บทที่ 2

รายงานเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแยกนำเสนอเป็น 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีดั้งเดิม ตอนที่ 2 การวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ ตอนที่ 3 ว่าด้วยการดำเนินการกับข้อมูลที่ขาดหาย และตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 1 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงตามวิธีดั้งเดิม

การวัดการเปลี่ยนแปลงตามวิธีดั้งเดิม เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีช่วงเวลาการวัดเพียง 2 ครั้ง (two waves) หลังจากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นรายบุคคล ซึ่งวิธีการวิเคราะห์คะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นรายบุคคลได้มีผู้ให้แนวคิดไว้หลายวิธีซึ่งผู้วิจัยจะได้นำเสนอรายละเอียด 6 วิธี อันได้แก่ วิธีการหาวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวล วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน วิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด และวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้โดยขจัดอิทธิพลเพดาน ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำเสนอรายละเอียดของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงแต่ละวิธีดังต่อไปนี้

1. วิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Difference Score)

การหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ มีแนวคิดว่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นคะแนนดิบครั้งหลังที่เปลี่ยนไปจากครั้งแรก แนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถคำนวณได้ง่าย สะดวก และไม่ต้องใช้ความรู้พื้นฐานทางสถิติมากนัก นอกจากนั้น Rogosa และ Willett (1985) ได้กล่าวว่าการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงโดยวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบมีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีความลำเอียง

สมการในการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงระหว่างคะแนนดิบได้แก่

$$D = Y - X$$

เมื่อ D คือ คะแนนการเปลี่ยนแปลง Y คือ คะแนนในการวัดครั้งหลัง X คือ คะแนนในการวัดครั้งแรก

การหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบมีข้อบกพร่องคือ ค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากวิธีนี้มีค่าต่ำ (Linn & Slinde,1977 ; Lord, 1963 ; O'Connor, 1972 อ้างถึงใน Zimmerman และ Willams, 1982) ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนกับคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากวิธีนี้มีแนวโน้มที่จะเป็นลบ (Linn & Slinde,1977 ; Lord & Novick, 1968 ; O'Connor, 1972 ; Thomson, 1924 อ้างถึงใน Zimmerman และ Willams, 1982) นั่นคือผู้ที่ได้คะแนนในการวัดครั้งแรกสูงมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนการเปลี่ยนแปลงต่ำ ในขณะที่ผู้ที่ได้คะแนนการวัดครั้งแรกต่ำมีแนวโน้มที่จะได้ค่าการเปลี่ยนแปลงที่สูง ซึ่งขัดกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bloom ที่ว่าความรู้เดิมมีส่วนในความแตกต่างของผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอยู่ร้อยละ 50 (Bloom, 1976 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) การหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบยังมีปัญหาในเรื่องอิทธิพลพื้นและอิทธิพลเพดาน (floor effect and ceiling effect) ที่ทำให้ผู้ที่ทำคะแนนในการสอบครั้งแรกได้สูงจะมีคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ต่ำเนื่องจากคะแนนในการวัดครั้งหลังจะถูกจำกัดด้วยคะแนนเต็ม นอกจากนั้นปัญหาคุณภาพด้านความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบทำให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้ไม่ใช่คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริง ถ้าข้อสอบง่ายและไม่มีอำนาจจำแนก คะแนนในการวัดครั้งแรกจะสูงมากทำให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงมีค่าต่ำ เช่นเดียวกันกับเมื่อข้อสอบยากและไม่มีอำนาจจำแนกส่งผลให้คะแนนในการวัดครั้งหลังจะต่ำมากทำให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงมีค่าต่ำด้วย

2. วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวล (Residual Score)

วิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวลได้รับการพัฒนาขึ้นในปี 1962 โดย Manning และ Dubois ซึ่งให้แนวคิดว่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงคือผลต่างระหว่างคะแนนในการวัดครั้งหลังกับคะแนนทำนายของคะแนนการวัดครั้งหลังด้วยคะแนนการวัดครั้งแรก ดังสมการ

$Ri = Yi - Y_i'$ (Williams; Zimmerman; Rich และ Steed, 1984)

เมื่อ $Yi' = \overline{Y} + B_{XY}(Xi - \overline{X})$

หรือ $Yi' = \overline{Y} + (R_{XY} / S_X^2)(Xi - \overline{X})$

โดยที่สัญลักษณ์ในสมการมีความหมายดังต่อไปนี้ Ri คือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวลของคนที่ i Yi คือ คะแนนในการวัดครั้งหลังของคนที่ i Yi' คือ คะแนนทำนายผลการ

วัดครั้งหลังด้วยคะแนนการวัดครั้งแรกของคนที่ i $\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนการวัดครั้งหลัง $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนในการวัดครั้งแรก B_{XY} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของคะแนนการวัดครั้งหลังลงบนคะแนนการวัดครั้งแรก Xi คือคะแนนการวัดครั้งแรกของคนที่ i r_{XY} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนในการวัดครั้งแรกกับคะแนนในการวัดครั้งหลัง S_X^2 ค่าความแปรปรวนของคะแนนในการวัดครั้งแรก

การวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงโดยวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนเรชิดวลมีจุดเด่นอยู่หลายประการ อันได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน (Manning และ Dubois, 1962 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) ค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลมีค่าสูงกว่าค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงจากการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (standard error of measurement) ของคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลมีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน (Williams; Zimmerman; Rich และ Steed, 1984) นอกจากนั้นการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลยังสามารถขจัดความสัมพันธ์ลวงระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนก่อนเรียนได้

จุดด้อยของการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลอยู่ที่คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้เป็นคะแนนที่ขึ้นอยู่กับกลุ่ม ไม่ได้สะท้อนถึงคะแนนการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลที่แท้จริง ถ้าหากคะแนนการวัดระหว่างครั้งแรกและครั้งหลังมีความสัมพันธ์กันสูง ความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้ก็จะต่ำเช่นเดียวกับคะแนนการเปลี่ยนแปลงจากวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Williams; Zimmerman; Rich และ Steed, 1984)

3. วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน (Base-free Measure of Change)

Tuker, Damarin และ Messick ได้การพัฒนาแนวคิดในการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียนขึ้นในปี 1966 โดยให้แนวคิดว่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นผลต่างระหว่างคะแนนในการวัดครั้งหลังกับคะแนนทำนายผลการวัดครั้งหลังจากคะแนนจริงในการวัดครั้งแรก ดังสมการ $Bi = Yi - Yi^*$ (Williams; Zimmerman; Rich และ Steed, 1984)

โดยที่ $$Yi^* = \bar{Y} + (B_{YX} / R_{XX'})(Xi - \bar{X})$$

หรือ $$Yi^* = \bar{Y} + (S_{TX,TY} / S_{TX}^2)(Xi - \bar{X})$$

สัญลักษณ์ในสมการที่ต่างจากวิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวลมีความหมายดังต่อไปนี้ Yi' คือ คะแนนทำนายผลการวัดครั้งหลังด้วยคะแนนจริงของการวัดครั้งแรกของคนที่ i $R_{XX'}$ คือ ค่าความเที่ยงของเครื่องมือที่ใช้วัดในครั้งแรก $S_{TX,TY}$ คือ ค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างคะแนนจริงในการวัดครั้งแรกกับการวัดครั้งหลัง S_{TX}^2 คือ ค่าความแปรปรวนของคะแนนจริงก่อนเรียน

การหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียนมีจุดเด่นตรงที่คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้เป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียนหรือสภาพที่แท้จริงตอนเริ่มต้น (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) สามารถขจัดความสัมพันธ์ลวงระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนสถานภาพเริ่มต้นได้ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียนมีค่าน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดการเปลี่ยนแปลงจากการหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Williams; Zimmerman; Rich และ Steed, 1984)

ส่วนจุดด้อยของวิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนจริงก็คล้ายกับข้อด้อยของวิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวลกล่าวคือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้เป็นคะแนนที่ขึ้นอยู่กับกลุ่ม ไม่ได้สะท้อนถึงคะแนนการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลที่แท้จริง นอกจากนั้นค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนจริงยังมีค่าสูงกว่าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวล (Williams; Zimmerman; Rich และ Steed, 1984)

4. วิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ (Relative Gain Score)

วิธีการประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์เป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย ศิริชัย กาญจนวาสี (Kanjanawasee, 1989) ซึ่งให้แนวคิดว่า คะแนนการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์เป็นสัดส่วนของผลต่างระหว่างคะแนนดิบจากการวัดทั้ง 2 ครั้งกับผลต่างระหว่างคะแนนเต็มกับคะแนนดิบจากการวัดครั้งแรก การที่ผู้ให้แนวคิดได้คูณอัตราส่วนนี้ด้วยค่าคงที่ 100 เนื่องจากต้องการให้ค่าที่ได้ไม่เป็นทศนิยม สมการที่ใช้ในการคำนวณคะแนนการเปลี่ยนแปลงคือ

$$Si = \frac{100(Yi - Xi)}{F - Xi}$$

เมื่อ Si คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ของคนที่ i F คือ คะแนนเต็มของการวัดครั้งแรกหรือครั้งหลัง

วิธีการประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์มีจุดเด่นอยู่ที่การสามารถลดปัญหาการถดถอยเข้าสู่ส่วนกลาง คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้เป็นคะแนนการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลที่ไม่

ขึ้นอยู่กับกลุ่ม นอกจากนั้นการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์มีการคำนึงถึงอิทธิพลเพดานด้วย แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยังมิได้มีการประมาณค่าความเที่ยงหรือการตรวจสอบคุณสมบัติในเชิงทฤษฎีการวัดผล (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537)

5. วิธีวัดการประมาณค่าคะแนนเพิ่มที่แท้จริง (Estimated True Gain Score)

Lord (1956) ได้พัฒนาวิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีประมาณค่าคะแนนเพิ่มที่แท้จริง ซึ่งอาศัยหลักการถดถอยพหุ โดยใช้คะแนนดิบในการวัดครั้งแรกและครั้งหลังเป็นตัวทำนายความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง

ดังสมการ $$Li = W_X X_i + W_Y Y_i + k$$

หรือ $$Vi = \bar{Y} + b_{VX.Y}(Xi - \bar{X}) + b_{VY.X}(Yi - \bar{Y})$$

โดย Li คือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงจากวิธีการประมาณค่าคะแนนเพิ่มที่แท้จริงของคนที่ i W_X คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยพหุของคะแนนก่อนเรียน W_Y คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยพหุของคะแนนหลังเรียน X_i คือ คะแนนดิบในการวัดครั้งแรก Y_i คือ คะแนนดิบในการวัดครั้งหลัง k คือ ค่าคงที่ในการถดถอยพหุ Vi คือ คะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงในการวัดครั้งแรกกับคะแนนจริงในการวัดครั้งหลัง $b_{VX.Y}$ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงในการวัดครั้งแรกและคะแนนจริงในการวัดครั้งหลังลงบนคะแนนในการวัดครั้งแรกเมื่อควบคุมคะแนนในการวัดครั้งหลัง $b_{VY.X}$ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงในการวัดครั้งแรกและคะแนนจริงในการวัดครั้งหลังลงบนคะแนนในการวัดครั้งหลังเมื่อควบคุมคะแนนในการวัดครั้งแรก

การหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงโดยการประมาณค่าคะแนนเพิ่มที่แท้จริงมีจุดเด่นหลายประการอันได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนแปลงของนักเรียนที่ได้คะแนนจากการวัดครั้งแรกสูงมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสูง ผลการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้มีความคงเส้นคงวา (Lord,1963 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) นอกจากนั้นหากพิจารณาจากผู้ที่ได้คะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบเท่ากัน พบว่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงโดยการประมาณค่าคะแนนเพิ่มที่แท้จริง และคะแนนการเปลี่ยนแปลงของผู้ที่ได้คะแนนดิบในการวัดครั้งแรกสูงจะมีค่าสูงกว่าผู้ที่ได้คะแนนดิบครั้งแรกต่ำ

วิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงโดยวิธีการหาคะแนนเพิ่มที่แท้จริงมีจุดด้อย คือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้ขึ้นอยู่กับกลุ่ม มิได้สะท้อนคะแนนการเปลี่ยนแปลงของบุคคลอย่างแท้จริง พิสัยของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้แคบกว่าพิสัยของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จาก

การหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (Lord,1963 อ้างถึงใน อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537) นอกจากนั้นการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงโดยวิธีนี้ยังต้องการกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่พอสมควร

6. วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้โดยขจัดอิทธิพลเพดาน

ในปี 2537 อรุณี อ่อนสวัสดิ์ ได้พัฒนาวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ 8 วิธี โดยอาศัยทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bloom และคำนึงถึงอิทธิพลเพดาน ซึ่ง 4 วิธีแรกเป็นการวัดด้วยการประมาณค่าคะแนนจริง ส่วน 4 วิธีหลังเป็นการวัดด้วยคะแนนดิบ วิธีการวัดที่ อรุณี อ่อนสวัสดิ์ เสนอแนะให้ใช้ได้กับสถานการณ์การเรียนรู้ได้ทุกแบบ ใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างที่น้อยและมีข้อคำถามน้อยได้ คือ วิธี C4A ซึ่งมีสูตรในการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงดังนี้

$$C4Ai = (1 - W / X_i)\hat{T}_{Yi} - \hat{T}_{Xi} + WF / \hat{T}_{Xi}$$

เมื่อ $C4Ai$ คือ ค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ วิธีที่ C4A $\hat{T}_{Xi}$, $\hat{T}_{Yi}$ คือ ค่าประมาณคะแนนจริงในการวัดครั้งแรกและครั้งหลังของคนที่ i Xi, Yi คือ คะแนนดิบในการวัดครั้งแรกและครั้งหลังของคนที่ i W คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยของคะแนนจริงในการวัดครั้งแรกและครั้งหลังลงบนคะแนนจริงของความแตกต่างระหว่างคะแนนเต็มและคะแนนสอบหลังเรียน F คือ คะแนนเต็ม

วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้โดยการขจัดอิทธิพลเพดานที่ อรุณี อ่อนสวัสดิ์ ได้พัฒนานี้มีความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงอย่างมีนัยสำคัญ สามารถขจัดอิทธิพลเพดานในการวัดการเปลี่ยนแปลง คะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้มีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ นอกจากนั้นค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธี C4A ยังมีค่าต่ำกว่าวิธีการหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ แต่การทดสอบค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้มีค่าสูงกว่าความเที่ยงสูงกว่าค่าความเที่ยงของวิธีการประมาณค่าคะแนนเพิ่มที่แท้จริงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่าการวัดการเปลี่ยนแปลงตามวิธีดั้งเดิมมีจุดอ่อนยังมีจุดอ่อนที่สำคัญ 3 ประการอันได้แก่ ประการที่ 1 การวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีการวัดเพียง 2 ครั้ง ยังให้สารสนเทศเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เพียงพอ คือสามารถหาค่าคะแนนการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในรูปสมการเส้นตรง แต่ไม่สามารถบอกวิถี (trajectory) ของการเปลี่ยนแปลงหรืออัตราการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ในรูปสมการเส้นโค้งได้ ประการที่ 2 วิธีการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีดั้งเดิมแต่ละวิธียังมีข้อจำกัดของแต่ละวิธีดังที่ได้กล่าวมา จึงต้องพิจารณาข้อจำกัดของแต่ละวิธีก่อนนำมาไปใช้ ข้อจำกัดที่สำคัญคือค่าความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงมีค่าต่ำ ประการที่ 3 การวัดการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการดั้งเดิมยังมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถ

ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ จึงต้องฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมที่ว่า คะแนนสังเกตได้มาจากผลรวมของคะแนนจริงกับความคลาดเคลื่อนในการวัด (X = T + E) โดยอนุโลมให้ความคลาดเคลื่อนในการวัดเกิดขึ้นอย่างสุ่มและหักลบกันเป็นศูนย์ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการวัดคะแนนการเปลี่ยนแปลงก็ยังมีจุดเด่นอยู่ตรงที่การวิเคราะห์ไม่ต้องใช้ความรู้ทางสถิติขั้นสูง และสามารถคำนวณด้วยมือได้

ตอนที่ 2 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่

เนื่องจากวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีดั้งเดิมยังมีข้อจำกัดในเรื่องสารสนเทศที่ให้ความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลง และความสามารถในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด ทำให้นักสถิติจึงได้พัฒนาวิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ขึ้นมา โดยการประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาว ประกอบความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ซึ่งได้มีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่สลับซับซ้อนขึ้น โดยโปรแกรม LISREL ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบของโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นที่ได้พัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนปัจจุบันเป็นเวอร์ชั่น 8.10 และโปรแกรม EQS เวอร์ชั่น 6.5b ซึ่งอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์โดยพัฒนาโปรแกรมด้วยระบบปฏิบัติการ Windows ล้วนมีส่วนส่งเสริมทำให้วิธีการวัดการเปลี่ยนแปลงได้พัฒนายิ่งขึ้น ลดจุดด้อยของการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม อีกทั้งยังช่วยให้การออกแบบการวัดและการออกแบบการวิจัยมีความสะดวกยิ่งขึ้น ได้ข้อสนเทศจากการวัดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น

แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ซึ่งมีการวัดมากกว่า 2 ครั้ง (multiwave) และมีการประยุกต์ใช้สมการโครงสร้างเชิงเส้น (structural equation model) ในการสร้างโมเดลการวัดการเปลี่ยนแปลงเป็นหลายแนวคิดที่แตกต่างกัน เช่น โมเดลออโตรีเกรสซีฟ (autoregressive model) โมเดลดิฟเฟอร์เรนซ์คอมโพเนนท์ (difference component model) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (longitudinal factor analysis model) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) นอกจากมีการประยุกต์ใช้สมการโครงสร้างเชิงเส้นในการวัดการเปลี่ยนแปลงแล้ว ยังมีการประยุกต์ใช้โมเดลเชิงเส้นพหุระดับ (hierarchical linear models) ในการวัดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแบบพหุระดับได้ ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากบทความเรื่อง "Application of hierarchical linear models to assessing change" ในวารสาร Psychological Bulletin เล่มที่ 1 ปีที่ 101

ในตอนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอโมเดลในการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่ 4 โมเดลด้วยกัน อันประกอบด้วยโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (baseline model of longitudinal factor analysis) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis with single indicator model) และโมเดลการวิเคราะห์

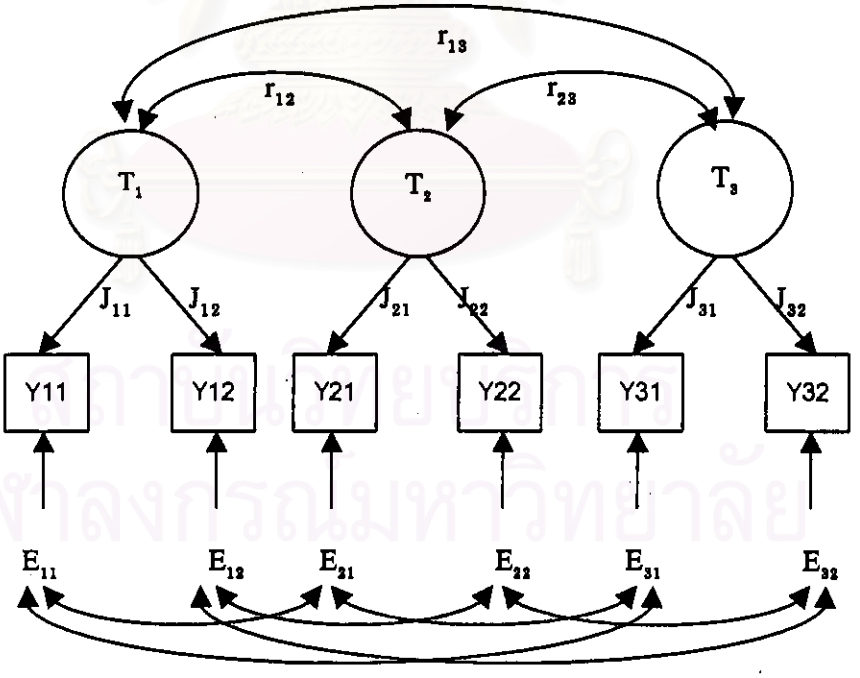
องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis with several indicator model) และโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model)

1. โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

Meredith และ Tisak ได้พัฒนาโมเดลนี้ในปี 1990 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวคือ คะแนนดิบในการวัดตัวแปรหนึ่งในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล จะประกอบด้วยองค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะของการวัดแต่ละตัวแปรในช่วงเวลาที่ต่างกันของแต่ละบุคคล ดังแสดงให้เห็นในแผนภาพที่ 1 และ สมการที่ 1

$$Y_{mtn} = J_{mt} T_{tn} + E_{mtn} \quad \text{.....} \quad 1$$

โดยที่ Y_{mtn} คือ คะแนนดิบจากการวัดตัวแปรที่ m ในการวัดครั้งที่ t ของคนที่ n J_{mt} คือ น้ำหนักองค์ประกอบของการวัดตัวแปรที่ m ในการวัดครั้งที่ t T_{tn} คือ คะแนนองค์ประกอบร่วมในการวัดครั้งที่ t ของคนที่ n และ E_{mtn} คือ คะแนนองค์ประกอบเฉพาะของการวัดตัวแปรที่ m ในการวัดครั้งที่ t ของคนที่ n ซึ่งก็คือค่าความคลาดเคลื่อน



แผนภาพที่ 1 โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

จากสมการที่ 1 และแผนภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่า ตัวแปรสังเกตได้ในการวัดแต่ละครั้งของแต่ละคน ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นผลคูณระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบ (J_{mn}) กับองค์ประกอบร่วม (T_t) ส่วนที่ 2 คือองค์ประกอบเฉพาะ (E_{mt}) ซึ่งก็คือความคลาดเคลื่อนในการวัดนั่นเอง นอกจากนั้น เส้นลูกศรสองทางระหว่างองค์ประกอบร่วมในการวัดแต่ละครั้ง ก็คือการยอมให้องค์ประกอบร่วมสัมพันธ์กันได้ โดยที่ค่า r_{tt} คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบร่วม โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้จะบอกให้ทราบว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาสามารถเป็นตัวทำนายองค์ประกอบร่วมในช่วงเวลาอื่นได้หรือไม่

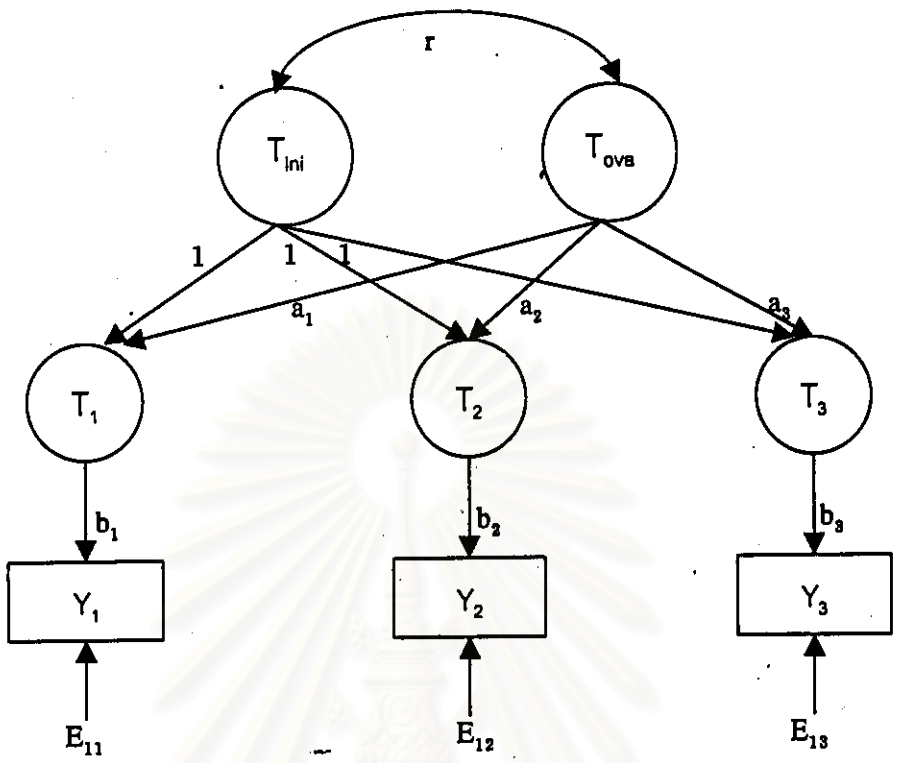
2. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

Raykov ได้พัฒนาโมเดลนี้ขึ้นในปี 1994 โดยที่แนวคิดเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงตามโมเดลนี้มีลักษณะคล้ายกับกรอบแนวคิดของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (classical test theory; CTT) คือคะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในแต่ละช่วงเวลาประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor) องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor) และองค์ประกอบเฉพาะ ดังสมการที่ 2 และแผนภาพที่ 2

$$T_k = T_1 + a_k (T_k - T_1) + \delta_k \quad \text{..... 2}$$

จากสมการที่ 2 เมื่อ T_k คือคะแนนจริงในรูปตัวแปรแฝงในการวัดครั้งที่ k a_k คือ ค่าพารามิเตอร์ที่บ่งชี้อัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และ δ_k คือ องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้ง ซึ่งก็คือค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด (E_t)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 2 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

จากสมการที่ 2 และแผนภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ในการวัดช่วงเวลาที่ต่างกัน (Y_{jk}) ประกอบด้วยองค์ประกอบสามส่วน ส่วนแรกคือผลคูณขององค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (T_{ini}) กับน้ำหนักองค์ประกอบของสถานะเริ่มต้น ซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น 1 ในการวัดทุกช่วงเวลา เพื่อให้องค์ประกอบสถานะเริ่มต้นในการวัดทุกครั้งมีค่าเท่ากัน ส่วนที่สองคือผลคูณของคะแนนการเปลี่ยนแปลง (T_{ova}) กับน้ำหนักองค์ประกอบต่อองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (a_{jk}) โดยที่กำหนดให้น้ำหนักองค์ประกอบในการวัดครั้งแรกเป็นศูนย์ เนื่องจากถือว่าในการวัดครั้งแรกยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น และส่วนที่สามคือ องค์ประกอบเฉพาะ (δ_{jk})

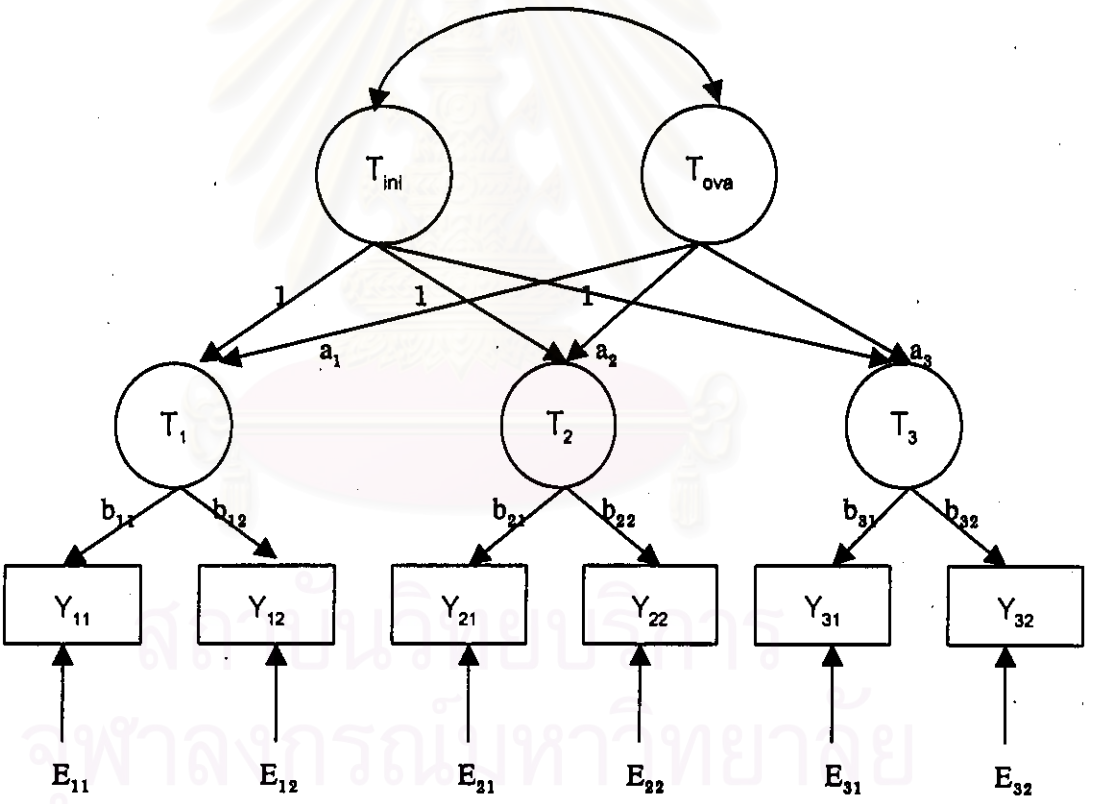
3. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

นอกจาก Raykov ได้ให้แนวคิดโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวแล้วก็ยังให้แนวคิดโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวด้วย เนื่องจากข้อเสนอแนะที่ว่าการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาหรือตัวแปรแฝง ควรวัดจากตัวบ่งชี้มากกว่า 1 ตัว (Bollen, 1989; Bentler, 1989; Joreskog & Sorbom, 1988 อ้างถึงใน Raykov, 1994) นอกจากนั้นการวัดทางจิตวิทยาที่มีการวัดเพียงตัวบ่งชี้ตัวเดียวยังมีข้อบกพร่องทั้งความตรงและความเที่ยง (Raykov, 1994)

แนวคิดของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวใช้แนวคิดจากทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมเช่นเดียวกันกับแนวคิดของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor) องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor) และองค์ประกอบเฉพาะ ดังแผนภาพที่ 3 และสมการที่ 3

$$T_{jk} = T_{j1} + a_{jk} (T_{jk} - T_{j1}) + \delta_{jk} \quad \ldots\ldots 3$$

โดยที่ T_{jk} คือคะแนนจริงในรูปตัวแปรแฝงของการวัดตัวแปรที่ j ในการวัดครั้งที่ k a_{jk} คือ ค่าพารามิเตอร์ที่บ่งชี้อัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวแปรที่ j ในการวัดครั้งที่ k δ_{jk} คือ องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้ง ซึ่งก็คือค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด (E_{jk})



แผนภาพที่ 3 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

จากแผนภาพที่ 3 จะพบว่าองค์ประกอบร่วมที่เป็นคะแนนจริงในการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกันประกอบด้วยสองส่วนที่สำคัญคือ ส่วนแรกเป็นผลคูณระหว่างองค์ประกอบที่เป็นสถานะเริ่มต้นกับคะแนนองค์ประกอบ ส่วนที่สองเป็นผลคูณระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คะแนนองค์ประกอบต่อองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด จะเห็นได้ว่าคะแนนองค์ประกอบต่อองค์ประกอบสถานะเริ่มต้นได้กำหนดให้มีค่าเป็น 1 ทุกตัว และคะแนนองค์ประกอบต่อองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดในการวัดครั้งแรกถูกกำหนดให้เป็น 0 เช่นเดียวกันกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว นอกจากนั้นองค์ประกอบร่วมที่เป็นคะแนนจริงวัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวซึ่งเป็นตัวแปรที่ต่างกันในการวัดครั้งเดียวกัน ดังนั้นคะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้จึงประกอบด้วยสองค์ประกอบที่สำคัญคือ องค์ประกอบร่วมของคะแนนจริงในการวัดครั้งหนึ่ง ๆ และองค์ประกอบเฉพาะซึ่งก็คือเทอมความคลาดเคลื่อน

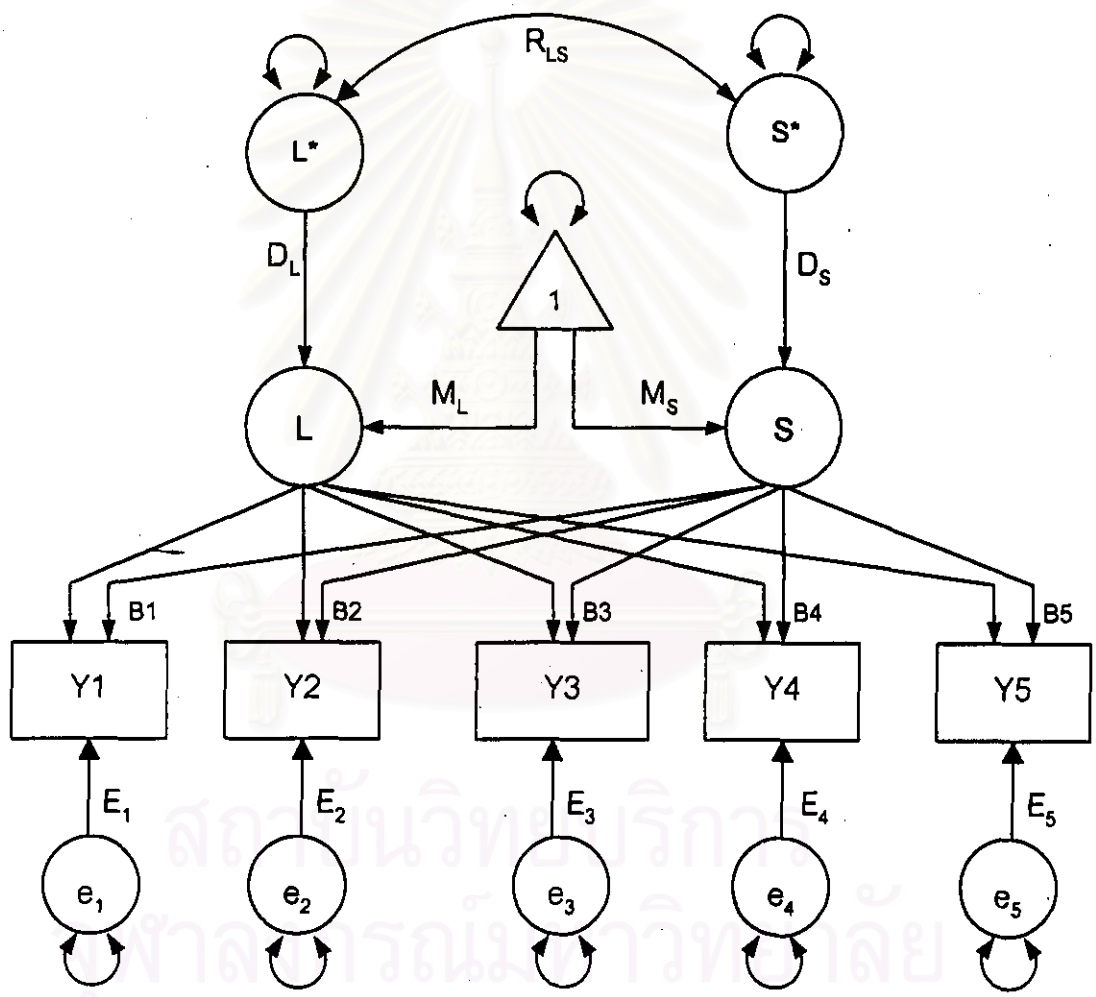
ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล 3 แบบที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งโมเดลที่ทำการเปรียบเทียบทั้ง 3 โมเดลก็คือโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว ผลการวิจัยสรุปว่า โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนในโมเดลต่ำใกล้เคียงกับโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว เนื่องจากทั้ง 2 โมเดลเป็นโมเดลที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว ในขณะที่โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่มีตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียวมีค่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลสูงกว่า นอกจากนั้นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวยังมีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดอีกด้วย

4. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (Latent Growth Curve Model)

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเริ่มพัฒนาโดย Tuker และ Rao เมื่อปี ค.ศ.1958 (MacCallum et.al, 1997; Duncan and Duncan, 1994) และได้รับการพัฒนาให้มีลักษณะเป็นโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น (structural equation model) โดย McArdle และ Epstein (1987), Meredith และ Tisak (1990) McArdle และ Hamagami (1991,1995) โดยที่ตัวแปรในโมเดลทุกตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โมเดลประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ซึ่งเป็นตัวแปรตัวเดียวกันจากการวัดหลายครั้ง ใช้สัญลักษณ์ (Y_t) และตัวแปรแฝงดังต่อไปนี้ ตัวแปรแฝงระดับหรือผลการวัดครั้งแรก (level = L) ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (slope = S) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงระดับ (L*) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชัน (S*) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละช่วงเวลา (e_t) และตัวแปรแฝงค่าคงที่ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ต่อตัวแปรแฝงความชัน ในการวัดครั้งที่ t (B_t) ค่า

เฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (M_L) ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชัน (M_S) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรระดับ (D_L) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรความชัน (D_S) ส่วนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดครั้งที่ t (E_t) และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรระดับกับตัวแปรความชัน (R_{LS}) (McArdle และ Hamagami, 1995) ผู้วิจัยนำเสนอโมเดลและสมการทางคณิตศาสตร์ไว้ในแผนภาพที่ 4 โดยมีสัญลักษณ์ในโมเดลดังนี้ คือ รูปสี่เหลี่ยมแทนตัวแปรสังเกตได้ รูปวงกลมแทนตัวแปรแฝง รูปสามเหลี่ยมแทนค่าคงที่ ลูกศรทางเดียวแทนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ ลูกศรสองทางแทนค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง



แผนภาพที่ 4 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับข้อมูลการวัดระยะยาว

$$Y_{t,n} = L_n + B_t S_n + E_{t,n} \quad \text{.....4}$$

$$S_n = M_S(1) + D_S S^* \quad \text{.....5}$$

$$L_n = M_L(1) + D_L L^* \quad \text{.....6}$$

จากสมการที่ 4 อธิบายได้ว่า คะแนนที่สังเกตได้ของคนที่ n ในการวัดครั้งที่ t ได้มาจากคะแนนในการวัดครั้งแรก บวกกับผลคูณของค่าน้ำหนักในช่วงเวลาที่ t กับคะแนนพัฒนาการของตนเอง รวมกับความคลาดเคลื่อนในการวัดในแต่ละครั้ง ของแต่ละคน สมการที่ 5 อธิบายได้ว่า คะแนนพัฒนาการของแต่ละคน มาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการคูณกับค่าคงที่ 1 รวมกับผลคูณระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนพัฒนาการกับค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ สมการที่ 6 อธิบายได้ว่า คะแนนในการวัดครั้งแรกของแต่ละคน มาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนในการวัดครั้งแรกของทุกคนคูณกับค่าคงที่ 1 รวมกับผลคูณระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนในการวัดครั้งแรก

โดยที่ L_n เป็นตัวแปรแฝงระดับซึ่งบอกถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผลสัมฤทธิ์ในการวัดครั้งแรก ตัวแปรนี้เป็นค่าคงที่ของแต่ละบุคคลตลอดทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษา S_n เป็นตัวแปรแฝงความชัน ซึ่งบอกความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลง เครื่องหมายบวกหรือลบของคะแนนของตัวแปรนี้แสดงทิศทางของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรนี้เป็นค่าคงที่ของแต่ละบุคคลเช่นเดียวกันกับตัวแปร L_n แต่อย่างไรก็ตาม การส่งผลต่อตัวแปรสังเกตได้ $Y_{t,n}$ ของตัวแปรแฝงความชันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะว่าตัวแปรนี้จะคูณด้วยน้ำหนักองค์ประกอบ B_t e_n เป็นตัวแปรความคลาดเคลื่อนหรือคะแนนส่วนที่เหลือ (residual score) เป็นตัวแปรสุ่มที่สังเกตไม่ได้ ตัวแปรนี้มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตัวแปรอื่นในทุกช่วงเวลา ซึ่งสามารถอธิบายว่าเป็นความคลาดเคลื่อนในการวัด B t เป็นน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) จากตัวแปรแฝงความชันไปยังตัวแปรสังเกตได้ มีลักษณะเป็นฟังก์ชั่นซึ่งนำมาคูณกับค่าความชันในสมการ เพื่ออธิบายค่าตัวแปรสังเกตได้ ตัวแปรนี้สามารถเปลี่ยนค่าได้ตามช่วงเวลา แต่ส่วนใหญ่ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพารามิเตอร์อิสระมักกำหนดค่า B1 เท่ากับ 0 และ B2 เท่ากับ 1 เพื่อใช้เป็นแกนอ้างอิงส่วนค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวอื่นหลังจากนั้นจะกำหนดให้เป็นพารามิเตอร์อิสระ (Duncan และ Duncan, 1994)

การใช้โมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้รับความนิยมในหลายสาขาวิชา เนื่องจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้แม้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจะมีไม่ครบสมบูรณ์ (McArdle และ Hamagami, 1995) สามารถประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงทั้งเป็นรายบุคคลและระหว่างบุคคล นอกจากนั้นยังสามารถใช้ในการประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเมื่อการวัดการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละบุคคลมีการวัดต่างครั้งกัน หรือจำนวนครั้งไม่เท่ากัน เช่นมีข้อมูลขาดหายหรือวัดไม่ครบสมบูรณ์

Duncan, Duncan และ Stoolmiller (1994) ได้กล่าวถึงจุดเด่นและข้อจำกัดของการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง จุดเด่นคือสามารถทดสอบความแตกต่างของรูปแบบพัฒนาการตามสมมติฐานรูปแบบต่าง ๆ สามารถรวมตัวแปรร่วมที่วัดให้เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัดหรือไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัดเข้ามาในโมเดลได้ สามารถบอก

ถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรสังเกตได้ สามารถวิเคราะห์พัฒนาการที่มีโครงสร้างต่างกันได้พร้อมกันในครั้งเดียว และ ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีวิถีพัฒนาการแบบปกติทำให้ขจัดอิทธิพลของเวลาได้ ส่วนข้อจำกัดคือ การต้องการกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งแจกแจงอย่างปกติเหมือนกับโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นอื่น ๆ นอกจากนั้นยังมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

ในปัจจุบันการวัดการเปลี่ยนแปลงโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงได้มีการพัฒนาไปมาก โดยมีการประยุกต์โมเดลในหลายรูปแบบ ได้แก่ การเพิ่มตัวแปรเชิงสาเหตุลงในโมเดล ทำให้สามารถบอกอิทธิพลของตัวแปรเชิงสาเหตุที่มีต่อคะแนนเริ่มต้นและอัตราการเปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพร้อมกันครั้งละหลายตัวแปร การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุระดับ ซึ่งทำให้ทราบค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรระดับต่าง ๆ นอกจากนั้นพัฒนารูปแบบโมเดลให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลการวัดการเปลี่ยนแปลงที่ข้อมูลไม่ครบสมบูรณ์รูปแบบต่าง ๆ เช่น การวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีข้อมูลขาดหาย การวัดการเปลี่ยนแปลงที่วัดไม่ครบสมบูรณ์ และการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบ cohort sequential ซึ่งช่วยประหยัดเวลาในการวัดการเปลี่ยนแปลงได้อีกด้วย

ตอนที่ 3 การดำเนินการกับข้อมูลที่ขาดหาย

การขาดหายของข้อมูลเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้บ่อยครั้งของการเก็บรวมรวมข้อมูลในการวิจัยเชิงปริมาณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิจัยที่มีตัวแปรหลายตัวหรือในการวิจัยเกี่ยวกับการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว เมื่อจำนวนตัวแปรและจำนวนครั้งที่วัดมีมาก โอกาสที่เกิดการขาดหายของข้อมูลยิ่งเพิ่มมากขึ้น การขาดหายของข้อมูลอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิจัยมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์ข้อมูลน้อยลงจนในบางครั้งข้อมูลที่เหลืออาจไม่เพียงพอที่จะวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนั้นข้อมูลที่ได้อาจมีความลำเอียงและไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร (Hair et. al., 1995)

สาเหตุที่ทำให้มีการขาดหายของข้อมูลเกิดจากปัจจัย 2 ประการ อันได้แก่ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกตัวผู้ให้ข้อมูล (Hair et. al., 1995) สำหรับปัจจัยภายในตัวผู้ให้ข้อมูลที่เป็นสาเหตุให้ข้อมูลเกิดการขาดหาย ได้แก่ ความไม่เต็มใจในการให้ข้อมูล การไม่ต้องการเปิดเผยข้อมูลที่เป็นความลับหรืออ่อนไหวต่อความรู้สึก การไม่มีความคิดเห็นหรือความรู้ที่เพียงพอเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม ภาวะทางร่างกายและจิตใจของผู้ให้ข้อมูล ความเจ็บป่วย ความตายหรือการย้ายถิ่นฐาน สำหรับปัจจัยภายนอกที่ทำให้เกิดการขาดหายของข้อมูล เป็นความบกพร่องของวิธีการหรือการดำเนินการในการเก็บรวบรวมข้อมูล รูปแบบของเครื่องมือวิจัย เช่น ผู้วิจัยไม่สามารถดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามที่วางแผน ความบกพร่องของรูปแบบของเครื่องมือทำให้ตอบคำถามไม่ครบทั้งฉบับ การถามข้อมูลที่ผู้ตอบอยู่ในภาวะที่ไม่สามารถตอบคำถามได้ เช่น

การถามระยะเวลาที่แต่งงานและจำนวนบุตร ซึ่งผู้ให้ข้อมูลที่เป็นโสดไม่สามารถตอบได้ อย่างไรก็ตามการขาดหายของข้อมูลสามารถป้องกันได้โดยการสุ่มตัวอย่าง การออกแบบการวิจัย การสร้างเครื่องมือและการวางแผนการเก็บรวบรวมที่มีประสิทธิภาพ

การตรวจสอบรูปแบบการขาดหายของข้อมูล

การเลือกวิธีดำเนินการกับข้อมูลที่มีการขาดหายด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งนั้นจะต้องพิจารณารูปแบบการขาดหายของข้อมูลด้วย เพื่อให้เลือกใช้วิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการดำเนินการกับข้อมูลที่ขาดหาย (Hair et. al., 1995)

รูปแบบการขาดหายของข้อมูลมี 3 รูปแบบ (Allison, 1987 อ้างถึงใน Bentler, 1995) อันได้แก่

1. การขาดหายอย่างสุ่ม (Missing at Random; MAR) เมื่อค่าที่ขาดหายไม่ขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรที่ขาดหายเอง นั่นคือค่าที่ขาดหายของ y ไม่ขึ้นอยู่กับค่าของ y กล่าวคือ y ที่สังเกตได้เป็นตัวแทนอย่างสุ่มในแต่ละค่าของ y ตัวอย่างเช่น ถ้า y คือตัวแปรรายได้แล้วลักษณะของข้อมูลที่ขาดหายเกิดขึ้นเฉพาะในกลุ่มผู้ที่มีรายได้น้อย แสดงว่าข้อมูลที่ขาดหายไม่เป็นการขาดหายอย่างสุ่ม

2. การสังเกตได้อย่างสุ่ม (Observe at Random; OAR) เมื่อค่าของข้อมูลที่ขาดหายไม่ขึ้นอยู่กับค่าของข้อมูลในตัวแปรอื่น นั่นคือค่าที่ขาดหายของ y ไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปร x กล่าวคือ y ที่สังเกตได้เป็นตัวแทนอย่างสุ่มในแต่ละค่าของ x ตัวอย่างเช่น ถ้า x คือตัวแปรเพศแล้วลักษณะการขาดหายของตัวแปรรายได้เกิดขึ้นเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ชาย แสดงว่าข้อมูลที่ขาดหายไม่เป็นการสังเกตได้อย่างสุ่ม

3. การขาดหายอย่างสุ่มแบบสมบูรณ์ (Missing Completely at Random; MCAR) Rubin (1976 อ้างถึงใน Eye, A. V., 1990) กล่าวว่าตัวแปรที่มีรูปแบบการขาดหายทั้งที่เป็นการขาดหายอย่างสุ่มและการสังเกตได้อย่างสุ่มนั้นมีรูปแบบเป็น การขาดหายอย่างสุ่มแบบสมบูรณ์ (Missing Completely at Random) นั่นคือตัวแปรที่มีข้อมูลขาดหายเป็นอิสระจากตัวแปรอื่น และไม่ขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรที่ขาดหายเอง ตัวอย่างเช่น ตัวแปรรายได้ที่ขาดหายเกิดขึ้นอย่างสุ่มในทุกค่าของตัวแปรรายได้เอง และไม่ขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรเพศด้วย

วิธีดำเนินการเมื่อข้อมูลขาดหาย

แนวทางในการดำเนินการกับข้อมูลที่ขาดหายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทางตามรูปแบบการขาดหายของข้อมูล เมื่อข้อมูลขาดหายอย่างสุ่ม (MAR) วิธีดำเนินการได้มีวิธีเดียวเท่านั้นคือวิธีการใช้โมเดลเป็นฐาน (model-based procedure) การใช้วิธีอื่นอาจนำไปสู่ความลำเอียงของผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Hair et. al., 1995) แต่ถ้ารูปแบบการขาดหายของข้อมูลเป็นการขาดหายอย่างสุ่มโดยสมบูรณ์วิธีการที่มีความเหมาะสมที่จะใช้มี 3 วิธี ได้แก่ การลบทิ้ง

(deletion procedure) การแทนที่ (imputation procedure) และการใช้โมเดลเป็นฐาน (model-based procedure) ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีการลบทิ้ง

การดำเนินการกับข้อมูลที่ขาดหายด้วยวิธีการลบทิ้ง (deletion) เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และนิยมใช้กันมากที่สุด ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยไม่นำกลุ่มตัวอย่างที่มีข้อมูลขาดหายเข้ามาร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูล จุดเด่นของวิธีการลบทิ้งคือ สามารถดำเนินการได้ง่าย และสะดวก โดยเฉพาะปัจจุบันในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติส่วนใหญ่มีตัวเลือกในการดำเนินการด้วยวิธีนี้ หรือบางโปรแกรมอาจกำหนดการลบข้อมูลทิ้งเป็นค่าปริยาย (default) ของโปรแกรมอีกด้วย จุดด้อยของวิธีนี้คือทำให้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนลดลง จึงไม่เหมาะกับการดำเนินการกับข้อมูลขาดหายที่มีอัตราการขาดหายของข้อมูลสูง เนื่องจากจะทำให้เหลือกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อย หรือไม่พอสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลในบางสถานการณ์ นอกจากนั้นกลุ่มตัวอย่างที่เหลืออาจไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ผลที่ได้มีความลำเอียงสูง (Duncan, T. E., Duncan, S. C., Li, F., 1998)

Hair et. al. (1995) กล่าวว่าวิธีการดำเนินการกับข้อมูลที่ขาดหายในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยการลบทิ้งยังแบ่งย่อยได้เป็นสองแบบกล่าวคือ การลบทิ้งทั้งหมด (listwise deletion) กับการลบทิ้งเฉพาะคู่ (pairwise deletion) โดยที่การลบทิ้งทั้งหมดจะไม่นำหน่วยตัวอย่างที่มีการขาดหายของข้อมูลในแต่ละตัวแปรเข้ามาร่วมวิเคราะห์ ในขณะที่การลบทิ้งเฉพาะคู่จะตัดหน่วยตัวอย่างที่มีข้อมูลขาดหายเฉพาะหน่วยตัวอย่างที่มีค่าของตัวแปรขาดหายเป็นคู่ ตัวอย่างเช่น ในการวิจัยที่ต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 3 ตัว ได้แก่ A B และ C เมื่อตัวแปร C เป็นตัวแปรที่มีข้อมูลขาดหายในหน่วยตัวอย่างคนหนึ่ง การดำเนินการด้วยวิธีลบทิ้งแบบทั้งหมดจะไม่นำตัวแปรทุกตัวของหน่วยตัวอย่างคนนั้นมาวิเคราะห์ ในขณะที่การดำเนินการด้วยวิธีลบทิ้งเฉพาะคู่จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร A-B จากหน่วยตัวอย่างครบทุกคนแต่จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร A-C และ B-C เฉพาะหน่วยตัวอย่าง (n-1) คน ทำให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ได้ในผลการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างตัวแปร A-C และ B-C มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างในผลการวิเคราะห์ระหว่างตัวแปร A-B อยู่ 1 คน เพราะฉะนั้นผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการขาดหายด้วยวิธีการลบทิ้งเฉพาะคู่จะมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่เท่ากันในทุกตัวแปร ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการขาดหายด้วยวิธีการลบทิ้งทั้งหมดจะมีจำนวนหน่วยตัวอย่างเท่ากันในทุกตัวแปร แต่มีจำนวนน้อยกว่าการใช้วิธีลบทิ้งเฉพาะคู่

2. วิธีการแทนที่

วิธีการดำเนินการกับข้อมูลที่ขาดหายด้วยวิธีการแทนที่ (imputation) เป็นกระบวนการในการประมาณค่าที่ขาดหายจากค่าที่มีอยู่ของตัวแปรอื่นหรือกลุ่มตัวอย่างคนอื่น โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของกลุ่มตัวอย่างมีอยู่เป็นตัวช่วยในการประมาณค่า แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้วิธีการแทนค่าข้อมูลขาดหายในวิเคราะห์จะต้องระมัดระวัง เพราะอาจมีผลต่อผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Hair et. Al., 1995) เนื่องจากผลที่ได้จากการแทนที่ข้อมูลไม่ใช่ข้อมูลจริง ซึ่งไม่มีการแทนค่าใดที่ได้ผลตรงกับข้อมูลจริง ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุดคือการเตรียมการในการเก็บรวบรวมข้อมูล และเครื่องมือวิจัยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังสุภาษิตไทยที่กล่าวไว้ว่า "กันไว้ดีกว่าแก้"

Hair et. al. (1995) กล่าวว่าการดำเนินการกับข้อมูลที่ขาดหายด้วยวิธีการแทนที่ มีรูปแบบที่แตกต่างกันอีก 5 วิธี ได้แก่ วิธีการแทนค่าด้วยกลุ่มตัวอย่างใหม่ (case substitution) วิธีการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ย (mean substitution) วิธีการแทนค่าด้วยค่าเก่า (cold deck imputation) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression imputation) และวิธีการแทนค่าพหุ (multiple imputation) ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การแทนค่าด้วยกลุ่มตัวอย่างใหม่ (case substitution) เป็นการแทนที่กลุ่มตัวอย่างที่มีข้อมูลขาดหายด้วยกลุ่มตัวอย่างอื่นที่ไม่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้เก็บข้อมูลไปแล้วในครั้งแรก เป็นการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจากกลุ่มตัวอย่างใหม่ ที่ควรจะมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่มีข้อมูลขาดหายหรือกลุ่มตัวอย่างเดิมให้มากที่สุด วิธีการนี้มักใช้เมื่อมีข้อมูลขาดหายไปในอัตราที่สูงจนจำนวนกลุ่มตัวอย่างไม่เพียงพอที่จะวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ย (mean substitution) Hair et. al. (1995) กล่าวว่าวิธีนี้เป็นวิธีการที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรในกลุ่มตัวอย่างที่มีข้อมูลสมบูรณ์มาแทนค่าของตัวแปรที่มีข้อมูลขาดหาย เหตุผลที่ใช้ค่าเฉลี่ยเนื่องจากค่าเฉลี่ยเป็นค่ากลางค่าเดียวที่จะนำมาแทนได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามถ้าหากตัวแปรที่ข้อมูลขาดหายไม่เป็นตัวแปรต่อเนื่องอาจใช้ค่ากลางอื่นเช่น ฐานนิยม (mode) หรือมัธยฐาน (median) ก็ได้เช่นเดียวกัน นอกจากนั้นการแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายด้วยค่าเฉลี่ยยังมีแนวทางในการดำเนินการได้ 2 แบบ ได้แก่ การแทนด้วยค่าเฉลี่ยรวม (grand mean) ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ขาดหายในกลุ่มตัวอย่างที่สมบูรณ์ทั้งหมดมาแทน และการแทนด้วยค่าเฉลี่ยของกลุ่ม (group mean หรือ condition mean) คือการนำค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ขาดหายหายในกลุ่มตัวอย่างที่สมบูรณ์ เมื่อแยกวิเคราะห์ด้วยตัวแปรอื่นที่เป็นตัวแปรกลุ่ม (categorical variable) เช่น ใช้ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่ข้อมูลสมบูรณ์เมื่อแยกวิเคราะห์ตามเพศมาแทนค่าที่ขาดหายในแต่ละกลุ่มเพศชายและหญิง

Hair et. al. (1995) กล่าวว่าวิธีการนี้มีข้อบกพร่องอยู่ 3 ประการกล่าวคือ ประการแรกการประมาณค่าความแปรปรวนจากสูตรความแปรปรวนมาตรฐานจะได้ค่าที่ต่ำกว่าค่าความแปรปรวนในข้อมูล ประการที่สองค่าการกระจายของข้อมูลจะผิดเพี้ยนไปจากข้อมูลเดิม ประการที่สามวิธีการแทนค่าวิธีนี้จะกดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรให้ต่ำลง เนื่องจากค่าที่ขาดหายจะกลายเป็นค่ากลางค่าเดียว นอกจากนั้น Hegamin-Younger และ Forsyth (1998) ให้ข้อเสนอว่า วิธีการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ยรวม (grand mean) เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะในการดำเนินการกับข้อมูลที่มีการขาดหาย การแทนที่ด้วยค่าเฉลี่ยแบบมีเงื่อนไข (condition mean) เหมาะสมกับการวิจัยที่ต้องการหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรที่ขาดหาย ส่วนในการวิจัยที่ต้องการทำนายตัวแปรตามควรใช้การแทนที่ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย (regression procedure)

วิธีการแทนค่าด้วยค่าเก่า (cold deck imputation) มีลักษณะคล้ายกับการแทนที่ค่าข้อมูลขาดหายด้วยค่าเฉลี่ย เนื่องจากมีแนวคิดเดียวกัน แต่มีความแตกต่างที่วิธีนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางที่ได้จากงานวิจัยในครั้งก่อนมาแทน วิธีการนี้มีข้อบกพร่องเช่นเดียวกับวิธีการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ย แต่การใช้วิธีนี้จะต้องพิจารณาก่อนว่าข้อมูลจากงานวิจัยในครั้งก่อนนั้นมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่างที่สมบูรณ์ของการวิจัยปัจจุบัน

วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (regression imputation) วิธีการนี้ใช้การวิเคราะห์การถดถอยในการทำนายค่าของข้อมูลที่ขาดหายจากตัวแปรอื่น ซึ่งอาจใช้ทั้งวิธีการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย การวิเคราะห์การถดถอยพหุหรือการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ซึ่งจะให้ค่าทำนายที่แม่นยำมากกว่า Hair et. al. (1995) กล่าวถึงข้อบกพร่องของวิธีการนี้ไว้ 4 ประการว่า ประการแรกวิธีการนี้จะเสริมค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรให้สูงขึ้น ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงถึงลักษณะเฉพาะของกลุ่มตัวอย่างมากขึ้น และมีความสามารถในการสรุปอ้างอิงน้อยลง ประการที่สองการกระจายของค่าความแปรปรวนจะลดลง นอกเสียจากจะใช้ตัวแปรทำนายหลายๆ ตัว ประการที่สาม วิธีการนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรซึ่งถ้าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันต่ำก็ไม่ควรใช้วิธีนี้ ประการที่สี่ การวิเคราะห์ถดถอยไม่สามารถบังคับผลที่ออกมาได้ ในบางครั้งค่าที่ได้จึงอาจไม่ถูกต้อง เช่นค่าที่ได้จากสมการถดถอยอาจเป็น 11 ทั้งที่ค่าจริงอยู่ในช่วงเพียง 0-10 ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการพิจารณาผลการวิเคราะห์ถดถอยก่อนที่จะมีการแทนที่ในข้อมูลที่ขาดหาย แต่อย่างไรก็ตามวิธีการแทนค่าวิธีนี้ยังช่วยลดข้อจำกัดของวิธีการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ย

วิธีการแทนค่าพหุ (multiple imputation) เป็นวิธีการแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายด้วยเทคนิคการคำนวณทวนซ้ำโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีหลักการว่าจะมีการแทนค่าที่ขาดหายด้วยค่าที่ทำนายจำนวนมากกว่า 1 ครั้ง ทำให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์จำนวน m ชุด หลังจากนั้นจึงคำนวณทวนซ้ำเพื่อประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน Schafer, J. L. และ

Olsen, M. K. (1998) ได้กล่าวถึงจุดเด่นของวิธีการแทนค่าพหุ 3 ประการ ได้แก่ประการแรก เป็นวิธีการทำให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์ที่มีมาตรฐานและมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปรองรับ ประการที่สองผลการแทนที่จากการแทนที่ m ครั้งในหนึ่งชุดสามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้หลายรูปแบบ โดยไม่มีความจำเป็นที่จะต้องแทนค่าใหม่ในการวิเคราะห์ครั้งอื่นๆ และประการที่สามผลการแทนที่มีประสิทธิภาพแม้จำนวนครั้งที่แทนที่จะมีจำนวนน้อยครั้ง ผู้ที่สนใจวิธีการแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายวิธีนี้สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากบทความเรื่อง "Multiple Imputation for Multivariate Missing-data Problems: A Data Analyst's Perspective" ของ Schafer, J. L. และ Olsen, M. K. (1998)

3. วิธีการใช้โมเดลเป็นฐาน

วิธีการดำเนินการกับข้อมูลที่มีข้อมูลขาดหายที่ใช้โมเดลเป็นฐาน (model-based procedure) เป็นการประมาณค่าด้วยวิธีไลค์ลิฮูดสูงสุด (maximum likelihood) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้รูปแบบของโมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation model) ซึ่งมีการประยุกต์โมเดลโดยการแยกกลุ่มของข้อมูลตามรูปแบบการขาดหายของข้อมูล แล้วใช้วิธีการวิเคราะห์แบบกลุ่มพหุ (multiple group) โมเดลที่นักวิจัยหลายท่านได้ให้แนวคิดในการนำมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์ข้อมูลระยะยาวที่มีการขาดหายคือโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ซึ่งนับว่าเป็นการช่วยลดข้อจำกัดและเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาว

การใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหาย

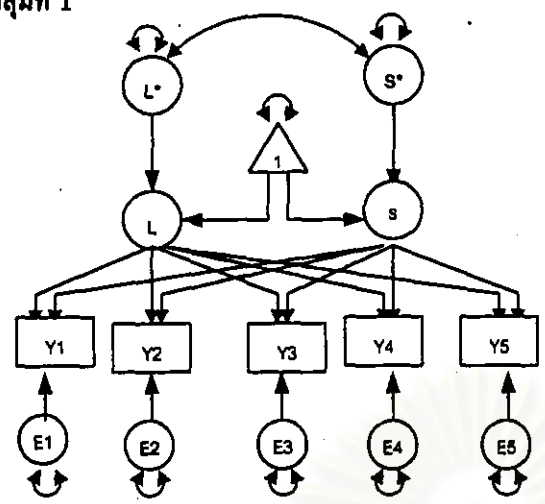
การใช้โมเดลกลุ่มพหุประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่มีข้อมูลขาดหาย ดำเนินการได้โดยการแยกกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนครั้งที่วัดได้เท่ากันออกเป็นกลุ่ม แล้วจึงใช้โมเดลกลุ่มพหุในการวิเคราะห์พร้อมกัน (Bentler, 1995) โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เท่ากันในทุกกลุ่ม ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขาดหายโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงรูปแบบกลุ่มพหุนี้ มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าค่าพารามิเตอร์มีความไม่แปรเปลี่ยนระหว่างทุกกลุ่ม (invariant across all groups) และข้อมูลมีการขาดหายอย่างสุ่มแบบสมบูรณ์ (missing completely at random) การมีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของข้อมูลที่มีการขาดหายว่าข้อมูลมีการขาดหายอย่างสุ่ม ทำให้งานวิจัยด้อยประสิทธิภาพลง นักวิจัยจึงมักตรวจสอบโครงสร้างของข้อมูลที่ขาดหายก่อนว่าข้อมูลมีการขาดหายอย่างสุ่มแบบสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าหากข้อมูลมีการขาดหายอย่างสุ่มแบบสมบูรณ์ค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์จากทุกกลุ่มที่ข้อมูลขาดหายทุกกลุ่มจะต้องมีค่าใกล้เคียงกันกับค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มที่ข้อมูลสมบูรณ์ ซึ่งหากข้อมูลขาดหายในรูปแบบนี้ก็สามารถลดข้อตกลงเบื้องต้นได้ แต่หากผลการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลขาดหายอย่างสุ่มไม่สมบูรณ์ ก็จะได้ให้ความระมัดระวังในการอภิปรายผลการวิจัย (Bentler, 1995) แต่อย่างไรก็

ตาม Allison and Muthen et. al (อ้างถึงใน Bentler, P. M. 1995) ก็แสดงความเห็นว่าการขาดหายของข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีเป็นการขาดหายอย่างสุ่มแบบสมบูรณ์ (MCAR) ก็จะให้ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าไค-สแควร์ที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อข้อมูลเป็นการขาดหายอย่างสุ่ม (MAR) ก็ยังให้ผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสม ยิ่งไปกว่านั้นแม้ว่ารูปแบบของการไม่ขาดหายอย่างสุ่ม ผลการวิเคราะห์ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการใช้วิธีการลบทิ้งทั้งหมด (listwise deletion) หรือการลบทิ้งเฉพาะคู่ (pairwise deletion) นอกจากนั้นการวิเคราะห์วิธีนี้ยังมีจุดเด่นที่ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจริง ไม่ได้มีการเพิ่มเติมหรือตัดทิ้งแต่อย่างใด ทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็นผลจากกลุ่มตัวอย่างที่แท้จริง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็ยังมีข้อจำกัดเมื่อมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มที่มีข้อมูลขาดหายแต่ละแบบมีจำนวนน้อย หรือเมื่อรูปแบบการขาดหายของข้อมูลมีหลายแบบ ทำให้มีความยุ่งยากในการวิเคราะห์เนื่องจากต้องจัดข้อมูลเป็นหลายกลุ่ม (Bentler, 1995)

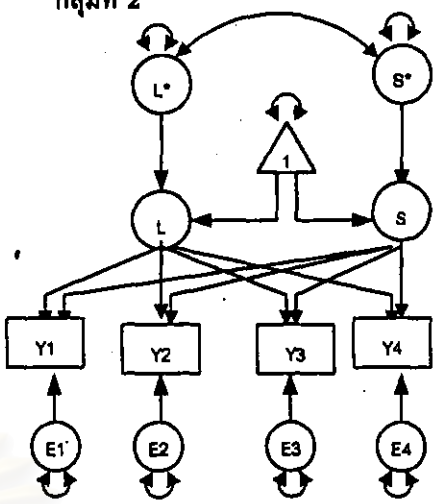
ตัวอย่างงานวิจัยของ Duncan และ Duncan (1994) ได้ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของการใช้สารเสพติดของวัยรุ่นเป็นระยะเวลาทั้งหมด 5 ครั้ง พบว่ามีข้อมูลขาดหายจำนวนมาก กล่าวคือมีข้อมูลที่สมบูรณ์เพียง 478 คน จากข้อมูล 759 คน จึงได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อย 5 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่วัดได้ครบทุกครั้ง กลุ่มที่ 2 วัดได้ในครั้งที่ 1-4 กลุ่มที่ 3 วัดได้ในครั้งที่ 1-3 กลุ่มที่ 4 วัดได้ในครั้งที่ 1-2 และกลุ่มที่ 5 วัดได้ในครั้งแรกเพียงครั้งเดียว จากนั้นจึงกำหนดโมเดลของแต่ละกลุ่มย่อย ดังที่แสดงในแผนภาพที่ 5 แล้ววิเคราะห์ทุกโมเดลพร้อมกันโดยการวิเคราะห์แบบโมเดลกลุ่มพหุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

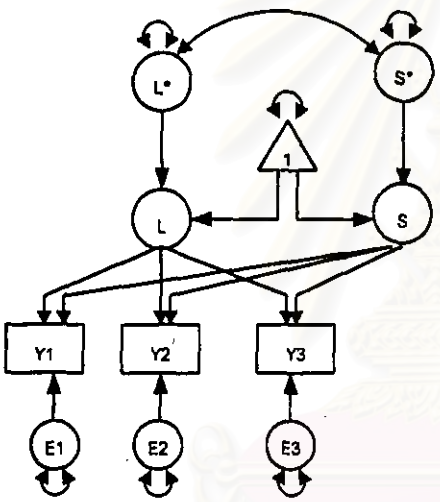
กลุ่มที่ 1



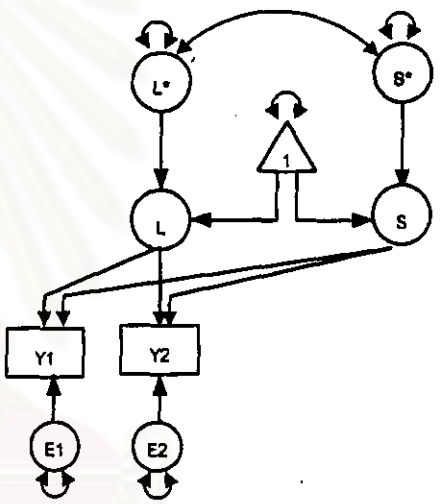
กลุ่มที่ 2



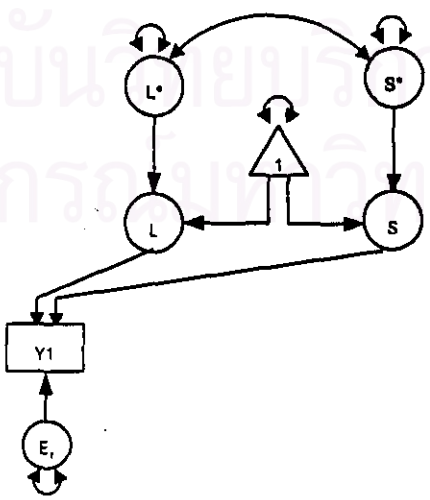
กลุ่มที่ 3



กลุ่มที่ 4



กลุ่มที่ 5



แผนภาพที่ 5 แสดงโมเดลในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการขาดหาย

การใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดระยะยาวที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์

การใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดไม่ครบสมบูรณ์สามารถดำเนินการได้โดย การกำหนดค่าพารามิเตอร์ Bt ซึ่งเป็นน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ต่อตัวแปรแฝงความชัน ซึ่งปกติค่าน้ำหนักองค์ประกอบนี้จะกำหนดตามทฤษฎี ผลงานวิจัยหรือลักษณะของข้อมูล เช่น หากทฤษฎีกล่าวว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเป็นเส้นตรง หากมีการวัดการเปลี่ยนแปลง 5 ช่วงเวลา ค่าน้ำหนักองค์ประกอบนี้จะถูกกำหนดให้เป็น 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยในครั้งแรกจะกำหนดให้เป็น 0 เนื่องจากถือว่าในการวัดครั้งแรกยังไม่มีพัฒนาการ แต่ถ้าการวัดระยะยาวมีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบนี้ก็จะถูกกำหนดให้มีค่าตามช่วงห่างของระยะเวลา

McArdle และ Aber (1990) ได้แสดงตัวอย่างการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดระยะยาวที่มีการขาดหาย โดยทำการวัดระดับสติปัญญาของนักเรียนช่วงอายุ 6 ถึง 11 ปี แต่วัดไม่ครบสมบูรณ์ได้คือวัดได้เพียงในช่วงที่เด็กอายุ 6, 7, 9 และ 11 ปี ไม่ได้วัดในช่วงที่เด็กอายุ 8 และ 10 ปี McArdle และ Aber จึงเสนอวิธีการวิเคราะห์โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ Bt ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรในการวัดครั้งที่ t ต่อองค์ประกอบอัตราการเปลี่ยนแปลง ข้ามช่วงเวลาที่ไม่ได้เก็บข้อมูล ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดค่าพารามิเตอร์ Bt ในช่วงอายุ 6, 7, 9 และ 11 เป็น 0, 0.2, 0.6 และ 1.0 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ Bt ที่กำหนดมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลาที่วัด คือการวัดช่วงอายุ 6 กับ 7 ปี ห่างกัน 1 ปี ค่าพารามิเตอร์ต่างกัน 0.2 ระยะห่างระหว่างการวัดช่วงอายุ 7 กับ 9 และ 9 กับ 11 ห่างกัน 2 ปี ค่าพารามิเตอร์ Bt ที่กำหนดจึงห่างกัน 0.4

Stoolmiller (1994) ได้ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลที่วัดไม่ครบสมบูรณ์ โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ Bt ในโมเดลตามช่วงเวลาที่ขาดหายไป ซึ่งงานวิจัยของ Stoolmiller ได้ทำการวัดข้อมูลพฤติกรรมต่อต้านสังคม ความสัมพันธ์ที่ไม่ดีกับเพื่อนและการร่อนเร่ของเด็กชายช่วงเกรด 4, 6, 7 และ 8 แต่เนื่องจากข้อจำกัดบางอย่างทำให้เขาไม่สามารถวัดในช่วงที่เด็กเรียนระดับเกรด 5 ได้ จึงได้กำหนดค่า B4, B6, B7, และ B8 เป็น 0, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และตัดตัวแปรสังเกตได้ในช่วงเวลาที่เด็กเรียนระดับเกรด 5 ออกไป

จะเห็นได้ว่าสามารถประยุกต์ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหาย หรือการวัดระยะยาวที่ไม่ครบครั้ง สำหรับการวัดระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหายสามารถวิเคราะห์ได้โดยการแยกกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะข้อมูลเหมือนกันออกเป็นกลุ่ม หลังจากนั้นก็วิเคราะห์ร่วมกันโดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์โมเดลกลุ่มพหุ ซึ่งมีการกำหนดให้มีค่าพารามิเตอร์ของทุกกลุ่มมีค่าเท่ากัน ส่วนการวัดระยะยาวที่วัดไม่ครบสมบูรณ์นั้นวิเคราะห์โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ Bt ซึ่งเป็นน้ำหนักองค์ประกอบต่อตัวแปรแฝงอัตราการเปลี่ยนแปลง ให้มี

ความแตกต่างกันตามช่วงห่างของระยะเวลา จะเห็นได้ว่าการประยุกต์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นประโยชน์ต่อการวัดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการวัดการเปลี่ยนแปลงต้องอาศัยการวัดเป็นเวลานาน ข้อจำกัดในเรื่องการขาดหายของข้อมูลหรือไม่สามารถวัดให้ครบครั้งจึงได้รับการแก้ไข

ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์และข้อมูลขาดหาย

McArdle และ Hamagami (1995) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัดระยะยาวครบครั้งแบบสมบูรณ์กับโมเดลเชิงลู่เข้า (convergence model) ที่มีข้อมูลขาดหาย 4 รูปแบบ โดยรูปแบบที่ 1 เป็นข้อมูล การวัดระยะยาวแบบกลุ่ม cojhort-sequantial 4 กลุ่มแต่ละกลุ่มวัด 2 ช่วงเวลาโดยช่วงเวลาทุกกลุ่มคาบเกี่ยวกัน และกลุ่มตัวอย่างไม่มีการขาดหาย รูปแบบที่ 2 เป็นข้อมูลในลักษณะเดียวกันกับในรูปแบบที่ 1 แต่มีคะแนนในการวัดครั้งหลังของแต่ละกลุ่มได้รับอิทธิพลจากการสอบซ้ำ (retest effect) รูปแบบที่ 3 เป็นข้อมูลการวัดระยะยาวแบบกลุ่มช่วงเวลาเช่นกัน แต่มีกลุ่มตัวอย่างส่วนหนึ่งขาดหายไปจากการวิจัย โดยผู้ที่ขาดหายเป็นผู้ที่ได้คะแนนในการวัดครั้งแรกน้อยกว่าสมาชิกในกลุ่ม และรูปแบบที่ 4 คล้ายกับรูปแบบที่ 3 แต่ผู้ที่ขาดหายเป็นผู้ที่มีพัฒนาการสูงกว่าสมาชิกในกลุ่ม

ผลการวิจัยปรากฏว่า โมเดลเชิงลู่เข้ารูปแบบที่ 1 สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใกล้เคียงค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ข้อมูลสมบูรณ์แม้ว่ากลุ่มตัวอย่างจะมีขนาดเล็กกว่าก็ตาม นอกจากนั้นค่าพารามิเตอร์ที่ได้ก็มีความคงที่ (stability) และโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่อย่างไรก็ตามค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานก็ยังมีค่าสูง อาจเนื่องมาจากการที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก โมเดลเชิงลู่เข้าแบบที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้มีความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ และโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ กล่าวคือค่าน้ำหนักองค์ประกอบต่อตัวแปรแฝงความชัน (Bt) มีค่าสูงกว่า 100 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่ามากกว่า 1,000 ส่วนโมเดลเชิงลู่เข้าที่มีการขาดหายของข้อมูล ปรากฏผลการวิจัยดังนี้ โมเดลเชิงลู่เข้ารูปแบบที่ 3 ซึ่งมีการขาดหายของข้อมูลของผู้ที่ได้คะแนนในครั้งแรกต่ำ ผลการวิจัยพบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ข้อมูลสมบูรณ์ และมีข้อบกพร่องเรื่องโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่าสูง ส่วนโมเดลรูปแบบที่ 4 ค่าพารามิเตอร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ข้อมูลสมบูรณ์ โมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่าสูงเช่นเดียวกัน

Duncan , Duncan และ Li (1998) ได้ใช้วิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการขาดหายบางส่วน 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม (multiple-sample structural equation modeling procedure) วิธีการวิเคราะห์คะแนนดิบด้วยวิธีไลค์ลิฮูดสูงสุด (raw maximum likelihood analysis) และวิธีการสร้างโมเดลพหุและการขยายข้อมูลด้วยอัลกอริทึม (multiple modeling and augmentation algorithms) โดยโมเดลที่ใช้วิเคราะห์เป็นโมเดลแบบช่วงกลุ่มเวลา (cohort sequential) ช่วงอายุ 14-18 ปี ซึ่งนำข้อมูลที่ขาดหายมาร่วมวิเคราะห์ โดยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างที่มีรูปแบบต่างกัน 9 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ถึง 3 เป็นการวัดในช่วงอายุ 14-16 ปี โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ให้ข้อมูลครบทั้งสามครั้ง กลุ่มที่ 2 ให้ข้อมูลเพียงครั้งที่ 1 และครั้งที่สอง กลุ่มที่ 3 ให้ข้อมูลในการวัดครั้งแรกเพียงครั้งเดียว เช่นเดียวกันกับโมเดลที่ 4-6 และ 1-9 ซึ่งวัดในช่วงอายุ 15-17 และ 16-18 ตามลำดับ

ผลการวิจัย Duncan , Duncan และ Li ให้ความเห็นว่าควรเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์คะแนนดิบด้วยวิธีไลค์ลิฮูดสูงสุดกับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นโมเดลเชิงเส้นตรงที่ข้อมูลมีการกระจายอย่างปกติ ซึ่งข้อมูลที่ขาดหายมีจำนวนน้อย เนื่องจากถ้าใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม แม้จะมีข้อดีที่มีซอฟแวร์ (software) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันได้ แต่จำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มจะต้องมีจำนวนมากพอควร เพื่อให้ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์ที่กำหนดมีค่าเป็นบวก (positive definite matrices) ส่วนวิธีการสร้างโมเดลพหุและการขยายข้อมูลด้วยอัลกอริทึม มีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดสูงกว่าวิธีอื่น เนื่องจากวิธีนี้ต้องการข้อมูลที่เป็นตัวแทนของข้อมูลที่ขาดหาย แต่การวิจัยครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลระยะยาวแบบกลุ่มช่วงเวลา จึงทำให้ประสิทธิภาพของวิธีนี้ด้อยลง

Duncan และ Duncan (1994) ได้ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงการใช้สารเสพติด 3 ชนิดคือสุรา กัญชาและบุหรี่ที่ข้อมูลมีการขาดหาย จึงได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 มีการให้ข้อมูลครบทั้ง 5 ช่วงเวลา กลุ่มที่ 2 มีข้อมูลในการวัดครั้งที่ 1-4 กลุ่มที่ 3 มีข้อมูลในการวัดครั้งที่ 1-3 กลุ่มที่ 4 มีข้อมูลจากการวัดครั้งที่ 1-2 และกลุ่มที่ 5 มีข้อมูลจากการวัดเพียงครั้งเดียว การวิเคราะห์ใช้วิธีโมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ 5 กลุ่ม โดยมีโมเดลในการวิจัยทั้งหมด 4 โมเดลได้แก่โมเดลของการเสพสุรา กัญชา และบุหรี่ และโมเดลรวมของการใช้สารทั้งสามชนิด โดยในแต่ละโมเดลผู้วิจัยเพิ่มตัวแปรเชิงสาเหตุ 3 ตัวได้แก่ เพศ อายุ และ อิทธิพลร่วมระหว่างเพศกับอายุ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการใช้สารเสพติดทั้ง 4 โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การเปลี่ยนแปลงของการใช้สารเสพติดมีลักษณะเดียวกันกับสมมติฐาน คือมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เพิ่มขึ้น โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการเสพสุรามีความชันสูงสุด รองลงมาคือการเสพกัญชา ส่วนลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการเสพบุหรี่มีความชันต่ำสุด ตัวแปรเชิงสาเหตุเพศและอิทธิพลร่วมระหว่าง

เพศกับอายุมีส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการเสพบุหรี่ และตัวแปรเชิงสาเหตุอายุส่งผลต่อค่าเริ่มต้นของการใช้สารทั้ง 3 ชนิด

จะเห็นได้ว่างานวิจัยทั้ง 3 เรื่องล้วนแต่ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดระยะยาวที่มีข้อมูลขาดหาย ซึ่งงานวิจัยในสองเรื่องแรกเป็นการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดระยะยาวแบบกลุ่มช่วงเวลา ที่มีข้อมูลขาดหาย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นวิธีที่มีคุณภาพ สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลได้ใกล้เคียงกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีข้อมูลสมบูรณ์และสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์โดยวิธีดังกล่าวก็ยังมีข้อบกพร่องที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสูงอันเนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างที่น้อยลง นอกจากนั้น Duncan, Duncan และ Stoolmiller (1994) ยังได้ให้คำเตือนว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้มีข้อบกพร่องในเรื่องความสามารถในการสรุปอ้างอิงไปสู่ประชากรด้วย แต่จะเห็นว่ายังไม่มีผลงานวิจัยที่กล่าวถึงประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวัดการเปลี่ยนแปลงที่วัดไม่ครบสมบูรณ์

<u>สมมติฐานการวิจัย</u>

1. ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ได้จากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่การวัดไม่ครบสมบูรณ์ ที่มีจำนวนครั้งที่วัดได้มาก ได้ผลที่สอดคล้องกับการวัดครบครั้งมากกว่าการวัดไม่ครบสมบูรณ์ที่มีจำนวนครั้งที่วัดได้น้อย

2. ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ได้จากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่มีการวัดไม่ครบสมบูรณ์ ที่มีช่วงเวลาที่วัดได้แตกต่างกัน ได้ผลที่สอดคล้องกับการวัดครบครั้งไม่แตกต่างกัน

3. ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ได้จากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่ข้อมูลขาดหาย ที่มีอัตราการขาดหายของข้อมูลต่ำ ได้ผลที่สอดคล้องกับการวัดที่ข้อมูลสมบูรณ์มากกว่าการวัดที่มีอัตราการขาดหายของข้อมูลสูง

I 19440406