ระดับนักเรียน และ $E \sim N(0, \sigma^2)$

จากนั้นจึงใช้ค่า α_{g} และ B_{y} ของแต่ละชั้นเป็นตัวแปรตามสำหรับวิเคราะห์ในระดับชั้นเรียนต่อไป โดยกำหนดให้ทั้ง 2 ค่าเป็นอิทธิพลกำหนด (fixed effect) คือ เป็นค่าคงที่ภายในแต่ละห้องเรียน และไม่มีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าระหว่างห้องเรียน

2. วิเคราะห์ระดับชั้นเรียน (macro level analysis) โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง Z_{g} กับ α_{ij} และ B_{y} ที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับนักเรียน โดยการวิเคราะห์ถดถอยซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

$$\alpha_{j} = \alpha_{0} + \beta_{\alpha} Z_{j} + \delta_{0j}$$

และ

$$\beta_{y} = \beta_{0} + \beta_{g} Z_{g} + \delta_{1g}$$

เมื่อ

Z_{j} คือ วุฒิการศึกษาของครู ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี (0) และสูงกว่าระดับปริญญาตรี (1)

Z_{g} คือ เงินเดือนครู ในห้องเรียนที่ g

α_{0} คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยของนักเรียน

β_{α} คือ ความแตกต่าง ACH ของนักเรียนที่ครูวุฒิการศึกษาแตกต่างกัน

β_{0} คือ ค่าเฉลี่ยของอัตราการพัฒนาการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อครูมีวุฒิการศึกษาต่างกัน

β_{g} คือ ความแตกต่างของอัตราการพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อครูมีวุฒิการศึกษาที่แตกต่างกัน

δ_{0g} คือ unique effect

δ_{1g} คือ unique effect

แต่การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีนี้ มีข้อจำกัดที่ควรคำนึงถึง คือ ถ้ากลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษามีขนาดเล็กจะทำให้สัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับนักเรียนมีค่าต่ำ และจะทำให้ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มมีมาก และจะส่งผลให้ความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียนมีค่าน้อยลง นอกจากนี้ยังต้องมีข้อตกลงเบื้องต้น คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรระดับนักเรียนที่ได้จะต้องมีความแปรปรวนเท่ากันในแต่ละค่าของตัวแปรระดับชั้นเรียน ถ้าไม่เป็นไปตามข้อตกลงและข้อจำกัดที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นแล้ว จะทำให้ประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในระดับชั้นเรียนมีค่าต่ำลง อีกทั้งเทคนิควิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบ่งสองสมการ (OLS separate equation approach) ยังมีข้อเสียในด้านความเหมาะสมของโมเดลที่ใช้วิเคราะห์ และมีความยุ่งยากในการเตรียมแฟ้มข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ (Raudenbush & Bryk, 1992)

จะเห็นได้ว่าเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นลักษณะลดหลั่น (hierarchical data) และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์แบบพหุระดับออกมาใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่การวิเคราะห์แบบพหุระดับนั้นยังมีข้อจำกัดอยู่บางข้อ เช่น

โมเดลการวิเคราะห์พหุระดับที่ใช้อยู่ยังไม่สามารถแสดงลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ อีกทั้งยังมีปัญหาในเรื่องความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดเนื่องจากโมเดลการวัดในเทคนิคการวิเคราะห์แบบพหุระดับจะไม่มีการรวมโมเดลการวัดเข้าไป ซึ่งลักษณะของโมเดลที่รวมโมเดลการวัดเข้าไปด้วยนั้นจะพบในการวิเคราะห์ด้วยสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) ซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์แบบพหุระดับนั้นมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

4. แนวคิดในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ (Multilevel Latent Growth Curve Model: MLGCM)

ลักษณะข้อมูลทางสังคมศาสตร์ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของพหุระดับ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นจะสามารถทำได้ทั้งในระดับบุคคล และระดับกลุ่ม จากแนวคิดแบบดั้งเดิมในการวิเคราะห์แหล่งความแปรปรวน จะแบ่งความแปรปรวนออกเป็น 3 ประเภท คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมทั้งหมด (the total covariance matrix, $\sum_T$) ซึ่งมาจากผลรวมของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (within group covariance matrix, $\sum_W$) กับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม (between group covariance matrix, $\sum_B$) หรือ $\sum_T = \sum_W + \sum_B$ จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบดั้งเดิมนั้นไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่อยู่ในลักษณะพหุระดับ เนื่องจากประชากรที่มาจากกลุ่มเดียวกันน่าจะมีความคล้ายคลึงกันภายในกลุ่มมากกว่าประชากรที่มาจากกลุ่มอื่น แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบดั้งเดิมนั้นจะถือว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากประชากรในแต่ละกลุ่มจะมีความเหมือนกัน นั่นจะหมายถึงว่า $\sum_B = 0$ แต่จากการวิเคราะห์พหุระดับตามแนวคิดของ Muthen (1994) (Duncan et al, 1997) จะแยกความแปรปรวนร่วมรวมออกเป็น $\sum_T = \sum_W + c\sum_B$ ซึ่งจะแสดงถึงความแปรผันของกลุ่ม โดย c จะเป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างร่วม (common group size)

ฟังก์ชันความสอดคล้องของโมเดล (fitting function) ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

$$\text{fitted function} = G\{\ln|\textstyle\sum_W + C\sum_B| + \text{trace}[(\sum_W + c\sum_B)^{-1} S_B] - \ln|S_B| - p\} +$$
$$(N-G)\{\ln|\textstyle\sum_W| + \text{trace}(\sum_W{}^{-1} S_{PW}) - \ln|S_{PW}| - p\}$$

จากฟังก์ชันความสอดคล้องของโมเดล (fitting function) บรรทัดแรกเป็นสมการของฟังก์ชันการทดสอบโมเดลระหว่างกลุ่ม (between group model) ซึ่งเป็นความผันแปรระหว่างหน่วยต่อความผันแปรทั้งหมดคูณด้วยจำนวนกลุ่มที่ศึกษา (G) และบรรทัดที่สองเป็นสมการของ

ฟังก์ชันการทดสอบโมเดลภายในกลุ่ม (within group model) ซึ่งเป็นความผันแปรภายในหน่วยต่อความผันแปรทั้งหมดคูณด้วยผลต่างของจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดกับจำนวนกลุ่มที่จะศึกษา (N-G) ถ้าในแต่ละกลุ่มมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน ค่า c จะเท่ากับจำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม และผลการประมาณค่าฟังก์ชันความสอดคล้องจะเหมือนกับการประมาณค่าด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบข้อมูลเต็ม (full information maximum likelihood estimation หรือ FIML) แต่ถ้ากลุ่มตัวอย่างของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ค่า c จะเท่ากับค่าเฉลี่ยของจำนวนกลุ่มตัวอย่างของแต่ละกลุ่ม และจะให้ผลการประมาณค่าฟังก์ชันความสอดคล้องไม่เท่ากับวิธี FIML แต่จะมีค่าใกล้เคียงกันมาก

จากสมการฟังก์ชันความสอดคล้องจะพบว่า การวิเคราะห์พหุระดับนั้นจะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ 2 กลุ่มพร้อม ๆ กัน ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis) คือ 1) โมเดลภายในกลุ่ม (within group model) และ 2) โมเดลระหว่างกลุ่ม (between group model) ซึ่งในการวิเคราะห์นี้จะต้องมีการสร้างตัวแปรแฝงพิเศษขึ้นมา 4 ตัว ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะใช้เป็นตัวแปรแฝงในการวัดซ้ำ และจะใช้ในส่วนของการวิเคราะห์โมเดลระหว่างกลุ่ม (between group model) โดยตัวแปรพิเศษนี้จะกำหนดให้มีน้ำหนักเท่ากับรากที่สองของ c ดังในภาพที่ 4

โมเดลนี้จะทำการกำหนดค่าจุดตัดแกนทั้งในระดับภายในกลุ่ม (within group level) และ ระดับระหว่างกลุ่ม (between group level) ให้มีค่าเป็น 1 เนื่องจากถือว่าทุกคนมีระดับเริ่มต้นที่เท่ากัน และให้ค่าความชัน (slope) ทั้งในระดับภายในกลุ่ม (within group level) และระดับระหว่างกลุ่ม (between group level) ให้เส้นที่ได้จากการวัดครั้งที่ 1 มีค่าเป็น 0 และในครั้งที่ 2 เป็น 1 ส่วนการวัดอีก 2 ครั้งที่เหลือนั้นจะกำหนดให้เครื่องทำการประมาณค่าเอง หากเรานำมาเขียนใหม่ในรูปของโมเดลสมมติฐาน ที่ศึกษาในเรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวการใช้ยาเสพติดของวัยรุ่น ซึ่งเป็นการศึกษาในลักษณะพหุระดับ คือ ระดับการวัดซ้ำ (ระดับ 1) ระดับวัยรุ่น (ระดับ 2) ระดับครอบครัว (ระดับ 3) จะได้โมเดลดังในภาพที่ 5

โดย

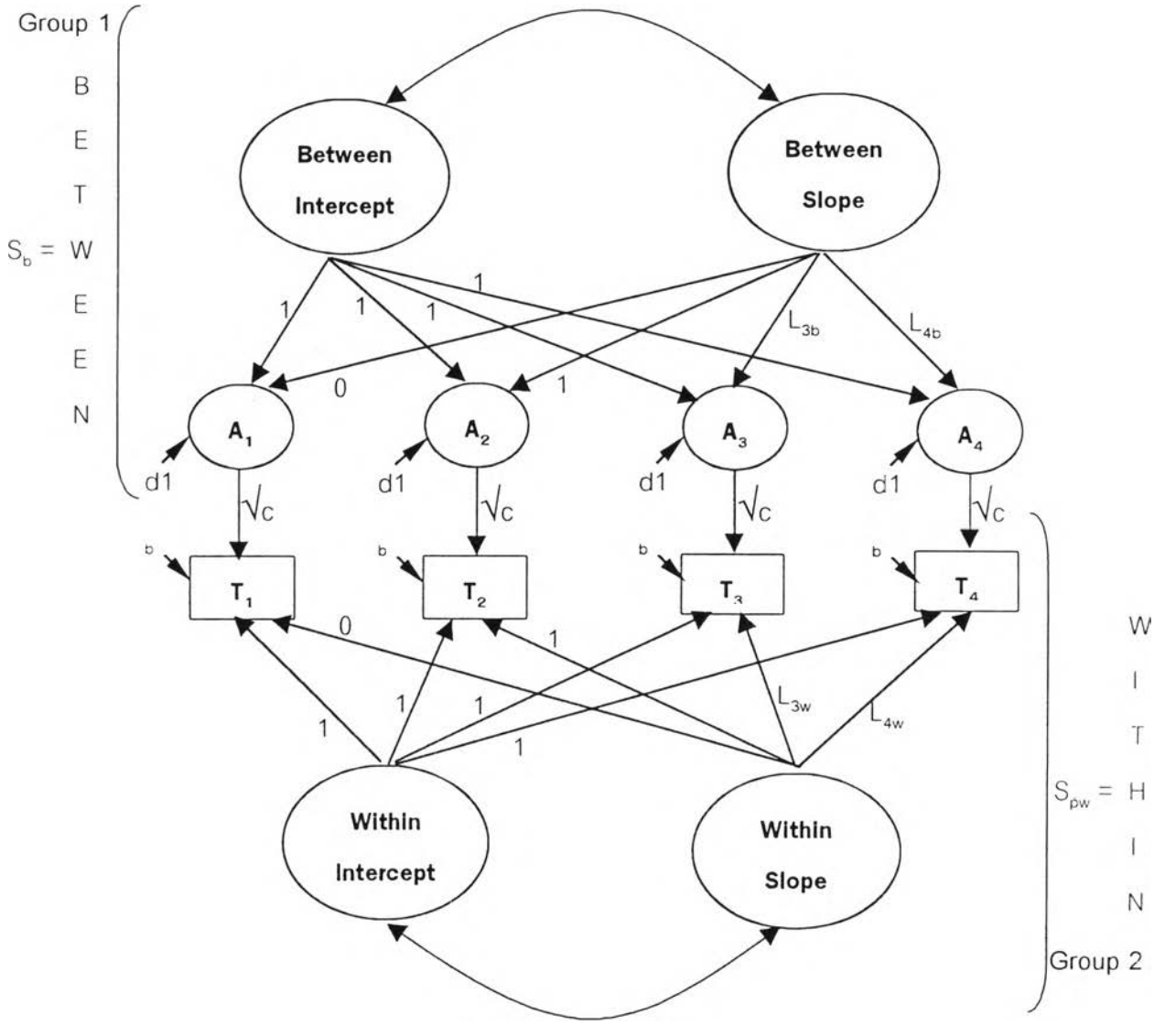
T_s คือ คะแนนการใช้ยาเสพติดในวัยรุ่น (s คือ ครั้งที่ทำการวัด)

A_s คือ ตัวแปรแฝงพิเศษการใช้ยาเสพติดในวัยรุ่น

d คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวแปรแฝง

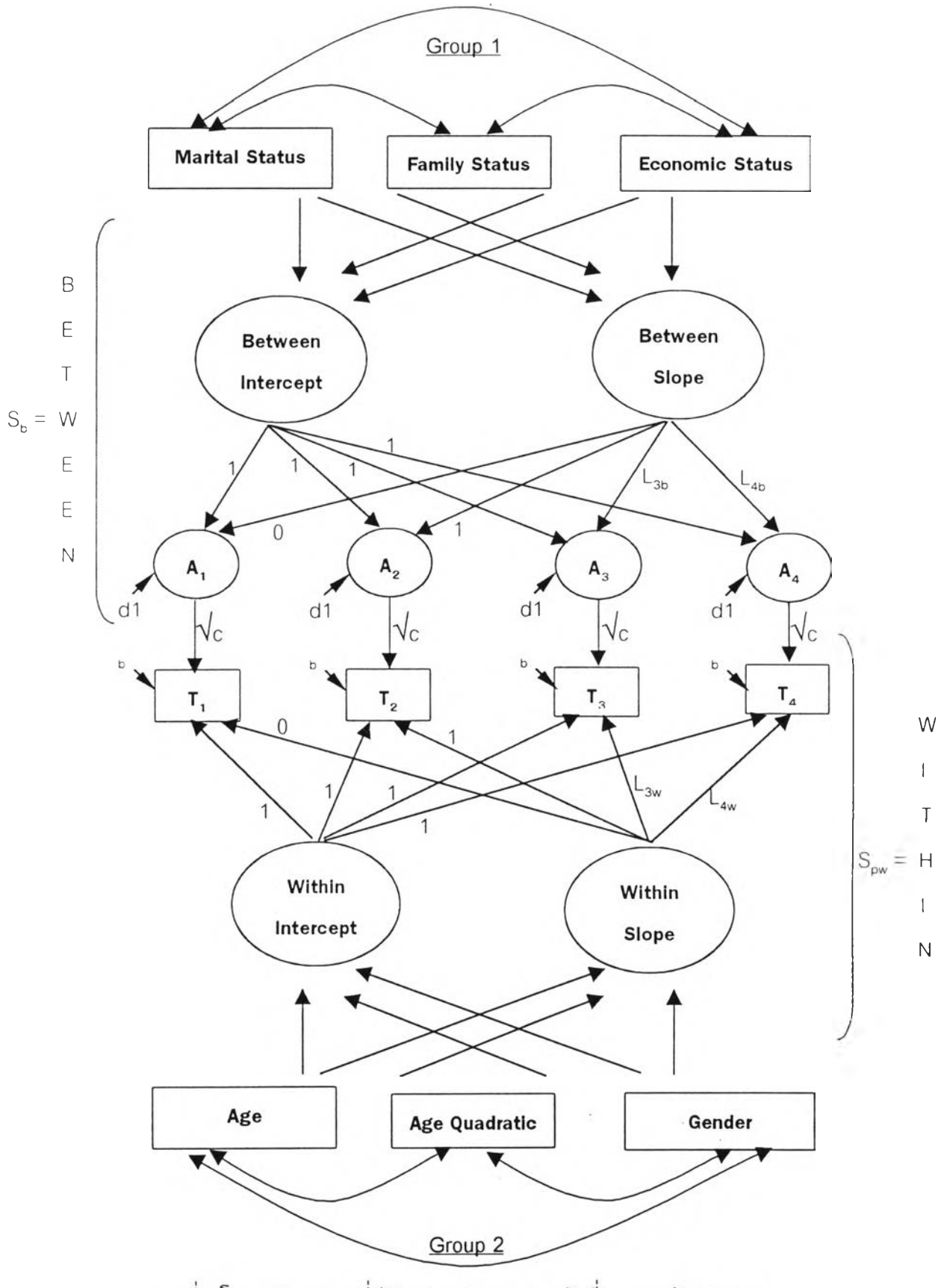
e คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด

c คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างร่วม (common sample size)



ภาพที่ 4 โมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับที่แสดงระดับ Within และ Between

การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการแบบพหุระดับ (multilevel latent growth model หรือ MLGM) นั้น มีขั้นตอน และแนวคิดในการวิเคราะห์ ดังนี้ (Duncan et al., 1997)



ภาพที่ 5 โมเดลพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับที่แสดงระดับ Within

(ระดับผู้มีโอกาสติดยาเสพติด) และ Between (ระดับครอบครัว) (Duncan et al., 1997)

1. ทำการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในแต่ละระดับ เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลที่สร้างขึ้นมามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปหรือไม่ การวิเคราะห์ในขั้นตอนแรกนี้จะเป็นประโยชน์ในการทดสอบโมเดลในรูปแบบต่าง ๆ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงแนวโน้มของพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียน โดยหากเราละเลยความเหมาะสมของความสอดคล้องของโมเดลไปแล้วจะทำให้ธรรมชาติของข้อมูลที่เป็นลักษณะลดหลั่นถูกมองข้ามไปเช่นกัน

2. วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation) ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ระดับ เพื่อดูว่าตัวแปรเชาวน์ปัญญา มีความผันแปรระหว่างครูหรือไม่ การทดสอบในขั้นนี้เพื่อดูว่าข้อมูลมีความเหมาะสมที่จะนำไปทำการวิเคราะห์แบบพหุระดับหรือไม่ โดยทดสอบว่า $\sum_b = 0$ หากค่าที่ได้เข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าข้อมูลไม่มีความจำเป็นที่จะต้องนำไปวิเคราะห์แบบพหุระดับ ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นนี้จะใช้ LISREL ในการวิเคราะห์ โดยใช้การวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group strategy) ช่วยในการวิเคราะห์ ถ้าโมเดลที่ได้จากการวิเคราะห์กับข้อมูลเชิงประจักษ์มีค่าดัชนีวัดความสอดคล้องมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าในระดับระหว่างกลุ่มไม่มีความผันแปรมากพอที่จะนำข้อมูลชุดนี้ไปวิเคราะห์ในพหุระดับต่อไป

3. ประมาณค่าของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมภายในระดับ (within variance-covariance metrix = S_{pw}) เพื่อศึกษาค่าความแปรปรวน (variation) ในระดับนักเรียน การวิเคราะห์ในขั้นนี้จะคำนวณหา pooled - within metrix โดยการวิเคราะห์ประมาณค่า S_{pw} จะให้ผลดีกว่าการวิเคราะห์ประมาณค่าด้วยเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมภาพรวม (total variance - covariance metrix = S_t)

4. ประมาณค่าของเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมระหว่างระดับ (between variance - covariance metrix = S_b) ขั้นตอนนี้จะเป็นส่วนที่มีความยากในการวิเคราะห์พหุระดับเพราะว่าจะเกี่ยวกับข้อมูลในระดับส่วนบุคคลที่ถูกนำไปวิเคราะห์ในระดับของกลุ่ม (ครู) ค่าเดียวกันในระดับการวิเคราะห์ภายในกลุ่มจะให้ความหมายที่แตกต่างกันเมื่อเรานำมาวิเคราะห์ในระดับระหว่างกลุ่ม

ในขั้นแรก S_b จะทำให้สามารถประมาณค่าของ $\sum_w + c\sum_b$ โดยที่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีจำนวนเท่าทุกกลุ่ม c จะเท่ากับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง แต่ถ้าข้อมูลไม่เท่ากันและกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มมีขนาดใหญ่ c จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องมาจากลักษณะของ multilevel covariance structure model ที่มีความยืดหยุ่นในการใช้มากอีกทั้งยังมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ model ในลักษณะ SEM นี้อย่างหลากหลาย ทำให้เมื่อทำการรวมการวิเคราะห์ในแบบของโมเดลโค้งพัฒนาการ เข้ากับรูปแบบของข้อมูลแบบพหุระดับจะทำให้สามารถนำไปใช้งานในด้านการวัดพัฒนาการในด้านต่าง ๆ ของเด็ก และวัยรุ่น อีกทั้งยังสามารถใช้ในการศึกษาด้านพฤติกรรมที่เป็นปัญหาได้ดี และถูกต้องตรงกับความเป็นจริงมากขึ้นอีกด้วย

5 แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การเรียนภาษาอังกฤษเกิดประสิทธิภาพ คือ การที่นักเรียนรู้คำศัพท์มาก จำได้แม่น และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการจำคำศัพท์จึงเป็นเรื่องสำคัญในการเรียนภาษาอังกฤษเป็นอย่างมาก ซึ่ง Fries (1948) กล่าวไว้ว่า การที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนภาษาต่างประเทศส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในด้านองค์ประกอบของภาษา ซึ่งองค์ประกอบด้านภาษา คือ เสียง ไวยากรณ์ และคำศัพท์ โดยองค์ประกอบทั้ง 3 อย่างนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในเรื่องที่ผู้อื่นพูด และสามารถพูดให้ผู้อื่นเข้าใจได้อีกด้วย และ Stewick (1972) ได้กล่าวเน้นย้ำว่าผู้เรียนจะเรียนภาษาต่างประเทศได้ดีเมื่อได้เรียนรู้ระบบเสียง คือ สามารถพูดได้ดีและเข้าใจได้ และสามารถใช้ไวยากรณ์ของภาษานั้น ๆ ได้ รวมทั้ง เรียนรู้คำศัพท์จำนวนมากพอสมควรที่จะสามารถนำมาใช้ได้

จากการศึกษาค้นคว้าของนักจิตวิทยาหลายท่าน พบว่า อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม โอกาสในการเรียนรู้ของเด็ก แรงกระตุ้น และสติปัญญาของเด็ก เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้คำศัพท์ของเด็กเป็นอย่างมาก โดยเฉลี่ยเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จะรู้คำศัพท์ประมาณ 2,000 คำ หรือ 3-6 เปอร์เซ็นต์ ของคำในพจนานุกรม ฉบับมาตรฐาน และเมื่อถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เด็กจะรู้คำศัพท์ประมาณ 50,000-80,000 คำ หรือประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ ของคำในพจนานุกรม ฉบับมาตรฐาน โดยความแตกต่างของการเรียนรู้คำศัพท์ของเด็กแต่ละคนจะเริ่มเห็นได้ชัดเมื่อเด็กอายุได้ 18 เดือน และเห็นชัดมากขึ้นตามอายุเป็นลำดับ

จะเห็นได้ว่าการรู้ความหมายของคำศัพท์ และสามารถจดจำคำศัพท์ได้นั้นส่งผลต่อการพัฒนาการทางด้านภาษา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านภาษาของผู้เรียนเป็นอย่างมาก แต่การตรวจสอบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้คำศัพท์ได้มากน้อยเพียงใดนั้น ส่วนใหญ่มักจะพิจารณาจากผลสอบหรือคะแนนในวิชาภาษาอังกฤษ ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วการที่ผู้เรียนจะเรียนรู้คำศัพท์ และจดจำได้มากหรือน้อยเพียงใดนั้นได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอื่น ๆ มาประกอบด้วย เช่น ตัวแปรด้านพุทธิพิสัย

คุณภาพการสอนของครู ภูมิหลังทางเศรษฐกิจและสังคม องค์ประกอบด้านลักษณะเฉพาะของบุคคล เป็นต้น

ตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการจำคำศัพท์มากที่สุดนั้น ตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียนด้านพุทธิพิสัย (cognitive variable) เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีที่สุด คือ ประมาณ .50 ซึ่งตัวแปรด้านพุทธิพิสัย ได้แก่ ความสามารถทางสติปัญญา (intellectual ability) หรือ เชาวน์ปัญญา เชาวน์ปัญญา คือ ความสามารถในการทำงานที่ต้องใช้สมอง ตลอดจนการปรับตัว แก้ปัญหาในการทำงานที่สลับซับซ้อนให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี (ยุวดี บุญศรีสวัสดิ์, 2528; ปาจรีย์ วัชชวัลคุ, 2527; วราภรณ์ วิหคโต, 2536) อย่างไรก็ตาม ตัวแปรเชาวน์ปัญญาเพียงอย่างเดียวนั้นจะสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ไม่เต็มที่ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ตัวแปรครูส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยถ้าครูผู้สอนมีรูปแบบการสอนที่หลากหลาย ครูผู้สอนมีความรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในการสอน ก็จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีด้วย (Travers, 1958 อ้างถึงใน จิรภา จิตโสภักตร์, 2529; วิโรจน์ พรมมิเทศ, 2525; ชิสา ศาสตรี, 2531, ธีรพงศ์ แก่นอินทร์, 2531; อารียา ลีระกุล, 2532, อรวรรณ ณรงค์สรศักดิ์, 2533, ปราณี จำนงเจริญ, 2533; ทศพล สังข์ทิศนุ, 2533; นรดี กิจบูรณะ, 2537)

รูปแบบการสอนที่นิยมใช้ในการเรียนการสอน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การเรียนการสอนที่เน้นผู้สอนเป็นศูนย์กลาง เป็นรูปแบบการสอนที่มีผู้สอนเป็นศูนย์กลางของการจัดการเรียนการสอน และเป็นผู้ที่มีบทบาทในการเรียนการสอนมากกว่าผู้เรียน โดยเริ่มจากเป็นผู้วางแผนการเรียนการสอน เป็นผู้นำในการจัดการเรียนการสอน เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ จึงทำให้ส่วนมากแล้วการเรียนการสอนในชั้นเรียนรูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของการสื่อสารทางเดียว กิจกรรมที่มักพบในการเรียนการสอนรูปแบบนี้ เช่น การบรรยาย การสาธิต การถามตอบ เป็นต้น และการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเป็นรูปแบบการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างแท้จริง คือ ผู้เรียนจะเป็นดำเนินกิจกรรมในการเรียนการสอนด้วยตนเอง ส่วนผู้สอนจะมีหน้าที่ในการให้คำแนะนำ เป็นผู้ประสานงาน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกอยากทำกิจกรรม และเป็นผู้สรุปประเด็นสำคัญที่ได้จากกิจกรรมที่ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติ ซึ่งในรูปแบบการสอนแบบนี้ จะพบกิจกรรมในการเรียนการสอนรูปแบบนี้ 2 แบบ คือ กิจกรรมที่ยึดกลุ่มผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง กิจกรรมประเภทนี้จะแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน กิจกรรมประเภทนี้จะมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น รู้จักบทบาทและหน้าที่ของตนเองในการทำงาน สามารถวางแผนงานและจัดระบบงานได้อย่างดีและถูกต้อง ซึ่งกิจกรรมประเภทนี้จะมีอยู่ 2 ลักษณะในการจัด คือ แบบกิจกรรมกลุ่มใหญ่ เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนทั้งหมดในชั้นสามารถมีส่วนร่วมได้ โดยจำนวนสมาชิกใน

กลุ่มจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสม เนื่องจากถ้าจำนวนผู้เรียนในกลุ่มมีมากเกินไป โอกาสในการทำกิจกรรมร่วมกันของผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่มจะมีน้อยลง และกิจกรรมแบบที่ 2 เป็นกิจกรรมกลุ่มย่อย กิจกรรมประเภทนี้จะมุ่งให้ผู้เรียนทุกคนได้ปฏิบัติ และเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วม มีความรับผิดชอบ ในงาน และได้แสดงความคิดเห็นของตนอย่างทั่วถึงด้วย

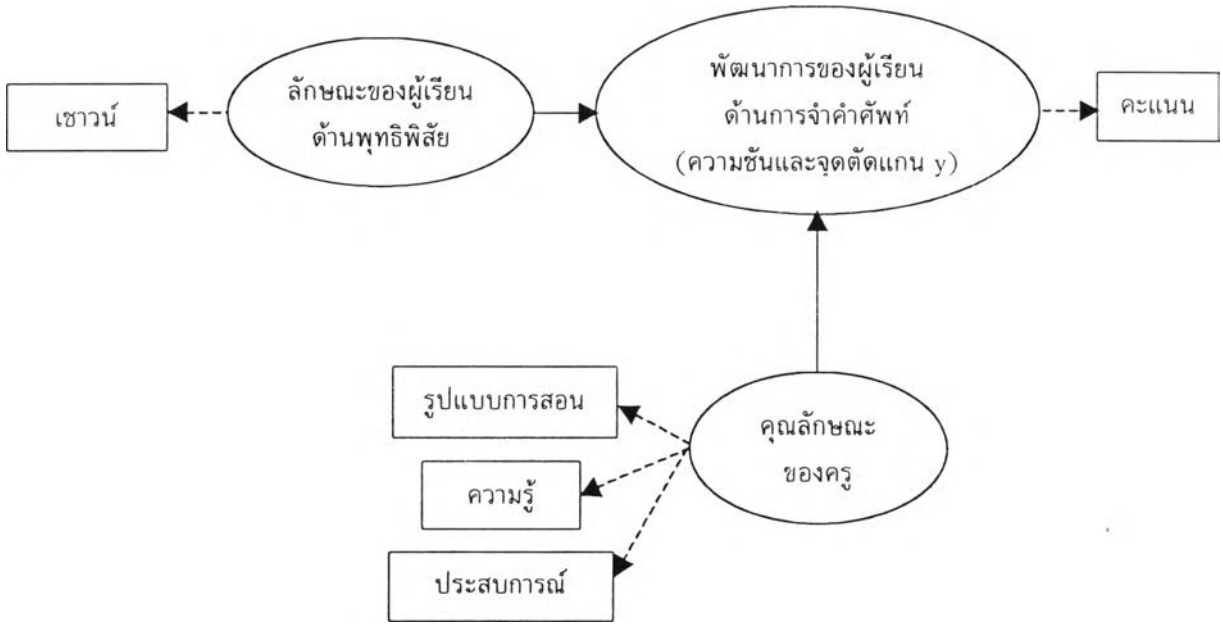
อย่างไรก็ตามการจัดกิจกรรมเพื่อการเรียนการสอนในรูปแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลางนี้ สิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ จุดประสงค์การเรียนการสอน ลักษณะเนื้อหาวิชา เวลาในการจัดการเรียนการสอน ทักษะที่ต้องการฝึก และปริมาณความยาก-ง่ายของงาน และกิจกรรมที่จัดเพื่อให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในแบบที่ 2 คือ กิจกรรมที่ยึดผู้เรียนรายบุคคลเป็นศูนย์กลาง กิจกรรมประเภทนี้จะส่งเสริมในด้านความแตกต่างระหว่างบุคคล ทำให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้เหมาะสมกับความสามารถ ความถนัด และความสนใจของแต่ละบุคคล ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถของตนเองอย่างเต็มที่ โดยสามารถสรุปความแตกต่างระหว่างวิธีการสอนแบบครูเป็นศูนย์กลาง และผู้เรียนเป็นศูนย์กลางได้ดังตารางที่ 1 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2543)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสอนแบบผู้สอนเป็นศูนย์กลางและผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

รายการ	วิธีการสอนแบบผู้สอนเป็นศูนย์กลาง	วิธีการสอนแบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง
1. ศูนย์กลางของการเรียนรู้	ผู้สอน	ผู้เรียน
2. หน่วยการเรียนรู้	ผู้เรียนแต่ละคน	กลุ่มผู้เรียนและรายบุคคล
3. เป้าหมายการเรียนรู้	พัฒนาสติปัญญา	พัฒนาผู้เรียนทั้งทางด้านร่างกาย สติปัญญา คุณธรรม อารมณ์ และสังคม
4. ลักษณะการสื่อสาร	ทางเดียว	สองทาง
5. บรรยากาศการเรียนรู้	ภายใต้การควบคุม ตรวจสอบ	มีอิสระ ผ่อนคลาย สนุก
6. บทบาทผู้สอน	- วางแผน - สั่ง สอน พูดบรรยาย และประเมิน	- ร่วมวางแผน เป็นแหล่งความรู้ - จัดกิจกรรม กระตุ้น อำนวยความสะดวก สนับสนุนการเรียนรู้และประเมิน
7. บทบาทผู้เรียน	- ฟัง อ่าน จดตามคำสอน - เรียนรู้แยกเดี่ยว	- ร่วมวางแผนกิจกรรม ฟัง อ่านคิด ลงมือทำ จดบันทึก รายงาน และประเมินตนเอง - เรียนรู้ร่วมกับเพื่อน และเรียนรู้ด้วยตนเอง
8. ลักษณะของกิจกรรมการเรียนการสอน	- เชื่อมโยงกับชีวิตจริงน้อย - กิจกรรมตามความต้องการของครู	- เชื่อมโยงกับชีวิตจริงมาก - กิจกรรมสอดคล้องกับศักยภาพ ความต้องการ และความสนใจของผู้เรียน
9. ผู้รับผิดชอบผลการเรียนรู้	ผู้สอน	ผู้เรียนและผู้สอน
10. การประเมิน	- การเรียนรู้ตามเนื้อหาวิชา - เน้นระดับการเรียนรู้	- การเรียนรู้สาระความรู้ความสำคัญ ทักษะ (การปฏิบัติ การคิด การแสวงหาความรู้ และคุณธรรม) - เน้นพัฒนาการและระดับการเรียนรู้

การที่ผู้สอนจะเลือกรูปแบบการสอนใด ๆ ไปใช้ จะต้องมีหลักเกณฑ์ในการเลือกเพื่อให้การเรียนการสอนบรรลุผลที่ต้องการ และทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สิ่งที่ควรพิจารณาในการเลือกรูปแบบการสอนมี 5 ข้อ ดังนี้ เป้าหมายและวัตถุประสงค์ (goal and objectives begin sought) ควรมีโอกาสสูงที่จะบรรลุเป้าหมาย (maximum opportunities to achieve multiple goals) แรงจูงใจของผู้เรียน (student motivation) หลักการเรียนรู้ (principles of learning) และความสะดวก เครื่องมือ และทรัพยากร (facilities, equipment and resources) (Travers, 1958 อ้างถึงใน จิรภา จิตโสภักตร์, 2529; วิโรจน์ พรมมิเทศ, 2525; ชิสา ศาสตรี, 2531; ธีรพงศ์ แก่นอินทร์, 2531; อารียา ลีระกุล, 2532; อรวรรณ ณรงค์สรศักดิ์, 2533; ปราณี จำนงเจริญ, 2533; ทศพล สังข์ทิศนุ, 2533; นรดี กิจบูรณะ, 2537)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 6 โมเดลเชิงสาเหตุ ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษตามทฤษฎี

โดยลักษณะของข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ในระดับที่ 1 คือ พัฒนาการของผู้เรียนด้านการจำคำศัพท์ ซึ่งวัดจากคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดทั้งหมด 4 ครั้ง ในระดับที่ 2 คือ ตัวแปรเชาวน์ปัญญา เชาวน์ปัญญาของผู้เรียนจะส่งผลต่อตัวแปรแฝงความชัน และตัวแปรแฝงระดับภายในกลุ่ม (within slope & within intercept) ระดับที่ 3 คือ คุณลักษณะของครู (ตัวแปรรูปแบบการสอน การศึกษาขั้นสูงสุดที่ครูสำเร็จการศึกษา คณะที่ครูสำเร็จการศึกษา และประสบการณ์ในการ

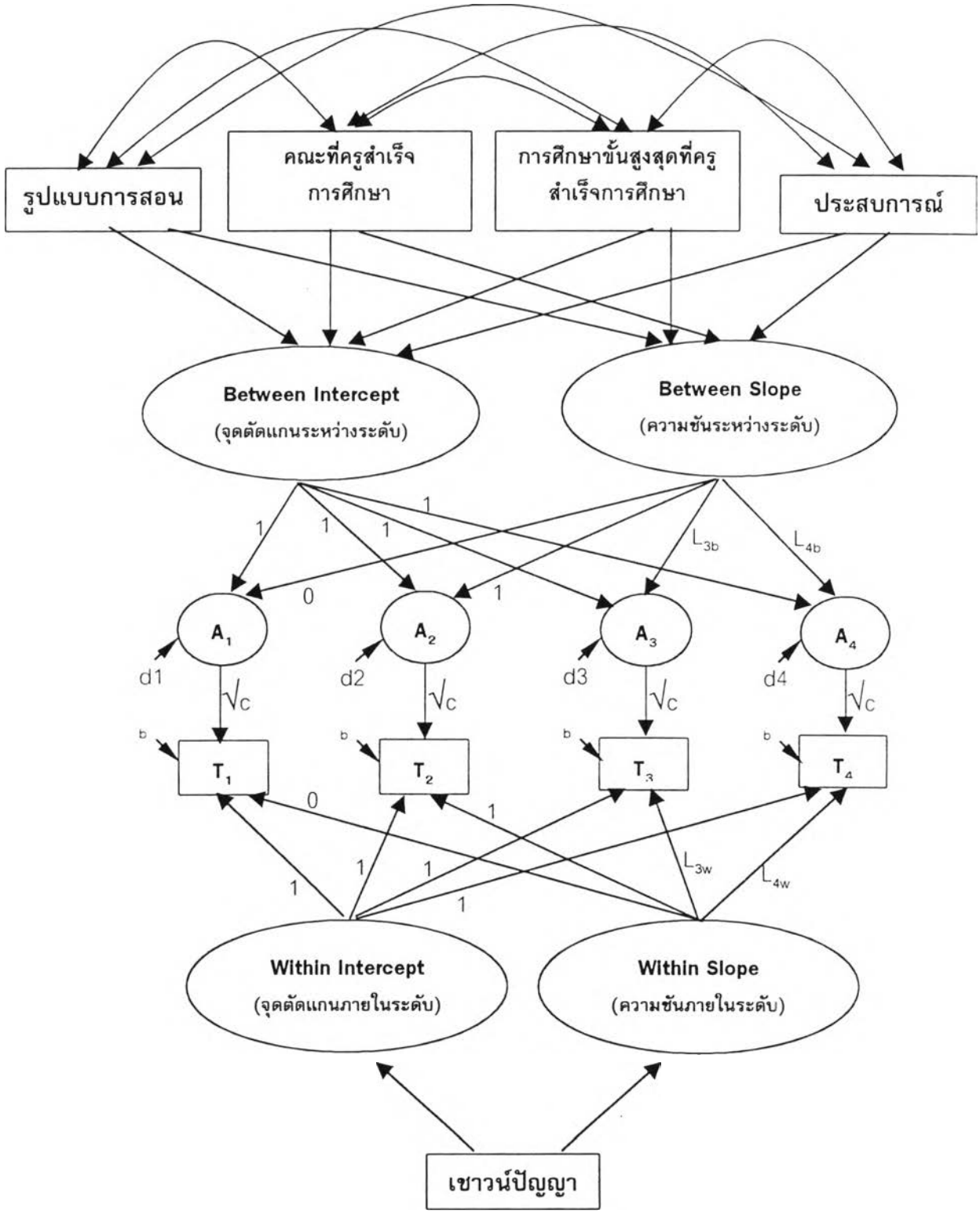
สอน) จะส่งผลต่อตัวแปรแฝงความชัน และตัวแปรแฝงระดับระหว่างกลุ่ม (between slope & between intercept)

สมมติฐานในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้การวิเคราะห์ด้วย SEM จากข้อตกลงเบื้องต้นตามแนวคิดของ Raudenbush & Bryk, (1986) ในการวิเคราะห์โมเดลแบบพหุระดับ ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานการวิจัยในครั้งนี้ไว้ ดังนี้

1. พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนแต่ละคนในระดับนักเรียนจะไม่มีความแตกต่างกัน

2. พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนแต่ละคนเมื่อนำตัวแปรระดับครูมาร่วมในการวิเคราะห์แบบพหุระดับ ซึ่งตัวแปรระดับครูในที่นี้ ได้แก่ ตัวแปรการศึกษาขั้นสูงสุดที่ครูสำเร็จการศึกษา คณะที่ครูสำเร็จการศึกษา รูปแบบการสอน และประสบการณ์ในการสอน จะมีความแตกต่างกัน และความแตกต่างของพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนแต่ละคน จะสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรในระดับครู คือ คุณลักษณะของครู เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพหุระดับเท่านั้น



ภาพที่ 7 โมเดลการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับ
ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ