บทที่ 2
วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

รายงานเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแยกเสนอเป็น 4 ตอนดังต่อไปนี้ คือ

ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม

ตอนที่ 2 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่

ตอนที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 4 โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบกับตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 5 ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม(Classical Methods for Measuring Change)

การวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมนั้นเกิดจากแนวความคิดที่ว่าเมื่อบุคคลเกิดการเรียนรู้ บุคคลจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆ การวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นก็คือ การวัดความแตกต่างของพฤติกรรมระหว่าง "ก่อนการเรียนรู้" กับ "หลังจากเรียนรู้แล้ว"(Willett , 1994) ดังนั้นแนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิม จึงอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัดเพียง 2 ครั้งเท่านั้น วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มนี้ได้แก่

1. วิธีหาคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ(observed difference score)
2. วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือ(residual change score)
3. วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน(base-free measurement of change)
4. วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์(relative gain score)
5. วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด(estimeted true gain score)

นอกจากนี้ ยังมีวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้โดยขจัดอิทธิพลเพดาน(ceiling effect) ที่พัฒนาขึ้นโดย อรุณี อ่อนสวัสดิ์(2537) อีกด้วย อย่างไรก็ตามจากรายงานเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องฉบับนี้ จะพบว่าวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมแต่ละวิธียังมีข้อบกพร่องบางประการ อาทิเช่น วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน(base-free

measurement of change)มีข้อบกพร่องประการสำคัญคือ ความคลาดเคลื่อนของคะแนนการเปลี่ยนแปลงมีแนวโน้มที่จะมีค่ามากกว่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือ (Zimmerman & Williams,1982 ; อรุณี อ่อนสวัสดิ์ , 2537) วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์(relative gain score)นั้น เนื่องจากวิธีการนี้ไม่ใช่โมเดลเชิงบวกจึงยังไม่มีวิธีประมาณค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลง(Kanjanawasee , 1989 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์ , 2537) ส่วนวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด(estimeted true gain score)นั้นจะมีพิสัยของคะแนนการเปลี่ยนแปลงจะแคบกว่าพิสัยของของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ(Lord , 1963 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์ , 2537) นอกจากนี้วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงโดยขจัดอิทธิพลเพดานที่พัฒนาขึ้นโดย อรุณี อ่อนสวัสดิ์(2537) ถึงแม้ว่าค่าความเที่ยงที่คำนวณได้จากวิธีนี้จะสูงกว่าค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่คำนวณได้จากวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ และวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงของลอร์ด แต่ก็ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นย่อมหมายความว่ายังไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะยืนยันได้ว่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงโดยขจัดอิทธิพลเพดานจะมีค่าสูงกว่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่คำนวณได้จากวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงวิธีอื่น ๆ และวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงโดยขจัดอิทธิพลเพดานนี้ ยังใช้ได้ดีในบางสถานการณ์ของการเรียนรู้เท่านั้น อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าวิธีการหาคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ(observed difference score) จะเป็นวิธีที่นำมาใช้ในการศึกษาขนาดของการเปลี่ยนแปลงอย่างแพร่หลายและได้ผลดี อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงได้โดยไม่มีความลำเอียง(unbiased estimated of true chnage)ก็ตาม(Rogosa & Willett , 1985 ; Rakov , 1993) แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องที่ร้ายแรงในด้านอื่น ๆอาทิเช่น คะแนนการเปลี่ยนแปลงไม่มีความเที่ยง เกิดความสัมพันธ์ลวง (spurious correlation) ระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนการวัดครั้งแรกเป็นต้น (Rogosa & Willet,1985 ; Zimmerman & Williams,1982 ; Lord & Purby,1970 อ้างถึงใน Rakov,1993) นอกจากนั้น จากทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม(Classical Test Theory)ที่กล่าวว่า คะแนนสังเกต(observed score)จะเท่ากับคะแนนจริง(true score)บวกกับคะแนนความคลาดเคลื่อนจากการวัด(error score of measurement) ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการได้คือ $X = T + E$ เมื่อ X คือคะแนนสังเกต ,T คือคะแนนจริง และ E คือคะแนนความคลาดเคลื่อนจากการวัด การวัดตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นประการหนึ่งคือ ความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบโดยการอนุโลมว่าความคลาดเคลื่อนของการวัดครั้งแรกกับการวัดในครั้งหลังมีค่าเท่ากันและหักลบกันหมดพอดีจึงเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม นั่นเป็นข้อบกพร่องประการหนึ่ง และประการที่สองการหาคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบเป็นวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ใส่ใจต่อความคลาดเคลื่อนจากการวัดที่เกิดขึ้น การวัดตัวแปรใด ๆโดยไม่ใส่ใจต่อความคลาดเคลื่อนนี้จะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรนั้น ๆคลาดเคลื่อนได้

(e.g. Raykov,1994 ; Rogosa & Willett ,1985) ส่วนวิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือ(Residual Change Score) ถึงแม้ว่าสามารถขจัดความสัมพันธ์สวงระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนการวัดครั้งแรกได้ (Manning & DuBois ,1958 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์ , 2537 ; Raykov,1993) แต่เนื่องจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงส่วนที่เหลือเป็นผลมาจากการนำคะแนนสังเกตของคะแนนการวัดในครั้งแรกออกจากคะแนนสังเกตของการวัดในครั้งหลังด้วยวิธีการถดถอยทางสถิติซึ่งทำให้การประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงไม่มีความคงเส้นคงวา (inconsistent estimates of change) (Raykov , 1993)

ถึงแม้ว่าวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมจะมีข้อบกพร่องดังที่กล่าวมาแล้วก็ตาม แต่วิธีการเหล่านี้ก็ยังคงสามารถนำมาใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้แต่การนำวิธีการเหล่านี้ไปใช้ก็จะต้องคำนึงถึงข้อบกพร่องของแต่ละวิธีดังที่กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบดั้งเดิมวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงที่ใช้ข้อมูลจากการวัดเพียงสองครั้งเท่านั้นซึ่งไม่เพียงพอต่อการอธิบายกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้(Willett,1994 ; Gottman & Rushe,1993 ; Raykov,1994) นอกจากนี้ ความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวัดเพียงสองครั้งยังมีค่าน้อยกว่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวัดหลาย ๆ ครั้งอีกด้วย(Willet ,1989 ; Woodruff & Houston ,1994) ดังนั้น การวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจึงเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงที่ข้อมูลจากการวัดหลาย ๆครั้งในรูปของการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวเป็นหลักดังที่จะเสนอต่อไปนี้

<u>ตอนที่ 2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่</u>

ดังที่ได้กล่าวมาแต่ต้นแล้วว่า โมเดลการวัดในรูปสมการโครงสร้าง เป็นวิธีการที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างกว้างขวางครอบคลุม มีความชัดเจน และมีคำอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบได้อย่างลึกซึ้ง รวมทั้งมีการคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วย นอกจากนี้การพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล ก็มีส่วนทำให้วิธีการดังกล่าวได้รับการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างกว้างขวาง โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองกับวิธีวิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างซึ่งได้แก่ โปรแกรม LISREL (Joreskog & sorbom , 1989) และในปัจจุบันได้พัฒนาโปรแกรมนี้จนถึงเวอร์ชั่น 8.10 ดังนั้นการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่จึงได้นำโมเดลการวัดในรูปสมการโครงสร้างมาใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลง หรือการศึกษาถึงกระบวนการพัฒนาโดยใช้ข้อมูลที่มีการวัดหลาย ๆ ครั้ง การวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่นี้มีหลายแนวความคิดด้วยกัน แนวคิดที่สำคัญได้แก่ โมเดลออโตรีเกรสซีฟ(autoregressive model) โมเดลดีฟเฟอร์เรนซ์คอมโพเนนท์(difference component model) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model) และโมเดลโกรทซ์เคิร์ฟ(growth curve model)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะเสนอรายละเอียดเฉพาะ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model)และโมเดลโกรทช์เคิร์ฟ(growth curve model) เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากโมเดลดังกล่าวมีจุดเด่นที่เป็นข้อได้เปรียบกว่าโมเดลอื่น ๆดังที่ได้เสนอมาแล้วข้างต้น ส่วนโมเดลที่เหลือผู้ที่สนใจสามารถติดตามศึกษาได้จากบทความของ McArdle และ Aber (1990) ในหนังสือ ***Statistical Methods in longitudinal Research Volume I*** (Eye ,1990) และในหนังสือ ***Applied Computational Statistical Methods in longitudinal Research*** (Rovien & Eye,1991)

1.โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว
(Baseline of Longitudinal Factor Analysis)

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว มีแนวคิดว่า คะแนนดิบของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรหนึ่ง ๆในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ($Y_{m,t,n}$) จะประกอบไปด้วยคะแนนสองส่วนคือ คะแนนองค์ประกอบร่วม(common factor score) และคะแนนองค์ประกอบเฉพาะ(unique factor score) ของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรนั้น ๆในช่วงเวลานั้น สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้คือ

$$Y_{m,t,n} = j_{m,t} T_{t,n} + U_{m,t,n} \quad \text{..... (1)}$$

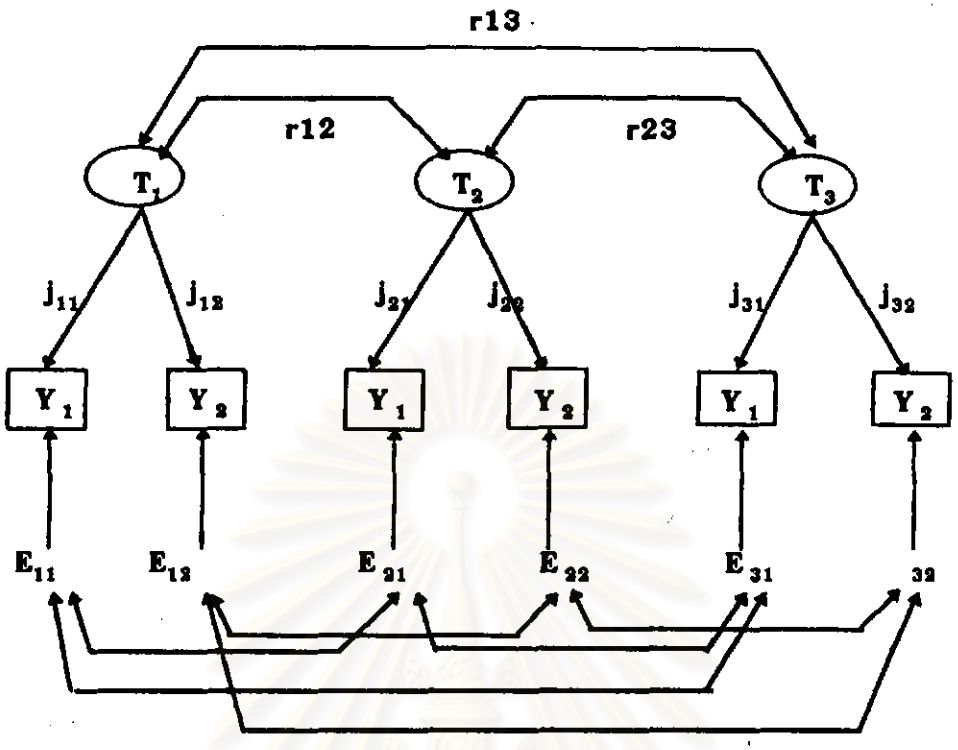
เมื่อ $Y_{m,t,n}$ คือ คะแนนดิบในการวัดตัวแปรที่ m ของคนที่ n ในช่วงเวลาที่ t ซึ่งเขียนในรูปคะแนนเบี่ยงเบนจากกลุ่ม

$T_{t,n}$ คือ คะแนนองค์ประกอบร่วมของคนที่ n ในการวัดครั้งที่ t

$U_{m,t,n}$ คือ คะแนนองค์ประกอบเฉพาะในการวัดตัวแปรที่ m ในช่วงเวลาที่ t

$j_{m,t}$ คือ น้ำหนักองค์ประกอบในการวัดตัวแปรที่ m ในช่วเวลาที่ t

จากสมการที่ 1 จะเห็นได้ว่าคะแนนเบี่ยงเบนของการวัดตัวแปรที่ m ของคนที่ n ในช่วงเวลาที่ t ที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองส่วน ส่วนแรกคือองค์ประกอบร่วม($T_{t,n}$)ซึ่งเป็นผลคูณของคะแนนองค์ประกอบร่วมกับน้ำหนักองค์ประกอบ(factor loading) และส่วนที่สองก็คือ คะแนนองค์ประกอบเฉพาะ($U_{m,t,n}$)หรือความคลาดเคลื่อนในการวัด($E_{m,t,n}$)นั่นเอง ในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวนี้ องค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะมีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะบอกให้ทราบว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง สามารถเป็นตัวทำนายองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาที่ถัดไป(Eye & Rovine,1991 ; Tisak & Meredith,1990 ; McArdle & Aber,1990) โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว(baseline longitudinal factor analysis)สามารถเขียนได้ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

จากแผนภาพที่ 1 T_1 , T_2 และT_3 เป็นองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลา t_1,t_2และt_3 ตามลำดับ โดยองค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะถูกวัดด้วยตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวคือY_1 และY_2 เมื่อพิจารณาจากแผนภาพประกอบกับสมการที่ 1 จะเห็นได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาต่างกันจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญสองส่วน ส่วนแรกคือองค์ประกอบร่วมซึ่งเป็นผลคูณของคะแนนองค์ประกอบร่วมกับน้ำหนักองค์ประกอบ ส่วนที่สองก็คือ คะแนนองค์ประกอบเฉพาะ ซึ่งสามารถเขียนแจกแจงในรูปสมการได้ดังต่อไปนี้คือ

<u>คะแนนของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาที่ t_1</u>

$$Y_{11} = j_{11}T_1 + E_{11}$$
$$Y_{12} = j_{12}T_1 + E_{12}$$

<u>คะแนนของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาที่ t_2</u>

$$Y_{21} = j_{21}T_2 + E_{21}$$
$$Y_{22} = j_{22}T_2 + E_{22}$$

<u>คะแนนของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในช่วงเวลาที่ t_3</u>

$$Y_{31} = j_{31}T_3 + E_{31}$$
$$Y_{32} = j_{32}T_3 + E_{32}$$

เมื่อ $j_{11}, j_{12}, \ldots, j_{32}$ คือ น้ำหนักองค์ประกอบ ส่วน $E_{11}, E_{12}, \ldots, E_{32}$หมายถึงองค์ประกอบเฉพาะ (ซึ่งก็คือความคลาดเคลื่อนในการวัดนั่นเอง) นอกจากนี้องค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลามีความสัมพันธ์กันได้ซึ่งแสดงไว้ด้วยลูกศรสองทิศทางและค่าดัชนีสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ(r_{12},r_{22} และ r_{13}) ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาต่างกันดังกล่าวจะบอกให้ทราบว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งสามารถเป็นตัวทำนายองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาที่ถัดไปได้ หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาหนึ่งจะไม่สามารถทำนายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ชุดเดียวกันที่วัดในอีกช่วงเวลาหนึ่งนั่นเอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว มีข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญสองประการคือ ประการแรก ในการวัดครั้งเดียวกัน องค์ประกอบร่วมจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบเฉพาะ ข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้มีความเข้มงวดเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ข้อตกลงเบื้องต้นประการที่สองก็คือองค์ประกอบเฉพาะที่วัดในช่วงเวลาเดียวกันจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่สามารถมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรเดียวกันที่วัดในช่วงเวลาที่ต่างกันได้ (Tisak & Meredith,1990) จากข้อตกลงเบื้องต้นข้อแรก เมื่อพิจารณาจากแผนภาพที่ 1 จะพบว่าไม่มีลูกศรที่แสดงว่าองค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะที่วัดในช่วงเวลาเดียวกันมีความสัมพันธ์ นั่นคือไม่มีลูกศรจาก E_{11} , E_{12} ไปยัง F_{11} จากE_{21},E_{22}ไปยัง F_{12} และจาก E_{31},E_{32}ไปยัง T_3 ส่วนข้อตกลงเบื้องต้นข้อที่ 2 นั้น จะปรากฏลูกศรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรเดียวกันที่วัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันเท่านั้น

ในการศึกษาการวัดการเปลี่ยนแปลงนั้น นักวิจัยให้ความสำคัญกับความคงที่ของพารามิเตอร์ของคะแนนองค์ประกอบเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะนักวิจัยต้องการตอบคำถามการวิจัยที่ว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับองค์ประกอบร่วม ซึ่งวัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันยังคงมีค่าคงที่หรือไม่ การศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวในการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวก็คือการพิจารณาความคงที่(stationarity)ของพารามิเตอร์ของคะแนนองค์ประกอบในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่มีตัวแปรแฝงซึ่งถึงแม้ว่าจะวัดองค์ประกอบดังกล่าวนี้ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ค่าพารามิเตอร์ขององค์ประกอบนี้ก็ยังมีค่าคงที่เช่นเดิม หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งก็คือความคงที่ของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว(stationarity of logitudinal factor analytic model) ก็คือความไม่แปรเปลี่ยนขององค์ประกอบที่วัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ในทางกลับกัน การที่องค์ประกอบที่วัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันไม่มีความคงที่ ย่อมแสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ขององค์ประกอบดังกล่าวเกิดการแปรเปลี่ยนไปในช่วงเวลาที่ทำการวัดต่างกัน (Tisak & Meredith , 1990)

สิ่งที่พิจารณาอีกประการหนึ่งในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ขององค์ประกอบก็คือ การพิจารณาความไม่แปรเปลี่ยนของแบบแผนขององค์ประกอบ(invariance of factor pattern) จุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของแบบแผนขององค์ประกอบในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบ ก็คือการตรวจสอบว่าแบบแผนขององค์ประกอบเดียวกันในกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันหรือไม่ ดังนั้นเมื่อผลการวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝงของประชากรในแต่ละกลุ่มมีความคงที่ ย่อมแสดงว่าแบบแผนขององค์ประกอบที่วัดจากกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันไม่มีความแปรเปลี่ยน หรือกล่าวได้ว่าแบบแผนขององค์ประกอบของประชากรในแต่ละกลุ่มเป็นแบบแผนเดียวกัน ในการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ความคงที่และความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบ(stationarity and invariance of longitudinal factor analitic model) มีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะโมเดลดังกล่าวสามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาและระหว่างกลุ่มประชากรได้โดยตรง(Tisak & Meredith,1990)

2.โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว
(Longitudinal Factor Analysis with Single Indicator model)

Raykov(1994) ได้นำวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวนี้มาประยุกต์ใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงและใช้ในการศึกษาถึงตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงด้วย ในการวัดการเปลี่ยนแปลง Raykov ได้ให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ดังนั้นโมเดลการวัดในรูปสมการโครงสร้างที่พัฒนาขึ้นจึงเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวโดยใช้ข้อมูลจากการวัดหลาย ๆครั้ง โมเดลที่พัฒนาขึ้นนี้ทำการวัดองค์ประกอบโดยใช้ตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียวจึงให้ชื่อว่าโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis with single indicator)โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว เป็นโมเดลที่ได้รับพัฒนาขึ้นมาจากแนวคิดการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว เพื่อใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวโมเดลนี้มีแนวคิดในการวัดตัวแปรตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม(CTT) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวนี้ อธิบายว่า คะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรแฝง 3 ส่วน ส่วนแรก คือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น(initail factor ; T_{INI}) ส่วนที่สองคือ องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด(overall change factor ; T_{OVA}) องค์ประกอบในส่วนนี้จะเป็นผลคูณของน้ำหนักองค์ประกอบกับคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในรูปตัวแปรแฝงระหว่างการวัดในครั้งแรกกับการวัดครั้งสุดท้าย และส่วนที่สามก็คือองค์ประกอบเฉพาะ (δ_{it}) ซึ่งก็คือเทอม

ความคลาดเคลื่อนในการวัด(E_{jk}) นั่นเอง จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเขียนในรูปสมการได้ดังสมการที่ 2 คือ

$$T_{jk} = T_{j1} + a_{jk}(T_{jp} - T_{j1}) + \delta_{jk} \quad \text{..... ②}$$

เมื่อ T_{jk} คือ คะแนนองค์ประกอบในรูปตัวแปรแฝงของตัวแปรที่ j ในการวัดครั้งที่ k

j คือ ลำดับที่ของตัวแปรซึ่งมีจำนวน m ตัวแปร(j =1 , 2 , ... , m)

k คือ ลำดับที่ในการวัดตัวแปรแต่ละตัวซึ่งมีจำนวน p ครั้ง (k = 1 , 2, . . . , p_j)

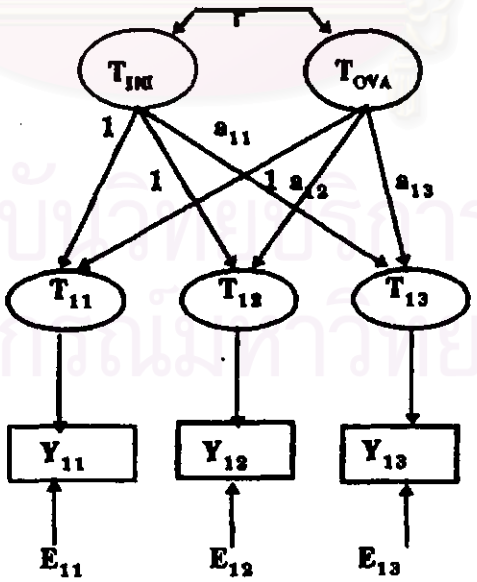
T_{j1} คือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้นซึ่งก็คือคะแนนที่อยู่ในรูปตัวแปรแฝงของการวัดตัวแปรที่ j ในครั้งแรก

T_{jp} คือ คะแนนที่อยู่ในรูปตัวแปรแฝงของการวัดตัวแปรที่ j ในครั้งสุดท้าย

δ_{jk} คือ องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้งซึ่งก็คือเทอมความคลาดเคลื่อนในการวัด(E_{jk})นั่นเองและองค์ประกอบเฉพาะดังกล่าวมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ ศูนย์ [M(δ_{jk}) = 0]

a_{jk} คือ พารามิเตอร์ที่บ่งชี้อัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นซึ่งจะถูกประมาณค่าจากข้อมูลเชิงประจักษ์

จากสมการที่ 2 สามารถนำมาเขียนอธิบายในรูปโมเดลได้ดังแผนภาพที่ 2 ดังนี้



แผนภาพที่ 2 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพที่ 2 ประกอบกับสมการที่ 2 จะพบว่า ตัวแปรสังเกตได้ Y_{11},Y_{12} และ Y_{13} เป็นตัวแปรตัวเดียวกันแต่วัดถูกวัดในช่วงเวลาต่างกัน คือ t_1 ,t_2 และ t_3 ตามลำดับ คะแนนดิบของตัวแปร Y_{11},Y_{12}และ Y_{13} ประกอบด้วยองค์ประกอบสามส่วนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น ถ้าในกรณีที่มีตัวแปรสังเกตได้ที่ต้องการวัดจำนวน m ตัว และทำการวัดซ้ำเป็นจำจวนวน p ครั้ง คะแนนดิบของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้ง (Y_{11} , . . . , $Y_{1,p1}$;Y_{21} , . . . ,$Y_{2,p2}$; . . . ; $Y_{m,1}$, . . . , $Y_{m,pm}$)จะสามารถเขียนแจกแจงได้ดังต่อไปนี้คือ

<u>คะแนนดิบของตัวแปรที่ 1 ที่มีการวัดซ้ำ p ครั้ง</u> (j = 1 ; k = p)

$Y_{11}=T_{11}+E_{11}$ $[=T_{11}+0(T_{1p1}-T_{11})+E_{11}]$

$Y_{12}=T_{11}+a_{12}(T_{1p1}-T_{11})+E_{12}$

$Y_{13}=T_{11}+a_{13}(T_{1p1}-T_{11})+E_{13}$

.

.

.

$Y_{1,p1-1}=T_{11}+a_{1p1-1}(T_{1p1}-T_{11})+E_{1p1-1}$

$Y_{1,p1}=T_{1p}+E_{1p1}$ $[=T_{11}+1(T_{1p}-T_{11})+E_{2p2}]$

<u>คะแนนดิบของตัวแปรที่ 2 ที่มีการวัดซ้ำ p ครั้ง</u> (j = 2 ; k = p)

$Y_{21} = T_{21} + E_{21}$ $[=T_{21}+0(T_{2p2}-T_{21})+E_{21}]$

$Y_{22} = T_{21} + a_{22}(T_{2p2} - T_{21})+E_{22}$

$Y_{23} = T_{21} + a_{23}(T_{2p2} - T_{21})+E_{23}$

.

.

.

$Y_{2,p2-1} = T_{21} + a_{2,p2-1}(T_{2p2} - T_{21})+E_{2,p2-1}$

$Y_{2,p2} = T_{2p2} + E_{2p2}$ $[=T_{21}+1(T_{2p2}-T_{21})+E_{2p2}]$

<u>คะแนนดิบของตัวแปรที่ m ที่มีการวัดซ้ำ p ครั้ง</u> (j = m ; k = p)

$Y_{m1} = T_{m1} + E_{m1}$ $[=T_{m1}+0(T_{m,pm}-T_{m1})+E_{m1}]$

$Y_{m2} = T_{m1} + a_{m2}(T_{m,pm} - T_{m1})+E_{m2}$

$Y_{m3} = T_{m1} + a_{m3}(T_{m,pm} - T_{m1})+E_{m3}$

.

.

.

$$Y_{m,pm-1} = T_{m1} + a_{m,pm-1}(T_{m,pm} - T_{m1}) + E_{m,pm-1}$$

$$Y_{m,pm} = T_{m,pm} + E_{m,pm} \qquad [= T_{m1} + 1(T_{m,pm} - T_{m1}) + E_{m,pm}]$$

จากสมการที่แจกแจงมาข้างต้น ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ $a_{11}, a_{12} \cdots a_{1,p1}$; $a_{21}, a_{22} \cdots a_{2,p2}$; $\cdots$; $a_{m1}, \cdots, a_{m,pm}$ ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่วัดในต่ละครั้ง จะถูกประมาณค่าจากข้อมูล เมื่อพิจารณาจากแผนภาพที่ 2 จะพบว่ามีการกำหนดให้ลูกศรทิศทางเดียว จากองค์ประกอบ T_{INI} ไปยังตัวแปรสังเกตได้ Y_{11}, Y_{12} และ Y_{13} มีค่าเท่า 1 ทั้งนี้เนื่องมาจาก T_{INI} ถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นองค์ประกอบเริ่มต้นของตัวแปร Y_{11}, Y_{12} และ Y_{13} การกำหนดให้น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเท่ากับ 1 ดังกล่าว จึงทำให้องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้นของตัวแปรทั้งสามมีค่าเท่ากัน นอกจากนี้ในการวัดองค์ประกอบครั้งแรก ถือว่าเป็นการวัดองค์ประกอบในสถานะเริ่มต้นถือว่ายังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ a_{11} มีค่าเท่ากับศูนย์ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวที่ Raykov (1994) พัฒนาขึ้นมาแนวคิดแนวคิดการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวนี้ สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากบทความเรื่อง ***Factor analytic model*** (McArdle Anderson,1990; McArdle & Aber,1990) และจากบทความเรื่อง ***Factor analytic model*** (Meredith &Tisak,1990)

3. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

(Longitudinal Factor Analysis with Several Indicators model)

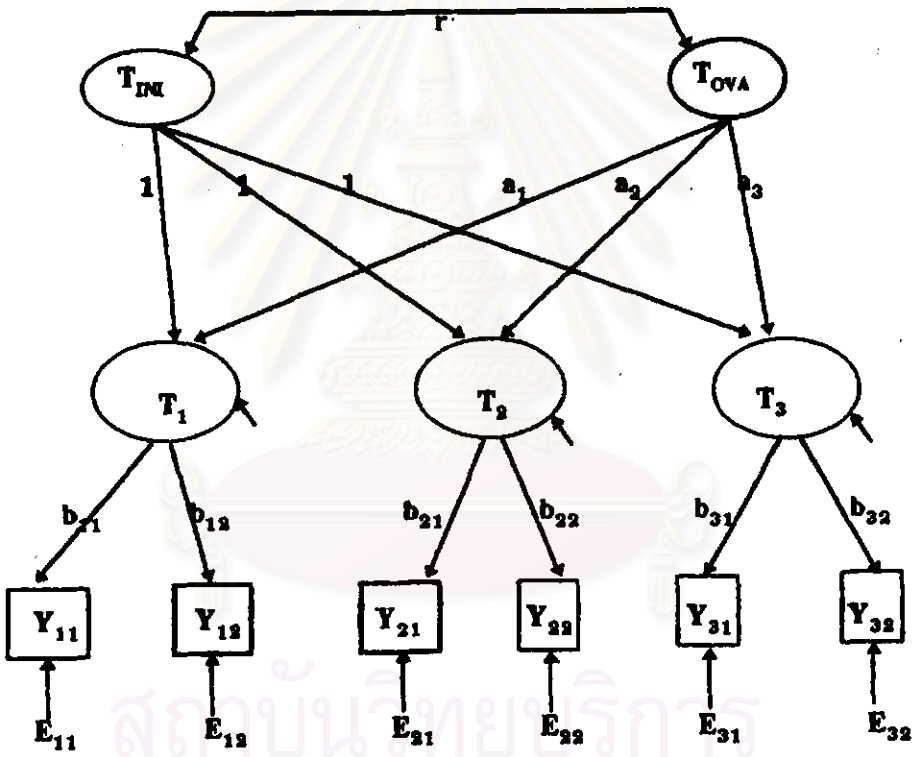
โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวเป็นโมเดลที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะ(trait)ที่มีการวัดซ้ำหลาย ๆครั้งด้วยตัวบ่งชี้ตัวแปรแฝงนั้นเพียงตัวเดียว ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดในการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาที่เสนอว่า การวัดโครงสร้างองค์ประกอบที่เป็นคุณลักษณะทางจิตวิทยา หรือตัวแปรแฝง (latent variable) ควรทำการวัดจากดัชนีบ่งชี้องค์ประกอบหลาย ๆ ตัว (Bollen , 1989 ; Joreskog & Sorbom , 1989 ; Raykov ,1994) ทั้งนี้เพราะการวัดองค์ประกอบใด ๆด้วยตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียว จะให้สารสนเทศเกี่ยวกับองค์ประกอบนั้น ๆเพียงด้านใดด้านหนึ่งซึ่งจะทำให้โครงสร้างขององค์ประกอบที่วัดได้นั้นขาดทั้งความเที่ยง(reiabilty) และความตรง(validity) ดังนั้น โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบจึงสมควรวัดด้วยดัชนีบ่งชี้ตัวแปรแฝงนั้นหลาย ๆตัว ซึ่งจะเรียกโมเดลต่อไปนี้ว่า โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis with several indicators model) ซึ่งแนวคิดที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลนั้นยังคงใช้แนวคิดทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมเช่นเดียวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวนี้สามารถเขียนแสดงในรูปสมการได้ดังในสมการที่ 3 ดังนี้

$$T_k = T_1 + a_k(T_p - T_1) + \delta_k \quad ,k=2, \ldots, p-1 \quad \text{.....③}$$

เมื่อ $T_1, T_2, \ldots, T_p$ = คะแนนองค์ประกอบร่วมในรูปตัวแปรแฝงที่ทำการวัดในครั้งที่1, ที่2,จนถึงครั้งที่ p ด้วยตัวบ่งชี้หลาย ๆตัว

δ_k = องค์ประกอบเฉพาะที่ทำการวัดตัวแปรในครั้งนั้น ๆ ซึ่งก็คือเทอมความคลาดเคลื่อนในการวัดนั่นเอง

จากสมการที่ 3 สามารถเขียนแสดงในรูปของโมเดลได้ดังในแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

เมื่อพิจารณาจากสมการที่ 3 ประกอบกับแผนภาพที่ 3 จะพบว่า องค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาต่าง ๆกันยังคงประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญสามส่วน ส่วนแรกคือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น(T_{INI}) ส่วนที่สองคือองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด(T_{OVA}) และส่วนที่สามคือองค์ประกอบเฉพาะ(δ_k) หรือเทอมความคลาดเคลื่อนในการวัดเช่นเดียวกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวแต่มีความแตกต่างกันตรงที่ในโมเดล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นี้องค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะถูกวัดด้วยตัวแปรสังเกตได้หลาย ๆตัว นั่นคือ T_1 , T_2 , T_3 เป็นองค์ประกอบร่วมของตัวแปร Y_1 และ Y_2 ซึ่งวัดในแต่ละช่วงเวลาที่ t_1 , t_2 และ t_3 ตามลำดับ ดังนั้นคะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ Y_1 และ Y_2 จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญสองส่วน คือ องค์ประกอบร่วมกับองค์ประกอบเฉพาะดังที่แสดงไว้ในสมการที่ 1 ของโมเดลพื้นฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ในขณะเดียวกันองค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาก็จะประกอบด้วยส่วนสำคัญสามส่วน ส่วนแรกคือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น(T_{INI}) ส่วนที่สองคือองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด(T_{OVA}) และส่วนที่สามคือองค์ประกอบเฉพาะ (δ_t) หรือเทอมความคลาดเคลื่อนในการวัด จากสมการที่ 3 และแผนภาพที่ 3 คะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ Y_1 และ Y_2 ที่วัดในช่วงเวลาต่างกันจึงสามารถเขียนแจกแจงได้ดังต่อไปนี้

<u>คะแนนดิบในการวัดครั้งแรกของตัวแปร Y_1 และ Y_2</u>

$$Y_{11} = b_{11}T_1 + E_{11} \quad \{=b_{11}[T_1+0(T_p-T_1)]+E_{11}\}$$

$$Y_{12} = b_{12}T_1 + E_{12} \quad \{=b_{12}[T_1+0(T_p-T_1)]+E_{12}\}$$

<u>คะแนนดิบในการวัดครั้งที่ 2 ของตัวแปร Y_1 และ Y_2</u>

$$Y_{21} = b_{21}T_2 + E_{21} \quad \{=b_{21}[T_1+a_2(T_p-T_1)]+E_{21}\}$$

$$Y_{22} = b_{22}T_2 + E_{22} \quad \{=b_{22}[T_1+ a_2(T_p-T_1)]+E_{22}\}$$

<u>คะแนนดิบในการวัดครั้งที่ 3 ของตัวแปร Y_1 และ Y_2</u>

$$Y_{31} = b_{31}T_3 + E_{31} \quad \{=b_{31}[T_1+a_3(T_p-T_1)]+E_{31}\}$$

$$Y_{32} = b_{32}T_3 + E_{32} \quad \{=b_{32}[T_1+a_3(T_p-T_1)]+ E_{32}\}$$

ในกรณีที่มีการวัดตัวแปรสังเกตได้จำนวน q ตัวแปร และทำการวัดซ้ำเป็นจำนวน p ครั้ง <u>คะแนนดิบในการวัดครั้งที่ p-1 ของตัวแปรตัวแปรจำนวน q ตัว จึงเป็นดังนี้</u>

$$Y_{p-1,1}=b_{p-1,1}T_{p-1}+E_{p-1,1} \quad \{=b_{p-1,1}[T_1+a_{p-1}(T_p-T_1)]+E_{p-1,1}\}$$

$$Y_{p-1,2}=b_{p-1,2}T_{p-1}+E_{p-1,2} \quad \{=b_{p-1,2}[T_1+a_{p-1}(T_p-T_1)]+E_{p-1,2}\}$$

$$Y_{p-1,3}=b_{p-1,3}T_{p-1}+E_{p-1,3} \quad \{=b_{p-1,3}[T_1+a_{p-1}(T_p-T_1)]+E_{p-1,3}\}$$

.

.

.

$$Y_{p-1,q-1}=b_{p-1,q-1}T_{p-1}+E_{p-1,1} \quad \{=b_{p-1,q-1}[T_1+a_{p-1}(T_p-T_1)]+E_{p-1,q-1}\}$$

<u>คะแนนดิบในการวัดครั้งที่ p ของตัวแปรตัวแปรจำนวน q ตัว</u>

$$Y_{p1}=b_{p1}T_p+E_{p1} \qquad \{=b_{p1}[T_1+1(T_p-T_1)]+E_{p1}\}$$
$$Y_{p2}=b_{p2}T_p+E_{p2} \qquad \{=b_{p2}[T_1+1(T_p-T_1)]+E_{p2}\}$$
$$Y_{p3}=b_{p3}T_p+E_{13} \qquad \{=b_{p3}[T_1+1(T_p-T_1)]+E_{p3}\}$$

.

.

.

$$Y_{p,pq}=b_{p,pq}T_1+E_{11} \qquad \{=b_{p,pq}[T_1+1(T_p-T_1)]+E_{p,pq}\}$$

จากสมการที่แสดงการแจกแจงคะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ที่แสดงมาทั้งหมด ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ $b_{11},\ldots,b_{1,q1}$; $b_{21},\ldots,b_{2,q2}$; $b_{p1},\ldots,b_{p,qp}$ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับองค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลา ส่วน $a_1,\ldots,a_p$ เป็นค่าพารามิเตอร์ของโมเดลอีกชุดหนึ่งที่ใช้ในการอธิบายองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงที่วัดในแต่ละช่วงเวลาซึ่งค่าพารามิเตอร์ของโมเดลทั้งหมดนี้จะถูกประมาณค่าจากข้อมูล อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากแผนภาพที่ 3 จะพบว่ามีการกำหนดให้ลูกศรทิศทางเดียว จากองค์ประกอบ T_{INT} ไปยังองค์ประกอบร่วม T_1 ,T_2 และ T_3 มีค่าเท่ากับ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจาก T_{INT} ถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นองค์ประกอบเริ่มต้นของ องค์ประกอบร่วม T_1 ,T_2 และ T_3 การกำหนดให้น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเท่ากับ 1 ดังกล่าว จึงทำให้องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้นของตัวแปรทั้งสามมีค่าเท่ากัน นอกจากนี้ในการวัดองค์ประกอบครั้งแรก ถือว่าเป็นการวัดองค์ประกอบในสถานะเริ่มต้นถือว่ายังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ดังนั้นจึงกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ a_1 มีค่าเท่ากับศูนย์ เช่นเดียวกับการกำหนดพารามิเตอร์ในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

<u>ตอนที่ 3 โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรแฝงที่วัดการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง</u>

ในการวิจัยในครั้งนี้นอกจากการให้ความสนใจกับการวัดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบแล้ว สิ่งที่สนใจอีกประการหนึ่ง ก็คือ การศึกษาปัจจัยหรือองค์ประกอบภายนอกที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรที่สัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงจะวัดอยู่ในรูปตัวแปรคอนเจนเนอริกที่องค์ประกอบร่วมจะทำการวัดจากตัวแปรสังเกตได้หลาย ๆตัว สามารถเขียนในรูปของคะแนนจริงตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมได้ดังนี้

$$X_{cg} = d_g T_c + E_{cg} \quad \text{.....} \quad (4)$$

เมื่อกำหนดให้ X_c หมายถึง คะแนนสังเกตของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงตัวที่ g

g หมายถึง ลำดับที่ของจำนวนตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง

T_c หมายถึง ค่าคะแนนจริงของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง

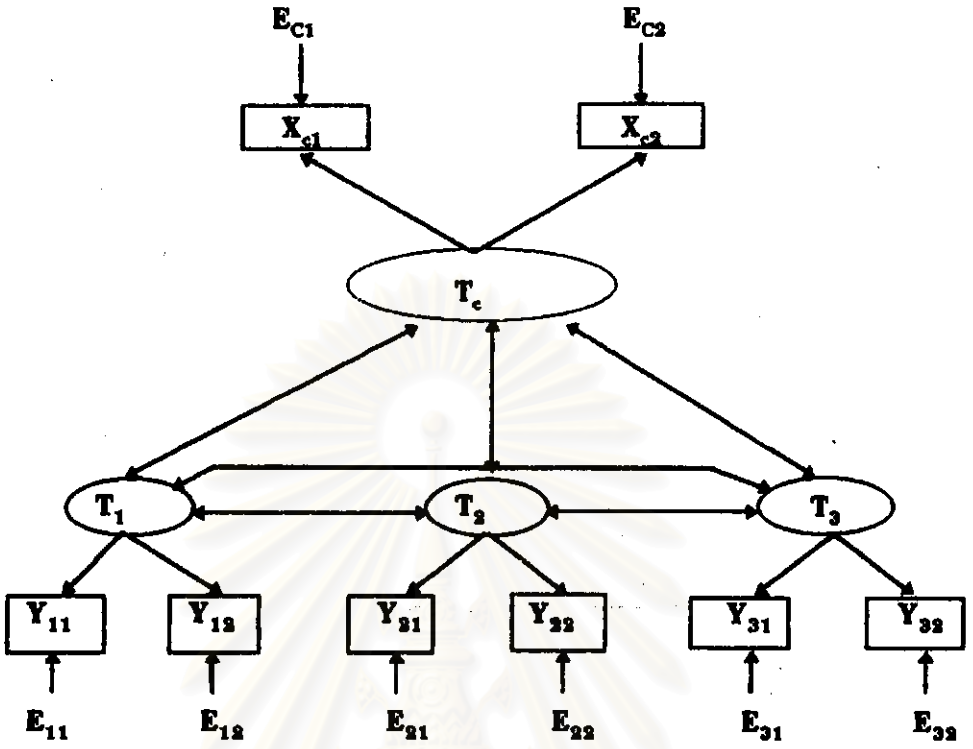
E_{cg} หมายถึง ความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปร

ดังนั้น คะแนนดิบของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงซึ่งวัดจากตัวแปรสังเกตได้จำนวน g ตัว จึงสามารถเขียนแจกแจงได้ดังต่อไปนี้

$$X_{c1} = d_1 T_c + E_{c1}$$
$$X_{c2} = d_2 T_c + E_{c2}$$
$$\vdots$$
$$X_{cg} = d_g T_c + E_{cg}$$

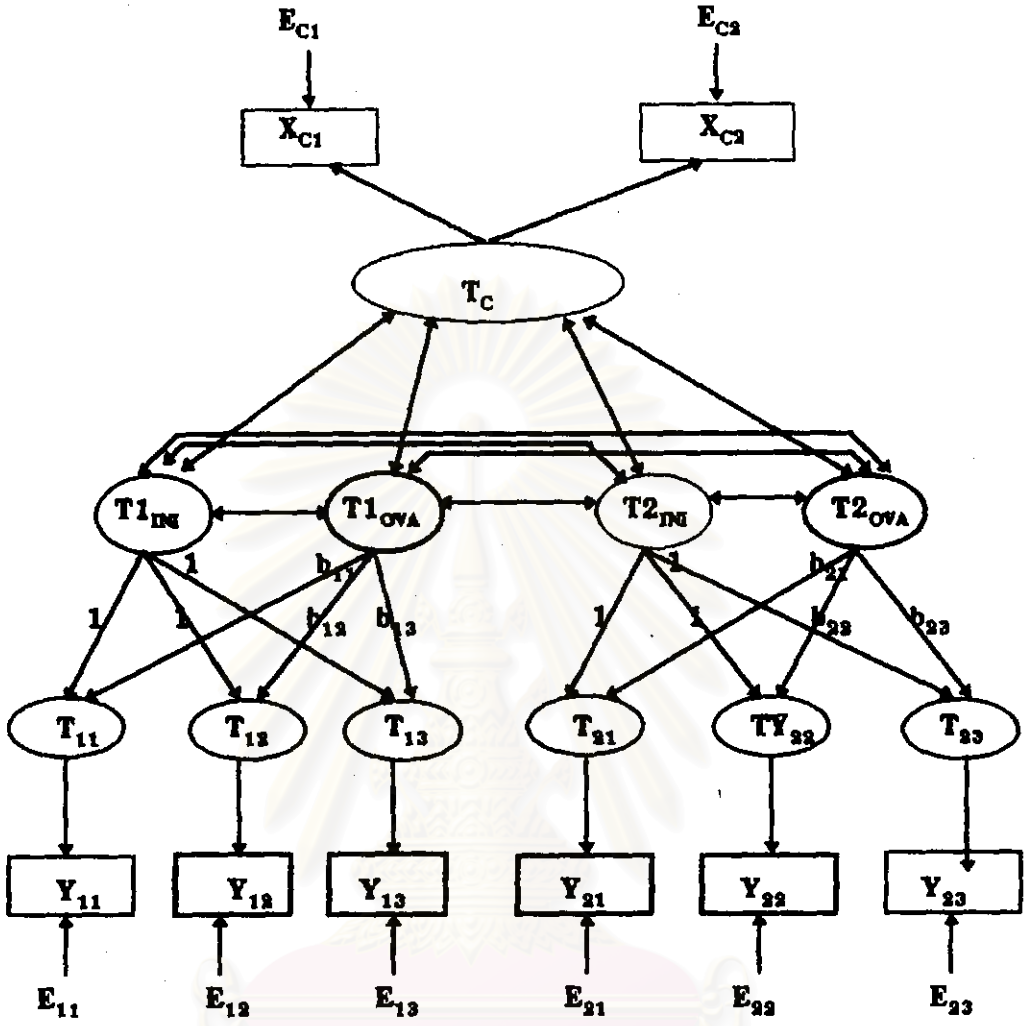
ค่าคงที่ $d_1, d_2, \ldots, d_g$ เป็นพารามิเตอร์ของโมเดลการวัดตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงซึ่งจะถูกประมาณค่าจากข้อมูลเช่นเดียวกับพารามิเตอร์ทั้งหลายในแต่ละโมเดล ในการศึกษาตัวแปรที่สัมพันธกับการเปลี่ยนแปลง ค่าพารามิเตอร์ที่สนใจจึงได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(correlation coefficient) ระหว่างองค์ประกอบของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง กับองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ด้วยโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวแต่ละโมเดล ดังที่แสดงด้วยแผนภาพดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



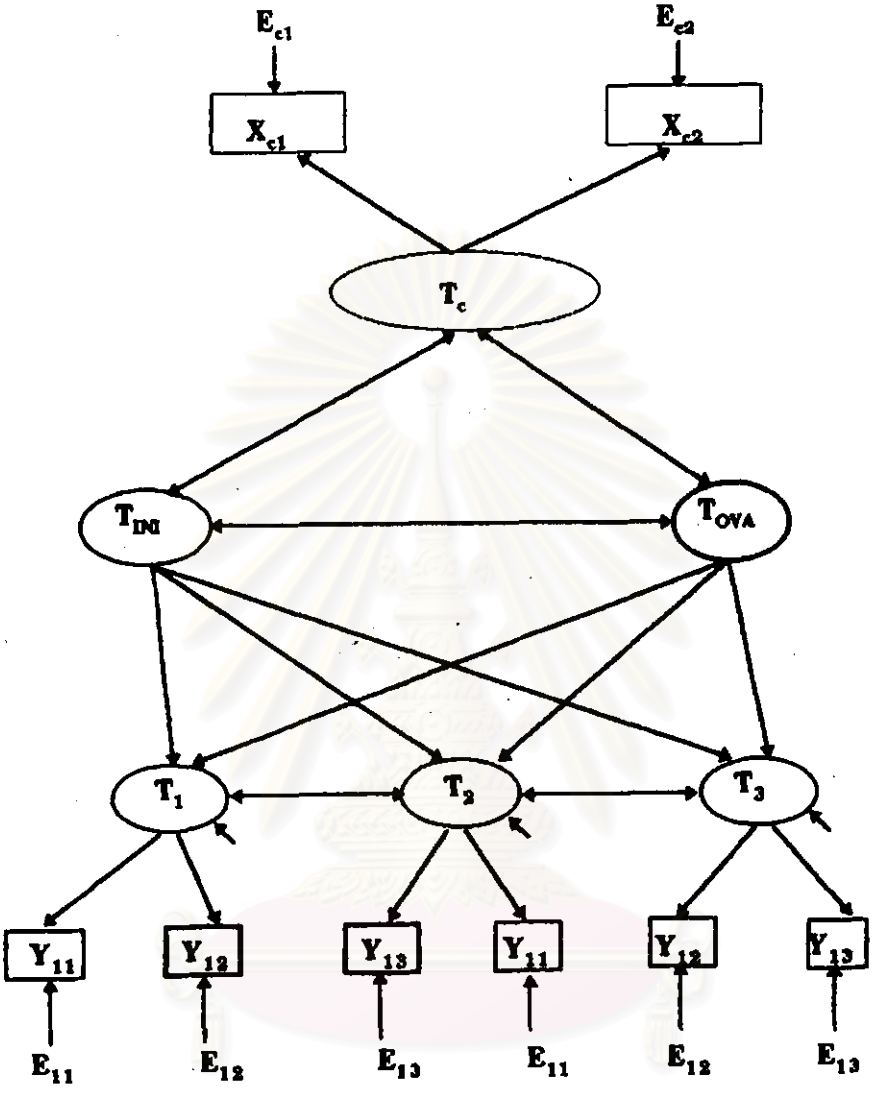
แผนภาพที่ 4 โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

จากแผนภาพที่ 4 โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวกับองค์ประกอบอื่นๆ ลูกศรสองทิศทางที่แสดงไว้ในโมเดลคือพารามิเตอร์ที่เราสนใจซึ่งก็คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(correlation coefficient)ระหว่างองค์ประกอบของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงซึ่งได้แก่ $r(T_c,T_2-T_1)$, $r(T_c,T_3-T_2)$, $r(T_c,T_3-T_1)$ นั่นเอง



แผนภาพที่ 5 โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

จากแผนภาพที่ 5 โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว กับองค์ประกอบอื่น ๆ ลูกศรสองทิศทางที่แสดงไว้ในโมเดลคือพารามิเตอร์ที่เราสนใจ ซึ่งก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงซึ่งได้แก่ $r(T_c, T_{1.p1} - T_{11})$, $r(T_c, T_{2.p2} - T_{21})$ นั่นเอง



แผนภาพที่ 6 โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

จากแผนภาพที่ 6 โมเดลความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลาย ๆตัว กับองค์ประกอบอื่น ๆ ลูกศรสองทิศทางที่แสดงไว้ในโมเดลคือพารามิเตอร์ที่เราสนใจ ซึ่งก็คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงซึ่งได้แก่ $r(T_p - T_1, T_c)$ นั่นเอง

ตอนที่ 4 ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์มีลักษณะที่เป็นนามธรรม ยากแก่การทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาอย่างลึกซึ้ง การจัดหลักสูตรการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษาจึงต้องพยายามสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปธรรม เพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรักในวิชาคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น ในหลักสูตรประถมศึกษาพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง 2533) ได้มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในวิชาคณิตศาสตร์ อันได้แก่ การมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาตามที่หลักสูตรกำหนด มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีทักษะในการคิดคำนวณ และมีเหตุมีผลตามหลักคณิตศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจในการวัดการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในวิชาคณิตศาสตร์สองด้านคือ การเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์(mathematics achievment) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ได้แก่ สิ่งแวดล้อมทางบ้าน(home environment) เช่นการสนับสนุนของผู้ปกครอง ปัจจัยทางโรงเรียน(school context) เช่น คุณภาพการเรียนการสอน(quality of instruction) และปัจจัยสุดท้ายก็คือ คุณลักษณะของผู้เรียน(student characteristic) จากปัจจัยทั้งสามด้านดังกล่าวข้างต้น ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผู้เรียน สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีที่สุด(Csikszentmihalyi & Schiefele,1995 ; McLeod,1990 ; Willson,1983) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยให้ความสนใจในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะของผู้เรียนซึ่งเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง 2533) จึงเลือกทำการศึกษาเฉพาะตัวแปรที่เป็นปัจจัยด้านคุณลักษณะของผู้เรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่านั้น

ปัจจัยด้านคุณลักษณะของตัวผู้เรียนนั้น ตัวแปรด้านพุทธิพิสัย(cognitive variable) เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีที่สุด(Csikszentmihalyi & Schiefele,1995) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการควบคุมตัวแปรทางด้านจิตพิสัย(affective variable) ให้คงที่ด้วยวิธีการทางสถิติ พบว่าความสามารถในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของตัวแปรด้านพุทธิพิสัยลดลงถึง25 % (Schneider & Bos,1985 ; Steinkamp & Maehr,1983 อ้างถึงใน McLeod,1990 ; McLeod & Adam,1989) ดังนั้นจึงยังไม่มีเหตุผลที่เพียงพอที่จะทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตัวแปรด้านพุทธิพิสัยเพียงอย่างเดียวโดยไม่สนใจตัวแปรด้านจิตพิสัย (McLeod,1990; McLeod & Adam,1989)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกตัวแปรคุณลักษณะของตัวผู้เรียนทั้งด้านพุทธิพิสัยและด้านจิตพิสัยมาเป็นตัวทำนายการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์

องค์ประกอบด้านพุทธิพิสัยได้แก่ ความสามารถด้านสติปัญญา(intellectual ability) ความถนัดทางคณิตศาสตร์(aptitude) จากการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าความสามารถด้านสติปัญญาสามารถเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้เป็นอย่างดี(Elshout & Veenman,1992 ; ศุภวรรณ ตัณฑ์พูนเกียรติ,2534 ; ประทีป ท้าวกัญญา,2531) Elshout และ Veenman(1992) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสติปัญญากับผลการปฏิบัติการในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นตัวทำนายผลการเรียนรู้พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาสูงจะมีผลการเรียนในภาคปฏิบัติสูงกว่าผู้ที่มีความสามารถทางสติปัญญาต่ำ และยิ่งไปกว่านั้นผู้ที่มีความสามารถทางสติปัญญาสูงก็จะมีกระบวนการในการทำงานที่ดีกว่าด้วย

ความถนัดในวิชาคณิตศาสตร์(mathematics aptitude)เป็นองค์ประกอบด้านพุทธิพิสัยอีกอย่างหนึ่งที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้เป็นอย่างดีก็คือ (Becker,1990 ;มนูญ ศิวารมย์,2531 ; สุชาติ เจริญนิตย์,2531) จากการศึกษาของ Becker (1990)ที่วัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบวัดความถนัดทางคณิตศาสตร์(Preliminaly Scholastic aptitude หรือ PSAT)จำนวน 2 ชุดคือ ความถนัดทางคณิตศาสตร์(PSAT-Mathematics)และความถนัดทางภาษา(PSAT-Verbal) พบว่า PSAT สามารถเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีความเชื่อถือได้ นอกจากนี้ Becker ยังให้ความเห็นว่า แบบความถนัดทางคณิตศาสตร์(PSAT - Mathematics) เป็นแบบวัดที่สามารถวัดทักษะในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

นักจิตวิทยาตลอดจนนักการศึกษาต่างมีความเชื่อว่า ความสามารถด้านสติปัญญา (intellectual ability) และความถนัด(aptitude)เป็นความสามารถทางสมองของแต่ละบุคคลซึ่งมีความแตกต่างกันไป ทฤษฎีที่เกี่ยวกับสมรรถภาพทางสมอง(Mental Ability Theory)ของมนุษย์นี้ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้มีมากมายหลายทฤษฎี แต่ละทฤษฎีต่างก็มีแนวคิดแตกต่างกันไป อาทิเช่น ทฤษฎีตัวประกอบเดียว(Uni Factor Theory)ของบิเน่ท์ ทฤษฎีสองตัวประกอบ(The two Factor Theory)ของสเปียร์แมน ทฤษฎีหลายตัวประกอบ(Multiple Factor Theory)ของเธอร์สโตน ทฤษฎีระดับขั้นของกลุ่มตัวประกอบ(Hierachical Theory)ของเวอร์นอน ทฤษฎีโครงสร้างทางสมอง(The structure of Intellect Theory)ของกิลฟอร์ด เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาสมรรถภาพทางสมองเฉพาะด้านที่เกี่ยวกับความถนัดเท่านั้น ทั้งนี้เพราะเห็นว่า ธรรมชาติของแต่ละบุคคลย่อมความสามารถในด้านต่าง ๆที่แตกต่างกัน การที่แต่ละบุคคลจะกระทำกิจการงานสิ่งใดได้ดีย่อมมีส่วนเกี่ยวข้องกับความชอบหรือความถนัดของบุคลลนั้น ๆ ในการเรียน

คณิตศาสตร์ก็เช่นเดียวกัน ความถนัดทางการเรียนสามารถเป็นเครื่องบ่งชี้ความสำเร็จในการเรียนได้เช่นกัน นอกจากนี้การได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้กระทำในสิ่งที่นักเรียนชอบหรือมีความถนัดย่อมทำให้นักเรียนมองเห็น"วี่แววแห่งความสำเร็จ"ได้ง่ายขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาตัวแปรด้านความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ (Multiple Factor Theory)ของเธอร์สโตน เป็นกรอบแนวคิดในการวัดตัวแปร

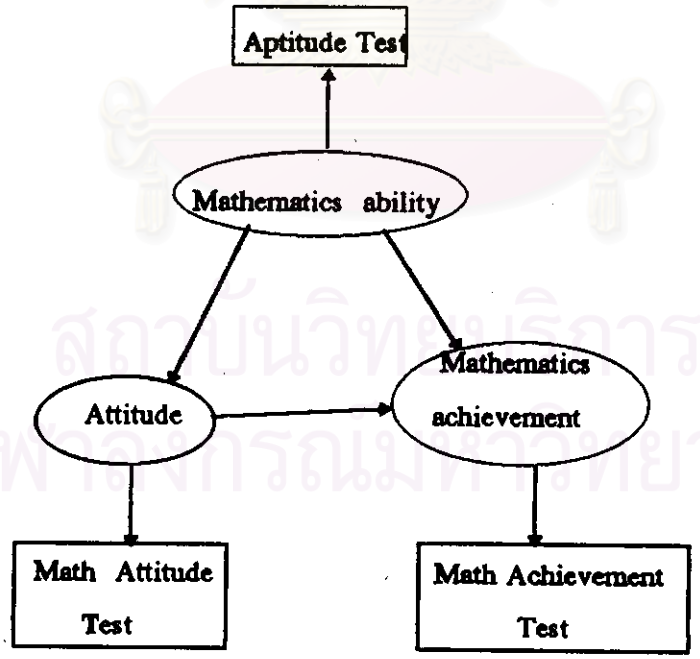
เธอร์สโตน มีความเชื่อว่า ความสามารถทางสมองของมนุษย์จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลายๆอย่าง องค์ประกอบเหล่านี้เป็นเป็นองค์ประกอบกลุ่มขนาดใหญ่ ปานกลางและแต่ละตัวประกอบ อาจมีน้ำหนักต่างๆกันไปในแบบทดสอบแบบต่างๆ ความสามารถทางสมองหรือสมรรถภาพพื้นฐานทางสมอง(Primary Mental Ability)ตามทฤษฎีของเธอร์สโตนที่สำคัญและมีความเด่นชัดมี 7 ประการคือ ความสามารถทางด้านภาษา ความสามารถทางด้านจำนวน ความสามารถทางด้านความจำ ความสามารถทางด้านการใช้ถ้อยคำได้อย่างคล่องแคล่ว ความสามารถด้านเหตุผล ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถด้านความไวต่อการรับรู้(กิตติพงษ์ ลิขิตบุญญฤทธิ์,2537 ; ทองหล่อ วิภาวิน,2523; Anastasi,1982 อ้างถึงใน พัชรี มะลิวัลย์,2536;เกียรติพงษ์ กะลำพัก 2537; พรทิพย์ ศรีมณี ,2537)

อย่างไรก็ตามดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ความสามารถในการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของตัวแปรด้านพุทธิพิสัยจะลดลง เมื่อทำการควบคุมตัวแปรทางด้านจิตพิสัยให้คงที่ด้วยวิธีการทางสถิต(Schneider & Bos,1985 อ้างถึงใน McLeod , 1990) นั่นแสดงว่าการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องใช้องค์ประกอบทางด้านจิตพิสัยเข้าร่วมในการทำนายด้วย เหตุผลที่กล่าวเช่นนี้ก็เพราะ ในการใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหาการคิดสร้างสรรค์ และการทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาอย่างลึกซึ้งนั้นผู้เรียนจะต้องมีความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งที่เรียนเป็นอย่างมาก (Schiefele,1992 ; McLeod , 1990 ; McLeod & Adams , 1989) จากการศึกษายังพบอีกว่า องค์ประกอบด้านจิตพิสัยจะไม่ได้ส่งผลโดยตรงแต่จะส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Reyolds & Walberg, 1991 ; Meece, Wigfield & Eccles,1990)

เจตคติ(Attitude) เป็นองค์ประกอบทางจิตพิสัยอีกองค์ประกอบหนึ่งที่สามารถเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดี(ทวี บุญช่วย,2534 ; สุนันทา ประไพตระกูล,2534 ; มนูญ ศิวารมย์,2531 ; เทอด แก้วศรี, 2530) Eagly และ ChaiKen(1993)ได้ให้นิยามความหมายของเจตคติ ไว้ว่า เจตคติเป็นลักษณะความโน้มเอียงทางจิตวิทยาที่แสดงออกมาโดยการประเมินต่อสิ่งที่ปรากฏอยู่ด้วยความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบ ดังนั้นเจตคติจึงเป็นลักษณะของการประเมินการตอบสนองต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ปรากฏอยู่ แนวคิดหนึ่งที่มุ่งอธิบายถึงโครงสร้างภายในของเจตคติก็คือโมเดลความคาดหวังและการเห็นคุณค่า(Expectancy-value model) ซึ่งมีจุดเน้นที่ความ

สัมพันธ์ระหว่างเจตคติของบุคคล กับการให้ความสำคัญของการประเมินความเชื่อของเขาเอง แนวคิดดังกล่าวอธิบายได้ว่า เจตคติของบุคคลใดที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งจะเป็นฟังก์ชันของความเชื่อในการประเมินของบุคคลนั้นที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือต่อบุคคลใดบุคคลหนึ่ง ความเชื่อในการประเมินที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งนี้จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือความคาดหวัง (expectency component)กับคุณค่า(value component) ดังนั้น การที่บุคคลมีเจตคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในทางบวก บุคคลก็จะแสดงพฤติกรรมต่อสิ่งนั้นในทางบวก แต่ถ้าบุคคลมีเจตคติในทางลบ บุคคลก็จะแสดงพฤติกรรมต่อสิ่งนั้น ๆในทางลบ เช่น ถ้านักเรียนมีความเชื่อต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางบวกและประเมินคุณค่าของคณิตศาสตร์ว่าเป็นสิ่งที่ดี มีประโยชน์ ก็จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนคณิตศาสตร์ ตรงกันข้ามถ้านักเรียนมีความเชื่อในทางลบและไม่เห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์แล้ว นักเรียนก็จะไม่สนใจเรียนเกิดความเบื่อหน่ายหรืออาจจะเกลียดคณิตศาสตร์ไปเลยก็ได้ เจตคติจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาเอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านมา สามารถนำตัวแปรต่าง ๆที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มาสร้างเป็นโมเดลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ดังนี้

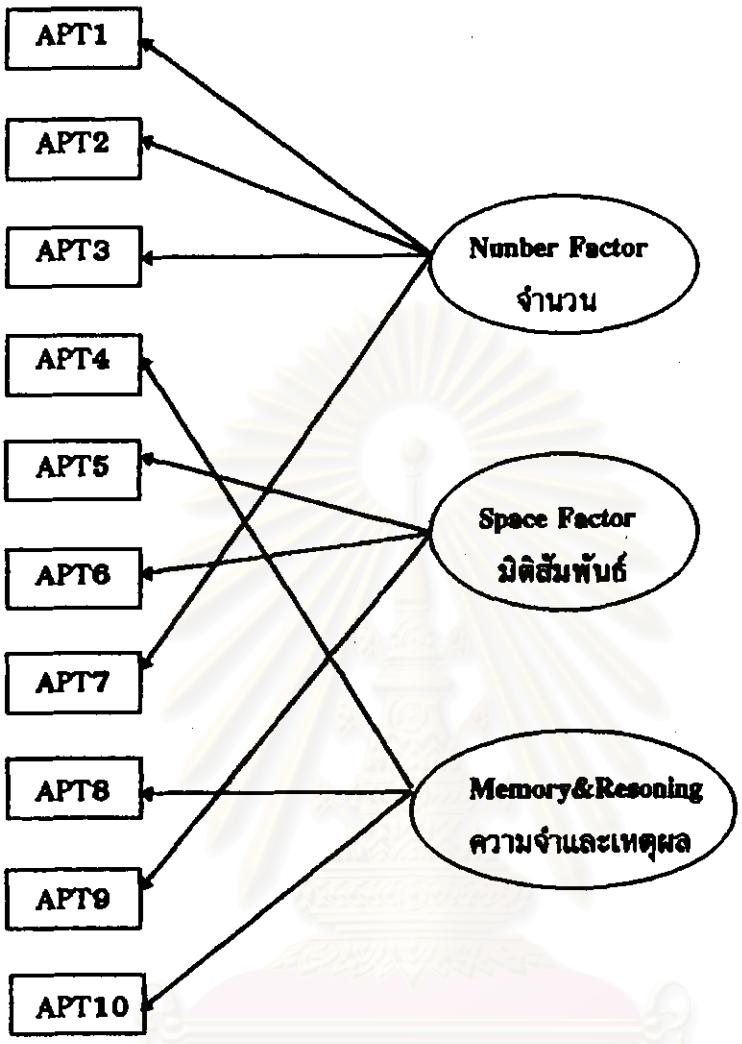


แผนภาพที่ 7 โมเดลความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

จากแผนภาพโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น(structural relationship model) ของตัวแปรต่าง ๆที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นตัวแปรในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และตัวแปรด้านเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ 3 โมเดล และนำมาสร้างเป็นโมเดลลิสเรลเพื่อการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และตัวแปรด้านเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์กับตัวแปรด้านความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ 3โมเดล ตัวแปรในโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลง และในโมเดลลิสเรลประกอบด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้

1.ตัวแปรฝั่งภายนอก(exogenous variables) เป็นตัวแปรฝั่งด้านความสามารถทางการเรียนคณิตศาตร์ ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่นักเรียนได้รับจากการทำแบบวัดความถนัดทางคณิตศาสตร์(mathematics aptitude test) ที่พัฒนาขึ้นโดย กิตติพงษ์ ลิขิตบุญญฤทธิ์ (2537) จำนวน 10 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบเกี่ยวกับทักษะการคิดคำนวณ(APT1) แบบทดสอบอนุกรมตัวเลข(APT2) แบบทดสอบยุคาธิบาย(APT3) แบบทดสอบสรุปความ(APT4) แบบทดสอบซ้อนภาพ(APT5) แบบทดสอบต่อภาพ(APT6) แบบทดสอบอุปมาอุปไมย(APT7) แบบทดสอบไม่เข้าพวก(APT8) แบบทดสอบหมุนภาพ(APT9) และแบบทดสอบความจำ(APT10)

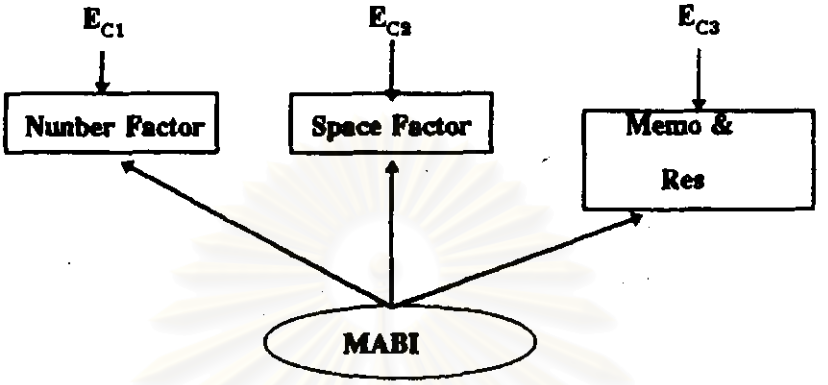
จากการศึกษาองค์ประกอบของแบบวัดความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ กิตติพงษ์ ลิขิตบุญญฤทธิ์ สร้างขึ้นนี้พบว่า ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบด้านจำนวน องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ และองค์ประกอบด้านความจำและเหตุผล ด้วยเหตุผลนี้ตัวแปรฝั่งด้านความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ จึงวัดได้จากองค์ประกอบด้านจำนวน(Number Factor) องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์(Space Factor) และองค์ประกอบด้านความจำและเหตุผล (Memory & Reasoning Factor) ซึ่งเกิดจากการสร้างสเกลองค์ประกอบ(factor scale)จากตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 10 ตัวแปรโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน(confirmatory factor analysis)ด้วยโปรแกรมลิสเรล ดังภาพ



แผนภาพที่ 8 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อสร้างสเกลองค์ประกอบด้านความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์

เมื่อ APT1 คือแบบทดสอบเกี่ยวกับทักษะการคิดคำนวณ
APT2 คือแบบทดสอบอนุกรมตัวเลข
APT3 คือแบบทดสอบขุดาธิบาย
APT4 คือ แบบทดสอบสรุปความ
APT5 คือแบบทดสอบซ้อนภาพ
APT6 คือ แบบทดสอบต่อภาพ
APT7 คือแบบทดสอบอุปมาอุปไมย
APT8 คือ แบบทดสอบไม่เข้าพวก
APT9 คือแบบทดสอบหมุนภาพ
APT10 คือ แบบทดสอบความจำ

จากแผนภาพที่ 8 ตัวแปรแฝงด้านความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์(mathematics ability) จึงสามารถวัดได้จาก สเกลองค์ประกอบด้านจำนวน สเกลองค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ และสเกลองค์ประกอบด้านความจำและเหตุผล ดังแผนภาพที่ 9



เมื่อ Nunber Factor คือ สเกลองค์ประกอบด้านจำนวน

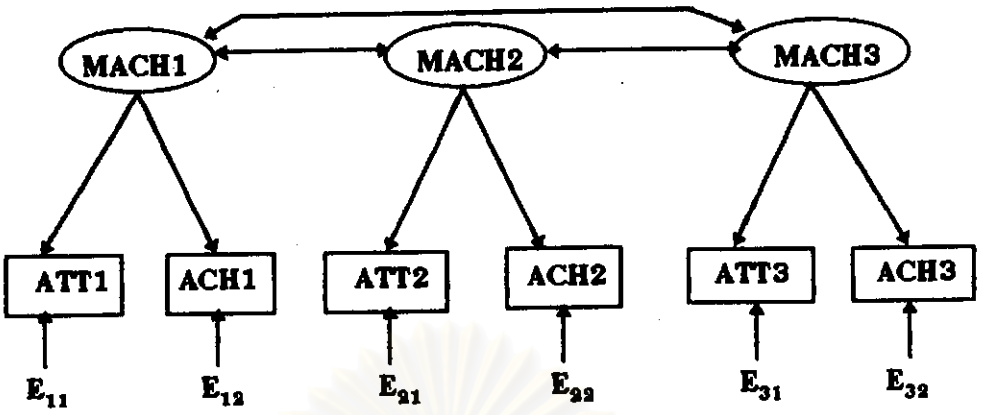
Space Factor คือ สเกลองค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์

Memory & Res คือ สเกลองค์ประกอบด้านความจำและเหตุผล

MABI คือ ตัวแปรแฝงด้านความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์

แผนภาพที่ 9 ตัวแปรแฝงด้านความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์

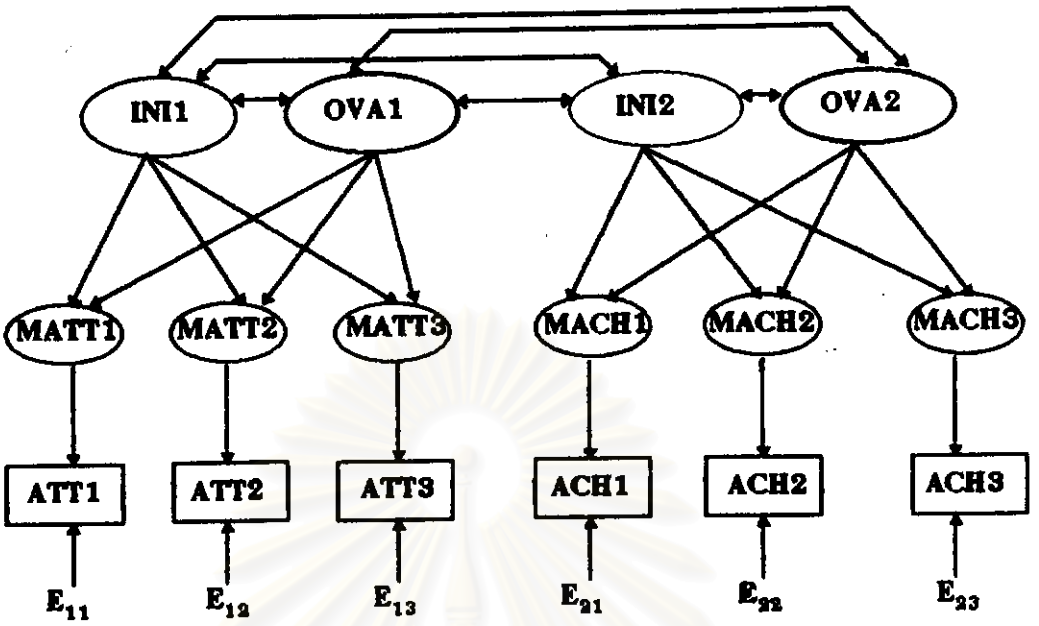
2.ตัวแปรภายแฝงใน(edogenous variables)ในการวิจัยนี้มี 2 ตัวแปร ตัวแปรแรกคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์(mathematics achievement)ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่นักเรียนได้รับจากการทำแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดย สุวรรณา ทองเกตุ (2535) ,พงษ์ลดา ตันเจริญ (2534) , อรวรรณ ณรงค์สรศักดิ์(2533)และสุภาภรณ์ โลหะการ (2533) ตัวแปรตัวที่ 2 คือ เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์(mathematics attitude)วัดได้จากคะแนนที่นักเรียนได้รับจากการทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดย แหวนไพลิน เย็นสุข (2537) จากตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาสร้างเป็นโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และตัวแปรด้านเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ 3โมเดล ดังนี้



แผนภาพที่ 10 โมเดลการการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

จากแผนภาพที่ 10 จะเห็นว่า MACH1, MACH2และ MACH3 คือองค์ประกอบร่วม (ตัวแปรแฝง)ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์วัดในช่วงเวลา t_1 (วัดในตอนต้นภาคเรียน),t_2(วัดในตอนกลางภาคเรียน)และ t_3(วัดในตอนปลายภาคเรียน) องค์ประกอบดังกล่าวนี้อธิบายว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จะต้องประกอบไปด้วยความก้าวหน้าในวิชาและความรู้สึกต่อวิชาที่เรียน ดังนั้นองค์ประกอบนี้จึงทำการวัดด้วยตัวบ่งชี้องค์ประกอบสองตัวคือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH) และแบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ (ATT)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

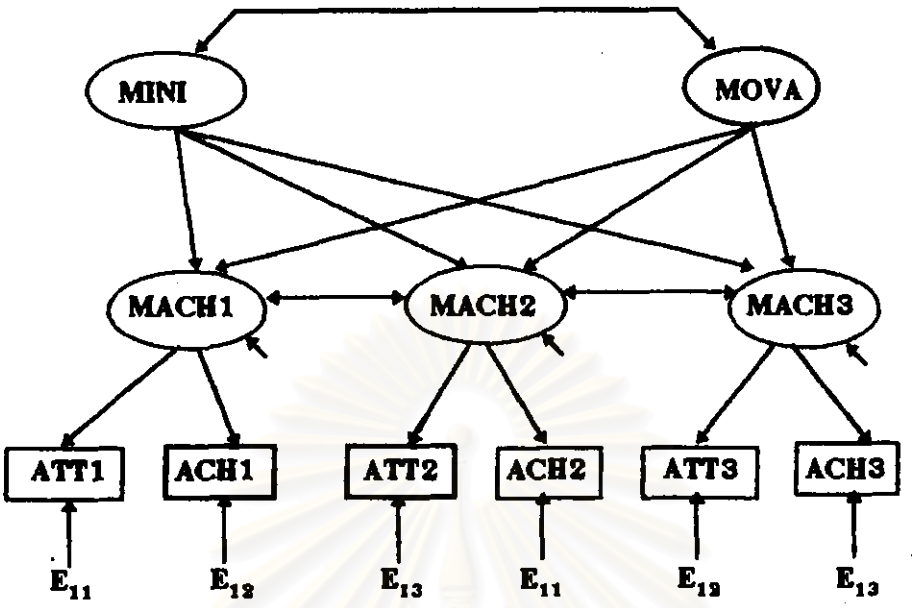


แผนภาพที่ 11 โมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

จากแผนภาพที่ 11 องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงในโมเดลนี้ ซึ่งวัดในช่วงเวลาต่างกัน 3 ช่วงเวลาคือ คือวัดในช่วงเวลา t_1 (วัดในตอนต้นภาคเรียน), t_2(วัดในตอนกลางภาคเรียน) และ t_3(วัดในตอนปลายภาคเรียน)มีด้วยกันสององค์ประกอบคือองค์ประกอบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์(MACH) โดยวัดจากตัวบ่งชี้องค์ประกอบคือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์(ACH)องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงอีกองค์ประกอบหนึ่งคือ องค์ประกอบด้านเจตคติต่อคณิศาสตร์(MATT)โดยวัดจากตัวบ่งชี้องค์ประกอบคือ แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ (ATT)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

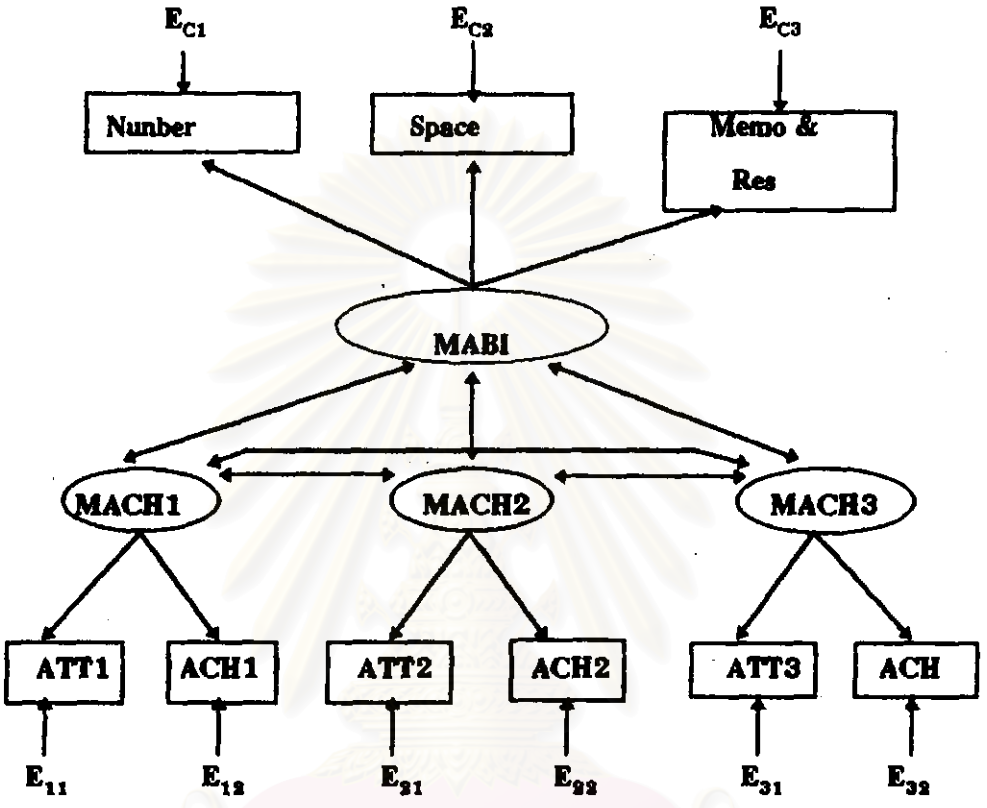
i 17333131



แผนภาพที่ 12 โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

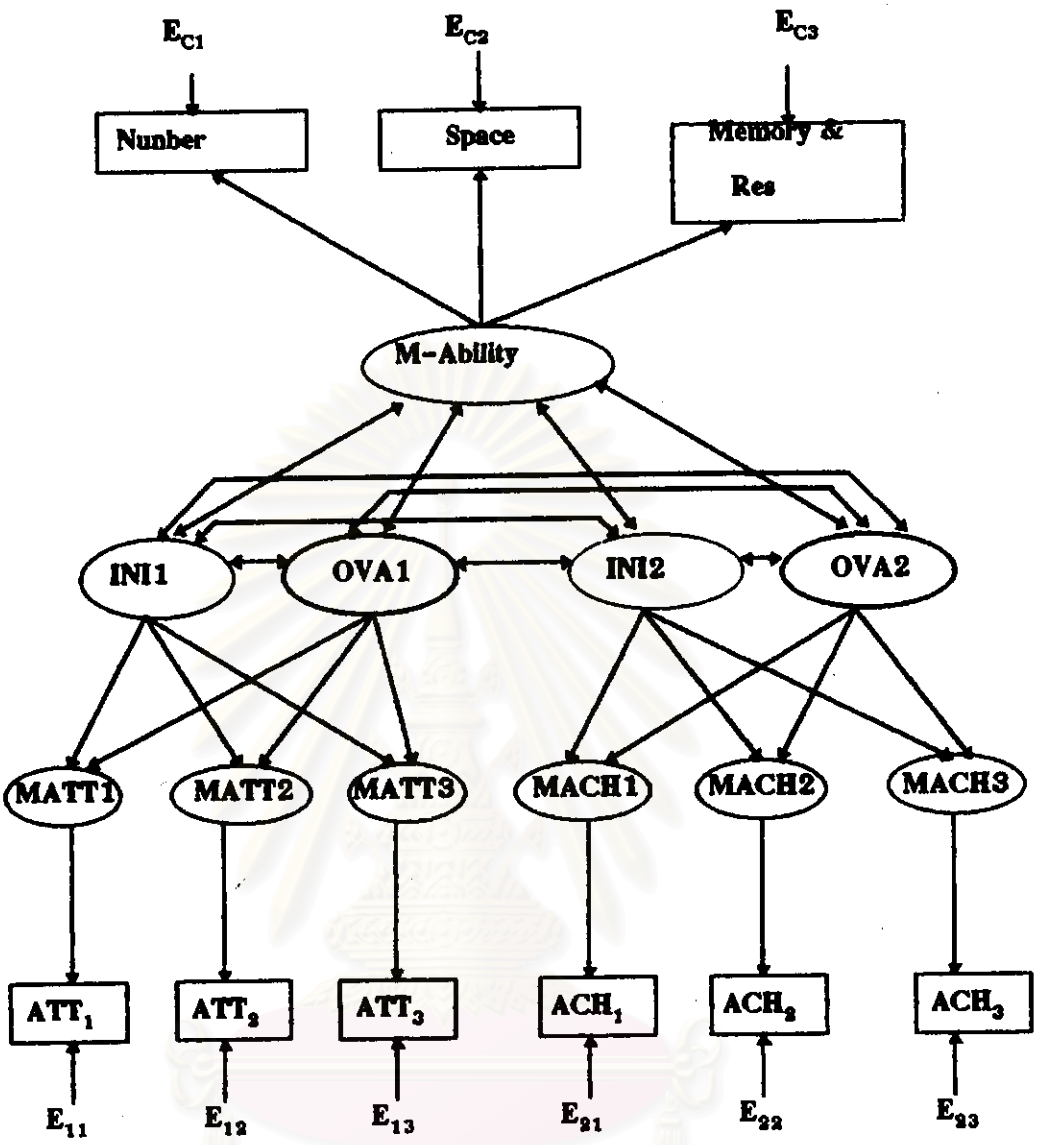
จากแผนภาพที่ 12 จะเห็นว่า MACH1, MACH2และ MACH3 คือองค์ประกอบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์วัดในช่วงเวลา t_1 (วัดในตอนต้นภาคเรียน) , t_2 (วัดในตอนกลางภาคเรียน) และ t_3 (วัดในตอนปลายภาคเรียน) องค์ประกอบดังกล่าวนี้อธิบายว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จะต้องประกอบไปด้วยความก้าวหน้าในวิชาและความรู้สึกต่อวิชาที่เรียน ดังนั้นองค์ประกอบนี้จึงทำการวัดด้วยตัวบ่งชี้องค์ประกอบสองตัวคือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์(ACH) และแบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์(ATT) และองค์ประกอบ MACH1 , MACH2 และ MACH3 นี้ จะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นองค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (MINI) และส่วนที่เป็นองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด (MOVA) ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

โมเดลลิสเรลที่ใช้ในเพื่อการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และตัวแปรด้านเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์กับตัวแปรด้านความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ 3โมเดล ดังนี้



แผนภาพที่ 13 โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

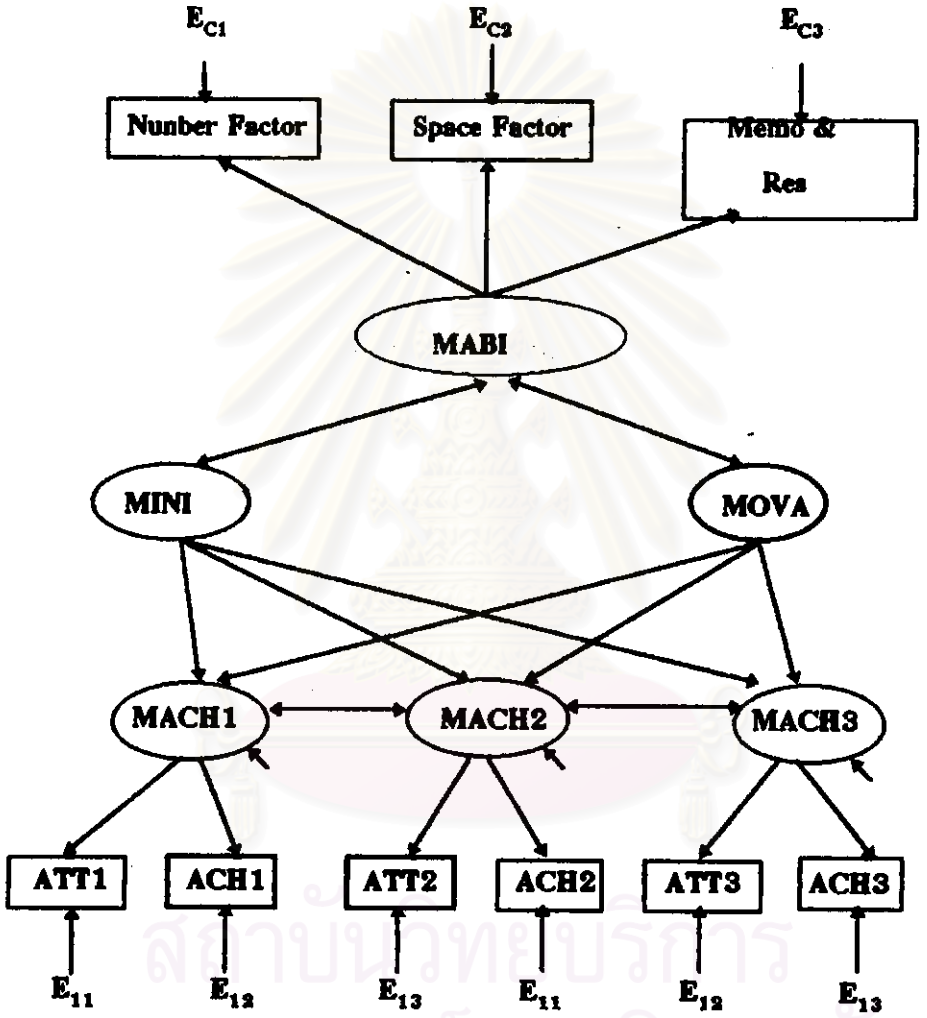
จากแผนภาพที่ 13 จะเห็นว่า MACH1, MACH2 และ MACH3 คือองค์ประกอบร่วมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์วัดในช่วงเวลา t_1 (วัดในตอนต้นภาคเรียน) , t_2 (วัดในตอนกลางภาคเรียน) และ t_3 (วัดในตอนปลายภาคเรียน) องค์ประกอบดังกล่าวนี้อธิบายว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จะต้องประกอบไปด้วยความก้าวหน้าในวิชาและความรู้สึกต่อวิชาที่เรียน ดังนั้นองค์ประกอบนี้จึงทำการวัดด้วยตัวบ่งชี้องค์ประกอบสองตัวคือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH) และแบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ (ATT) ส่วนตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในโมเดลนี้ก็คือ องค์ประกอบด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ (MABI) วัดได้จากองค์ประกอบด้านจำนวน(Nunber) องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space) และองค์ประกอบด้านความจำและเหตุผล(Memory & Reasoning) ซึ่งเกิดจากการสร้างสเกลองค์ประกอบจากตัวแปรความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้ง 10 ตัวแปร



แผนภาพที่ 14 โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

จากแผนภาพที่ 12 องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงในโมเดลนี้ ซึ่งวัดในช่วงเวลาต่างกัน 3 ช่วงเวลาคือ คือวัดในช่วงเวลาt_1 (วัดในตอนต้นภาคเรียน) , t_2(วัดในตอนกลางภาคเรียน) และ t_3(วัดในตอนปลายภาคเรียน)มีด้วยกันสององค์ประกอบคือองค์ประกอบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์(MACH) โดยวัดจากตัวบ่งชี้องค์ประกอบคือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ACH)องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงอีกองค์ประกอบหนึ่งคือ องค์ประกอบด้านเจตคติต่อคณิศาสตร์ (MATT) โดยวัดจากตัวบ่งชี้องค์ประกอบคือ แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ (ATT)ส่วนตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในโมเดลนี้ก็คือ องค์ประกอบด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ (MABI) วัดได้จากองค์ประกอบด้านจำนวน(Nunber) องค์ประกอบ

ด้านมิติสัมพันธ์(Space) และองค์ประกอบด้านความจำและเหตุผล(Memory& Resoning) ซึ่งเกิดจากการสร้างสเกลองค์ประกอบจากตัวแปรความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้ง 10 ตัวแปร เช่นเดียวกับโมเดลที่ผ่านมา



แผนภาพที่ 15 โมเดลอิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

จากแผนภาพที่ 13 จะเห็นว่า MACH1, MACH2และ MACH3 คือองค์ประกอบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์วัดในช่วงเวลา t_1 (วัดในตอนต้นภาคเรียน) , t_2 (วัดในตอนกลางภาคเรียน) และ t_3 (วัดในตอนปลายภาคเรียน) องค์ประกอบดังกล่าวนี้อธิบายว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จะต้องประกอบไปด้วยความก้าวหน้าในวิชาและความรู้สึกต่อวิชาที่เรียน ดังนั้นองค์ประกอบนี้จึงทำการวัดด้วยตัวบ่งชี้องค์ประกอบสองตัวคือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนคณิตศาสตร์(ACH) และแบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์(ATT) และองค์ประกอบ MACH1 , MACH2 และ MACH3 นี้ จะประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นองค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (MINI) และส่วนที่เป็นองค์ประกอบที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด (MOVA) ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ส่วนตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในโมเดลนี้ ก็คือ องค์ประกอบด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์(MABI)สามารถวัดได้จากองค์ประกอบด้านจำนวน องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ และองค์ประกอบด้านความจำและเหตุผล ซึ่งเกิดจากการสร้างสเกลองค์ประกอบจากตัวแปรความฉลาดทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้ง 10 ตัวแปร เช่นเดียวกับสองโมเดลที่ผ่านมา

จากโมเดลลิสเรลที่แสดงไว้ทั้งสามโมเดล ค่าพารามิเตอร์ที่สนใจคือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(correlation) ระหว่างคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรอื่น ๆซึ่งแสดงไว้ด้วยลูกศรสองทิศทางนั่นเอง

<u>ตอนที่ 5 ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลง</u>

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโมเดลที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลง ผู้วิจัยมุ่งศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลใน 2 ประการคือการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปสมการโครงสร้างและการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลลิสเรลหรือโมเดลความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของโมเดลมีดังนี้

1. ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปสมการโครงสร้าง

1.1. ค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรล ถ้าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าดัชนีความสอดคล้องเช่น ค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นย่อมหมายความว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงมีประสิทธิภาพ (Tisak & Meredith,1990 ; Raykov,1994) ดัชนีความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์อื่น ๆได้แก่ ค่าGFI ค่าRMR เป็นต้น

1.2 ความคงที่ของคะแนนองค์ประกอบ(stationarity of factors pattern across times)ความคงที่ขององค์ประกอบก็คือ องค์ประกอบที่ยังคงเดิม(identity of the factor) ถึงแม้ว่าจะวัดองค์ประกอบนี้ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันก็ตาม อาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งก็คือ ความคงที่ของการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว(stationarity logitudinal factor analytic model) ก็คือความไม่แปรเปลี่ยนขององค์ประกอบที่วัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้นการที่องค์ประกอบที่วัดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันไม่มีความคงที่(lack of stationarity) จึงเป็นสิ่งที่แสดงว่า ค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น (Tisak & Meredith,1990) การ

เตอร์น้ำหนักองค์ประกอบดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น (Tisak & Meredith,1990) การเปรียบเทียบความคงที่ขององค์ประกอบในการวิจัยครั้งนี้ก็คือการเปรียบเทียบว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงแต่ละแบบจะให้คำอธิบายความคงที่ของค่าพารามิเตอร์น้ำหนักองค์ประกอบแตกต่างกันหรือไม่นั่นเองค่าดัชนีที่บ่งชี้ถึงความคงที่ของคะแนนองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้แก่ ผลต่างระหว่างไค-สแควร์ (difference chi-square) ที่ได้จากโมเดลการวัดเมื่อค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าต่างกันในแต่ละช่วงเวลากับไค-สแควร์ที่ได้จากโมเดลการวัดเมื่อกำหนดค่าน้ำหนักองค์ประกอบให้มีค่าเท่ากันในทุกช่วงเวลาถ้าผลต่างค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลการวัดมีความคงที่ของคะแนนองค์ประกอบ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงจึงมีจุดมุ่งหมายที่จะปฏิเสธสมมุติฐานที่ว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่วัดได้ในช่วงเวลาต่างกันมีค่าเท่ากัน ซึ่งนั่นย่อมหมายถึงว่าองค์ประกอบที่วัดในช่วงเวลาต่างกันมีการเปลี่ยนแปลงไปนั่นเอง จึงกล่าวได้ว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงนั้นมีประสิทธิภาพที่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบได้ (Tisak & Meredith ,1990 ; Raykov , 1994 ; McArdle & Aber ,1990)

1.3 ความไม่แปรเปลี่ยนของแบบแผนองค์ประกอบ (invariance of factor pattern across groups) ความไม่แปรเปลี่ยนของแบบแผนองค์ประกอบ(invariance of factor pattern) เป็นการตรวจสอบว่าแบบแผนองค์ประกอบ(factor pattern) ในกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันหรือไม่ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ แบบแผนขององค์ประกอบของประชากรในแต่ละกลุ่มเป็นแบบแผนเดียวกันหรือไม่ ในการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว โมเดลการวิเคราะห์ความคงที่และความไม่แปรเปลี่ยนขององค์ประกอบ (stationarity and invariance longitudinal factor analitic model) มีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะ โมเดลดังกล่าวสามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงเวลาและระหว่างกลุ่มประชากรได้โดยตรง (Tisak & Meredith , 1990) ในการเปรียบเทียบความไม่แปรเปลี่ยนของแบบแผนขององค์ประกอบในการวิจัยครั้งนี้ ก็คือ การเปรียบเทียบว่าโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงแต่ละแบบจะให้คำอธิบายแบบแผนองค์ประกอบแตกต่างกันหรือไม่นั่นเอง ค่าดัชนีความไม่แปรเปลี่ยนของแบบแผนในองค์ประกอบดังกล่าวได้แก่ ผลต่างระหว่างไค-สแควร์ ที่ได้จากโมเดลการวัดของกลุ่มประชากรหนึ่งกับไค-สแควร์ที่ได้จากโมเดลการวัดเมื่อกำหนดค่าน้ำหนักองค์ประกอบให้มีค่าเท่ากับค่าน้ำหนักองค์ประกอบของกลุ่มประชากรอีกกลุ่มหนึ่ง ถ้าผลต่างค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลการวัดมีความไม่แปรเปลี่ยนของแบบแผนน้ำหนักองค์ประกอบในทางกลับกันถ้าผลการทดสอบปฏิเสธสมมุติฐานดังกล่าว นั่นแสดงว่า แบบแผนน้ำหนักองค์ประกอบที่วัดจากกลุ่มที่แตกต่างกันไม่มีคุณสมบัติของความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงว่า กลุ่มที่แตกต่างกันมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรแฝงที่แตกต่างกันนั่นเองและโมเดลการวัดมีประสิทธิภาพ(Tisak & Meredith ,1990 ; Raykov , 1994 ; McArdle & Aber ,1990)

2. ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของโมเดลลิสเรล(LISREL model)หรือโมเดลความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้เพื่อศึกษาว่าปัจจัยใดที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของคะแนนองค์ประกอบ ดัชนีบ่งชี้ประสิทธิภาพของโมเดล ได้แก่

2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรล ถ้าโมเดลลิสเรลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าดัชนีความสอดคล้องเช่น ค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นย่อมหมายความว่าโมเดลลิสเรลมีประสิทธิภาพ (Tisak & Meredith ,1990 ; McArdle & Aber ,1990 ;Raykov ,1993,1994) ดัชนีความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์อื่นๆได้แก่ ค่าGFI ค่า RMR เป็นต้น

2.2 ความไม่แปรเปลี่ยนของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(correlation coefficient) ระหว่างองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรอื่นๆที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง วัดได้จากผลต่างระหว่างไค-สแควร์ที่ได้จากโมเดลลิสเรลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรอื่นๆที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงเมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าต่างกันในแต่ละช่วงเวลากับไค-สแควร์ที่ได้จากโมเดลลิสเรลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรอื่นๆ ที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงเมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่วัดในช่วงเวลาต่างกันให้มีค่าเท่ากัน ถ้าผลต่างไค-สแควร์มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลความสัมพันธ์มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไม่แปรเปลี่ยน(Raykov, 1994)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมุติฐานของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลลิสเรล 3 แบบ คือ โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว ซึ่งโมเดลลิสเรลแต่ละแบบนี้จะประกอบไปด้วยโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงและโมเดลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานการวิจัยในครั้งนี้ไว้สองประการคือ

1.ในด้านประสิทธิภาพของโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานว่าโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว จะมีประสิทธิภาพในการวัดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระยะยาวได้ดีที่สุด รองลงไปคือ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว และสุดท้ายคือโมเดลพื้นฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ทั้งนี้เพราะโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบได้ทั้งที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาและที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาได้ ส่วนโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวสามารถอธิบายได้เพียงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในขณะที่โมเดลพื้นฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวสามารถอธิบายได้เพียงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างช่วงเวลาเท่านั้น

2.ในด้านประสิทธิภาพของโมเดลลิสเรลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงกับองค์ประกอบอื่นที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงนั้น ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว จะมีประสิทธิภาพในการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระยะยาวได้ดีที่สุด รองลงไปคือโมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว และสุดท้ายคือโมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว ทั้งนี้เพราะการวัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้หลาย ๆตัวจะทำให้การวัดองค์ประกอบมีความเที่ยงสูงและมีความคลาดเคลื่อนในการวัดต่ำกว่าการวัดองค์ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวและจะส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบมีค่าสูงขึ้นด้วย