บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

รายงานเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแยกเสนอเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ว่าด้วยแนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ ในตอนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวัด 2 แบบ ได้แก่ โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปสมการโครงสร้างที่มีตัวแปรแฝงและตัวแปรทำนาย และโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ตอนที่ 2 ว่าด้วยเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลง

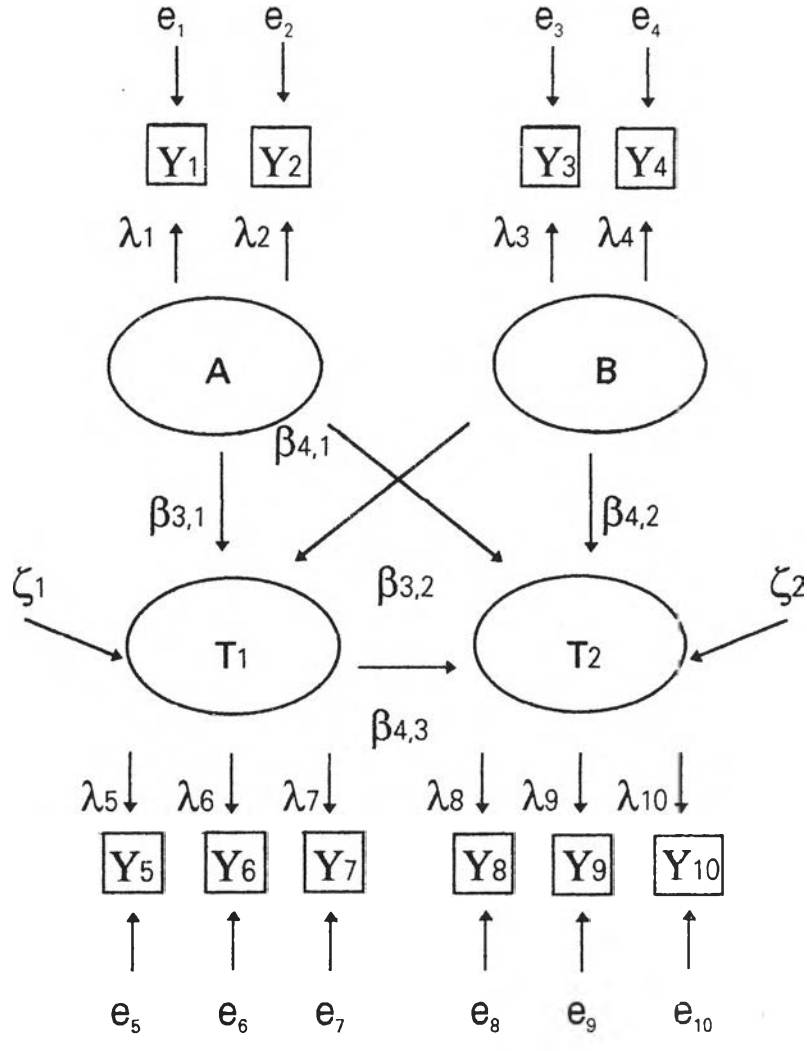
ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ (Recent Methods for Measuring Change)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงจะเห็นได้ว่าการวัดการเปลี่ยนแปลงมีการพัฒนาการวัดตามลำดับเพื่อให้สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมดโดยยึดถือกรอบแนวคิดจากทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมและวิเคราะห์ข้อมูลที่วัดได้ด้วยโมเดลการวัด โมเดลการวัดมักอยู่ในรูปของสมการโครงสร้างที่นักวิจัยสามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างกว้างขวางครอบคลุม มีความชัดเจน และมีคำอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและตัวแปรที่ใช้วัดได้อย่างลึกซึ้ง รวมทั้งมีการคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วย นอกจากนี้การพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จึงมีส่วนทำให้วิธีการดังกล่าวได้รับการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างกว้างขวาง โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองกับวิธีวิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างได้เป็นอย่างดี ได้แก่ โปรแกรมลิสเรลเวอร์ชั่น 7 (Joreskog และ Sorbom, 1989) ซึ่งในปัจจุบันได้พัฒนาโปรแกรมจนถึงเวอร์ชั่น 8.10 (Joreskog และ Sorbom, 1993) โดยโปรแกรมดังกล่าวยังสามารถใช้ได้ดีกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ดังนั้นการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่จึงได้นำโมเดลการวัดในรูปสมการโครงสร้างมาใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงหรือการศึกษาถึงกระบวนการพัฒนาการโดยใช้ข้อมูลที่มีการวัดหลาย ๆ ครั้ง เหตุผลที่ต้องมีการวัดหลาย ๆ ครั้ง เพราะเชื่อว่าจะทำให้ได้สารสนเทศมากพอที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงได้อย่างถูกต้อง การวัดการเปลี่ยน

แปลงแนวใหม่นี้มีหลายแนวความคิดด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีที่นำมาใช้จะมีจุดเด่นที่เป็นข้อได้เปรียบและจุดด้อยจากข้อจำกัดที่แตกต่างกันไป ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปสมการโครงสร้างที่มีตัวแปรแฝงและตัวแปรทำนาย (structural equation model with latent variables and predictors)

เอื้อมพร หลินเจริญ (2539) ได้พัฒนาโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงตามโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงของ Pike (1991) แนวคิดของ Pike เป็นการประเมินประสิทธิผลของการจัดการศึกษาของสถาบันการศึกษาและเปรียบเทียบพัฒนาการทางความรู้ของผู้เรียนที่ศึกษาในหลักสูตรการเรียนที่แตกต่างกันและใช้วิธีการทางสถิติในการควบคุมอิทธิพลของระดับพื้นความรู้เดิมของผู้เรียนซึ่งเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางความรู้ของผู้เรียน เอื้อมพร หลินเจริญ ได้พัฒนาโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์และเปรียบเทียบคะแนนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มที่แตกต่างกัน โดยศึกษาว่าตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กรอบแนวคิดในการวิจัยเป็นโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงประกอบด้วยตัวแปรแฝง 4 ตัว ตัวแปรแฝงตัวแรก ได้แก่ ตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อเริ่มเรียนวัดได้จากความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ตัวแปรแฝงตัวที่สอง คือ ตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์เมื่อหลังเรียนวัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัว เช่นเดียวกับตัวแปรแฝงเมื่อเริ่มเรียน ตัวแปรแฝงตัวที่สามเป็นตัวแปรทำนาย คือ ตัวแปรแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัววัดได้จากอาชีพและระดับการศึกษาของบิดามารดา การให้การส่งเสริมและสนับสนุนทางการเรียน ฐานะทางเศรษฐกิจและการได้รับสื่อและสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ส่วนตัวแปรแฝงตัวสุดท้ายเป็นตัวทำนาย คือ ตัวแปรแฝงลักษณะของนักเรียนวัดได้จากความสามารถเชิงเหตุผล ระดับพื้นฐานความรู้เดิม และนิสัยในการเรียน ลักษณะของโมเดลประกอบด้วยโมเดลการวัดและโมเดลแสดงอิทธิพล (path model) ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์

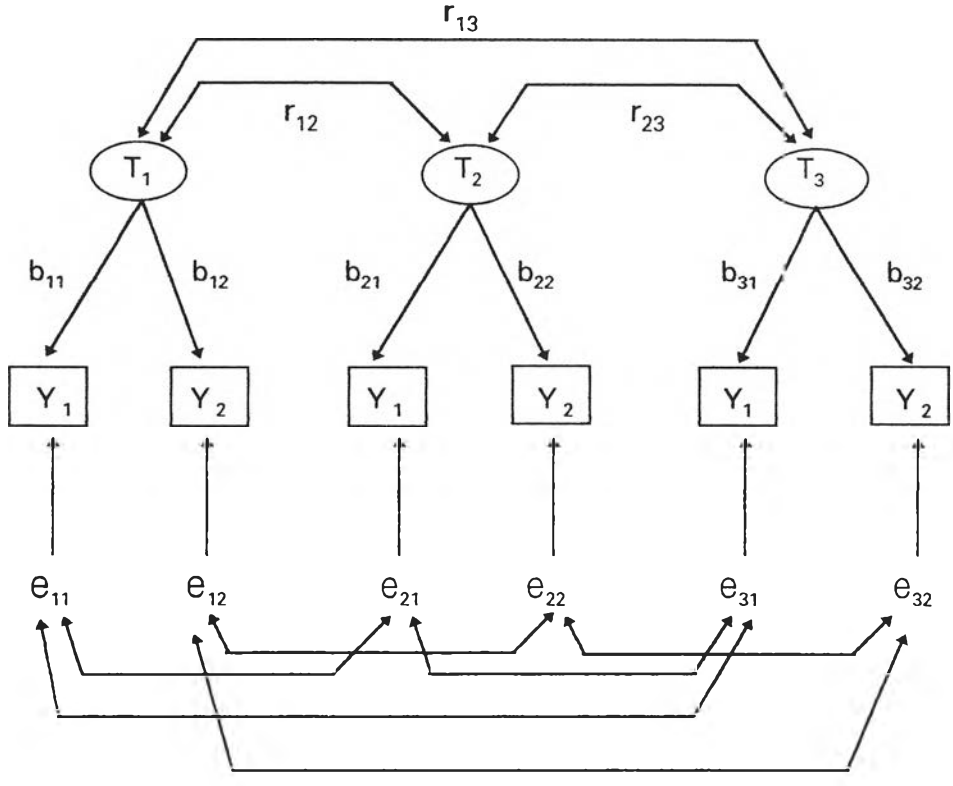
ในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ส่วนประกอบแรก คือ ตัวแปรแฝงคะแนนจริงที่วัดจากการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน 2 ครั้ง ได้แก่ การวัดก่อนเรียน (T_1) และการวัดหลังเรียน (T_2) ส่วนตัวแปรแฝง A และ B เป็นคุณลักษณะที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติมซึ่งมีอิทธิพลต่อตัวแปรแฝงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้แก่ ตัวแปะแฝงสภาพแวดล้อมทางครอบครัว ส่วนประกอบที่สอง คือ ตัวแปรสังเกตได้ที่วัดจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงของแต่ละบุคคลในแต่ละช่วงเวลา (Y_1 - Y_{10}) และส่วนประกอบที่สาม คือ ความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรที่สังเกตได้ (e_1 - e_{10}) ส่วนโมเดลแสดงอิทธิพลสามารถหาค่าพารามิเตอร์ซึ่งแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกันเอง และอิทธิพลระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝง ได้แก่

สัมประสิทธิ์การถดถอยระหว่างตัวแปรแฝง (β) และสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรสังเกตได้บนตัวแปรแฝง (λ) ในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงนี้มีการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรตามลักษณะและทิศทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร ผลการวิจัย พบว่า โมเดลศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการทดสอบค่าไค - สแควร์ มีค่า 46.90 ที่องศาอิสระ = 52 GFI = .99 P = .67 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลา (invariance over time) ของคะแนนจริง (true score) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในโมเดลการวัดคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ พบว่า โมเดลมีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างเวลา แสดงให้เห็นว่าการวัดการเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 ครั้งเป็นการวัดตัวแปรแฝงตัวเดียวกัน ส่วนผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม (invariance across groups) พบว่า โมเดลยังไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบภายหลัง พบว่า ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ศึกษาในกรุงเทพมหานครสูงกว่านักเรียนที่ศึกษาในจังหวัดกำแพงเพชรที่อยู่นอกเขตอำเภอเมือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model) ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้นำวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงซึ่งพัฒนาโดย Tisak และ Meredith (1990) และ Raykov (1994) มาใช้ในงานวิจัย โดยพัฒนาโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวเพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลลิสเรล 3 แบบที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โมเดลกลุ่มนี้แยกออกเป็น 2 ประเภท คือ โมเดลแรก ได้แก่ โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (baseline longitudinal factor analysis model) ที่พัฒนาโดย Tisak และ Meredith (1990) และโมเดลที่สอง ได้แก่ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent variable growth curve model) ที่พัฒนาโดย Raykov (1994) โมเดลประเภทหลังนี้สามารถแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่มีตัวบ่งชี้ตัวเดียว (single indicator) และมีตัวบ่งชี้หลายตัว (several indicators) รายละเอียดของแต่ละแบบมีดังนี้

2.1 โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (baseline longitudinal factor analysis model) โมเดลนี้พัฒนาโดย Tisak และ Meredith (1990) ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้นำวิธีการนี้มาใช้เป็นโมเดลแบบที่ 1 หลักการของโมเดลกำหนดว่า คะแนนดิบของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรหนึ่ง ๆ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ($Y_{m,t,n}$) จะประกอบไปด้วยคะแนนสองส่วนคือ คะแนนองค์ประกอบร่วม (common factor score) และ

คะแนนองค์ประกอบเฉพาะ (unique factor score) ของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรนั้น ๆ ในช่วงเวลานั้น ดังแสดงในแผนภาพที่ 2 ต่อไปนี้



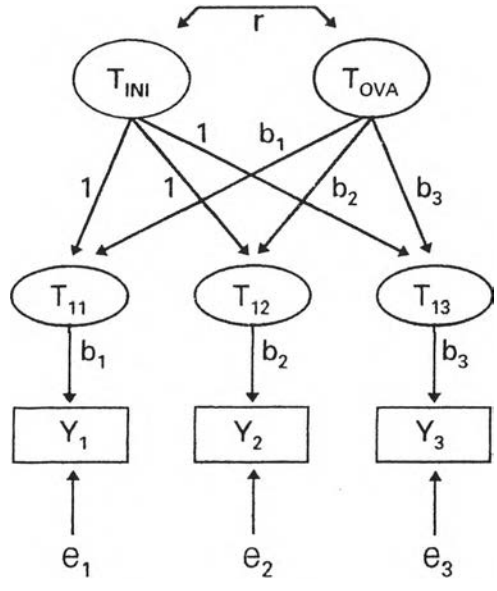
แผนภาพที่ 2 โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

จากแผนภาพที่ 2 T_1, T_2 และ T_3 เป็นองค์ประกอบร่วมคะแนนจริง (true score) ที่วัดในช่วงเวลา t_1, t_2 และ t_3 ตามลำดับ โดยองค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะถูกวัดด้วยตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัว คือ Y_1 และ Y_2 เมื่อพิจารณาจากแผนภาพจะเห็นได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาต่างกันจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองส่วน ส่วนแรก คือ ผลคูณของคะแนนองค์ประกอบร่วมกับน้ำหนักองค์ประกอบ ส่วนที่สองก็คือ คะแนนองค์ประกอบเฉพาะ เมื่อ b_{11}, b_{12}, ... , b_{32} คือ น้ำหนักองค์ประกอบ และ T_1, T_2 และ T_3 คือ องค์ประกอบร่วม ส่วน e_{11}, e_{12}, ... , e_{32} หมายถึง องค์ประกอบเฉพาะ ซึ่งก็คือความคลาดเคลื่อนในการวัดนั่นเอง นอกจากนี้องค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลามีความสัมพันธ์กันได้ซึ่งแสดงไว้ด้วยลูกศรสองทิศทางและค่าดัชนีสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (r_{12}, r_{22} และ r_{13}) ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาต่างกันดังกล่าวจะบอกให้ทราบว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งสามารถเป็นตัวทำนายองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาที่ถัดไปได้ หรือจากล่าวได้อีกอย่างหนึ่ง

ว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาหนึ่งจะไม่สามารถทำนายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ชุดเดียวกันที่วัดในอีกช่วงเวลาหนึ่งนั่นเอง

2.2 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงหรือโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวของ Raykov (Raykov 's latent variable growth curve model or longitudinal factor analysis model) โมเดลนี้พัฒนาโดย Raykov (1994) โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวอันดับที่สอง (second order - longitudinal factor analysis) หลักการของโมเดลกำหนดว่า คะแนนดิบของแต่ละบุคคลที่ได้จากการวัดตัวแปรแต่ละครั้งประกอบด้วยตัวแปรแฝงคะแนนจริง (T_1 , T_2 , T_3) และองค์ประกอบเฉพาะ (e_1 , e_2 , e_3) ตัวแปรแฝงคะแนนจริง (T_1 , T_2 , T_3) อาจจะประมาณค่าได้จากตัวบ่งชี้เดียวหรือตัวบ่งชี้หลายตัวก็ได้และตัวแปรแฝงคะแนนจริงนี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน ส่วนแรก คือ องค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (initial factor = T_{INI}) และส่วนที่สอง คือ องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor = T_{OVA}) ค่าของน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นอิทธิพลจากองค์ประกอบเริ่มต้น (T_{INI}) ต่อตัวแปรแฝงคะแนนจริง (T_1 , T_2 และ T_3) จึงมีค่าเป็น 1 หมด ส่วนค่าของน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นอิทธิพลจากองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (T_{OVA}) ต่อตัวแปรแฝงคะแนนจริง (T_1 , T_2 , T_3) มีค่าเป็น b_1 , b_2 , b_3 ตามลำดับ ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้นำโมเดลที่พัฒนาโดย Raykov นี้มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการวัด 3 ครั้ง โดยแยกพัฒนาเป็น 2 แบบ คือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบตัวบ่งชี้เดียวและโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบตัวบ่งชี้หลายตัวดังนี้

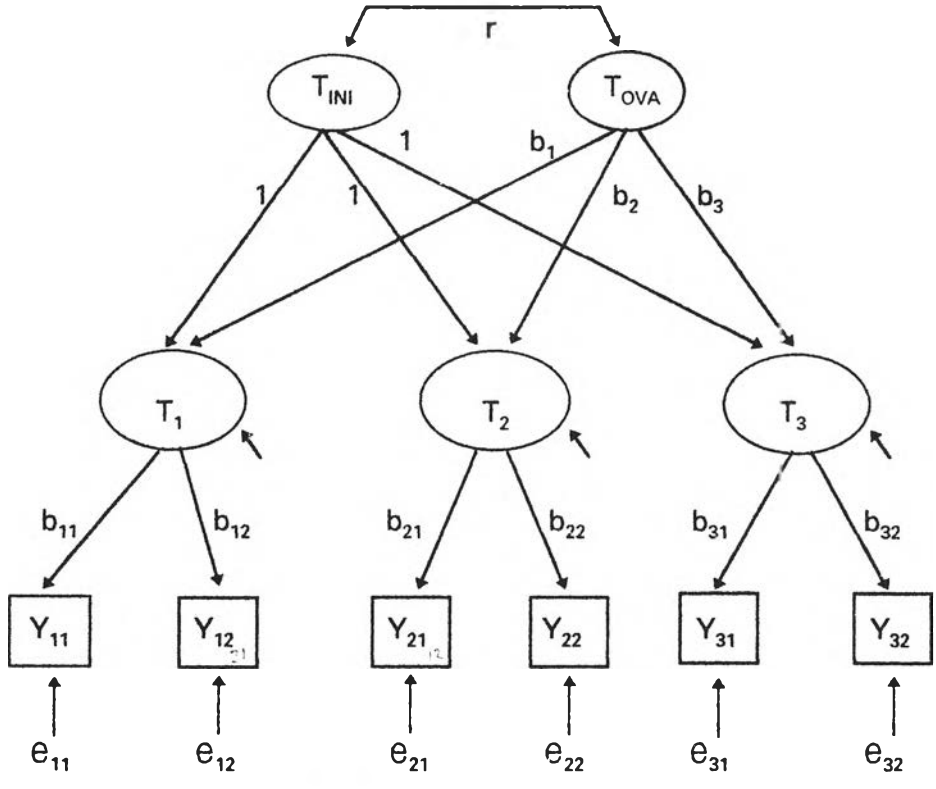
2.2.1 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis model with single indicator) ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้นำโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวของ Raykov (1994) มาเป็นแนวทางพัฒนาโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว หลักการของโมเดลกำหนดว่า คะแนนจริง (T_1 , T_2 , T_3) ที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรแฝง 2 ส่วน ส่วนแรก คือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor = T_{INI}) ส่วนที่สอง คือ องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor = T_{OVA}) นั่นคือตัวแปรแฝงคะแนนจริง (T_1 , T_2 , T_3) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมขององค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (T_{INI}) กับผลคูณระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบ (b_1, b_2, b_3) กับองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (T_{OVA}) ส่วนคะแนนดิบของแต่ละบุคคลประกอบด้วยตัวแปรแฝงคะแนนจริง (T_1 , T_2 , T_3) และองค์ประกอบเฉพาะ (e_1 , e_2 , e_3) ซึ่งก็คือเทอมความคลาดเคลื่อนในการวัดนั่นเอง แสดงในแผนภาพที่ 3 ดังนี้



แผนภาพที่ 3 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพที่ 3 จะพบว่า ตัวแปรสังเกตได้ Y_{11}, Y_{12} และ Y_{13} เป็นตัวแปรตัวเดียวกันแต่ถูกวัดในช่วงเวลาต่างกัน คือ t_1 , t_2 และ t_3 ตามลำดับ คะแนนดิบของตัวแปร Y_{11}, Y_{12} และ Y_{13} ประกอบด้วยองค์ประกอบสามส่วนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ b_1 , b_2 และ b_3 ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่วัดในแต่ละครั้งจะถูกประมาณค่าจากข้อมูล การกำหนดลูกศรทิศทางเดียวแทนอิทธิพลจากองค์ประกอบ T_{INI} ไปยังตัวแปรสังเกตได้ Y_1 , Y_2 และ Y_3 มีค่าเท่ากับ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจาก T_{INI} ถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นองค์ประกอบเริ่มต้นของตัวแปร Y_1 , Y_2 และ Y_3 การกำหนดให้น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเท่ากับ 1 ดังกล่าว จึงทำให้องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้นของตัวแปรทั้งสามมีค่าเท่ากัน นอกจากนี้ในการวัดองค์ประกอบครั้งแรกถือว่าเป็นการวัดองค์ประกอบในสถานะเริ่มต้นและถือว่ายังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ b_1 มีค่าเท่ากับ 0

2.2.2 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis model with several indicators) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวนี้มีโครงสร้างของโมเดลเช่นเดียวกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว แตกต่างกันตรงที่ตัวแปรแฝงคะแนนจริงในการวัดแต่ละครั้ง (T_1 , T_2 , T_3) วัดได้จากตัวบ่งชี้มากกว่า 1 ตัว ในงานวิจัยของ ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) โมเดลแบบนี้ถูกนำมาใช้เป็นโมเดลที่ 3 ในการศึกษาเปรียบเทียบกับ 2 โมเดลแรกที่ได้กล่าวไปแล้ว โมเดลนี้แสดงในแผนภาพที่ 4 ได้ดังนี้



แผนภาพที่ 4 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพที่ 4 องค์ประกอบร่วมที่เป็นคะแนนจริงในการวัดในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน (T_1 , T_2 , T_3) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญสองส่วน ส่วนแรก คือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (T_{INI}) ส่วนที่สองคือองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (T_{OVA}) โมเดลนี้มีองค์ประกอบร่วม (T_1 , T_2 , T_3) วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้สองตัว นั่นคือ T_1 , T_2 , T_3 เป็นองค์ประกอบร่วมของตัวแปร Y_1 และ Y_2 ซึ่งวัดในแต่ละช่วงเวลาที่ t_1 , t_2 และ t_3 ตามลำดับ ดังนั้น คะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ Y_1 และ Y_2 จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญสองส่วน คือ องค์ประกอบร่วม (T) กับองค์ประกอบเฉพาะ (e) หรือเทอมความคลาดเคลื่อนในการวัด

จากแผนภาพโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวสามารถอธิบายองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงที่วัดในแต่ละช่วงเวลาเช่นเดียวกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวแต่จะให้สารสนเทศเกี่ยวกับองค์ประกอบนั้น ๆ หลายด้าน ซึ่งจะทำให้โครงสร้างขององค์ประกอบที่วัดได้นั้นมีทั้งความเที่ยง (reliability) และความตรง (validity) มากขึ้น

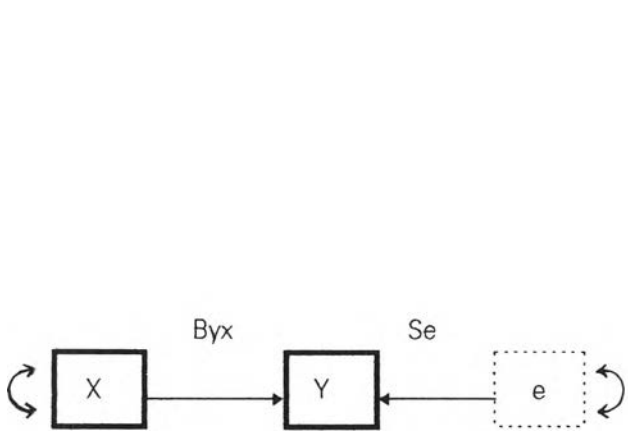
ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้ทำการวิจัยด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล 3 รูปแบบ คือ โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (โมเดลในหัวข้อ 2.1) โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (โมเดลในหัวข้อ 2.2.1) และโมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (โมเดลในหัวข้อ 2.2.2) จากผลการศึกษาปรากฏว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวมีประสิทธิภาพสูงที่สุด เนื่องจากประมาณค่าพารามิเตอร์ที่บ่งชี้อัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรแฝงที่เกิดขึ้นตลอดช่วงเวลาและมีความคลาดเคลื่อนในการวัดต่ำที่สุดด้วย ซึ่งข้อสรุปที่ได้นี้สนับสนุนแนวความคิดในการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยา (psychology trait) หรือ ตัวแปรแฝง (latent variable) ที่ว่าการวัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้หลายๆ ตัวจะทำให้ความเที่ยงในการวัดองค์ประกอบมีค่าสูงกว่าการวัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียว นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระยะยาวได้ดีที่สุด เพราะมีความคลาดเคลื่อนในการวัดต่ำที่สุดและสามารถให้การทดสอบที่บ่งชี้ได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงที่มีการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรแฝงที่สัมพันธ์กับตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงมีความไม่แปรเปลี่ยนอีกด้วย ทั้งนี้โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว และโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวจะมีประสิทธิภาพการวัดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระยะยาวและมีประสิทธิภาพในการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระยะยาวรองลงไปตามลำดับ ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) สรุปว่าการวิเคราะห์ด้วยโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้เกิดความชัดเจนในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงได้เป็นอย่างดี วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นตามลำดับสามารถอธิบายกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้โดยการวัดหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งอยู่ในรูปของการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (Gottman และ Rushe, 1993; Raykov, 1994; Willett, 1994) และมีค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้มีค่ามากกว่าค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวัดเพียงสองครั้ง (Willett, 1989; Woodruff และ Houston, 1994)

แม้ว่าข้อค้นพบจากงานวิจัยดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่นี้เป็นวิธีการที่มีประโยชน์และมีความถูกต้องมากขึ้น แต่การวัดตัวแปรมากกว่า 2 ครั้ง ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากมีตัวแปรแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการวิจัย ได้แก่ ความเบื่อหน่ายหรือความท้อแท้ของกลุ่มผู้ให้ข้อมูล การขาดความเข้าใจหรือการขาดความสนใจ ตลอดจนการ

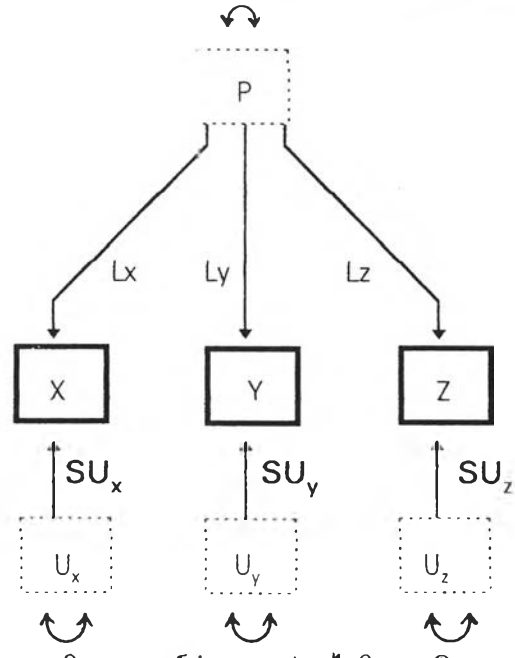
มองไม่เห็นความสำคัญในการวิจัยของผู้ให้ข้อมูลทำให้ผู้ให้ข้อมูลมิได้ตอบสนองตามความเป็นจริง การกำหนดระยะห่างในการวัดเป็นช่วงระยะเวลาที่สั้นเกินไปและมีการเก็บข้อมูลเพียง 3 ครั้ง ถ้ามีการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้นน่าจะทำให้มีความเที่ยงสูงขึ้นอีกในการศึกษาการเปลี่ยนแปลง ข้อจำกัดเหล่านี้แม้จะมีผลกระทบต่องานวิจัยไม่มากนักแต่ก็มีความสำคัญที่นักวิจัยต้องคำนึงถึง ข้อจำกัดดังกล่าวเป็นข้อจำกัดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการวิจัยระยะยาวที่นักวิจัยตระหนักดี Collins และ Horn (1991, 1995) McArdle และ Hamagami (1991, 1995) กล่าวว่า การศึกษาการเปลี่ยนแปลงโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่กล่าวข้างต้นยังมีข้อจำกัด เนื่องจากการศึกษาระยะยาวดังกล่าวแล้วยังมีข้อจำกัดในเชิงการวิเคราะห์อีกด้วย กล่าวคือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 3 แบบ (โมเดลในหัวข้อ 2.1, 2.2.1 และ 2.2.2) ใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ซึ่งไม่มีการนำค่าจุดตัดแกน (intercept) หรือค่าเฉลี่ยมารวมในการวิเคราะห์ และค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ได้เป็นเพียงอิทธิพลสัมพัทธ์ (relative effects) นอกจากนี้การวัดตัวแปรเพียง 2 - 3 ครั้ง ยังให้ความเที่ยงและความถูกต้องของผลการวัดการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่ากรณีที่มีการวัดตัวแปรมากกว่า 3 ครั้ง ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงให้ดีขึ้น โดยแก้ข้อจำกัดดังกล่าว ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอในหัวข้อต่อไป

2.3 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของ McArdle, Hamagami และ Epstein (latent growth curve model developed by McArdle, Hamagami และ Epstein)

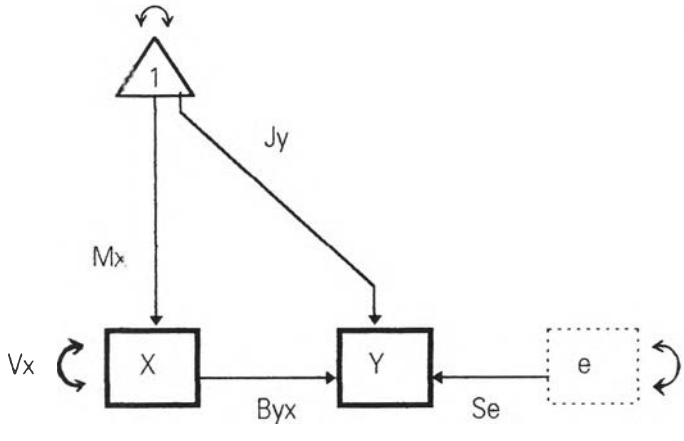
McArdle และ Epstein (1987) ได้พัฒนาโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยปรับปรุงโมเดลด้วยการนำแนวคิดโมเดลออโตรีเกรสซีพ (autoregressive model) และการเพิ่มค่าคงที่ (constant) เป็นตัวแปรเข้าในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง McArdle และ Epstein ได้อธิบายสังกัปเกี่ยวกับโมเดลโครงสร้างสมการถดถอยที่เป็นโมเดลออโตรีเกรสซีพ และโมเดลโครงสร้างสมการถดถอยที่รวมเทอมตัวคงที่ในโมเดลไว้ดังแผนภาพที่ 5



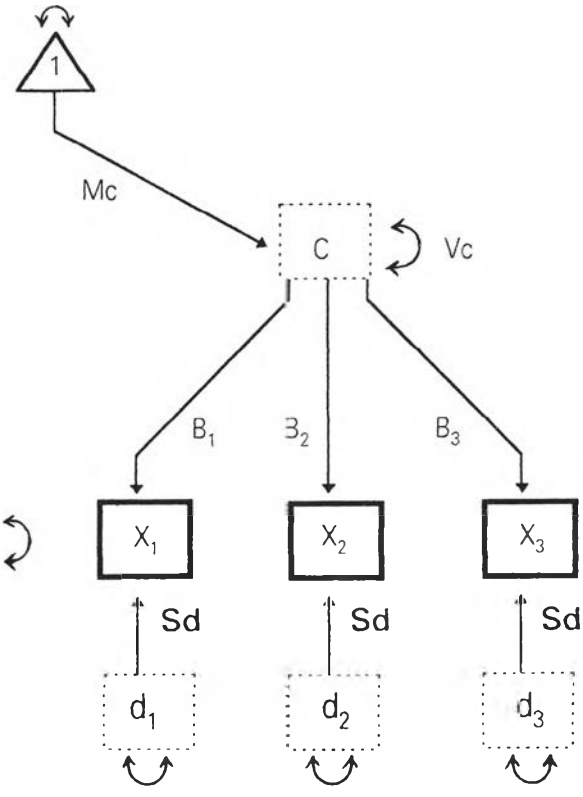
ก. โมเดลสมการโครงสร้างในรูปสมการถดถอย
(Structural regression model)



ข. โมเดลองค์ประกอบร่วมไซโคเมทริค
(Psychometric common factor model)



ค. โมเดลสมการถดถอยจากคะแนนสังเกตได้
(The raw-score regression model)



ง. โมเดลเชิงเส้นโค้ง
(Curve model)

แผนภาพที่ 5 โมเดลสมการโครงสร้างพื้นฐาน

โมเดล 5 ก. เป็นโมเดลสมการโครงสร้างในรูปสมการถดถอย (structural regression model) โมเดลนี้ประกอบไปด้วยตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัว คือ X และ Y ซึ่งเขียนอยู่ในรูปสี่เหลี่ยม และความคลาดเคลื่อน e เขียนอยู่ในรูปสี่เหลี่ยมเส้นประ ลูกศรทิศทางเดียวเป็นค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย Byx และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Se ส่วนลูกศรสองทางเส้นโค้ง (span or 2 headed arrows) ทั้ง x และ e แทนความแปรปรวนของตัวแปรดังกล่าว ซึ่งกำหนดให้แต่ละพารามิเตอร์มีค่าเป็น 1 ในโมเดลนี้มีตัวแปรสังเกตได้ x และความคลาดเคลื่อน e ซึ่งร่วมกันในการอธิบายตัวแปรสังเกตได้ y สัมประสิทธิ์การถดถอย Byx ในการวิเคราะห์เส้นทางเชิงเหตุผลส่วนใหญ่มุ่งทดสอบสมมุติฐานว่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเท่ากับศูนย์หรือไม่ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของ y ได้จากการยกกำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรความคลาดเคลื่อน ($Ve = Se^2$) โมเดลนี้ถือว่าคะแนนที่ได้จากตัวแปรสังเกตได้ x เป็นอิสระจากความคลาดเคลื่อน e และข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้มีความสำคัญต่อการประมาณค่า Byx อาจทำให้ได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ลำเอียงได้ และยังไม่มีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้ในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล

เมื่อประยุกต์โมเดล 5 ก. ในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบจะได้โมเดล 5 ข. มีชื่อเรียกว่าโมเดลองค์ประกอบร่วมไซโคเมทริค (psychometric common factor model) ในโมเดลนี้มีตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัว คือ x , y และ z (ในรูปสี่เหลี่ยม) และตัวแปรแฝง 4 ตัว คือ p , u_x , u_y และ u_z (ในรูปสี่เหลี่ยมเส้นประ) ในที่นี้การใช้สัญลักษณ์ต่างจากสัญลักษณ์ที่ใช้ใน LISREL ซึ่งพัฒนาโดย Joreskog และ Sorbom ในโมเดลเชิงเส้นตรงนี้กำหนดให้ตัวแปร p เป็นองค์ประกอบร่วมหรือตัวแปรแฝงของตัวแปรสังเกตได้ ส่วน u_x , u_y และ u_z เป็นองค์ประกอบเฉพาะหรือความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ L_i และน้ำหนักความคลาดเคลื่อน Su_i ซึ่งล่าต่าง ๆ เหล่านี้ รวมกันเป็นรูปแบบของโมเดลองค์ประกอบร่วม ในโมเดลนี้มีความแปรปรวนขององค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะที่แตกต่างกัน ตัวแปร p เป็นองค์ประกอบร่วมของตัวแปร x , y และ z และโมเดลอาจจะสะท้อนกลไกเชิงสาเหตุก็ได้ (Cattell, 1966; McDonald, 1985 อ้างถึงใน McArdle และ Epstein, 1987) ในตัวอย่างแต่ละหน่วยมีคะแนนองค์ประกอบร่วม p_i ซึ่งเป็นตัวแปรแฝง โดยทั่วไปนักวิจัยไม่สนใจประมาณค่าตัวแปรแฝงตัวนี้ แต่จะใช้ทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับรูปแบบความแปรปรวนของตัวแปรแฝงตัวนี้ โดยการเปรียบเทียบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โมเดลนี้เป็นโมเดลองค์ประกอบร่วมเดียวซึ่งจะขยายเป็นโมเดลองค์ประกอบร่วมหลายองค์ประกอบต่อไปได้

โมเดล 5 ค. เป็นโมเดลสมการถดถอยจากคะแนนสังเกตได้ (the raw-score regression model) โมเดล 5 ค. ต่างจากโมเดล 5 ก. กล่าวคือโมเดล 5 ก. เป็นโมเดลแบบดั้งเดิมที่อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานไม่มีเทอมตัวคงที่ (Cohen และ Cohen, 1983 อ้างถึงใน McArdle และ Epstein,

1987) นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปร x และ y เป็นศูนย์ และความแปรปรวนเป็นหนึ่ง ค่าสัมประสิทธิ์ Byx อยู่ในรูปสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน แต่ในโมเดล 5 ค. ตัวแปร x และ y อยู่ในรูปคะแนนดิบค่าเฉลี่ยไม่เป็นศูนย์ และค่า Byx เป็นสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนดิบ โมเดลนี้เพิ่มตัวแปรพิเศษให้เป็นตัวแปรสังเกตได้อีก 1 ตัว ให้เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1 โดยเขียนอยู่ในรูปสามเหลี่ยม ลูกศรจากค่าคงที่มายังตัวแปรสังเกตได้ x เรียกว่าค่า Mx เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ x ลูกศรโค้งสองทิศทาง (span) Vx คือ ความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้ x และลูกศรทิศทางเดียว Jy เป็นค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ย (intercept) ของตัวแปรสังเกตได้ y นอกจากนี้ในโมเดลมีตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (e) ที่เป็นอิสระต่อตัวแปรอื่น ๆ กำหนดให้มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนมีค่าเป็น Se^2

โมเดลที่ 5 ค. นี้แปลความหมายยุ่งยากกว่าโมเดล 5 ก. การวิเคราะห์ต้องใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมในรูปโมเมนต์เมทริกซ์เพื่อใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าเฉลี่ย (intercept) และพารามิเตอร์อื่น ๆ ซึ่งอยู่ในรูปคะแนนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย การรวมค่าเฉลี่ยในโมเดลใช้ประโยชน์ในการทดสอบสมมุติฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับคะแนนดิบ เช่น Jy = 0 แต่มิได้ใช้ทดสอบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ

โมเดลสุดท้าย คือ โมเดล 5 ง. เป็นโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่เรียกว่าโมเดลเชิงเส้นโค้ง (curve model) หรือ โมเดลองค์ประกอบโครโนเมทริค (chronometric factor model) โมเดลนี้แตกต่างจาก 3 โมเดลแรกเพราะมีตัวแปรสังเกตได้ (x_t) ที่มีการวัดซ้ำ 3 ครั้ง มีองค์ประกอบร่วม c ซึ่งกำหนดให้เป็นตัวแปรแฝงตัวหนึ่งและมีค่าน้ำหนักพารามิเตอร์ Bt ไปยังตัวแปรสังเกตได้ x_t ลูกศรทางเดียวจากค่าคงที่รูปสามเหลี่ยมไปยังตัวแปรแฝง c มีค่าเฉลี่ย (Mc) ไม่เป็น 0 ลูกศรโค้งสองทิศทาง (span) ในตัวแปรแฝง c กำหนดให้เป็นความแปรปรวน (Vc) ของตัวแปรแฝง ตัวแปรแฝง d_t เป็นความคลาดเคลื่อนจากตัวแปรสังเกตได้แต่ละครั้ง ซึ่งกำหนดให้ค่าอิทธิพลแต่ละตัว (sd) เท่ากันในช่วงเวลาการวัดแต่ละครั้ง โมเดลนี้เกิดจากการรวมกันระหว่างโมเดลองค์ประกอบร่วมไซโคเมทริค (psychometric factor model) ในรูป 5 ข. และโมเดลสมการถดถอยจากคะแนนสังเกตได้ (the raw - score regression model) ในรูป 5 ค. รวมเรียกว่า โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model : LGM) สามารถทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความแปรปรวนร่วมและค่าเฉลี่ยที่มีโครงสร้างจากองค์ประกอบร่วมที่มีองค์ประกอบเดียว เนื่องจากตัวแปรที่ได้เป็นการวัดซ้ำในรูปคะแนนดิบ ดังนั้นการแปลความหมายค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Bt) จึงใช้แปลความหมายตัวแปรแฝง c เป็นองค์ประกอบร่วมทุกช่วงเวลาได้

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model = LGM model) มีพื้นฐานมาจาก โมเดลออโตรีเกรสซีพ (autoregressive model) หรือ โมเดลซิมเพลาซ์ (simplex model) หรือ โมเดลเควไซมาคอฟซิมเพลกซ์ (quasi - Markov simplex model) หรือ โมเดลเชิงสาเหตุ (causal model) (Blalock, 1985; Horn และ McArdle, 1980; Joreskog และ Sorbom, 1979; Nesselroad และ Baltes, 1979; Rogosa; 1979 อ้างถึงใน McArdle และ Epstein, 1987) ลักษณะของโมเดลเป็นโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นที่เป็นการรวมโมเดลองค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model) กับโมเดลออโตรีเกรสซีพ (autoregressive model) ตามภาพที่ 5 ค. โมเดลออโตรีเกรสซีพเป็นโมเดลที่ใช้อธิบายความแปรปรวนร่วมจากการวัดครั้งแรกไปยังครั้งต่อ ๆ ไปตามลำดับ โดยใช้หลักการอธิบายอิทธิพลแบบเดียวกับโมเดลสมการโครงสร้างทั่ว ๆ ไป การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างทั่ว ๆ ไป ใช้คะแนนเบี่ยงเบนและไม่สนใจค่าเฉลี่ย แต่ในโมเดลออโตรีเกรสซีพ (autoregressive model) มีการเพิ่มค่าเฉลี่ยของจุดตัดแกน (mean intercept) ในโมเดล โดยทั่วไปนักวิจัยไม่สนใจค่าเฉลี่ย (Horn และ McArdle, 1980; Joreskog และ Sorbom, 1979 อ้างถึงใน McArdle และ Epstein, 1987) แต่ในโมเดลโค้งพัฒนาการ (growth curve model) ที่มีการเพิ่มค่าเฉลี่ยนี้สามารถให้โครงสร้างที่แสดงค่าความสัมพันธ์ ความแปรปรวน และค่าเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ (McArdle, 1986b อ้างถึงใน McArdle และ Epstein, 1987) กล่าวโดยสรุป โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นผลจากการรวมหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการวัดซ้ำ (ANOVA repeated measures) แบบดั้งเดิมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว โมเดลที่ได้สามารถใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ที่สามารถแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลง (dynamics) หรือพัฒนาการของกลุ่ม และพัฒนาการรายบุคคลได้

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่กล่าวข้างต้นนี้มีลักษณะคล้ายกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงซึ่งพัฒนาโดย Raykov ต่างกันตรงที่โมเดลซึ่ง McArdle, Epstein และ Hamagami ร่วมกันพัฒนาขึ้นนั้นมีการวัดตัวแปรอย่างน้อย 5 ครั้ง ใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ โมเดลออโตรีเกรสซีพ และการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ทำให้โมเดลมีเทอมตัวคงที่ (constant) ในโมเดล และโมเดลไม่ต้องวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ 2 ขั้นตอนเหมือนโมเดลของ Raykov นอกจากนี้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่พัฒนาโดย McArdle และ Hamagami (1991, 1995) ยังเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบโค้งพัฒนาการแบบต่าง ๆ ได้อีกด้วย

ตัวแปรสำคัญในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของ McArdle, Epstein และ Hamagami คือ ตัวแปรสังเกตได้ Y ซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามช่วงเวลาของการวัด ค่าของตัวแปรสังเกตได้ [Y(t,n)] ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ L(n) , S(n) และ E(t n)

เมื่อ

Y(t,n) คือ ตัวแปรสังเกตได้จากการวัดครั้งที่ t

L(n) คือ ตัวแปรแฝงที่แสดงความแตกต่างระหว่างบุคคลเกี่ยวกับระดับผลการเรียนหรือผลการปฏิบัติงานที่เป็นการวัดครั้งแรกหรือค่าเริ่มต้น ในที่นี้คะแนนผลการวัดครั้งแรกของแต่ละบุคคลจะมีค่าคงที่เสมอ

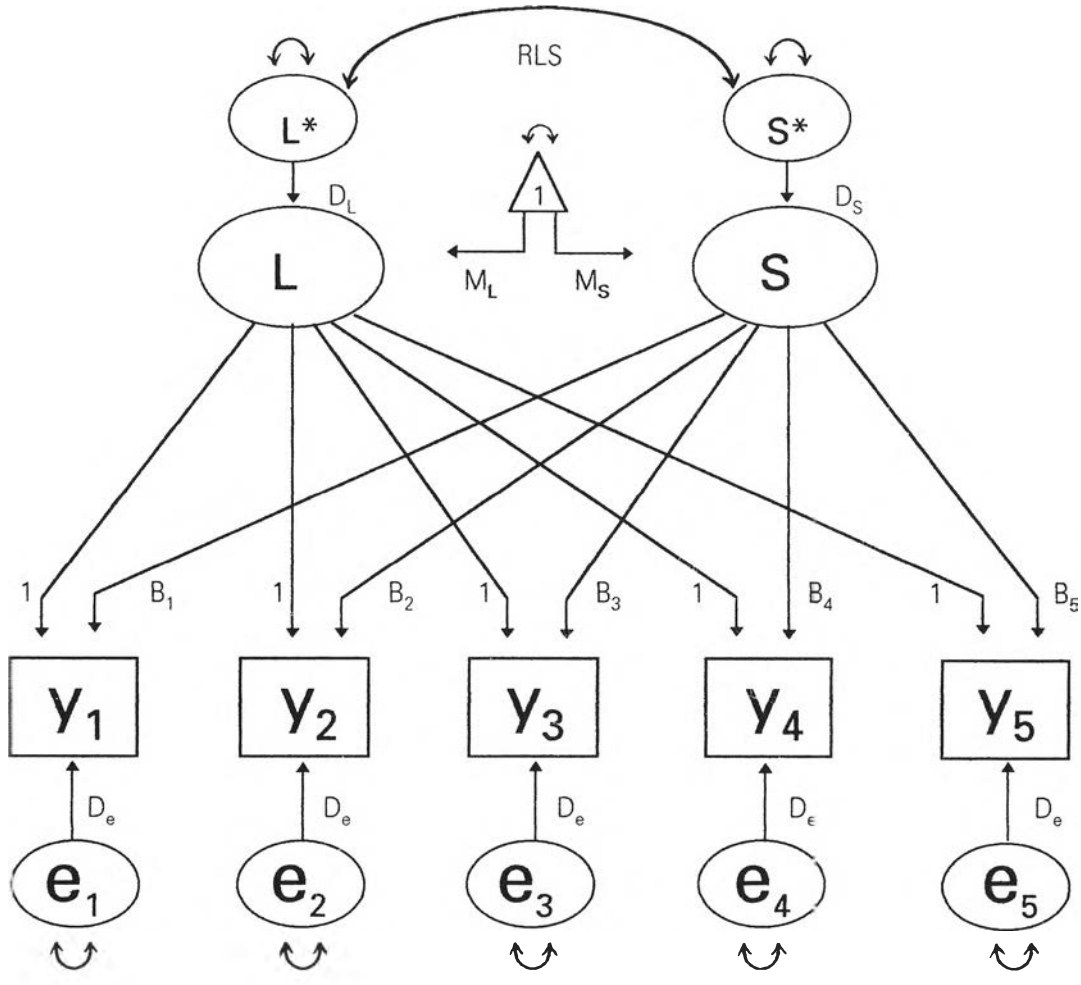
S(n) คือ ตัวแปรแฝงความชัน ซึ่งแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคลตลอดช่วงระยะเวลา สัญลักษณ์ + หรือ − ของคะแนนแสดงทิศทางของการเปลี่ยนแปลง ค่าตัวแปรแฝงความชันจะมีค่าคงที่เสมอสำหรับแต่ละบุคคล แต่ตัวแปรแฝงความชันนี้จะมีส่วนอธิบายค่าตัวแปรสังเกตได้แตกต่างกัน เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ B(t) หรือน้ำหนักองค์ประกอบจากตัวแปรแฝงความชัน S(n) ไปตัวแปรสังเกตได้ Y(t,n) และ

E(n) คือ ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนสุ่มหรือคะแนนเศษเหลือที่เป็นตัวแปรสุ่ม คะแนนนี้มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีความสัมพันธ์เป็น 0 กับตัวแปรอื่น ๆ ทั้งหมดทุกช่วงเวลา

นั่นคือ

$$Y(t,n) = L(n) + B(t)\,S(n) + E(t,n)$$

การวัดการเปลี่ยนแปลงในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนี้สามารถนำมาใช้วิเคราะห์การวัดการเปลี่ยนแปลงได้สองลักษณะ คือ การวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่สมบูรณ์ (modeling complete growth curves) ซึ่งมีข้อมูลสมบูรณ์ และการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่ไม่สมบูรณ์ (modeling incomplete growth curves) ซึ่งมีข้อมูลที่ขาดหายไประหว่างการวิจัย ซึ่งได้รับการพัฒนาและนำเสนอโดย McAdle และ Anderson (1990), McArdle และ Hamagami (1991, 1995) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดการเปลี่ยนแปลงของแต่ละบุคคลครบทุกครั้ง ในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่สมบูรณ์ตามแนวคิดของ McArdle และ Hamagami (1991, 1995) เท่านั้น ซึ่งสามารถเขียนอธิบายได้ดังแผนภาพที่ 6



แผนภาพที่ 6 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลระยะยาว

จากแผนภาพที่ 6 คะแนนดิบของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้งจากการวัดซ้ำ 5 ครั้ง (Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 และ Y_5) ของแต่ละบุคคล (n) เขียนอยู่ในรูปสมการตามโมเดล ดังนี้

$$Y(1,n) = L(n) + B(1)\,S(n) + E(1,n)$$

$$Y(2,n) = L(n) + B(2)\,S(n) + E(2,n)$$

$$Y(3,n) = L(n) + B(3)\,S(n) + E(3,n)$$

$$Y(4,n) = L(n) + B(4)\,S(n) + E(4,n)$$

$$Y(5,n) = L(n) + B(5)\,S(n) + E(5,n)$$

จากสมการที่แจกแจงมาข้างต้น ค่าน้ำหนักพื้นฐาน S(n) ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการที่วัดในแต่ละครั้ง จะถูกประมาณค่าจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพที่ 6 มีการกำหนดชื่อย่อและสัญลักษณ์แทนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโมเดลดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ได้แก่

รูปสี่เหลี่ยม คือ ตัวแปรสังเกตได้

รูปวงรี คือ ตัวแปรแฝง

รูปสามเหลี่ยม คือ ค่าคงที่

ลูกศรทางเดียว คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงบนตัวแปรสังเกตได้

ลูกศรสองทาง คือ ค่าความสัมพันธ์แบบสมมาตร ได้แก่ ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม

ชื่อตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่

$Y_{(t)}$ คือ ตัวแปรสังเกตได้ในการวัดครั้งที่ t

L คือ ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรก ซึ่งคล้ายคลึงกับองค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (T_{INI}) ในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

S คือ ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง ซึ่งคล้ายคลึงกับองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (T_{OVA}) ในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ของ ประสิทธิ์ ไชยกาล นั่นเอง

L* คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงผลการวัดครั้งแรก

S* คือ ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชัน

$E_{(t)}$ คือ ความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งที่ t

1 คือ ค่าคงที่ (constant) กำหนดให้เป็นตัวแปรสังเกตได้ และมีค่าเท่ากับ 1

$B_{(t)}$ คือ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบพื้นฐานหรือพารามิเตอร์ที่เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ t ค่า $B_{(t)}$ ของทุกตัวแปรสังเกตได้อาจมีค่าเท่ากันหรืออาจมีค่าต่างกันตามที่นักวิจัยกำหนดหรืออาจเป็นพารามิเตอร์อิสระที่บอกลักษณะของพัฒนาการ

ML คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง L

MS คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันหรือตัวแปรแฝง S

DL คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง L

DS คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันหรือตัวแปรแฝง S

De คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งที่ t และ

RLS คือ ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง L กับความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง S หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างองค์ประกอบของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงนั่นเอง

นอกจากนี้ยังมีการกำหนดให้ลูกศรทิศทางเดียวจากค่าผลการวัดครั้งแรกของตัวแปรแฝง (L) ไปยังตัวแปรสังเกตได้ Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 และ Y_5 มีค่าเท่ากับ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจาก L ถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นตัวแปรแฝงของการวัดตัวแปรสังเกตได้ Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 และ Y_5 การที่กำหนดให้ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดครั้งแรกมีค่าเท่ากับ 1 ดังกล่าว จึงทำให้ตัวแปรแฝงที่เป็นผลการวัดของตัวแปรทั้งห้ามีค่าเท่ากัน เนื่องจากถือว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดจากการวัดทั้งห้าครั้ง นอกจากนี้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งแรกนั้นเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงในสถานะเริ่มแรกโดยถือว่ายังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ S(n) ในการวัดครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0

จุดเด่นของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวิเคราะห์ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ที่ McArdle และ Hamagami (1991, 1995) ได้พัฒนาขึ้นนี้ คือ ความยืดหยุ่น (flexible) ของโมเดลที่อาจดัดแปลงโมเดลให้เหมาะสมกับโค้งพัฒนาการรูปแบบต่าง ๆ ได้ โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ B(t) ในงานวิจัยของ McArdle และ Hamagami มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์แตกต่างกันเป็น 4 แบบ ได้เป็นโมเดล 4 รูปแบบดังนี้ คือ

1. โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) โมเดลรูปแบบนี้มีโค้งพัฒนาการไม่เป็นเส้นตรง ในโมเดลนี้นักวิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ B(t) เป็นพารามิเตอร์อิสระและประมาณค่าพารามิเตอร์ให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ลักษณะของโมเดลเป็นโมเดลที่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (constraint) น้อยที่สุด

นอกจากนี้ McArdle และ Epstein (1987) ยังได้เสนอแนะการปรับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดพารามิเตอร์อิสระให้ดีขึ้น โดยผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นยอมให้ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้มีค่าแตกต่างกันได้ ในที่นี้จะเรียกโมเดลแบบนี้ว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance) ว่า โมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance model = UDV model)

2. โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (latent curve growth model with fixed parameter = FIC model) ในกรณีที่นักวิจัยทราบรูปแบบโค้งพัฒนาการชัดเจน หรือทราบค่าพารามิเตอร์ B(t) จากงานวิจัยที่มีผู้ทำไว้แล้ว นักวิจัยอาจกำหนดค่าเวคเตอร์ B(t) ตามลักษณะโค้งที่ต้องการได้ เช่น นักวิจัยอาจกำหนดพารามิเตอร์ B(t) เป็นเวคเตอร์ [0, 2, 2, 1, -1] เมื่อกำหนดให้ L(n) = 100 และ S(n) = 10 จะได้คะแนนการวัดทั้ง 5 ครั้ง เมื่อไม่รวมค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าดังนี้

Y (1, n) = 100 + B(1) (10) = 100 + 0 (10) = 100

Y (2, n) = 100 + B(2) (10) = 100 + 2 (10) = 120

Y (3, n) = 100 + B(3) (10) = 100 + 2 (10) = 120

Y (4, n) = 100 + B(4) (10) = 100 + 1 (10) = 110

Y (5, n) = 100 + B(5) (10) = 100 - 1 (10) = 90

จะเห็นได้ว่า นักวิจัยสามารถกำหนดค่า B(t) ด้วยเวคเตอร์ที่มีค่าต่าง ๆ กัน เพื่อให้ได้โค้งพัฒนาการเหมาะกับข้อมูลได้

3. โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) ในกรณีนี้นักวิจัยเชื่อว่าข้อมูลที่เป็นการศึกษาระยะยาวมีการวัดตัวแปร 5 ครั้ง มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง หรือโค้งพัฒนาการเป็นแบบเส้นตรง นักวิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์ B(t) เป็นเวคเตอร์ [0, 1, 2, 3, 4] เมื่อ L(n) = 100 และ S(n) = 10 จะได้คะแนนการวัดทั้ง 5 ครั้ง เมื่อไม่รวมค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าดังนี้

Y (1, n) = 100 + B(1) (10) = 100 + 0 (10) = 100

Y (2, n) = 100 + B(2) (10) = 100 + 1 (10) = 110

Y (3, n) = 100 + B(3) (10) = 100 + 2 (10) = 120

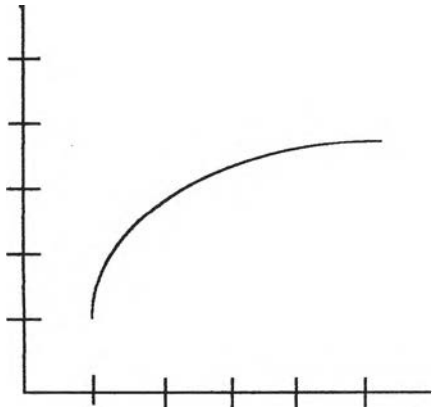
Y (4, n) = 100 + B(4) (10) = 100 + 3 (10) = 130

Y (5, n) = 100 + B(5) (10) = 100 + 4 (10) = 140

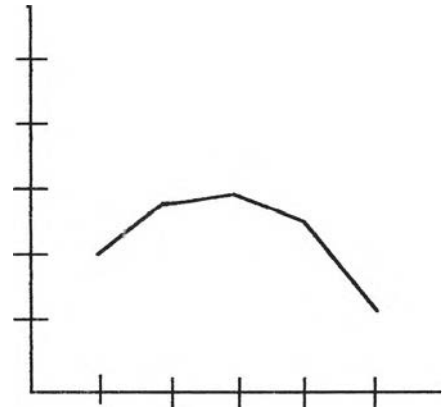
จะเห็นได้ว่าการกำหนดค่า B(t) ด้วยเวคเตอร์ที่มีค่าเป็น 0, 1, 2, 3 และ 4 ทำให้ได้โค้งพัฒนาการเป็นแบบเส้นตรง

4. โมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model = NSB model) มีการกำหนดค่าความชันพื้นฐานเป็น 0 โมเดลนี้นักวิจัยกำหนดค่าเวคเตอร์ในพารามิเตอร์ B(t) มีค่าเท่ากับ [0, 0, 0, 0, 0] หมายความว่า ลักษณะของโมเดลควรจะสอดคล้องกับข้อมูลน้อยที่สุด และใช้เป็นพื้นฐานในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลอื่น ๆ ได้ต่อไป

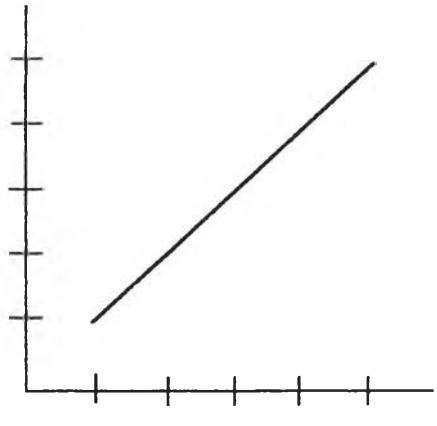
การกำหนดค่าพารามิเตอร์ B(t) แตกต่างกันทั้ง 4 วิธีข้างต้นนั้น ในโมเดล 3 โมเดลแรก นักวิจัยอาจกำหนดค่าเวคเตอร์ B(t) แตกต่างกันให้ได้เป็นโค้งพัฒนาการหลายลักษณะ เช่น โมเดลพัฒนาการเชิงเส้น การกำหนดพารามิเตอร์ B(t) เป็น [0, 1, 2, 3, 4] หรือ [0, 2, 4, 6, 8] จะได้โค้งพัฒนาการเป็นเส้นตรงทั้ง 2 แบบ แต่ลักษณะโมเดลพัฒนาการแตกต่างกัน ซึ่งนักวิจัยสามารถพัฒนาและตรวจสอบโมเดลแต่ละแบบได้ว่ามีประสิทธิภาพแตกต่างกันเพียงใด ลักษณะของโมเดลพัฒนาการทั้ง 4 รูปแบบข้างต้น แสดงได้ดังแผนภาพที่ 7



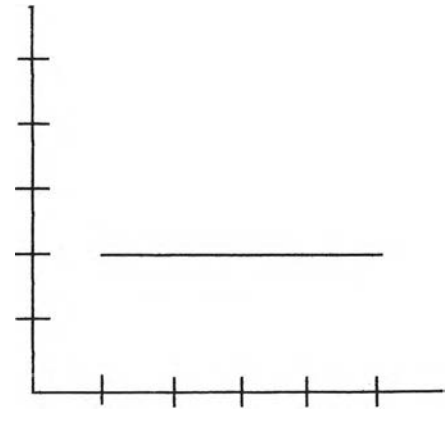
โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝง
และกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ
Latent growth curve model
with free parameter = FRC model



โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝง
และกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่
Latent growth curve model
with fixed parameter = FIC model



โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง
Linear growth model = LIN model



โมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน
No slope baseline growth model = NSB model

แผนภาพที่ 7 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลว่าโมเดลแบบใดมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น McArdle และ Hamagami (1991,1995) และ Bollen (1989) เสนอแนะให้ใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งมีอยู่ 4 แบบ คือ

1. ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics = χ^2) ค่าสถิติไค-สแควร์เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดความกลมกลืนและทดสอบสมมุติฐานทางสถิติที่ว่าฟังก์ชั่นความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ ได้จากผลคูณขององศาอิสระ (degree of freedom) กับค่าของฟังก์ชั่นความกลมกลืน ถ้าค่าสถิติไค-สแควร์ มีค่าต่ำและเข้าใกล้ศูนย์มากเท่าไร นั่นย่อมแสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทั้งนี้ค่าสถิติไค-สแควร์ควรมีค่าเท่ากับองศาอิสระด้วย ในการใช้ค่าสถิติไค-สแควร์วัดระดับความกลมกลืนควรคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นทั้ง 4 ประการ คือ ประการแรก ตัวแปรภายนอกสังเกตได้มีการแจกแจงแบบปกติและไม่มีค่าความโด่ง (kurtosis) ประการที่สอง การคำนวณต้องใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมมาวิเคราะห์ข้อมูล ประการที่สาม กลุ่มตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่ ในกรณีข้อมูลในการวิเคราะห์โมเดลเป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงปกติพหุนามทุกตัวจะใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า 100 โดยมีอัตราส่วนระหว่างหน่วยตัวอย่างและจำนวนพารามิเตอร์หรือตัวแปรเป็น 20 ต่อ 1

2. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness-of-Fit Index = GFI) ค่าดัชนี GFI คือ อัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชั่นความกลมกลืนก่อนการปรับโมเดลและหลังจากปรับโมเดลแล้ว หลักการปรับโมเดลจะพิจารณาค่าไค-สแควร์ที่มีค่าสูงเมื่อเทียบกับองศาอิสระที่คำนวณได้ตอนแรก หากมีค่าลดลงในการปรับครั้งหลังมากกว่าครั้งแรกแสดงว่าโมเดลใหม่มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีขึ้น โดยทั่วไป ค่าดัชนี GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง แต่ลักษณะการแจกแจงจะขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดัชนี GFI นี้จะมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ค่าดัชนี GFI เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากข้อมูลชุดเดียวกันและข้อมูลต่างชุดกันได้อีกด้วย

3. ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือ (Root Mean Squared Residual = RMR) ดัชนี RMR เป็นดัชนีที่ใช้บอกขนาดของเศษที่เหลือโดยเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ชุดเดียวกันของโมเดลสองโมเดล และใช้ได้ดีกับตัวแปรภายนอกและตัวแปรสังเกตได้ที่เป็นตัวแปรมาตรฐาน (standardized variable) เนื่องจากค่าดัชนี RMR จะแปลความหมายสัมพันธ์กับขนาดของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร ถ้าค่าดัชนี RMR เข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด (Largest Standardized Residual) คือ ผลหารระหว่างความคลาดเคลื่อนกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนนั้น หลักการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุดนี้ไม่ควรเกิน 2.00 และต้องมีการปรับโมเดลหากมีค่าเกินกว่าที่กำหนด (Bollen, 1989 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538)

ตอนที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลง

การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานของไทยมีหลักสูตรเป็นแม่บทในการกำหนดความมุ่งหมาย แนวทางการจัดโครงสร้างทางการศึกษา ตลอดจนเกณฑ์อายุมาตรฐานรองผู้เรียนในแต่ละระดับการศึกษาเป็นสำคัญ ในอดีตมีการกำหนดกรอบแห่งการเรียนรู้ไว้ 3 องค์ประกอบ คือ พุทธศึกษา จริยศึกษา และพลศึกษา ซึ่งในปัจจุบันได้พัฒนาหลักสูตรใหม่ เรียกว่า หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง 2533) ได้บัญญัติองค์ความสำเร็จของผู้เรียนแทนคำที่ใช้อยู่เดิม เป็น พุทธิพิสัย (cognitive domain) จิตพิสัย (affective domain) และทักษะพิสัย (psychomotor domain) โดยมุ่งหวังในการพัฒนาคุณภาพประชากรให้มีความรู้ประสบการณ์ขั้นพื้นฐานที่จะสามารถพัฒนาตนเองทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ คุณธรรม จริยธรรม มีสติปัญญา ในการคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น ตลอดจนความรู้และประสบการณ์พอที่จะนำพาตนไปสู่ความสำเร็จในการดำเนินชีวิตอย่างสงบสุข ดังนั้นรัฐจึงมีความพยายามขยายการศึกษาภาคบังคับจาก 6 ปี เป็น 9 ปี หรือในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นั่นเอง ทั้งนี้เพื่อเป็นการส่งเสริมศักยภาพและคุณภาพของประชาชน ในอันจะพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้าไปสู่ยุคไร้พรมแดน ดังจะเห็นได้จากการที่กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการได้ดำเนินงานตรวจสอบคุณภาพการศึกษาอย่างจริงจังในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตั้งแต่ ปีการศึกษา 2526 เป็นต้นมา โดยการประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนและกระบวนการจัดการศึกษาของโรงเรียน เพื่อนำผลการประเมินไปใช้วางแผนพัฒนาการจัดการศึกษาของชาติต่อไป

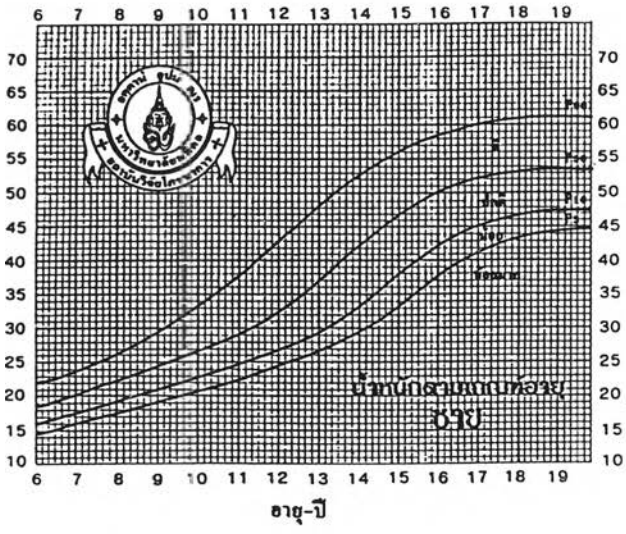
ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจพิจารณาให้ความสำคัญต่อพัฒนาการทางสติปัญญา (mental development) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และพัฒนาการทางกายภาพ (physical development) ด้านน้ำหนักและส่วนสูงของผู้เรียน เนื่องจากองค์ประกอบพุทธิพิสัย (cognitive domain) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนรู้ และมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบทักษะพิสัย (psychomotor domain) ของแต่ละบุคคลนั่นเอง ซึ่งสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากพัฒนาการดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

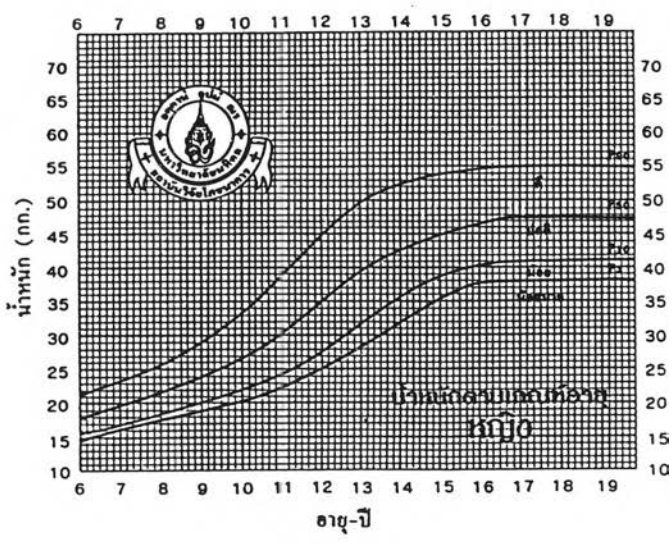
จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านสติปัญญากับด้านกายภาพ พบว่า พัฒนาการทางด้านสติปัญญามีลักษณะเช่นเดียวกับวิวัฒนาการทางด้านกายภาพ (ประสาท อิศรปรีดา, 2538) ดังจะเห็นได้ว่าอัตราเร็วของการพัฒนาทางด้านสติปัญญาและพัฒนาการทางด้านกายภาพของผู้เรียนที่ได้จากการวัดการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน น้ำหนักและส่วนสูง นั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีความเด่นชัดที่สุดในวัยนี้ เนื่องจากผู้เรียนในวัยดังกล่าวมีพัฒนาการรวดเร็วและสูงสุดเมื่อเข้าสู่วัยแรกรุ่นหรือในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษานั่นเอง กล่าวคือ เด็กอายุ 9 - 10 ปี การเจริญเติบโตเป็นไปค่อนข้างช้า ส่วนเด็กที่มีอายุ

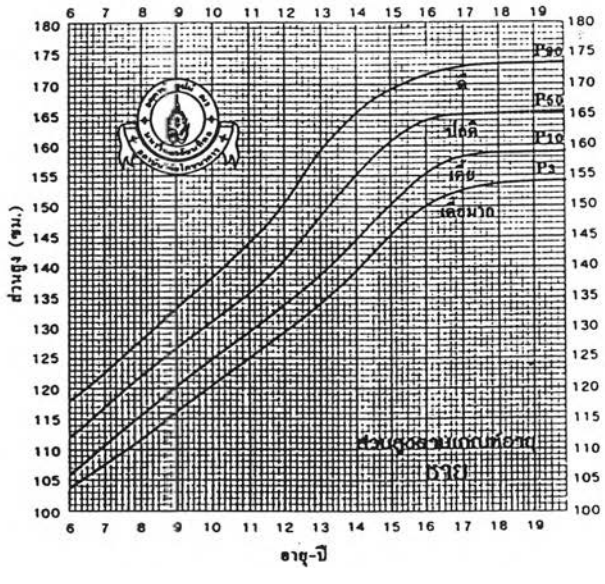
10 ปีเป็นต้นไป จะเริ่มเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งส่วนสูงและน้ำหนัก โดยเด็กหญิงจะเติบโตเร็วกว่าเด็กชาย ประมาณ 1-2 ปี (สุชา จันทน์เอม, 2536) นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในขั้นต่อไปที่สูงขึ้นนั้นต้องอาศัยความสำเร็จจากหลักวิชาการต่าง ๆ ที่บรรลุผลแล้วในระดับเบื้องต้นและพัฒนาการทางการคิดของแต่ละคนจะมีเพียงลักษณะเดียวซึ่งไม่แตกต่างกันในระดับและลำดับของพัฒนาการแต่จะแตกต่างกันในด้านอัตราความเร็วในการเกิดของแต่ละระดับของพัฒนาการอันก่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างบุคคลนั่นเอง (ผดุงชัย ภู่พัฒน์, 2538)

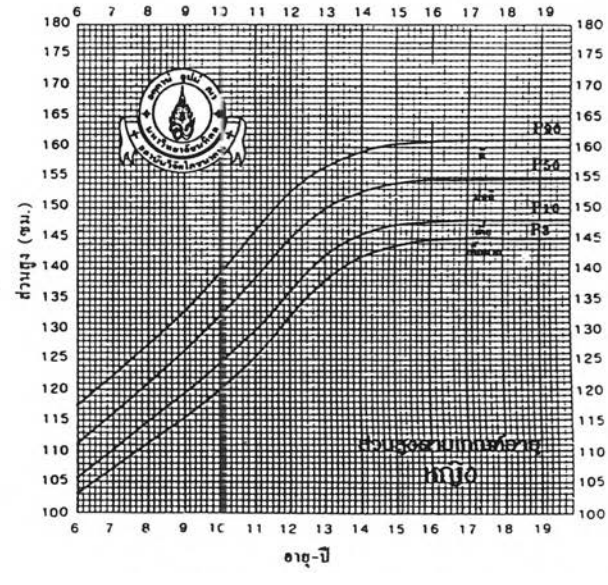
การศึกษาพัฒนาการทางด้านกายภาพของ Eichorn (1979) และ Lowery (1978) อ้างถึงใน Shaffer (1985) พบว่า พัฒนาการทางด้านกายภาพของเด็กแรกเกิดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เด็กที่มีอายุ 4-6 เดือน จะมีน้ำหนัก ประมาณ 9.5 - 10 กิโลกรัม ถ้าเด็กมีการเจริญเติบโตจนถึงอายุ 18 ปี เด็กจะมีส่วนสูง ประมาณ 178 เซนติเมตร และมีน้ำหนัก ประมาณ 73 กิโลกรัม โดยในวัยเด็กตอนกลางระหว่างอายุ 6 - 12 ปี เด็กจะมีการเจริญเติบโตช้าลง คือ บางคนสูงถึง 130 - 135 เซนติเมตรและมีน้ำหนักประมาณ 27 - 36 กิโลกรัม และจะเพิ่มมากขึ้นในช่วงวัยรุ่นอย่างรวดเร็ว โดยจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 4.5 - 6.8 กิโลกรัม และมีความสูงเพิ่มขึ้น 7.6 - 15.2 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า พัฒนาการของเด็กทางกายภาพมีลักษณะเป็นเส้นตรงในช่วงแรกแล้วจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งในช่วงอายุถัดไปของเด็ก ซึ่งหมายถึงช่วงเข้าสู่วัยรุ่นนั่นเอง

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและส่วนสูงจึงน่าจะมีลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาจากข้อมูลภาวะการเจริญเติบโตของเด็กวัยเรียนของมหาวิทยาลัยมหิดลจะปรากฏชัดเจนว่าพัฒนาการทางด้านร่างกายของนักเรียนในช่วงอายุที่ทำการศึกษามีลักษณะเป็นเส้นตรงในตอนแรกเนื่องจากวัยเด็กตอนต้น (childhood) จะมีอัตราการเจริญเติบโตของร่างกายค่อนข้างคงที่ แต่ต่อมาเมื่อย่างเข้าสู่วัยรุ่น (acolescence) จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายที่รวดเร็วและต่อเนื่องจนถึงวัยผู้ใหญ่ โดยจะเห็นได้จากแผนภาพที่ 8 ซึ่งแสดงภาวะการเจริญเติบโตหรือพัฒนาการของเด็กวัยเรียน ดังต่อไปนี้









แผนภาพที่ 8 แสดงการแปลผลภาวะการเจริญเติบโตของเด็กวัยเรียน

ข้อมูล : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2530 มาตรฐานน้ำหนัก ส่วนสูง และเครื่องชี้วัดภาวะโภชนาการของประชาชนไทย อายุ 1 วัน - 19 ปี

โดย : สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

I 18980363

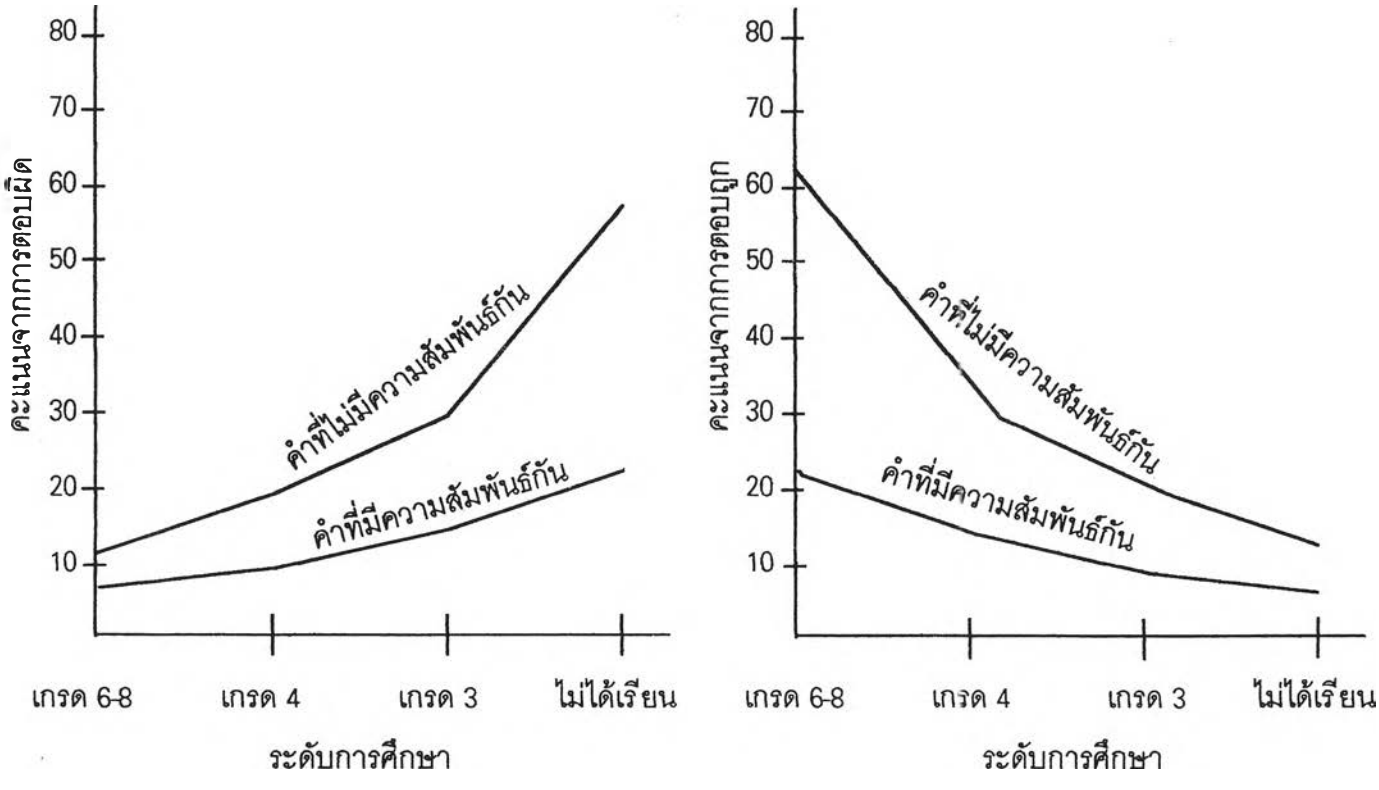
จากการศึกษาดังกล่าวจะเห็นได้ว่า น้ำหนักและส่วนสูงมีลักษณะพัฒนาการเป็นเส้นโค้ง ผู้วิจัยจึงตั้งสมมุติฐานว่า พัฒนาการทางด้านกายภาพเป็นเส้นโค้งและมีความสอดคล้องกลมกลืนกับโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่กำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model) ในทำนองเดียวกันพัฒนาการทางสติปัญญาหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก็เป็นเส้นโค้งและมีความสอดคล้องกลมกลืนกับโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่กำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model) ด้วย เนื่องจากในทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อจะเรียน (learning to learn) อันเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ซับซ้อน เช่น สังกัป (concept) ของเด็กต้องอาศัยความสามารถในการจำแนก (discrimination) จะมีลักษณะที่แตกต่างกันของลำดับการเรียนรู้ที่แตกต่างกันพัฒนาการของการเรียนรู้จะมีความคงที่ในระยะ 2 - 5 ขวบ และ 5 - 7 ขวบ และตั้งแต่ 7 ขวบขึ้นไปโดยพัฒนาการช่วง 5 - 7 ขวบ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เรียกว่า " 5× 7 shift " ในช่วงกลาง ๆ เด็กจะมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการเรียนและยุทธศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างสังกัปและในการแก้ปัญหา ผลจากการวิจัยพบว่า เด็กอายุ 3 - 5 ขวบ สามารถเรียนรู้ที่จะเรียน (learning to learn) แต่จะใช้เวลานานเป็น 3 เท่า ของนักเรียนในวัยเรียนที่มีอายุ 7 - 12 ขวบ และใช้เวลาเป็น 3 เท่า ของเด็กวัยรุ่น

การเรียนรู้สังกัปที่แตกต่างไปจากสังกัปหรือความรู้เดิมในเด็กเล็กอายุ 3 - 5 ขวบ มีน้อยมาก ผลการวิจัยพบว่า เด็กจำนวน 42 % ของเด็กวัย 4 ขวบ จะสามารถเลือกวัตถุที่มีลักษณะแตกต่างจากสิ่งของหรือวัตถุอื่นได้ 6 ครั้ง แต่ในเด็กวัย 6 ขวบ มีจำนวนถึง 88 % ที่สามารถทำได้ถูกต้อง

หลักการ " 5 × 7 shift " สามารถอธิบายได้ด้วยสมมุติฐานพุทธพิสัย (cognitive hypothesis) ของ เพียเจต์ ว่าเด็กในช่วงอายุ 5 - 7 ขวบ จะมีพัฒนาการทางสติปัญญาเร็วกว่าในช่วงอื่น ๆ เนื่องจากในช่วงอายุดังกล่าวเด็กจะมีพัฒนาการทางด้านการใช้ภาษาและการรับรู้ความหมายทางภาษาได้ดีขึ้น

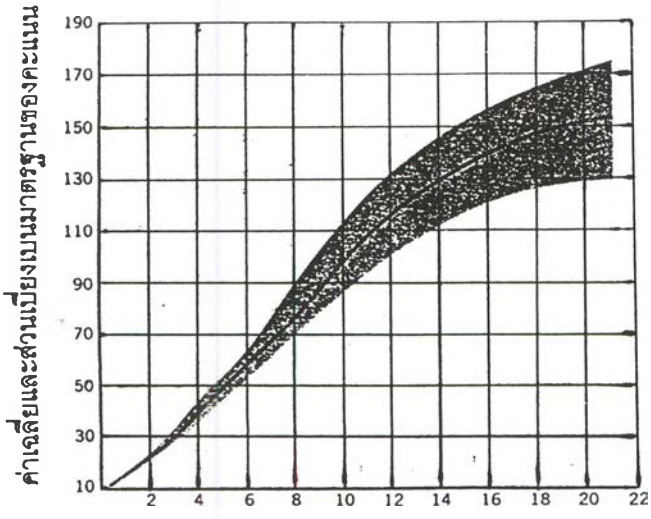
Sharp และ คณะ (1979 อ้างถึงใน Shaffer, 1985) กล่าวถึงความสำคัญของการเรียนรู้ในโรงเรียนว่ามีส่วนสำคัญในการเพิ่มความรู้พื้นฐานของวัยเด็กตอนต้น โดยการจัดมวลประสบการณ์ที่โรงเรียนเพื่อปลูกฝังและฝึกฝนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบอันมีผลต่อการพัฒนาทางสติปัญญา อาจกล่าวได้ว่าการรับการศึกษาก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสติปัญญา ดังนั้นในการวิจัยทางสังคมวิทยาจึงมีการทดสอบหลักแห่งพัฒนาการอย่างกว้างขวาง โดยทำการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของเด็กที่เรียนหนังสือในโรงเรียนกับเด็กที่ไม่ได้เรียน ผลการเรียนรู้ทางสติปัญญา (cognitive domain) ที่ใช้ในการวิจัยนั้นมี 4 ประเภท คือ ความคิดด้วยรูปธรรม (concrete operations) ความสัมพันธ์ระหว่างภาษาและความคิด (the relation between language and thought) ความจำ (memory) และทักษะการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน (metacognitive skills) เช่น ความสามารถหรือผลที่เกิดจากกระบวนการทางความคิดของตนเอง โดย Sharp และ คณะ ได้ศึกษา

การเรียนรู้ความหมายของคำ (the organization of word meanings) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของความรู้ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างภาษาและความคิด กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กวัยรุ่นชาวอินเดียเผ่ามายันที่อาศัยอยู่ในประเทศเม็กซิโก โดยเก็บข้อมูลขณะเด็กมีการเลื่อนชั้นเรียน 1 ปี และมากกว่า 1 ปี ให้เด็กตอบคำถามด้วยคำที่มีความหมายเดียวกับคำที่ยกตัวอย่าง ดังแสดงในแผนภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่าพัฒนาการทางสติปัญญาดังกล่าวข้างต้นมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง

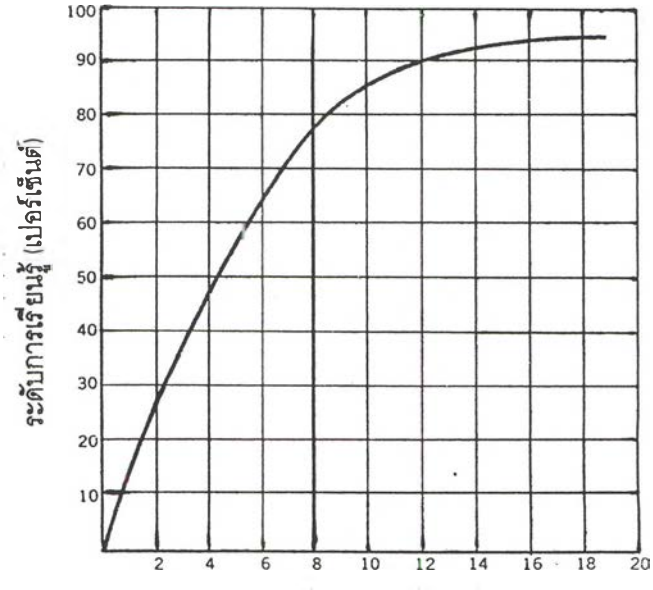


แผนภาพที่ 9 แสดงคะแนนเฉลี่ยการเรียนรู้คำที่มีความสัมพันธ์และไม่มีความสัมพันธ์กัน

นอกจากนี้ Bayley (1955) และ Bloom (1964) อ้างถึงใน Stott (1967) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญา โดย Bayley แสดงโค้งของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสติปัญญาในเด็กแรกเกิดจนถึงอายุ 21 ปี และ Bloom (1964) ได้นำเสนอโค้งพัฒนาการทางสติปัญญาในรูปของเปอร์เซ็นต์ระดับการเรียนรู้ในช่วงอายุต่าง ๆ ดังแผนภาพที่ 10 และ แผนภาพที่ 11



แผนภาพที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสติปัญญา



แผนภาพที่ 11 แสดงพัฒนาการทางสติปัญญาในรูปของเปอร์เซ็นต์ระดับการเรียนรู้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำตัวแปรเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญา คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และพัฒนาการทางกายภาพของผู้เรียน คือ น้ำหนัก และส่วนสูงมาศึกษาการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสติปัญญา (mental domain) และทางกายภาพ (physical domain) โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงชนิดมีการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ตามโมเดลของ McArdle และ Hamagami (1991, 1995) อีกทั้งในโมเดลนี้มีความจำเป็นต้องมีฐานข้อมูลที่เป็นข้อมูลจากการศึกษาระยะยาวมีการวัด 5 ครั้งด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ข้อมูลที่มีอยู่แล้ว โดยได้พิจารณาเลือกฐานข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากงานวิจัยของประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ซึ่งเก็บข้อมูลไว้แล้ว 3 ครั้ง ผู้วิจัยจึงต้องเก็บเพิ่มเติมอีก 2 ครั้ง เพื่อให้เห็นพัฒนาการที่ชัดเจนมากขึ้น ส่วนพัฒนาการทางกายภาพใช้ตัวแปรน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา ซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลจากสถิติของโรงเรียนได้จากแบบบันทึกการตรวจสุขภาพของนักเรียน

สมมุติฐานของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงหรือโมเดลลิสเรลซึ่งอยู่ในรูปของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ ที่ใช้ในการวัดพัฒนาการทางสติปัญญาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาการทางกายด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับประถมศึกษา ปีการศึกษา 2536 โดยผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานการวิจัยในครั้งนี้ไว้ดังนี้ คือ โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) จะมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของพัฒนาการทางสติปัญญาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาการทางกายด้านน้ำหนักและส่วนสูงได้ดีที่สุด ทั้งนี้เพราะการวัดการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาการด้านน้ำหนักและส่วนสูงด้วยโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระจะให้ค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้โมเดลการวัดมีความสอดคล้องกลมกลืน (fit) กับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ดีกว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่ (latent growth curve model with fixed parameter = FIC model) โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) และโมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน (no slope baseline growth model = NSB model) เมื่อพิจารณาพัฒนาการทางกายตามลักษณะทางเพศแล้วผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานว่า โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model = LIN model) จะมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของพัฒนาการทางกายของเพศชายได้ดีที่สุด ส่วนโมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) จะมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของพัฒนาการทางกายของเพศหญิงได้ดีที่สุด