

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอเนื้อหาที่เกี่ยวข้องจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัย โดยทำการแบ่งเนื้อหาออกเป็น 8 ตอน คือ

1. การวัดคะแนนพัฒนาการ
2. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับ
ขั้นที่สอง และโมเดลพัฒนาการแบบผสม
3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์
4. แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
5. วิธีวิทยาสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 5.1 การวิเคราะห์กลุ่มแฝง
 - 5.2 การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านและอิทธิพลของตัวแปรกำกับ
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 6.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการ
 - 6.1.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 6.1.2 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 6.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์
 - 6.2.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 6.2.2 งานวิจัยต่างประเทศ
7. กรอบแนวคิดในการวิจัย
8. โมเดลสมมุติฐานการวิจัย

การวัดคะแนนพัฒนาการ

การนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดคะแนนพัฒนาการ ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 หัวข้อ คือ 1) แนวคิดในการวัดคะแนนพัฒนาการ 2) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม และ 3) วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่ มีรายละเอียดดังนี้

1. แนวคิดในการวัดคะแนนพัฒนาการ

การวัดคะแนนพัฒนาการ เป็นวิธีวิทยาการที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากหลายสาขาวิชา ไม่ว่าจะเป็นสาขาวิชาทางสังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ จิตวิทยาคลินิก เศรษฐศาสตร์ เป็นต้น เนื่องจากว่า สามารถนำการวัดคะแนนพัฒนาการมาใช้เป็นดัชนีตัวหนึ่งในการบ่งชี้ถึงความก้าวหน้าของสิ่งที่ได้รับการวัด ส่วนในวงการการศึกษานั้น การวัดคะแนนพัฒนาการนับว่าเป็นกระบวนการสำคัญกระบวนการหนึ่งของการวัดและประเมินผลการศึกษาในปัจจุบัน เนื่องจากผลจากการวัดคะแนนพัฒนาการนั้น สามารถนำไปใช้เป็นสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน ผู้สอน

และผู้บริหาร เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนตลอดจนการวางแผนการบริหารการศึกษาได้

คะแนนพัฒนาการ (growth score) เป็นปริมาณที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป โดยมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันไป เช่น คะแนนเพิ่ม (gain score) เป็นชื่อที่ใช้เรียกคะแนนของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการวัดก่อนและหลังการเรียนรู้ คะแนนความแตกต่าง (difference score) เป็นชื่อที่ใช้เรียกเมื่อมีการวัดโดยใช้วิธีวัดแบบดั้งเดิม ส่วนคะแนนพัฒนาการนั้น เป็นชื่อที่เรียกสำหรับคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวัดหลายครั้ง

ในการศึกษาเกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการ จำเป็นจะต้องระบุรูปแบบของการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากพัฒนาการอาจจะเป็นบวกหรือลบ อาจจะเป็นเส้นตรงหรือไม่เป็นเส้นตรงก็ได้ (Acock, 2000) คะแนนพัฒนาการจากการวัดระยะยาวรายบุคคลจะมีแบบแผนการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน ซึ่งจำแนกลักษณะของการเปลี่ยนแปลงได้เป็น 5 แบบ (สมถวิล วิจิตรวรรณ, 2547) ได้แก่

1. พัฒนาการเชิงเส้นตรง (straight line growth) ถ้าคะแนนพัฒนาการมีลักษณะเพิ่มขึ้นในอัตราค่อนข้างสม่ำเสมอ พัฒนาการจะมีค่าเป็นบวก แต่ถ้าคะแนนพัฒนาการมีลักษณะลดลงในอัตราค่อนข้างสม่ำเสมอ พัฒนาการจะมีค่าเป็นลบ โดยน้ำหนักองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการ (slope) จะกำหนดด้วยเมทริกซ์ของเวลาเชิงเส้นตรง

2. พัฒนาการที่ไม่ใช่เส้นตรง (nonlinear growth) คะแนนพัฒนาการจะมีลักษณะกระเพื่อม กล่าวคือ บางครั้งเพิ่มขึ้น บางครั้งลดลง หรือเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่สม่ำเสมอ โดยน้ำหนักองค์ประกอบของอัตราพัฒนาการ (slope) จะกำหนดด้วยเมทริกซ์ของเวลาที่ไม่ใช่เส้นตรง

3. พัฒนาการรายบุคคลไม่ต่างกัน (no individual differences in growth) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งของแต่ละบุคคลมีลักษณะขนานกัน ทำให้ไม่มีความแปรปรวนของพัฒนาการ ซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช้เส้นตรง

4. ลำดับที่รายบุคคลไม่เปลี่ยนแปลง (no changes in rank order) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งระหว่างกลุ่มผู้สอบมีลำดับที่เหมือนเดิมทุกครั้ง แต่ช่วงห่างของคะแนนในกลุ่มแต่ละครั้งต่างกัน มีลักษณะกระจายออก ทำให้ความแปรปรวนของคะแนนการวัดครั้งหลังมีมากกว่าครั้งแรก ๆ ซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช้เส้นตรง

5. ไม่มีค่าเฉลี่ยของพัฒนาการ (no mean growth) คือ คะแนนการวัดตลอดทุกครั้งของกลุ่มที่มีลักษณะทั้งเพิ่ม ลด หรือคงที่ ทำให้ค่าเฉลี่ยของพัฒนาการของกลุ่มผู้สอบเป็นศูนย์ ซึ่งจะเป็นไปได้ทั้งแบบแผนเส้นตรงและไม่ใช้เส้นตรง

จากแบบแผนการเปลี่ยนแปลงทั้ง 5 แบบนี้ สามารถจัดกลุ่มของแบบแผนการเปลี่ยนแปลงออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ แบบแผนการเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง และแบบแผนการเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มไม่เป็นแบบเส้นตรง

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นเรื่องที่นักวิจัยและนักวัดผลให้ความสนใจและศึกษา โดยมีการพัฒนาแนวคิดต่าง ๆ มาเป็นระยะเวลาหลายปี เริ่มจากการศึกษาของ Thorndike และ Thomson ในปี 1924 เป็นต้นมา โดยการวัดพัฒนาการในระยะแรกเรียกว่า การวัดคะแนนความเปลี่ยนแปลง (change score) ต่อมานักวิจัยต่างมุ่งพัฒนาสูตรสำหรับประมาณค่าคะแนนความเปลี่ยนแปลงของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายบุคคล จนกระทั่งในปี 1962 Chester Harris ได้จัดให้มี

การประชุมสัมมนาเรื่อง การวัดความเปลี่ยนแปลง และมีการจัดเผยแพร่หนังสือชื่อ *problems in measuring change* ซึ่งนับว่าเป็นการรวบรวมความรู้เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นครั้งแรก (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2552 อ้างอิงจาก Gottman, 1995) จากนั้นเป็นต้นมาก็มีการพัฒนา และนำเสนอวิธีการวัดต่าง ๆ มากมาย ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แนวคิดของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบ่งออกได้เป็น 2 แนวคิด ได้แก่ การวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม และการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่

2. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม

การวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม เป็นการรวมวิธีการวัดที่ใช้ข้อมูลที่มีการวัดเพียง 2 ครั้ง คือ ก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ และใช้สถิติที่ไม่ยุ่งยาก โดยผลจากการวัดจะเรียกว่า คะแนนเพิ่ม (gain score) โดยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิมมีรายละเอียดดังนี้

2.1 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (observed difference score)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้หาได้จากผลต่างระหว่างคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียน โดยมีข้อตกลงว่า การสอบทั้ง 2 ครั้งจะต้องวัดคุณลักษณะเดียวกัน และใช้แบบทดสอบชุดเดิมหรือแบบทดสอบคู่ขนาน (Pike, 1991) แสดงโดยสมการ ดังนี้

$$DS = Y_2 - Y_1$$

โดย DS คือ คะแนนพัฒนาการที่ได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ เป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน เป็นวิธีเริ่มแรกของการวัดคะแนนพัฒนาการที่ได้รับความนิยมสูง เพราะเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ลำเอียงในการหาคะแนนพัฒนาการที่แท้จริง (Raykov, 1993) แต่ข้อจำกัดของวิธีการวัดวิธีนี้คือ คะแนนพัฒนาการที่หาได้จากวิธีนี้ไม่สนใจในเรื่องความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนมีค่าเท่ากันและหักล้างกันหมดไป ซึ่งถือว่าเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมที่ว่า ความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นอิสระต่อกัน นอกจากนั้นการวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้ยังมีจุดอ่อนอีก กล่าวคือ เป็นวิธีที่ทำให้เกิดความไม่ยุติธรรมต่อผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบในครั้งแรกสูง เพราะ จะมีคะแนนเพิ่มน้อยกว่าผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบในครั้งแรกต่ำ (Linn and Slinde, 1977; Willet, 1994)

2.2 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่แท้จริงของลอร์ด (estimated true gain score)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้พัฒนาโดย Lord ในปี 1956 ซึ่งอาศัยหลักการถดถอยพหุ โดยใช้คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนทำนายความแตกต่างระหว่างคะแนนจริง แสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$L_i = W_x X_i + W_y Y_i + k$$

โดย L_i คือ คะแนนพัฒนาการของคนที่ i
 W_x, W_y คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยพหุของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ
 X_i, Y_i คือ คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ (ของคนที่ i)
 K คือ ค่าคงที่ในการถดถอยพหุ

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ ผู้ที่ทำคะแนนสอบก่อนเรียนได้สูงกว่าจะมีคะแนนพัฒนาการสูง เนื่องจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากันทำให้เกิดความยุติธรรมในการวัด นอกจากนี้ผลการหาคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้จะให้ผลคงที่ ส่วนข้อจำกัดของวิธีการวัดคะแนนวิธีนี้คือ คะแนนพัฒนาการจะมีพิสัยแคบกว่าพิสัยของคะแนนพัฒนาการที่ได้จากวิธีความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

2.3 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ (residual change score)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้พัฒนาโดย Manning และ DuBois ในปี 1958 เพื่อแก้ไขจุดอ่อนในการวัดคะแนนเพิ่มโดยไม่คำนึงถึงคะแนนเดิมที่ใช้เป็นฐาน โดยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ต้องใช้การวิเคราะห์การถดถอย โดยมีการวัดในครั้งหลังเป็นตัวแปรตามและการวัดในครั้งแรกเป็นตัวแปรต้น และใช้หลักที่ว่า คะแนนพัฒนาการ คือ ความแตกต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนกับคะแนนทำนายหลังเรียน ซึ่งทำนายจากคะแนนดิบก่อนเรียน แสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$R_i = Y_i - Y'_i$$

$$Y'_i = \bar{Y} + B_{xy}(X_i - \bar{X})$$

โดย R_i คือ คะแนนพัฒนาการของคนที่ i
 X_i, Y_i คือ คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ (ของคนที่ i)
 Y'_i คือ คะแนนทำนายหลังเรียนของคนที่ i
 \bar{X}, \bar{Y} คือ คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ
 B_{xy} คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยคะแนนดิบหลังเรียนลงบนคะแนนดิบก่อนเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือจะเป็นคะแนนเพิ่ม ไม่มีปัญหาเรื่องคะแนนในการวัดครั้งแรก จึงมีอิสระจากการวัดครั้งแรกที่เป็นฐาน ส่วนข้อจำกัดของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้คือ ถ้าคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันสูง จะทำให้ความเที่ยงของคะแนนพัฒนาการที่ได้มีค่าต่ำ และคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือจะไม่สามารถแสดงถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลได้โดยตรง (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537)

2.4 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่เป็นอิสระจากคะแนนสอบก่อนเรียน (base-free measure of change)

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้พัฒนาขึ้นโดย Tucker, Damarin และ Messic ในปี 1966 โดยใช้หลักการเดียวกับวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ แต่คะแนนทำนายหลังเรียนจะทำนายด้วยคะแนนจริงก่อนเรียน แสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$B_i = Y_i - Y'_i$$

$$Y'_i = \bar{Y} + B_{XY} / R_{XX'} (X_i - \bar{X})$$

โดย B_i	คือ	คะแนนพัฒนาการของคนที่ i
X_i, Y_i	คือ	คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ (ของคนที่ i)
Y'_i	คือ	คะแนนทำนายหลังเรียนของคนที่ i
\bar{X}, \bar{Y}	คือ	คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ
B_{XY}	คือ	สัมประสิทธิ์ถดถอยคะแนนดิบหลังเรียนลงบนคะแนนดิบก่อนเรียน
R_{XX}	คือ	ความเที่ยงในการวัดก่อนเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ คะแนนพัฒนาการจะเป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียน และสามารถกำจัดความสัมพันธ์ลวงระหว่างคะแนนพัฒนาการกับคะแนนสถานภาพเริ่มต้นได้ ส่วนข้อจำกัดของการวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีลักษณะเหมือนกับการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือคือ ถ้าคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันสูงจะทำให้ความเที่ยงของคะแนนพัฒนาการที่ได้มีค่าต่ำ และคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือจะไม่สามารถแสดงถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลได้โดยตรง (อรุณี อ่อนสวัสดิ์, 2537)

2.5 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน (standard score method)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้พัฒนาโดย Labouvie ในปี 1982 โดยคะแนนพัฒนาการจากวิธีนี้จะหาได้จากผลต่างระหว่างคะแนนมาตรฐานหลังเรียนกับคะแนนมาตรฐานก่อนเรียน แสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$SG = Z_2 - Z_1$$

โดย SG	คือ	คะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน
Z_1	คือ	คะแนนมาตรฐานก่อนเรียน
Z_2	คือ	คะแนนมาตรฐานหลังเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ ช่วยแก้ปัญหาของคะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนที่มีการแจกแจงต่างกัน ซึ่งจะทำให้สามารถนำคะแนนพัฒนาการที่ได้มาเปรียบเทียบกันได้ในระหว่างคนหรือระหว่างวิชาที่ต่างกัน (อวยพร เรื่องตระกูล, 2544)

2.6 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ (logarithm of observed score method)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้ พัฒนาโดย Tornqvist และ Vartia ในปี 1985 (Burr and Nesselrode, 1990) โดยคะแนนพัฒนาการเกิดจากผลต่างระหว่างลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบหลังเรียน กับลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบก่อนเรียน แสดงได้โดยสมการ ดังนี้

$$NL = \ln x_2 - \ln x_1$$

โดย NL คือ คะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ

x_1 คือ ลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบก่อนเรียน

x_2 คือ ลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนสอบหลังเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ ช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนไม่เป็นฟังก์ชันบวก และทำให้คะแนนที่แปลงแล้วมีการแจกแจงแบบสมมาตรเป็นฟังก์ชันบวก และมีการแจกแจงแบบปกติ (symmetric additive and normalized properties) (อวยพร เรื่องตระกูล, 2544)

2.7 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score)

การวัดคะแนนพัฒนาการด้วยวิธีนี้พัฒนาโดย ศิริชัย กาญจนวาสิ ในปี 2532 โดยคะแนนพัฒนาการเกิดจากค่าอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนสอบหลังเรียนกับคะแนนสอบก่อนเรียน กับผลต่างของคะแนนเต็มกับคะแนนสอบก่อนเรียน แสดงได้โดยสมการดังนี้

$$RG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - Y_1} \times 100$$

โดย RG คือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

F คือ คะแนนเต็มในการวัด

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ เป็นการแก้จุดอ่อนอิทธิพลเพดานในการวัดคะแนนเพิ่ม และเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้ นอกจากนั้นยังสามารถนำมาตีความได้ชัดเจนอีกด้วย

2.8 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยขจัดอิทธิพลเพดาน (ceiling effect)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้พัฒนาโดย อรุณี อ่อนสวัสดิ์ ในปี 2537 โดยคะแนนพัฒนาการจากวิธีนี้ประมาณได้จากฟังก์ชันของพื้นความรู้เดิม การเรียนการสอน และอิทธิพลเพดาน แสดงได้โดยสมการดังนี้

คะแนนพัฒนาการ = F (พื้นความรู้เดิม, การเรียนการสอน, อิทธิพลเพดาน)

โดย คะแนนพัฒนาการ คือ ความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียน และหลังเรียน หรือ $DT_i = T_{Yi} - T_{Xi}$

พื้นความรู้เดิม คือ คะแนนจริงก่อนเรียน (T_{Xi}) และอิทธิพลเนื่องจากพื้นความรู้เดิม ใช้การถดถอยความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงลงบนคะแนนจริงก่อนเรียน แทนด้วย $W_i T_{Xi}$

การเรียนการสอน คือ การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละคนจะรับได้ไม่เท่ากัน แทนด้วย V_i

อิทธิพลเพดาน คือ ปัจจัยที่ยังไม่สามารถตัดสินได้ว่าจะใช้ตัวแปรใดแทน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถแก้ปัญหของอิทธิพลเพดานได้ ส่วนข้อจำกัดคือ ผลการวัดคะแนนพัฒนาการจะมีประสิทธิภาพดีในสถานการณ์ที่ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนมีค่าสูง

2.9 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการเทียบส่วนร้อยของคะแนนพัฒนาการ

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้พัฒนาขึ้นโดย วินิจ เทือกทอง ในปี 2537 โดยทำการแก้จุดอ่อนของการวัดคะแนนพัฒนาการที่มีอิทธิพลของคะแนนเพดาน โดยการใช้ฐานในการเปรียบเทียบใหม่ให้เทียบเป็นร้อยละ โดยฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือคะแนนสอบครั้งแรก และนำค่าคะแนนพัฒนาการจากการคำนวณ 3 วิธี ได้แก่ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ และคะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด มาเทียบส่วนร้อยกับฐาน แสดงได้โดยสมการได้ ดังนี้

2.9.1 คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม เทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPD = \frac{100D}{X}$$

โดย VPD คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิมเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

D คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

2.9.2 คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ เทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPR = \frac{100R}{X}$$

โดย VPR คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือเทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก
 R คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ
 X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

2.9.3 คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด เทียบกับคะแนนสอบครั้งแรก

$$VPL = \frac{100L}{X}$$

โดย VPL คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ดเทียบกับคะแนนสอบ
 ครั้งแรก

L คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด
 X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ ทำให้อัตราพัฒนาการของแต่ละคน
 แตกต่างกันตามพื้นฐานความรู้เดิมของตนเอง ผู้สอบที่มีพื้นฐานความรู้เดิมสูงจะมีอัตราคะแนนพัฒนาการสูงกว่า
 อัตราคะแนนพัฒนาการของผู้สอบที่มีพื้นฐานความรู้ต่ำ

2.10 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยการเทียบคะแนนพัฒนาการกับศักยภาพ ของผู้สอบ

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้พัฒนาโดย วินิจ เทือกทอง ในปี 2537
 เช่นเดียวกับวิธีที่ 9 โดยใช้ฐานในการเปรียบเทียบเป็นคะแนนศักยภาพของผู้สอบ ซึ่งได้จากผลต่างของ
 คะแนนเต็มกับคะแนนสอบครั้งหลัง และนำคะแนนพัฒนาการที่ได้จาก 3 วิธี คือ คะแนนพัฒนาการ
 วิธีดั้งเดิม คะแนนพัฒนาการวิธีพิเศษเหลือ และคะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด มาเทียบส่วนร้อยละกับ
 คะแนนศักยภาพ แสดงได้โดยสมการดังนี้

2.10.1 คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRD = \frac{100D}{F - X}$$

โดย SRD คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิมเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ
 D คือ คะแนนพัฒนาการวิธีดั้งเดิม
 X คือ คะแนนสอบครั้งแรก
 F คือ คะแนนเต็ม

2.10.2 คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRR = \frac{100R}{F - X}$$

โดย SRR คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

R คือ คะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

F คือ คะแนนเต็ม

2.10.3 คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด เทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

$$SRL = \frac{100L}{F - X}$$

โดย SRL คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ดเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ

L คือ คะแนนพัฒนาการวิธีของลอร์ด

X คือ คะแนนสอบครั้งแรก

F คือ คะแนนเต็ม

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ ทำให้อัตราพัฒนาการของแต่ละคนแตกต่างกันตามศักยภาพของตนเอง ผู้สอบที่มีศักยภาพสูงจะมีอัตราคะแนนพัฒนาการสูงกว่าอัตราคะแนนพัฒนาการของผู้สอบที่มีศักยภาพต่ำ ส่วนข้อจำกัดคือ มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีที่ยังไม่มีการแก้ปัญหาอิทธิพลเพดาน

2.11 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล (balanced relative gain score)

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้พัฒนาโดย ซีระ อาชวเมธี กมลวรรณ ตังธนกานนท์ และสมหวัง พิธิยานุวัฒน์ ในปี 2548 ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนามาจากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยคะแนนพัฒนาการเกิดจากค่าอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนสอบหลังเรียน กับคะแนนสอบก่อนเรียนกับผลต่างของคะแนนเต็มกับครึ่งหนึ่งของผลบวกของคะแนนสอบหลังเรียนและคะแนนสอบก่อนเรียน แสดงได้โดยสมการดังนี้

$$BRG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - (Y_1 + Y_2)/2} \times 100$$

โดย BRG คือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

F คือ คะแนนเต็มในการวัด

Y_1 คือ คะแนนสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนสอบหลังเรียน

การวัดคะแนนพัฒนาการวิธีนี้มีข้อดีคือ ช่วยปรับสมดุลเกี่ยวกับปัญหาเรื่องขนาดของคะแนนเพิ่ม (gain size) ต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

ตาราง 1 การเปรียบเทียบวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแบบดั้งเดิม

วิธี	สูตรการหาคะแนนพัฒนาการ	ข้อดี	ข้อจำกัด
1. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (DS)	$DS = Y_2 - Y_1$	1. ง่าย ไม่ซับซ้อน 2. มีค่าความเที่ยงสูง	1. ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนในการวัด 2. ไม่ยุติธรรมต่อผู้ที่ได้คะแนนจากการสอบครั้งแรกสูง
2. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการที่แท้จริงของลอร์ด (L)	$L_i = W_x X_i + W_y Y_i + k$	1. ยุติธรรมต่อผู้ที่ทำคะแนนสอบในครั้งแรกได้สูง 2. ความคลาดเคลื่อนในการวัดต่ำ	คะแนนพัฒนาการมีพิสัยแคบกว่าพิสัยของคะแนนพัฒนาการจากวิธีจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ
3. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนที่เหลือ (R)	$R_i = Y_i - Y'_i$ $Y'_i = \bar{Y} + B_{XY}(X_i - \bar{X})$	เป็นอิสระจากการวัดครั้งแรกที่ใช้เป็นคะแนนฐาน	1. ถ้าคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันสูง จะทำให้ความเที่ยงต่ำ 2. ไม่สามารถแสดงถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลได้โดยตรง

ตาราง 1 (ต่อ)

วิธี	สูตรการหาคะแนน พัฒนาการ	ข้อดี	ข้อจำกัด
4. วิธีการวัดคะแนน พัฒนาการที่เป็นอิสระ จากคะแนนสอบก่อน เรียน (B)	$B_i = Y_i - Y'_i$ $Y'_i = \bar{Y} + B_{XY} / R_{XX} (X_i - \bar{X})$	1. คะแนนพัฒนาการ เป็นอิสระจากคะแนน จริงก่อนเรียน 2. กำจัดความสัมพันธ์ ลวงระหว่างคะแนน พัฒนาการกับคะแนน เริ่มต้น	1. ถ้าคะแนนสอบ ก่อนและหลังเรียน มีความสัมพันธ์กันสูง จะทำให้ความเที่ยงต่ำ 2. ไม่สามารถแสดงถึง ปริมาณการ เปลี่ยนแปลงรายบุคคล ได้โดยตรง
5. วิธีการวัดคะแนน พัฒนาการจากคะแนน มาตรฐาน (SG)	$SG = Z_2 - Z_1$	ช่วยแก้ปัญหาของ คะแนนสอบก่อนเรียน และหลังเรียนที่มีการ แจกแจงต่างกัน	-
6. วิธีการวัดคะแนน พัฒนาการจาก ลอการิทึมของคะแนน ดิบ (NL)	$NL = \ln x_2 - \ln x_1$	ทำให้คะแนนที่แปลง แล้วมีการแจกแจงแบบ สมมาตร เป็นฟังก์ชัน บวกและมีการแจกแจง ปกติ	-
7. วิธีการวัดคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์ (RG)	$RG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - Y_1} \times 100$	1. แก้อ่อนอิทธิพล เพดานในการวัด คะแนนเพิ่ม 2. ง่ายและสะดวกใน การใช้	-
8. วิธีการวัดคะแนน พัฒนาการโดยขจัด อิทธิพลเพดาน (CE)	คะแนนพัฒนาการ = F (พื้นความรู้เดิม, การเรียนการสอน, อิทธิพลเพดาน)	สามารถแก้ปัญหา อิทธิพลเพดานได้	การวัดคะแนน พัฒนาการจะมี ประสิทธิภาพดีเมื่อ ความสัมพันธ์ของ คะแนนก่อนและหลัง เรียนมีค่าสูง

ตาราง 1 (ต่อ)

วิธี	สูตรการหาคะแนน พัฒนาการ	ข้อดี	ข้อจำกัด
9. วิธีการวัดคะแนน พัฒนาการโดยการ เทียบส่วนร้อยของ คะแนนพัฒนาการ (VP)	<p>1. คะแนนพัฒนาการ วิธีดั้งเดิม เทียบกับ คะแนนสอบครั้งแรก</p> $VPD = \frac{100D}{X}$ <p>2. คะแนนพัฒนาการ ส่วนที่เหลือ เทียบกับ คะแนนสอบครั้งแรก</p> $VPR = \frac{100R}{X}$ <p>3. คะแนนพัฒนาการ วิธีของลอร์ด เทียบกับ คะแนนสอบครั้งแรก</p> $VPL = \frac{100L}{X}$	<p>ทำให้อัตราพัฒนาการ ของแต่ละบุคคล แตกต่างกันตามพื้น ความรู้เดิมของตนเอง</p>	<p>มีค่าความคลาดเคลื่อน สูงกว่าวิธีที่ยังไม่มีการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เพดาน</p>
10. วิธีการวัดคะแนน พัฒนาการโดยการ เทียบคะแนน พัฒนาการกับศักยภาพ ของผู้สอบ (SR)	<p>1. คะแนนพัฒนาการ วิธีดั้งเดิม เทียบกับ ศักยภาพของผู้สอบ</p> $SRD = \frac{100D}{F - X}$ <p>2. คะแนนพัฒนาการ ส่วนที่เหลือ เทียบกับ ศักยภาพของผู้สอบ</p> $SRR = \frac{100R}{F - X}$ <p>3. คะแนนพัฒนาการ วิธีของลอร์ด เทียบกับ ศักยภาพของผู้สอบ</p> $SRL = \frac{100L}{F - X}$	<p>ทำให้อัตราพัฒนาการ ของแต่ละบุคคล แตกต่างกันตาม ศักยภาพของตนเอง</p>	<p>มีค่าความคลาดเคลื่อน สูงกว่าวิธีที่ยังไม่มีการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เพดาน</p>

ตาราง 1 (ต่อ)

วิธี	สูตรการหาคะแนน พัฒนาการ	ข้อดี	ข้อจำกัด
11. วิธีการวัดคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์ สมดุลง (BRG)	$BRG = \frac{Y_2 - Y_1}{F - (Y_1 - Y_2)/2} \times 100$	ช่วยปรับสมดุลเกี่ยวกับ ปัญหาเรื่องขนาดของ คะแนนเพิ่ม (gain size) ต่อคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์	-

3. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่

นักวิจัยพบจุดอ่อนในการวัดคะแนนพัฒนาการจากการวัด 2 ครั้ง จึงได้พัฒนาวิธีการวัดที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างน้อย 3 ครั้ง ทำให้ได้สารสนเทศมากขึ้น ซึ่งต่อมาพัฒนาเป็นโมเดลโค้งพัฒนาการ และมีวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้โมเดลลิสเรล ซึ่งวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่เป็นการรวมเฉพาะวิธีที่ใช้โมเดลตามแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในระยะหลัง ที่สามารถวิเคราะห์ลักษณะโมเดลพัฒนาการของหน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยได้อย่างถูกต้อง วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการแนวใหม่สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะของโมเดลการวัด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. โมเดลการวัดคะแนนพัฒนาการในรูปสมการโครงสร้างที่มีตัวแปรแฝงและตัวแปรทำนาย (structural equation model with latent variables and predictors) โดยพัฒนาขึ้นจากแนวคิดของ Pike (Pike, 1991) ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการเปลี่ยนแปลงของพัฒนาการทางความรู้ของผู้เรียนจากการวัด 2 ครั้ง โดยควบคุมอิทธิพลของตัวแปรระดับพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีผลต่อพัฒนาการทางความรู้ของผู้เรียน

2. โมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบ (longitudinal factor analysis model) โดยโมเดลในกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1 โมเดลที่มีการวัดคะแนนพัฒนาการในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาว (baseline longitudinal factor analysis model) พัฒนาจากแนวคิดดั้งเดิมของ Tisak และ Meredith (1990) ใช้ในการวัดคะแนนพัฒนาการของห้วงค์ประกอบในระยะยาว โดยมีแนวคิดที่ว่า คะแนนดิบของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรหนึ่ง ๆ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันจะประกอบไปด้วยคะแนนสองส่วน คือ คะแนนของห้วงค์ประกอบร่วม และคะแนนของห้วงค์ประกอบเฉพาะของแต่ละบุคคลที่วัดตัวแปรนั้น ๆ ในช่วงเวลานั้น ๆ

โมเดลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาว ห้วงค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะมีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะบ่งบอกว่าห้วงค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งสามารถเป็นตัวทำนายของห้วงค์ประกอบร่วมที่วัดในช่วงเวลาถัดไป

2.2 โมเดลวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis with single indicator model) พัฒนาโดย Raykov ในปี

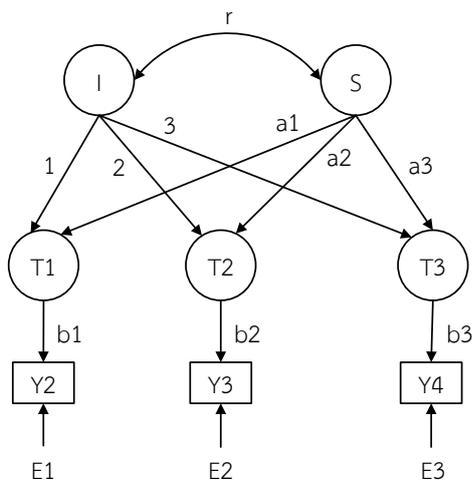
1993 (Raykov, 1993) เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาว โดยใช้ข้อมูลจากการวัดหลาย ๆ ครั้ง โดยโมเดลนี้ทำการวัดองค์ประกอบโดยใช้ตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียว

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว เป็นโมเดลที่มีแนวคิดในการวัดตัวแปรตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม โดยอธิบายว่า คะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในแต่ละช่วงเวลาจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรแฝงสามส่วน ได้แก่ 1) องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor) 2) องค์ประกอบของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor) และ 3) องค์ประกอบเฉพาะหรือความคลาดเคลื่อนในการวัด

2.3 โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis with several indicators model) พัฒนาขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดในการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาที่ว่า การวัดโครงสร้างองค์ประกอบที่เป็นคุณลักษณะทางจิตวิทยาหรือตัวแปรแฝง ควรทำการวัดจากดัชนีบ่งชี้ซึ่งองค์ประกอบหลาย ๆ ตัว ซึ่งโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวนี้ มีแนวคิดที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลเหมือนกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

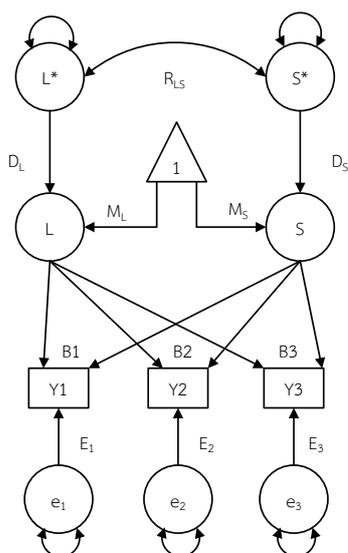
3. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model)

พัฒนามาจากโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง (growth curve) ต่อมา Rao และ Tucker (1958) ได้เสนอให้ใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบมาใช้ในการพัฒนาโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบการวิเคราะห์ส่วนประกอบमुखสำคัญมาศึกษาแบบแผนพัฒนาการรายบุคคล แบบแผนพัฒนาการแปลผลจากคะแนนประกอบที่น้ำหนักแต่ละส่วนได้มาจากการหมุนแกน ต่อมา Tisak และ Meredith (1990) และ McArdle (1988) ได้พัฒนาโมเดลพื้นฐานของ Rao และ Tucker ให้สามารถวิเคราะห์โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งรายบุคคลโดยใช้สมการโครงสร้าง (SEM) และตรวจสอบโมเดลด้วยสมการโครงสร้างเชิงยืนยัน (Duncan and Duncan, 1999) ซึ่งก็คือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในระยะแรกแสดงได้ดังภาพประกอบ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการวัดรวม 3 ครั้ง คะแนนที่วัดได้คือ ตัวแปรสังเกตได้ Y_1 , Y_2 และ Y_3 ซึ่งคะแนนสังเกตได้นี้ประกอบด้วย ตัวแปรแฝงคะแนนจริง (true score: T) และองค์ประกอบเฉพาะ (e) ตัวแปรแฝงคะแนนจริงจากการวัดทั้ง 3 ครั้งเป็นผลมาจากองค์ประกอบสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เรียกว่าองค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (initial factor) หรือคะแนนระดับ (level: L) และส่วนที่สองเรียกว่าองค์ประกอบอัตราการเปลี่ยนแปลงหรืออัตราการพัฒนา (change factor) หรือความชัน (slope: S) ลักษณะของโมเดลเป็นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบลำดับที่สอง โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นอิทธิพลจากองค์ประกอบ level ที่มีต่อตัวแปรแฝงคะแนนจริงจากการวัดแต่ละครั้งมีค่าเป็น 1 ทั้งหมด และน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นอิทธิพลจากองค์ประกอบ slope ที่มีต่อตัวแปรแฝงคะแนนจริงจากการวัดแต่ละครั้งมีค่าเป็น b_1 , b_2 และ b_3 ตามลำดับ โมเดลในภาพประกอบ 1 นี้ ตัวแปรแฝงคะแนนจริงวัดได้จากตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียว แต่ในทางปฏิบัติอาจจะวัดจากตัวบ่งชี้หลายตัวก็ได้

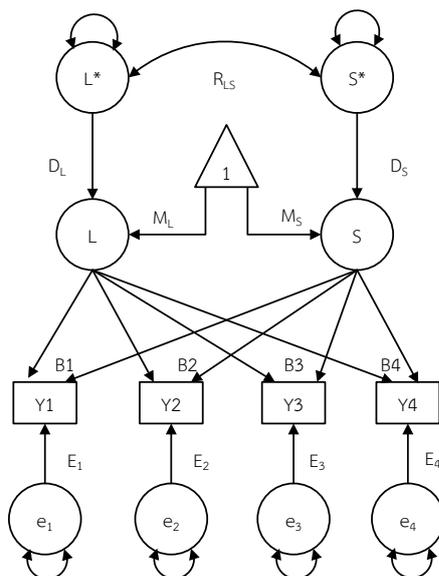


ภาพประกอบ 1 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงวัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว
(Duncan and Duncan, 1999)

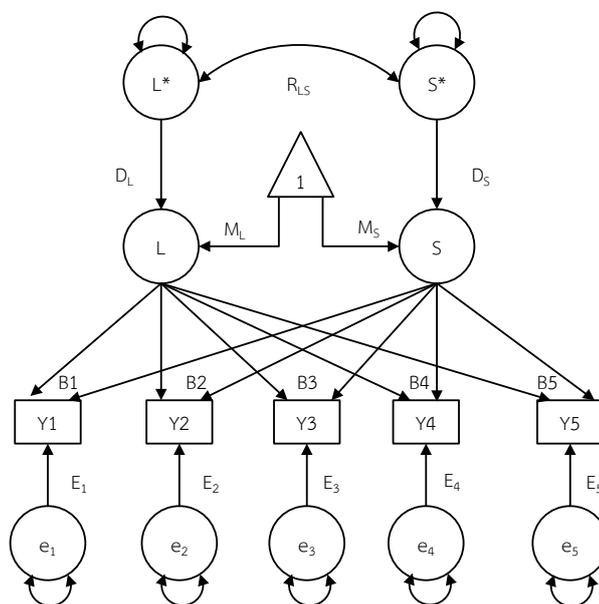
โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบนี้มีจุดอ่อนคือ ไม่สามารถให้ค่าคะแนนพัฒนาการที่เป็นคะแนนดิบได้ ประกอบกับการวัดเพียง 3 ครั้ง โดยที่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรแฝงความชันสำหรับคะแนนการวัดครั้งแรกมีค่าเป็นศูนย์ จึงเหลือค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่จะบ่งบอกรูปแบบของพัฒนาการได้เพียง 2 ค่า จึงมีการพัฒนาโมเดลให้ดีขึ้นโดยมีรูปแบบแตกต่างจากเดิมเล็กน้อย ซึ่งโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 3, 4 และ 5 ครั้งแสดงได้ดังภาพประกอบ 2 - 4



ภาพประกอบ 2 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 3 ครั้ง
(Duncan and Duncan, 1999)



ภาพประกอบ 3 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 4 ครั้ง
(Duncan and Duncan, 1999)



ภาพประกอบ 4 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับการวัด 5 ครั้ง
(Duncan and Duncan, 1999)

โมเดลที่เสนอขึ้นใหม่นี้มีลักษณะพิเศษจากโมเดลอิสระปกติอยู่ 5 ประการ ได้แก่
(นางลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

ประการที่หนึ่ง โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นโมเดลที่ให้ผล การวิเคราะห์ในรูปแบบคะแนนดิบ มีหน่วยการวัดตามหน่วยของคะแนนหรือตัวแปรสังเกตได้ ในโมเดล จึงต้องมีการนำค่าเฉลี่ยมารวมด้วย โดยใส่ค่าตัวแปรสังเกตได้ที่มีค่าเป็นหนึ่งในสามที่สามารถเพิ่มเข้าไปในโมเดล ลิสเรลได้โดยไม่มีผลกระทบในการคำนวณ หรือการประมาณค่าพารามิเตอร์ขนาดอิทธิพลตามหลักการ วิเคราะห์อิทธิพลแต่อย่างใด

ตามโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนี้ เมื่อพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ Y และตัวแปรแฝง S และ L จะสามารถเขียนสมการได้ดังนี้ ในการวัดแต่ละครั้ง คะแนนของแต่ละบุคคลจะมีค่าดังนี้

$$Y = L + B(S) + e$$

คะแนนเฉลี่ยของการวัดแต่ละครั้งมีค่าดังสมการ

$$MY = ML + B(MS)$$

เมื่อ L คือ ตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก

S คือ ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราพัฒนาการ

ML คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง L

MS คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง S

B คือ สัมประสิทธิ์พื้นฐานหรือพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโมเดล ในการวัด ซึ่งในการวัด n ครั้ง จะประมาณค่าพารามิเตอร์

$$B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$$

E คือ ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ประการที่สอง ค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐาน (B) เป็นพารามิเตอร์สำคัญในการ กำหนดลักษณะโค้งพัฒนาการ ซึ่งนักวิจัยสามารถกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานสำหรับการศึกษาวิเคราะห์ โมเดลโค้งพัฒนาการตามหลักฐานจากทฤษฎีหรือรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ หรือจะไม่กำหนดค่า สัมประสิทธิ์พื้นฐานแต่ปล่อยให้พารามิเตอร์อิสระให้โปรแกรมลิสเรลประมาณค่าก็ได้ ซึ่งจากคุณสมบัติ ข้อนี้ ทำให้โมเดลโค้งพัฒนาการมีความยืดหยุ่น สามารถใช้วิเคราะห์โค้งพัฒนาการได้หลายแบบ ดังตัวอย่างโค้งพัฒนาการทั้ง 5 แบบ ดังนี้

1. โมเดลโค้งพัฒนาการมีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นศูนย์หรือ โมเดลพัฒนาการที่เป็นฐาน (baseline growth model: BAS model) หรือโมเดลโค้งพัฒนาการที่ ไม่มีความชันและใช้เป็นพื้นฐาน (no slope baseline growth model) ซึ่งนักวิจัยอาจกำหนดให้ พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์พื้นฐานมีค่าเท่ากับศูนย์ในการวัดทุกครั้ง นั่นคือ การวัดแต่ละครั้ง หน่วย ตัวอย่างแต่ละหน่วยจะได้คะแนนคงเดิมไม่มีพัฒนาการ โมเดลนี้นิยมใช้เป็นฐานในการเปรียบเทียบกับ โมเดลอื่น

2. โมเดลโค้งพัฒนาการมีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบเส้นตรง หรือโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model: LIN model) โดยนักวิจัยอาจกำหนดให้พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นเวกเตอร์ที่มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ละช่วงเท่ากัน เช่น กำหนดให้ $[B_1, B_2, B_3, B_4, B_5] = [0, 1, 2, 3, 4]$ การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานแบบนี้ นักวิจัยต้องมีทฤษฎีสนับสนุนว่า โค้งพัฒนาการที่กำลังศึกษามีลักษณะการเจริญเติบโตหรือการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง

3. โมเดลโค้งพัฒนาการมีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบพารามิเตอร์ กำหนดชนิดเส้นโค้งหรือโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์กำหนด (fixed curve parameter growth model: FIC model) ซึ่งนักวิจัยอาจกำหนดให้พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นเวกเตอร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการเป็นเส้นโค้ง เช่น กำหนดให้ $[B_1, B_2, B_3, B_4, B_5] = [0, 2, 2, -1, 3]$ โดยมีทฤษฎีหรืองานวิจัยสนับสนุน

4. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็นแบบพารามิเตอร์อิสระหรือโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ (free parameter growth model: FRE model) โดยตามรูปแบบนี้ นักวิจัยจะใช้เมื่อไม่มีข้อมูลหรือสารสนเทศเกี่ยวกับพัฒนาการของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งนักวิจัยอาจกำหนดพารามิเตอร์ให้เป็นพารามิเตอร์อิสระสำหรับสัมประสิทธิ์พื้นฐาน และให้สัมประสิทธิ์ B_1 มีค่าเป็นศูนย์อยู่แล้ว เพราะคะแนนการวัดครั้งแรกเท่ากับตัวแปรแฝงระดับโมเดลโค้งพัฒนาการตามรูปแบบนี้ถือว่าเป็นโมเดลที่มีเงื่อนไขจำกัดน้อยที่สุด

5. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีการกำหนดพารามิเตอร์ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน หรือโมเดลพัฒนาการความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance growth model: UDV model) ซึ่งแตกต่างจากโมเดล 4 โมเดลข้างต้น เพราะมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า เทอมความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละครั้งต้องมีค่าเท่ากัน แต่ในการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการนักวิจัยอาจผ่อนคลายนข้อตกลงเบื้องต้น ยอมให้ความแปรปรวนเทอมความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันก็ได้

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงทั้ง 5 แบบข้างต้นนี้ ช่วยให้นักวิจัยสามารถวิเคราะห์ข้อมูล และตรวจสอบได้ว่าโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงรูปแบบใดสอดคล้องกับคะแนนพัฒนาการที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อได้แบบของโมเดลโค้งพัฒนาการที่เหมาะสมจึงทำการประมาณค่าตัวแปรแฝงต่อไป

ประการที่สาม ลักษณะของโมเดลโค้งพัฒนาการที่เป็นโมเดลออโตรีเกรสซีฟ (autoregressive model) ซึ่งแสดงให้เห็นในลักษณะของเส้นโค้งลูกศรสองหัวที่เทอมความคลาดเคลื่อนทุกเทอมในโมเดล ซึ่งเรียกว่า สลิง โดยที่สลิงนี้เป็นพารามิเตอร์พิเศษที่ใช้บ่งบอกถึงความแปรปรวนในเทอมความคลาดเคลื่อนที่มีค่าแตกต่างจากศูนย์ และบ่งบอกว่า เทอมความคลาดเคลื่อนของการวัดแต่ละครั้งไม่สัมพันธ์กัน คะแนนจากการวัดแต่ละครั้งมีส่วนสัมพันธ์กัน แต่ส่วนที่สัมพันธ์กันนั้นเกิดขึ้นจากตัวแปรแฝงอัตราพัฒนาการที่มีอิทธิพลต่อการวัดแต่ละครั้ง

ประการที่สี่ เนื่องจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมีตัวแปรแฝงทั้งที่เป็นตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้เป็นจำนวนมาก การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรล โดยทั่วไปอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ จึงมีการพัฒนาวิธีการที่จะช่วยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยลิสเรลให้สะดวกยิ่งขึ้น

ประการที่ห้า โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมีข้อตกลงเบื้องต้น

- 4 ประการ คือ 1) ตัวแปรแฝงระดับและตัวแปรแฝงอัตราพัฒนาการมีความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กัน
2) ตัวแปรแฝงองค์ประกอบรวมทั้งที่เป็นตัวแปรแฝงระดับและตัวแปรแฝงอัตราพัฒนาการไม่สัมพันธ์กับ
เทอมความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้ หรือองค์ประกอบเฉพาะ 3) เทอมความคลาดเคลื่อนมีเส้นทาง
อิทธิพลเป็นสัญลักษณ์สลับ แทนข้อตกลงเบื้องต้นว่า เทอมความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้/ตัวแปร
สังเกตได้ในการวัดแต่ละครั้งไม่สัมพันธ์กัน และ 4) เทอมความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

**โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับขั้นที่สอง และ
โมเดลพัฒนาการแบบผสม**

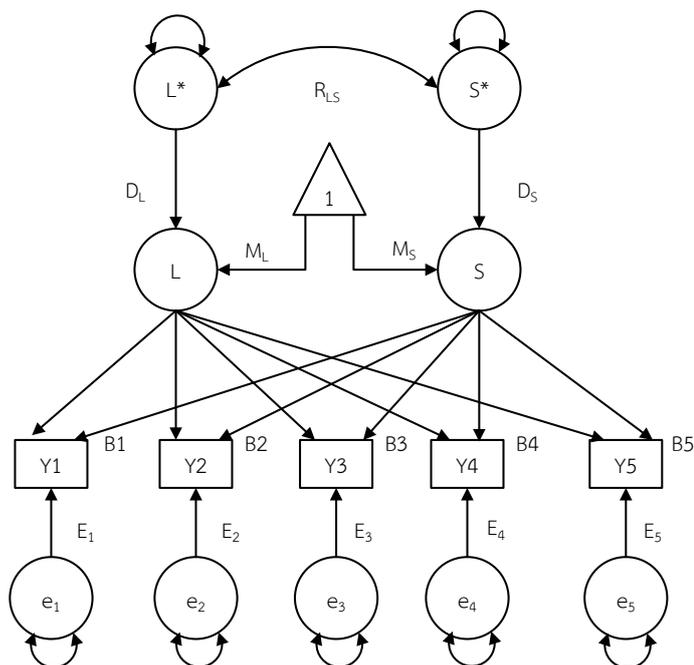
1. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

เทคนิคการวัดพัฒนาการโดยโมเดลโค้งพัฒนาการเป็นเทคนิควิธีการวัดที่สามารถบ่งบอก
รูปแบบที่มีระบบของคะแนนพัฒนาการที่แตกต่างกันระหว่างบุคคล โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปร
แฝงเริ่มพัฒนาโดย Rao และ Tucker เมื่อปี ค.ศ. 1958 (Rao and Tucker, 1958) และได้รับการ
พัฒนาให้มีลักษณะเป็นโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นโดย Tisak และ Meredith ในปี 1990
(Tisak and Meredith, 1990) รวมทั้ง McArdle และ Hamagami ในปี 1995 (McArdle
and Hamagami, 1995) โดยตัวแปรในโมเดลทุกตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โมเดลประกอบด้วย
ตัวแปรสังเกตได้ซึ่งเป็นตัวแปรเดียวกันจากการวัดหลายครั้ง (Y_t) และตัวแปรแฝงดังนี้คือ ตัวแปรแฝง
ระดับหรือผลการวัดครั้งแรก (level: L) ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (slope: S)
ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงระดับ (L^*) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง
ความชัน (S^*) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละช่วงเวลา (e_t) และตัวแปรแฝงค่าคงที่
ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ค่าน้ำหนัก
องค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ต่อตัวแปรแฝงความชันในการวัดครั้งที่ $t(B_t)$ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง
ระดับ (M_L) ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชัน (M_S) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรระดับ (D_L)
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรความชัน (D_S) ส่วนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดครั้งที่ 1
(E_t) และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรระดับกับตัวแปรความชัน (R_{LS})
(McArdle and Hamagami, 1995) ผู้วิจัยนำเสนอโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงและสมการ
ทางคณิตศาสตร์ไว้ในภาพประกอบ 5 โดยมีสัญลักษณ์ในโมเดลดังนี้คือ รูปสี่เหลี่ยมแทนตัวแปรสังเกต
ได้ รูปวงกลมแทนตัวแปรแฝง รูปสามเหลี่ยมแทนค่าคงที่ ลูกศรทางเดียวแทนสัมประสิทธิ์การถดถอย
ของตัวแปรแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ ลูกศรสองทางแทนค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์แสดงได้ดัง
สมการ 1-3 ต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{สมการที่ 1} & \quad Y_{t,n} = L_n + B_t S_n + E_{t,n} \\ \text{สมการที่ 2} & \quad S_n = M_S(1) + D_S S^* \\ \text{สมการที่ 3} & \quad L_n = M_L(1) + D_L L^* \end{aligned}$$



ภาพประกอบ 5 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่มีการวัดซ้ำ 5 ครั้ง
(McArdle and Hamagami, 1995)

จากสมการที่ 1 อธิบายได้ว่า คะแนนที่สังเกตได้ของคนที่ n ในการวัดครั้งที่ t ได้มาจากคะแนนในการวัดครั้งแรกบวกกับผลคูณของค่าน้ำหนักในช่วงเวลาที่ t กับคะแนนพัฒนาการของตนเอง รวมกับความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละครั้งของแต่ละคน สมการที่ 2 อธิบายได้ว่า คะแนนพัฒนาการของแต่ละคนมาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการคูณกับค่าคงที่ 1 รวมกับผลคูณระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนพัฒนาการกับค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ สมการที่ 3 อธิบายได้ว่า คะแนนในการวัดครั้งแรกของแต่ละคนมาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนในการวัดครั้งแรกของทุกคนคูณกับค่าคงที่ 1 รวมกับผลคูณระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนในการวัดครั้งแรก โดยที่ L_n เป็นตัวแปรแฝงระดับซึ่งบอกถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผลสัมฤทธิ์ในการวัดครั้งแรก ตัวแปรนี้เป็นค่าคงที่ของแต่ละบุคคลตลอดทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษา S_n เป็นตัวแปรแฝงความชันบอกถึงความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลง เครื่องหมายบวกหรือลบของคะแนนของตัวแปรนี้แสดงทิศทางของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรนี้เป็นค่าคงที่ของแต่ละบุคคล เช่นเดียวกับกับตัวแปร L_n อย่างไรก็ตามการส่งผลต่อตัวแปรสังเกตได้ $Y_{t,n}$ ของตัวแปรแฝงความชันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะว่าตัวแปรนี้จะคูณด้วยน้ำหนักองค์ประกอบ B_t e_n เป็นตัวแปรความคลาดเคลื่อนหรือคะแนนส่วนที่เหลือ (residual score) เป็นตัวแปรสุ่มที่สังเกตไม่ได้ ตัวแปรนี้มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นในทุกช่วงเวลา ซึ่งสามารถอธิบายว่าเป็นความคลาดเคลื่อนในการวัด B_t เป็นน้ำหนักองค์ประกอบจากตัวแปรแฝงความชันไปยังตัวแปรสังเกตได้ มีลักษณะเป็นฟังก์ชันซึ่งนำมาคูณกับค่าความชันในสมการ เพื่ออธิบายค่าตัวแปรสังเกตได้ ตัวแปรนี้สามารถเปลี่ยนค่าได้ตามช่วงเวลา แต่ส่วนใหญ่ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพารามิเตอร์

อิสระมักกำหนดค่า B1 เท่ากับ 0 และ B2 เท่ากับ 1 เพื่อใช้เป็นแกนอ้างอิง ส่วนค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวอื่นหลังจากนั้นจะกำหนดให้เป็นพารามิเตอร์อิสระ (Duncan and Duncan, 1999)

การใช้โมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้รับความนิยมนในหลายสาขาวิชา เนื่องจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้แม้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจะมีไม่ครบสมบูรณ์ (McArdle and Hamagami, 1995) สามารถประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงทั้งเป็นรายบุคคลและระหว่างบุคคล นอกจากนั้นยังสามารถใช้ในการประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเมื่อการวัดการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละบุคคลมีการวัดต่างครั้งกัน หรือจำนวนครั้งไม่เท่ากัน เช่น มีข้อมูลขาดหายหรือวัดไม่ครบสมบูรณ์

Duncan และคณะ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542 อ้างอิงจาก Duncan et al., 1994) ได้กล่าวถึงจุดเด่นและข้อจำกัดของการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง จุดเด่นคือ สามารถทดสอบความแตกต่างของรูปแบบพัฒนาการตามสมมุติฐานรูปแบบต่าง ๆ สามารถรวมตัวแปรร่วมที่วัด ให้เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัด หรือไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัดเข้ามาในโมเดลได้ สามารถบอกถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรสังเกตได้ สามารถวิเคราะห์พัฒนาการที่มีโครงสร้างต่างกันได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน ส่วนข้อจำกัดคือ การต้องการกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งแจกแจงอย่างปกติเหมือนกับโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นอื่น ๆ นอกจากนั้นยังมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า การเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

โมเดลพัฒนาการมีโครงสร้างต่างกันหลายรูปแบบ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการวัดพัฒนาการทั้งหมด 5 ครั้ง ซึ่งมีโอกาสที่โมเดลพัฒนาการจะมีโครงสร้างแตกต่างกันหลายลักษณะ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการการศึกษา 3 ลักษณะ คือ 1) โมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) 2) โมเดลโค้งพัฒนาการแบบควอดราติก (quadratic growth model) และ 3) โมเดลโค้งพัฒนาการแบบพีชไว้ซ์ (piecewise growth model) ในขั้นแรกของการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นจะต้องวิเคราะห์ดูว่า สมการโพลีโนเมียลจะมีกำลังสูงสุดเท่าไรจึงจะเหมาะสม (fitted) กับข้อมูลที่ได้จากการวัดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งลักษณะของเส้นโค้งแบบโพลีโนเมียลจะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับกำลังของตัวแปรในสมการโพลีโนเมียล (degree of polynomial) ถ้ามีกำลังสูงสุดเป็นหนึ่งจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ถ้ามีกำลังสูงสุดเป็นสองจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งแบบควอดราติก เป็นต้น ในทางปฏิบัติการที่จะดูว่าสมการใดมีความเหมาะสมกับลักษณะการกระจายของข้อมูลได้ดีที่สุดนั้น จะเริ่มต้นด้วยการนำข้อมูล มาเขียนกราฟดูลักษณะการกระจายว่าเป็นรูปแบบใด มีลักษณะสอดคล้องกับเส้นโค้งโพลีโนเมียลที่มีกำลังเท่าใดมากที่สุด (Akihito, 2012)

ถ้าผลการทดสอบปรากฏว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นเส้นตรง (degree of polynomial = 1) โมเดลที่มีความเหมาะสมในการอธิบายรูปแบบของพัฒนาการคือ โมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง โดยที่ Λ เป็นเมทริกซ์ของน้ำหนัก (loading) η เป็นเวกเตอร์ของโครงสร้างของ η_j และ ϵ เป็นเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนปกติแบบสุ่ม (random normal errors) ที่มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ละช่วงเท่ากัน เช่น กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโมเดลในการวัดแต่ละครั้งมีค่าเท่ากับ [0, 1, 2, 3, 4] สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$y = \Lambda\eta + \epsilon$$

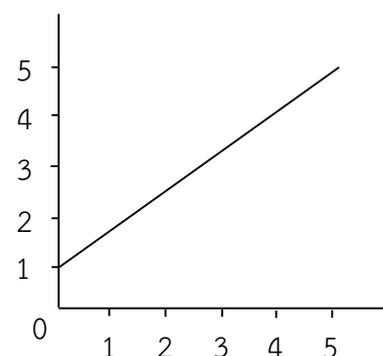
จากสมการข้างต้นสามารถนำมาเขียนเมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีการกระจายเป็นเส้นตรงได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} y_{1i} \\ y_{2i} \\ y_{3i} \\ y_{4i} \\ y_{5i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 3 \\ 1 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_{li} \\ \eta_{si} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1i} \\ \epsilon_{2i} \\ \epsilon_{3i} \\ \epsilon_{4i} \\ \epsilon_{5i} \end{bmatrix}$$

จากเมทริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวนี้ เขียนเป็นสมการในการวัดแต่ละครั้งได้ 5 สมการดังนี้

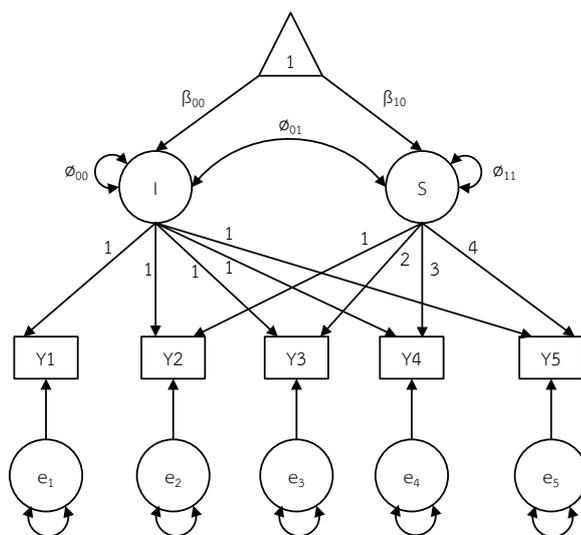
$$\begin{aligned} y_{1i} &= (1)\eta_{li} + (0)\eta_{si} + \epsilon_{1i} \\ y_{2i} &= (1)\eta_{li} + (1)\eta_{si} + \epsilon_{2i} \\ y_{3i} &= (1)\eta_{li} + (2)\eta_{si} + \epsilon_{3i} \\ y_{4i} &= (1)\eta_{li} + (3)\eta_{si} + \epsilon_{4i} \\ y_{5i} &= (1)\eta_{li} + (4)\eta_{si} + \epsilon_{5i} \end{aligned}$$

นอกจากเขียนเป็นสมการได้แล้ว เมื่อนำสมการแต่ละสมการมาทำการวาดกราฟ จะได้ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 พัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth) (Akihito, 2012)

สามารถวาดโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง ที่มีการวัดซ้ำ 5 ครั้ง ได้ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 โมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง ที่มีการวัดซ้ำ 5 ครั้ง (Akihito, 2012)

ถ้าผลการทดสอบปรากฏว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นเส้นโค้ง โมเดลที่มีความเหมาะสมในการอธิบายรูปแบบของพัฒนาการคือ โมเดลโค้งพัฒนาการแบบควอดราติก โดยที่ Λ เป็นเมทริกซ์ของน้ำหนัก (loading) η เป็นเวกเตอร์ของโครงสร้างของ η_j และ ϵ เป็นเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนปกติแบบสุ่ม (random normal errors) มีค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีพัฒนาการเป็นเส้นโค้ง เช่น กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโมเดลในการวัดแต่ละครั้งมีค่าเท่ากับ [0, 1, 2, 3, 4] และ [0, 1, 4, 9, 16] สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$y = \Lambda\eta + \epsilon$$

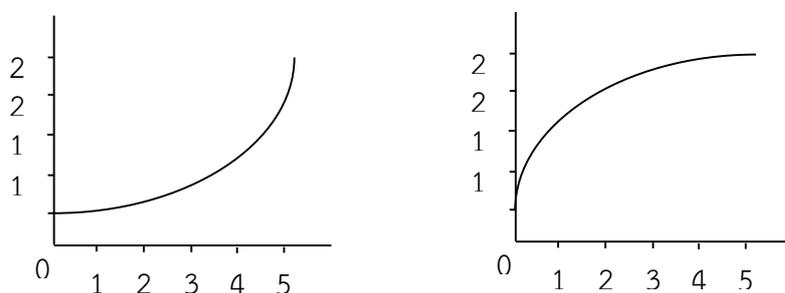
จากสมการข้างต้นสามารถนำมาเขียนเมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีการกระจายเป็นเส้นโค้งได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} y_{1i} \\ y_{2i} \\ y_{3i} \\ y_{4i} \\ y_{5i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 4 \\ 1 & 3 & 9 \\ 1 & 4 & 16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_{1i} \\ \eta_{2i} \\ \eta_{3i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1i} \\ \epsilon_{2i} \\ \epsilon_{3i} \\ \epsilon_{4i} \\ \epsilon_{5i} \end{bmatrix}$$

จากเมทริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวนี้ เขียนเป็นสมการในการวัดแต่ละครั้งได้ 5 สมการดังนี้

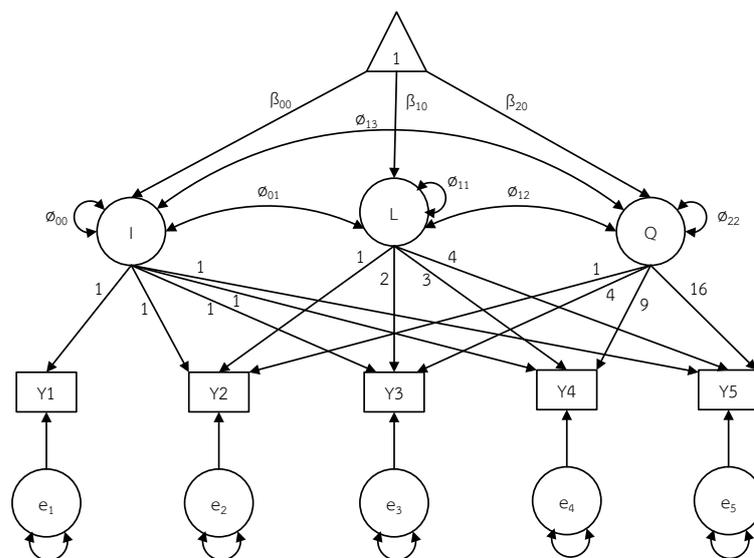
$$\begin{aligned}
 y_{1i} &= (1)\eta_{li} + (0)\eta_{Li} + (0)\eta_{Qi} + \epsilon_{1i} \\
 y_{2i} &= (1)\eta_{li} + (1)\eta_{Li} + (1)\eta_{Qi} + \epsilon_{2i} \\
 y_{3i} &= (1)\eta_{li} + (2)\eta_{Li} + (4)\eta_{Qi} + \epsilon_{3i} \\
 y_{4i} &= (1)\eta_{li} + (3)\eta_{Li} + (9)\eta_{Qi} + \epsilon_{4i} \\
 y_{5i} &= (1)\eta_{li} + (4)\eta_{Li} + (16)\eta_{Qi} + \epsilon_{5i}
 \end{aligned}$$

นอกจากเขียนเป็นสมการได้แล้ว เมื่อนำสมการแต่ละสมการมาทำการวาดกราฟจะได้
ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 พัฒนาการแบบควอดรatic (quadratic growth) (Akihito, 2012)

สามารถวาดโมเดลโค้งพัฒนาการแบบควอดรatic ที่มีการวัดซ้ำ 5 ครั้ง
ได้ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 โมเดลโค้งพัฒนาการแบบควอดรatic ที่มีการวัดซ้ำ 5 ครั้ง (Akihito, 2012)

นอกจากโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง และโค้งพัฒนาการแบบควอดราติก หากทดสอบข้อมูลแล้วปรากฏว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นเส้นตรงตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป โมเดลที่มีความเหมาะสมในการอธิบายรูปแบบของพัฒนาการคือ โมเดลโค้งพัฒนาการแบบพีชไว้ซ์ โดยที่ Λ เป็นเมทริกซ์ของน้ำหนัก (loading) η เป็นเวกเตอร์ของโครงสร้างของ η_j และ ϵ เป็นเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนปกติแบบสุ่ม (random normal errors) มีค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีพัฒนาการเป็นเส้นตรง 2 เส้น เช่น กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโมเดลในการวัดแต่ละครั้ง มีค่าเท่ากับ $[0, 1, 2, 2, 2]$ และ $[0, 0, 0, 1, 2]$ สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$y = \Lambda\eta + \epsilon$$

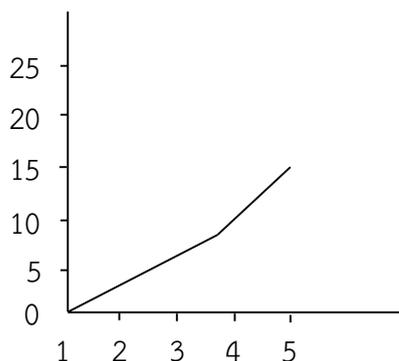
จากสมการข้างต้นสามารถนำมาเขียนเมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีการกระจายเป็นเส้นตรง 2 เส้นได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} y_{1i} \\ y_{2i} \\ y_{3i} \\ y_{4i} \\ y_{5i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_{ii} \\ \eta_{S1i} \\ \eta_{S2i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_{1i} \\ \epsilon_{2i} \\ \epsilon_{3i} \\ \epsilon_{4i} \\ \epsilon_{5i} \end{bmatrix}$$

จากเมทริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวนี้ เขียนเป็นสมการในการวัดแต่ละครั้งได้ 5 สมการดังนี้

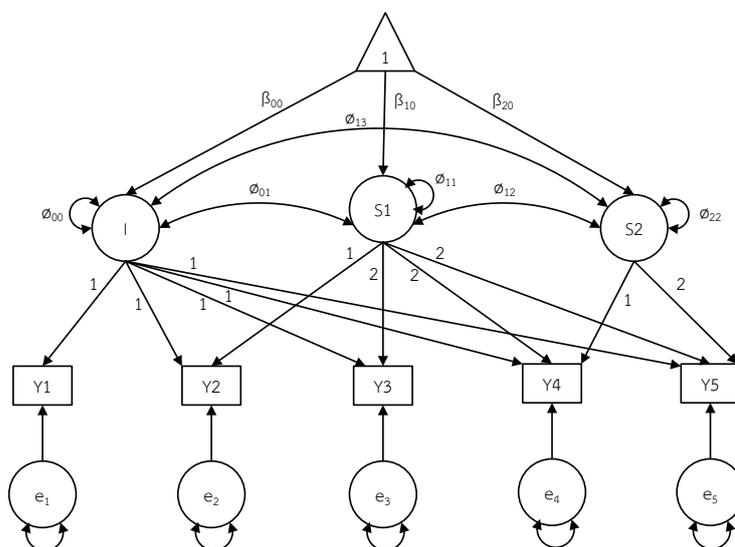
$$\begin{aligned} y_{1i} &= (1)\eta_{ii} + (0)\eta_{S1i} + (0)\eta_{S2i} + \epsilon_{1i} \\ y_{2i} &= (1)\eta_{ii} + (1)\eta_{S1i} + (0)\eta_{S2i} + \epsilon_{2i} \\ y_{3i} &= (1)\eta_{ii} + (2)\eta_{S1i} + (0)\eta_{S2i} + \epsilon_{3i} \\ y_{4i} &= (1)\eta_{ii} + (2)\eta_{S1i} + (1)\eta_{S2i} + \epsilon_{4i} \\ y_{5i} &= (1)\eta_{ii} + (2)\eta_{S1i} + (2)\eta_{S2i} + \epsilon_{5i} \end{aligned}$$

นอกจากเขียนเป็นสมการได้แล้ว เมื่อนำสมการแต่ละสมการมาทำการวาดกราฟจะได้ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 พัฒนาการแบบพีชไว้ซ์ (piecewise growth) (Akihito, 2012)

สามารถวาดโมเดลโค้งพัฒนาการแบบพีชไว้ซ์ ที่มีการวัดซ้ำ 5 ครั้ง ได้ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 โมเดลโค้งพัฒนาการแบบพีชไว้ซ์ ที่มีการวัดซ้ำ 5 ครั้ง (Akihito, 2012)

อย่างไรก็ตาม การใช้โมเดลโค้งพัฒนาการสำหรับตัวแปรแฝงที่ไม่มีตัวบ่งชี้พหุ โดยการรวมตัวบ่งชี้เข้าด้วยกัน จะทำให้ไม่สามารถอธิบายความคลาดเคลื่อนจากการวัดตัวบ่งชี้เหล่านั้นได้ นักวิจัยจึงได้พัฒนาโมเดลโค้งพัฒนาการที่ตัวแปรแฝงมีตัวบ่งชี้พหุขึ้น ซึ่งวิธีการนี้จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนในการวัดและทำให้นักวิจัยสามารถตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนในการวัดตลอดช่วงเวลาได้ (Hong and Ho, 2005) นักวิจัยอาจเรียกชื่อโมเดลโค้งพัฒนาการที่ตัวแปรแฝงมีตัวบ่งชี้พหุแตกต่างกัน เช่น โมเดลโค้งขององค์ประกอบ (curve of factors model) (Day and Lance, 2004) โมเดลโค้งระยะยาวที่มีตัวแปรแฝง (latent variable longitudinal curve model) (Tisak and Meredith, 1990) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงองค์ประกอบลำดับชั้น

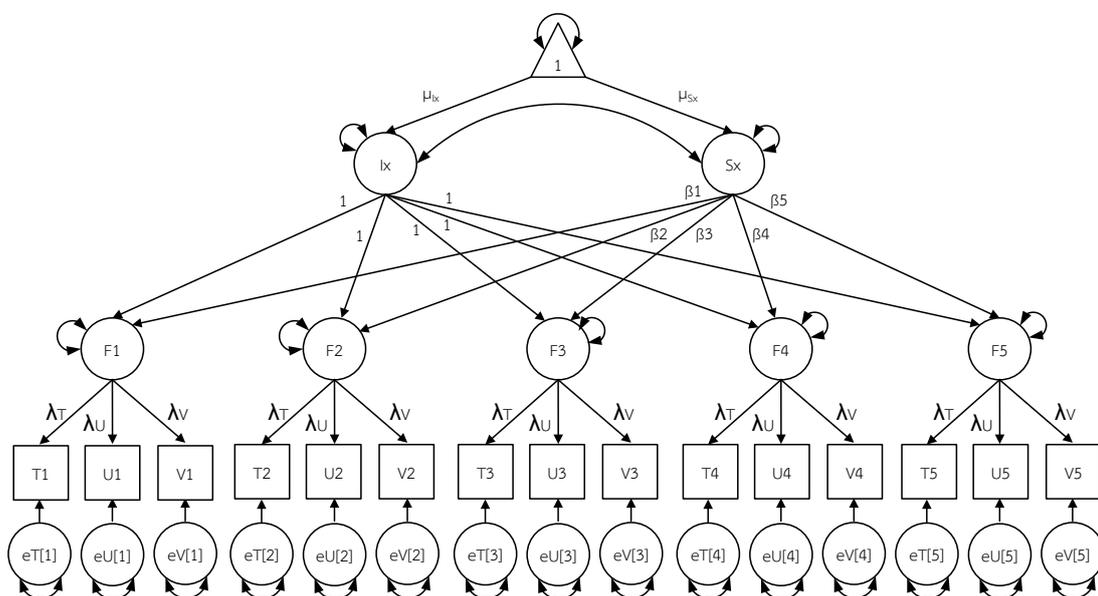
ที่สอง (second-order factor LGM) (Lance, Vandenberg and Self, 2000) และโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สอง (second-order latent growth model) (Hancock et al., 2001; Hong and Ho, 2005)

Hancock และคณะ (2001) กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สองไว้ว่า เป็นการประยุกต์ใช้แนวคิดของโมเดลองค์ประกอบลำดับชั้นที่สอง (second-order factor model) กับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ในโมเดลองค์ประกอบลำดับชั้นที่สองนี้นักวิจัยจะกำหนดให้องค์ประกอบลำดับชั้นที่หนึ่ง (first-order factors) เป็นตัวแปรตามขององค์ประกอบลำดับชั้นที่สองที่เป็นตัวแปรภายนอก กล่าวคือ องค์ประกอบลำดับชั้นที่สองมีองค์ประกอบลำดับชั้นที่หนึ่งเป็นตัวบ่งชี้ โดยองค์ประกอบลำดับชั้นที่สองใช้ในการอธิบายความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมขององค์ประกอบลำดับชั้นที่หนึ่ง การนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้ในบริบทของการศึกษาพัฒนาการมาจากงานของ McArdle ที่ใช้ข้อมูลจากบุคคลเดียวกันตลอดเวลาเพื่อกำหนดรูปแบบขององค์ประกอบ intercept และองค์ประกอบ growth ลำดับชั้นที่หนึ่งสำหรับตัวแปรที่มีการวัดต่างกัน เป็นตัวแปรตามขององค์ประกอบ intercept และองค์ประกอบ growth ลำดับชั้นที่สอง โดยความแปรผันร่วม (covariation) ระหว่าง latent intercepts ถูกอธิบายโดยโครงสร้าง latent intercept ร่วม ในขณะที่ความแปรผันร่วมระหว่างอัตราพัฒนาการแฝง (latent growth rates) ถูกอธิบายโดยโครงสร้างพัฒนาการแฝงร่วม (common latent growth construct)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่ประเมินตลอดช่วงเวลา t ครั้ง โดยกำหนดให้ η_j เป็นโครงสร้างแฝงที่เวลา j โดยตัวแปรที่วัดได้ Y_{ij} ($i = 1, \dots, k$) k ตัว นั่นคือ $y = \tau + \Lambda\eta + \varepsilon$ โดยที่เวกเตอร์ y ประกอบด้วยชุดของค่าเวลา t สำหรับตัวแปร Y จำนวน k ตัว τ เป็นเวกเตอร์ของค่าตั้งต้น ตัวแปร Λ เป็นเมทริกซ์ของน้ำหนัก (loading) ที่สัมพันธ์กับแต่ละโครงสร้าง η_j ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรที่วัดได้ η เป็นเวกเตอร์ของโครงสร้างของ η_j และ ε เป็นเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนปกติแบบสุ่ม (random normal errors) การกำหนดรูปแบบพัฒนาการในโครงสร้าง η_j สามารถอธิบายได้ด้วย $\eta = \Gamma\xi + \zeta$ โดยที่ Γ เป็นเมทริกซ์ของน้ำหนักองค์ประกอบลำดับชั้นที่สอง (second-order factor loading) ซึ่งสะท้อนแบบแผนพัฒนาการตามสมมุติฐานภายใต้โครงสร้าง η_j ξ เป็นเวกเตอร์ขององค์ประกอบแฝงภายนอกในการจับด้าน (facets) ของพัฒนาการที่กำหนด (ปริมาณตั้งต้นและอัตราการเปลี่ยนแปลง) และ ζ เป็นเวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนปกติแบบสุ่มในโครงสร้าง η_j ลำดับชั้นที่หนึ่ง สมมุติฐานพัฒนาการแสดงด้วย $\xi = [\alpha \beta]'$ โดยที่ α เป็นองค์ประกอบตั้งต้น (intercept factor) ที่แสดงปริมาณตั้งต้นที่แท้จริงของ η และ β เป็นองค์ประกอบความชัน (slope factor) แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงใน η ตลอดช่วงเวลาการทดสอบรูปแบบพัฒนาการเชิงเส้นตรงในโครงสร้างสามารถทำได้ โดยกำหนดน้ำหนักองค์ประกอบลำดับชั้นที่สองเช่นเดียวกับการกำหนดน้ำหนักองค์ประกอบในโมเดลโค้งพัฒนาการที่กล่าวข้างต้น

2. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สอง

การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สองเป็นส่วนขยายของโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่หนึ่ง แนวคิดการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สองเริ่มต้นในปี 1980 แต่ก็ได้รับความสนใจเพียงเล็กน้อย จนกระทั่งเมื่อปี 1988 McArdle (1988) ได้กล่าวถึงประเด็นปัญหาของโมเดลพัฒนาการหลายตัวแปรโดยใช้โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สอง และระบุโมเดลที่มีความเป็นไปได้คือ โค้งขององค์ประกอบ (curve-of-factors: CUFFS) โดยโมเดล CUFFS องค์ประกอบของการวัดตัวแปรถูกสกัดในระดับที่ 1 ส่วนโมเดลพัฒนาการเป็นการกำหนดร่วมกันขององค์ประกอบในระดับที่ 2 ซึ่งสามารถแสดงโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สองแบบโค้งขององค์ประกอบ ได้ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สองแบบโค้งขององค์ประกอบ (McArdle, 1988)

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สองแบบโค้งขององค์ประกอบ มีข้อดีกว่าโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงหลายประการ แต่ยังคงขาดความชัดเจนภายใต้เงื่อนไขของแต่ละโมเดล โดยเฉพาะการละเลยโครงสร้าง รูปร่างลักษณะและอัตราความเปลี่ยนแปลงพัฒนาการของตัวแปรสังเกตได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการปรับวิธีการศึกษาโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับชั้นที่สองแบบโค้งขององค์ประกอบด้วยการสลับให้โมเดลพัฒนาการของแต่ละตัวแปรสังเกตได้อยู่ในระดับที่ 1 ส่วนค่าตั้งต้นและความชันขององค์ประกอบร่วมถูกสกัดในระดับที่ 2 รวมทั้งมีการตรวจสอบโครงสร้างลักษณะการกระจายข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้ ตามแนวคิดที่ว่า คณะนักพัฒนาการจากการวัดระยะยาวรายบุคคลนั้นมีแบบแผนการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันหลายแบบแผน ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาใน 3 ลักษณะ คือ 1) โมเดลโค้งพัฒนาการของตัวแปรสังเกตได้ที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง 2) โมเดลโค้งพัฒนาการของตัวแปรสังเกตได้ที่มีตัวแปรแฝงแบบควอดราติก และ

3) โมเดลโค้งพัฒนาการของตัวแปรสังเกตได้ที่มีตัวแปรแฝงแบบพีชไควซ์ (Akihito, 2012) โดยโมเดลที่ผู้วิจัยทำการปรับเพื่อนำมาประยุกต์ใช้อาจจะมีประโยชน์มากกว่าในด้านสารสนเทศที่ได้ กล่าวคือ ทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง รูปร่างลักษณะ และอัตราความเปลี่ยนแปลงพัฒนาการในแต่ละตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งจะสามารถนำไปกำหนดแนวทางในการพัฒนาที่มีเฉพาะเจาะจง และทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด

3. โมเดลพัฒนาการแบบผสม

โมเดลพัฒนาการแบบผสม (growth mixture model) คือ โมเดลที่พัฒนาจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) กับการนำเอาตัวแปรแฝงแบบจัดกลุ่ม (categorical latent variables) เข้าร่วมวิเคราะห์ในโมเดล ซึ่งตัวแปรแฝงแบบจัดกลุ่มนี้จะแทนกลุ่มย่อยของประชากรหลาย ๆ กลุ่ม ที่ความเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่มไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่เป็นการจัดกลุ่มตามอัตราพัฒนาการ ที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์ โมเดลการวิเคราะห์เพื่อระบุความเป็นสมาชิกในแต่ละกลุ่มย่อย (latent class) เรียกว่า “โมเดลผสมแบบจำกัด” (finite mixture model) (McLachlan and Peel, 2000) เมื่อสามารถระบุกลุ่มย่อยตามอัตราพัฒนาการได้แล้ว ลำดับต่อไปของการวิเคราะห์ด้วยโมเดลพัฒนาการแบบผสม มีรูปแบบการวิเคราะห์หลากหลายรูปแบบ ผู้พัฒนาที่สำคัญ คือ Muthén (2008) ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทั้งในลักษณะของตัวแปรแฝงที่มีค่าต่อเนื่อง (continuous latent variable) และตัวแปรแฝงแบบจัดประเภท (categorical latent variable) โมเดลพัฒนาการแบบผสมที่มีรูปแบบง่ายที่สุดและได้รับการพัฒนาขึ้นช่วงแรกคือ “การวิเคราะห์พัฒนาการด้วยระดับชั้นแฝง” (latent class growth analysis: LCGA) มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า กลุ่มตัวอย่างที่อยู่ภายใต้ระดับชั้นแฝงเดียวกัน มีอัตราพัฒนาการเท่ากัน ต่อมาได้มีการพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์ได้ละเอียดลึกซึ้งขึ้น กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างที่อยู่ภายใต้ระดับชั้นแฝงเดียวกันจะมีอัตราพัฒนาการแตกต่างกันตามสภาพความเป็นจริง วิเคราะห์ร่วมในโมเดลในลักษณะของอิทธิพลสุ่ม (random effects) ซึ่งถือว่าเป็นตัวแปรแฝงที่มีค่าต่อเนื่อง (continuous latent variables) โมเดลนี้ก็คือ “โมเดลพัฒนาการแบบผสม” (growth mixture model: GMM)

การวิเคราะห์พัฒนาการทุกรูปแบบในช่วงที่ผ่านมา สามารถนำมาประยุกต์และทำการวิเคราะห์ตามแบบแผนของโมเดลพัฒนาการแบบผสมได้ทุกโมเดล (Muthén, 2008) การประยุกต์โมเดลพัฒนาการแบบผสมร่วมกับโมเดลอื่น ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์การเปลี่ยนผ่านของระดับชั้นแฝง (latent transition analysis: LTA) ซึ่งดัชนีบ่งชี้ระดับชั้นแฝงจะวัดมาจากหลายช่วงเวลา และกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนสามารถปรับเปลี่ยนระดับพัฒนาการไปสู่ระดับชั้นแฝงอื่น ๆ ได้ การวิเคราะห์การเหลือรอดในแต่ละช่วงเวลาแบบผสม ที่พิจารณาเวลาเป็นตัวแปรแบบจัดประเภท (discrete-time survival mixture analysis: DTSMA) เป็นโมเดลที่ข้อมูลจากการวัดซ้ำจะสะท้อนเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ผ่านมา (Muthén and Masyn, 2005) และโมเดลการวิเคราะห์การเหลือรอดในแต่ละช่วงเวลาแบบผสมที่พิจารณาตัวแปรเวลาให้เป็นค่าต่อเนื่อง (continuous-time model) (Muthén and Muthén, 2009)

โมเดลพัฒนาการแบบผสมสามารถศึกษาตัวแปรตามได้ทั้งที่เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง ข้อมูลที่แบ่งออกเป็น 2 ค่า ข้อมูลแบบเรียงอันดับ ข้อมูลที่เป็นจำนวน หรือเป็นข้อมูลที่รวมหลาย ๆ ลักษณะไว้ด้วยกัน การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลได้หลายกรณี ได้แก่

มีประชากรเพียงกลุ่มเดียว หรือประชากรที่แบ่งได้เป็นหลายกลุ่ม มีข้อมูลสูญหาย มีข้อมูลจากการสำรวจแบบซับซ้อน มีการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรแฝง มีการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์ไม่เป็นเส้นตรง (nonlinear factor analysis) มีการนำค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยไปใช้เป็นตัวแปรแบบสุ่ม ช่วงเวลาการวัดของแต่ละคนมีค่าแตกต่างกัน การระบุค่าพารามิเตอร์แบบกำหนดเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงหรือไม่เป็นเส้นตรง การตรวจสอบเส้นทางอิทธิพลเชิงสาเหตุด้วยการวิเคราะห์อิทธิพลทางอ้อม การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Maximum Likelihood การวิเคราะห์ bootstrap standard errors และ confidence intervals การทดสอบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี wald chi-square test และการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับชั้นแฝงด้วยวิธี posterior probability-based multiple imputations (Muthén and Muthén, 2008)

โมเดลการวิเคราะห์ข้อมูลในโมเดลพัฒนาการแบบผสม นำเสนอได้ดังนี้ (Palardy and Vermunt, 2008)

โมเดลการวัดซ้ำ (repeated measurement model) ในแต่ละบุคคล จำนวน i คน จำนวน t ครั้ง

$$Y_{ti} = \pi_{0i} + \pi_{1i}a_{ti1} + e_{ti} \quad e_{ti} \sim N(0, \sigma^2)$$

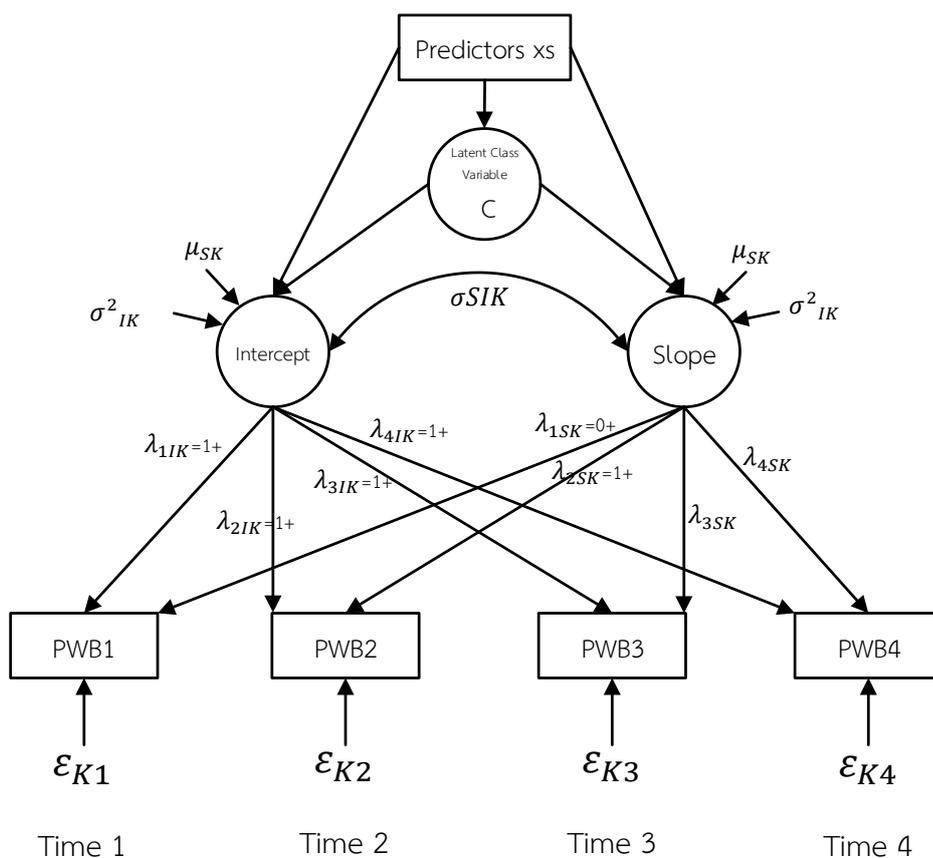
โมเดลระดับบุคคล (individual model)

$$\begin{aligned} \pi_{0i} &= \beta_{00} + \sum_{k=2}^K \beta_{00k}^* c_{ik} + \sum_{q=1}^Q \beta_{0q} X_{qi} + r_{0i} \\ \pi_{1i} &= \beta_{10} + \sum_{k=2}^K \beta_{01k}^* c_{ik} + \sum_{q=1}^Q \beta_{1q} X_{qi} + r_{1i} \end{aligned} \quad r_i \sim N(0, T_r)$$

โมเดลอิทธิพลเชิงสาเหตุต่อระดับชั้นแฝง (latent classes)

$$\log it [P(c_{ik} = 1)] = \lambda_{0k} + \sum_{q=1}^Q \lambda_{qk} X_{qi}$$

โมเดลพัฒนาการแบบผสม เป็นโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงประเภทหนึ่ง ที่ขยายขอบเขตของวิธีวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ระดับชั้นแฝง (latent class analysis) เข้ามาร่วมวิเคราะห์ในโมเดล ในส่วนของการระบุกลุ่มย่อยของประชากร ซึ่งเรียกว่า “ระดับชั้นแฝง” (latent class) เป็นการจัดกลุ่มย่อยตามอัตราพัฒนาการ (growth rate) ที่ประมาณค่าจากข้อมูลเชิงประจักษ์ แล้วนำระดับชั้นแฝงสร้างเป็นตัวแปรใหม่ เรียกว่า “ตัวแปรระดับชั้นแฝง” (latent class variable) หลังจากนั้นจึงนำไปร่วมวิเคราะห์ในโมเดลเดียวกัน ตัวอย่างโมเดลพัฒนาการแบบผสม นำเสนอดังภาพประกอบ 13 ประกอบด้วยตัวแปรทำนาย ตัวแปรระดับชั้นแฝง (latent class variable) และองค์ประกอบพัฒนาการแฝง (latent growth factors) ได้แก่ ค่าสถานภาพเริ่มต้น และค่าอัตราพัฒนาการ



ภาพประกอบ 13 โมเดลพัฒนาการแบบผสม (Palardy and Vermunt, 2008)

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์

การนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 หัวข้อ คือ 1) ความหมายของการคิดวิเคราะห์ 2) ความสำคัญของการคิดวิเคราะห์ 3) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ และ 4) องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้

1. ความหมายของการคิดวิเคราะห์

ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์โดยใช้คำที่แตกต่างกัน เช่น การคิดวิเคราะห์เป็นกิจกรรมที่ซับซ้อน การคิดวิเคราะห์เป็นกิจกรรมทางปัญญา การคิดวิเคราะห์เป็นการให้เหตุผลและเป็นการคิดเพื่อการตัดสินใจ ซึ่งได้มีผู้เชี่ยวชาญให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

สุวิทย์ มูลคำ (2551) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุสิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

สมนีก ภัททิยธนี (2551) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นการแยกแยะพิจารณาคุณลักษณะเอียงของสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องต่าง ๆ ว่ามีขึ้นส่วนใดสำคัญที่สุด สองขึ้นส่วนใดสัมพันธ์กันมากที่สุด และขึ้นส่วนเหล่านั้นอยู่รวมกันได้หรือทำงานได้เพราะใช้หลักการใด ลักษณะของการวิเคราะห์ก็คือ การใช้วิจารณ์ญาณเพื่อไตร่ตรองนั่นเอง

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความคิดในการจำแนกแยกแยะข้อมูลขององค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะป็นวัตถุ เรื่องราว เหตุการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อค้นหาความจริง ความสำคัญ แก่นแท้ องค์ประกอบหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ ทั้งที่อาจแฝงอยู่ในสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏได้อย่างชัดเจน รวมทั้งหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไร อาศัยหลักการใดจนได้ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุป การประยุกต์ใช้ การทำนายหรือคาดการณ์สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

Bloom (1981) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า ความสามารถในการจำแนกแยกแยะส่วนย่อยต่าง ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว เนื้อเรื่องหรือสิ่งต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีองค์ประกอบอะไร สัมพันธ์กันอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการใด

Dewey (1993) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นการคิดที่มีขอบเขตระหว่าง 2 สถานการณ์ คือ การคิดที่จะเริ่มต้นที่สถานการณ์ที่มีความฉงนและจบลงด้วยสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน

Hannah และ Michaelis (1997) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการแยกแยะส่วนย่อยของสิ่งต่าง ๆ เพื่อดูความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการของความเป็นไป

Russell (2001) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นการคิดเพื่อแก้ปัญหาโดยผู้คิดต้องใช้ในการพิจารณาตัดสินใจเรื่องราวต่าง ๆ ว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย การคิดวิเคราะห์จึงเป็นกระบวนการประเมินหรือการจัดหมวดหมู่โดยอาศัยเกณฑ์ที่เคยยอมรับกันมาแต่ก่อนแล้วสรุปหรือพิจารณาตัดสินใจ

Ennis (2005) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นการคิดแบบตรรกะตรง และมีเหตุผล เพื่อการตัดสินใจก่อนที่จะเชื่อหรือก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ

จากการศึกษาความหมายของการคิดวิเคราะห์ สรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึงการจำแนกแยกแยะส่วนย่อยต่าง ๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว เนื้อเรื่องหรือสิ่งต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีองค์ประกอบอะไร สัมพันธ์กันอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการใด

2. ความสำคัญของการคิดวิเคราะห์

นักการศึกษาหลายท่านต่างให้ความสนใจเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ (analytical thinking) โดยมีข้อมูลระบุถึงความเกี่ยวข้องของความสำเร็จทางวิชาการกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (analytical thinking) (เช่น Greene et al., 2004; Zhang, 2005; Groothohh et al., 2008; Dunn et al., 2009; Kuhn and Holling, 2009) ซึ่งการคิดวิเคราะห์เป็นหนึ่งในความสามารถที่มีความสำคัญที่สุด 3 ด้านของผู้มีความสามารถพิเศษ (giftedness) (Sternberg, 1997) ประกอบด้วย ทักษะการคิดวิเคราะห์ (analytical thinking) ทักษะการสังเคราะห์

(synthesis skill) และทักษะการแก้ปัญหา (problem solving skill) รวมทั้งเป็นหนึ่งในจำนวนการคิดที่มีความซับซ้อนและเป็นการคิดขั้นสูง (higher-ordered complicated thinking) (สุวิทย์มูลคำ, 2551) ที่มีความสำคัญต่อการเรียนและการดำเนินชีวิตของบุคคล เพราะการคิดวิเคราะห์เป็นการคิดในระดับพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับทุกคน ถ้าคิดวิเคราะห์เป็นบุคคลก็จะวินิจฉัย ประเมิน ตัดสินใจ วางแผน และคาดการณ์อนาคตต่าง ๆ ได้ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2546) อีกทั้งการคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานสำคัญที่มีความสัมพันธ์กับการคิดขั้นสูง เนื่องจากการคิดวิเคราะห์เป็นพื้นฐานหรือเป็นขั้นตอนหนึ่งของการคิดขั้นสูง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างการคิดวิเคราะห์กับการคิดขั้นสูง (จรัญ คำยัง และอรรณงค์ อรรณงค์, 2549) สามารถแสดงได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการคิดวิเคราะห์กับการคิดขั้นสูง

การคิดขั้นสูง	การคิดวิเคราะห์
การแก้ปัญหา	ทำความเข้าใจปัญหา หาความสัมพันธ์ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา เปรียบเทียบทางเลือก ลงมือแก้ปัญหา ตรวจสอบผลการดำเนินงาน
การตัดสินใจ	หาเหตุผล จำแนกข้อมูล เปรียบเทียบทางเลือกเพื่อการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล
การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ	จำแนกแยกแยะ จัดระบบข้อมูลอย่างมีเหตุผล เปรียบเทียบข้อมูลเพื่อการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล
การคิดสร้างสรรค์	เชื่อมโยงความสัมพันธ์ข้อมูล จัดระบบข้อมูล เปรียบเทียบข้อมูลใหม่กับข้อมูลเดิม ผสมผสานนำไปสู่การสร้างผลงาน

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยทำการศึกษาทบทวนแล้วพบว่า มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจำนวน 4 ทฤษฎี โดยมีลำดับการนำเสนอต่อไปนี้

3.1 ทฤษฎีการรับรู้ภาพรวมของนักจิตวิทยา กลุ่มเกสตัลท์ (Gastalt's perception theory)

ทฤษฎีกลุ่มเกสตัลท์เกิดจากนักจิตวิทยาชาวเยอรมันตั้งแต่ปี ค.ศ. 1912 โดยผู้นำกลุ่มมีแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มว่า ส่วนรวมมีค่ามากกว่าผลบวกของส่วนย่อย (the whole is greater than sum of the parts) (ทีศนา แคมมณี และคณะ, 2544)

หลักการเรียนรู้ของกลุ่มเกสตัลท์ (Gastalt's theory) เน้นการเรียนรู้ส่วนรวมมากกว่าส่วนย่อย การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ในลักษณะของการรับรู้ (perception) เป็นการแปลความหมายของการสัมผัสด้วยอวัยวะรับสัมผัสทั้ง 5 ส่วน คือ หู ตา จมูก ลิ้น ผิวหนัง การรับรู้ทางสายตามีประมาณร้อยละ 75 ของการรับรู้ทั้งหมด ดังนั้นกลุ่มเกสตัลท์ (Gastalt's theory) จึงจัดระเบียบการรับรู้โดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ เรียกว่า กฎแห่งการจัดระเบียบ (law of organization) คือ

1. กฎแห่งความชัดเจน การเรียนรู้ที่ดีต้องมีความชัดเจนและแน่นอน เพราะผู้เรียนมีประสบการณ์แตกต่างกัน เมื่อต้องการให้เกิดการเรียนรู้อย่างเดียวกัน สิ่งที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ต้องมีความชัดเจน
2. กฎแห่งความคล้ายคลึง เป็นการวางหลักการเรียนรู้ในสิ่งที่คล้ายคลึงกัน เพื่อจะได้รู้ว่า การจัดสิ่งที่คล้ายกันให้อยู่ใกล้เคียงกันจะช่วยให้บุคคลเกิดการรับรู้และเรียนรู้ว่าเป็นพวกเดียวกันได้อย่างรวดเร็ว สามารถจัดเข้ากลุ่มเดียวกันได้
3. กฎแห่งความสมบูรณ์ บุคคลสามารถรับรู้สิ่งเร้าที่ยังไม่สมบูรณ์ให้สมบูรณ์ได้ หากบุคคลมีประสบการณ์เดิมในสิ่งนั้น
4. กฎแห่งความต่อเนื่อง หากสิ่งเร้ามีความต่อเนื่องกันหรือมีทิศทางไปในทางเดียวกัน บุคคลจะสามารถรับรู้ว่าเป็นสิ่งเดียวกันหรือเป็นเหตุเป็นผลกัน
5. กฎแห่งความคงที่ หากบุคคลรับรู้ภาพรวมของสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้ว จะมีความคงที่ในการรับรู้สิ่งนั้นในลักษณะเดิม แม้ว่าสิ่งเร้าจะได้แปรเปลี่ยนไปในแง่มุมอื่น
6. กฎแห่งการบิดเบือน การรับรู้ของบุคคลอาจเกิดการผิดพลาดขึ้นได้หากสิ่งเร้านั้นมีลักษณะที่ทำให้เกิดการลวงตา

3.2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's theory of intellectual development)

Piaget (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2545) เชื่อว่าคนเราทุกคนตั้งแต่เกิดมามีความพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และโดยธรรมชาติแล้วมนุษย์เป็นผู้พร้อมที่จะมีกิริยา กรรม หรือเริ่มกระทำก่อน (active) นอกจากนี้ Piaget ถือว่ามนุษย์เรามีแนวโน้มพื้นฐานที่ติดตัวมาแต่กำเนิด 2 ชนิด คือ การจัดและรวบรวม (organization) และการปรับตัว (adaptation) ซึ่งอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. การจัดและรวบรวม (organization) หมายถึง การจัดและรวบรวมกระบวนการต่าง ๆ ภายในเข้าเป็นระบบอย่างต่อเนื่องกัน เป็นระเบียบ และมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา トラบที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม
2. การปรับตัว (adaptation) หมายถึง การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เพื่ออยู่ในสภาพสมดุล การปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการ 2 อย่าง คือ
 - 2.1 การซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ (assimilation) เมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ให้รวมเข้าอยู่ในโครงสร้างของสติปัญญา (cognitive structure)
 - 2.2 การปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (accommodation) หมายถึง การเปลี่ยนแบบโครงสร้างของเขาว์ปัญญาที่มีอยู่ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม หรือประสบการณ์ใหม่ หรือการเปลี่ยนแปลงความคิดเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมใหม่

สรุปแล้วในพัฒนาการทางเขาว์ปัญญา บุคคลต้องมีการปรับตัว ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการที่สำคัญ 2 อย่าง คือ การซึมซับหรือการดูดซึม และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา Piaget กล่าวว่า ระหว่างระยะเวลาตั้งแต่วัยทารกจนถึงวัยรุ่นคนเราจะค่อย ๆ สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

Piaget ถือว่า เด็กทุกคนตั้งแต่เกิดมาพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์นี้ทำให้เกิดพัฒนาการเชิงปัญญา Piaget แบ่งองค์ประกอบที่มีส่วนเสริมสร้างพัฒนาการเชิงปัญญาไว้ 4 องค์ประกอบ คือ

1. วุฒิภาวะ (maturation) หมายถึง การเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยา โดยเฉพาะเส้นประสาทและต่อมไร้ท่อ มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเชิงปัญญา หรือจะต้องจัดประสบการณ์หรือสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับความพร้อมหรือวัยของเด็ก
2. ประสบการณ์ (experience) ทุกครั้งที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ก็จะเกิดประสบการณ์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ
 - 2.1 ประสบการณ์ที่เนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ (physical environment)
 - 2.2 ประสบการณ์เกี่ยวกับการคิดหาเหตุผลและทางคณิตศาสตร์ (logico-mathematical experience)
3. การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม (social transmission) หมายถึง การที่พ่อแม่ ครู และคนที่อยู่รอบตัวเด็กถ่ายทอดความรู้ให้เด็ก หรือสอนเด็กที่พร้อมจะรับการถ่ายทอดด้วยกระบวนการซึมซาบประสบการณ์หรือการปรับโครงสร้างทางเชิงปัญญา
4. กระบวนการพัฒนาสมดุล (equilibration) หรือการควบคุมพฤติกรรมของตนเอง (self-regulation) ซึ่งอยู่ในตัวของแต่ละบุคคล เพื่อจะปรับความสมดุลของพัฒนาการเชิงปัญญาขึ้นต่อไปอีกขั้นหนึ่งซึ่งสูงกว่า โดยใช้กระบวนการซึมซาบประสบการณ์และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา

Piaget กล่าวว่า โดยธรรมชาติแล้ว คนเราทุกคนต้องมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมอยู่เสมอ และจะต้องมีการปรับตัวอยู่เรื่อย ๆ จึงเป็นต้นเหตุให้คนเรามีพัฒนาการทางเชิงปัญญา และองค์ประกอบ 4 อย่างดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในพัฒนาการทางเชิงปัญญา Piaget ได้แบ่งขั้นพัฒนาการเชิงปัญญา ออกเป็น 4 ขั้น คือ

1. ขั้น sensorimotor (แรกเกิดถึง 2 ขวบ) เด็กวัยนี้เป็นวัยที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย Piaget ได้แบ่งขั้น Sensorimotor ออกเป็นชั้นย่อย 6 ชั้น ดังนี้
 - 1.1 reflexive ชั้นปฏิกิริยาสะท้อน (0-1 เดือน) เป็นวัยที่เด็กทารกใช้พฤติกรรมรีเฟล็กซ์หรือโดยประสาทอัตโนมัติที่ติดตัวมาตั้งแต่เกิด เช่น การดูด โดยการพยายามปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เช่น ดูนมจากนมของแม่ ดูนมขวด เป็นต้น พฤติกรรมเหล่านี้เกิดขึ้นเพื่อสนองต่อสิ่งเร้าโดยอัตโนมัติ เป็นพฤติกรรมที่ไม่เกิดจากการเรียนรู้
 - 1.2 primary circular reactions ชั้นพัฒนาอวัยวะเคลื่อนไหวด้านประสบการณ์เบื้องต้น (1-3 เดือน) วัยนี้ทารกมักจะแสดงพฤติกรรมง่าย ๆ และทำซ้ำ ๆ กันโดยไม่เพื่อพฤติกรรมที่แสดงปราศจากจุดมุ่งหมาย ความสนใจของเด็กมักจะอยู่ที่ความเคลื่อนไหว แต่ไม่ใช่ผลของความเคลื่อนไหว
 - 1.3 secondary circular reactions ชั้นพัฒนาการเคลื่อนไหวโดยมีจุดมุ่งหมาย (4-6 เดือน) ขั้นนี้เป็นขั้นแรกที่เด็กทารกแสดงพฤติกรรมโดยมีความตั้งใจหรือมีจุดมุ่งหมาย เด็กขั้นนี้จะเริ่มทำพฤติกรรมซ้ำเพราะความสนใจในผลของพฤติกรรมนั้น

1.4 coordination of secondary reactions ขั้นพัฒนาการประสานของอวัยวะ (7-10 เดือน) ในขั้นนี้เด็กทารกเริ่มที่จะแก้ปัญหาอย่างง่าย ๆ เด็กทารกจะใช้พฤติกรรมในอดีตที่ผ่านมาช่วยในการแก้ปัญหา เด็กวัยนี้สามารถหาของซ่อนไว้ได้หรือกล่าวได้ว่าเด็กมีความเข้าใจเกี่ยวกับความมีตัวตนของวัตถุ (object permanence) ในขั้นนี้เด็กทารกเริ่มจะรู้ว่าตนเองเป็นส่วนอิสระ เด็กสามารถแยกสิ่งที่ตน “ต้องการ” และ “ไม่ต้องการ” ออกจากกัน และสามารถเลียนแบบหรือเลียนการเคลื่อนไหวจากผู้อื่น พฤติกรรมในขั้นนี้มักจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหาในสิ่งที่ตนอยากได้

1.5 tertiary circular reactions ขั้นพัฒนาการความคิดริเริ่มแบบลองผิดลองถูก (11-18 เดือน) ในขั้นนี้เด็กเริ่มทดลองพฤติกรรมแบบถูกผิด (trial and error) ขั้นนี้เด็กทารกมีความสนใจในผลของพฤติกรรมใหม่ ๆ มักทดลองทำดูหลาย ๆ แบบ และสนใจผลที่เกิดขึ้น พฤติกรรมของเด็กในขั้นนี้เป็นการทดลองสิ่งแวดล้อม ไม่เพียงแต่ว่าเพื่อจะดูว่าอะไรเกิดขึ้น แต่มีความมุ่งหมาย มีความคิดริเริ่มในการแสดงพฤติกรรม และความคิดริเริ่มเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเขาวัยปัญญา

1.6 การเริ่มต้นของความคิด (beginning of thought) ขั้นพัฒนาโครงสร้างสติปัญญาเบื้องต้น (invention of new means through internal mental combination) (18 เดือน ถึง 2 ขวบ) พัฒนาการเขาวัยปัญญาระดับนี้เป็นระดับสุดท้ายของขั้น sensorimotor เด็กในวัยนี้สามารถที่จะประดิษฐ์วิธีใหม่ ๆ โดยใช้ความคิดในการแก้ปัญหา เด็กสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งหนึ่งกับสิ่งหนึ่งและสามารถคิดแก้ปัญหาได้ ในขั้นนี้ถ้าเด็กพบปัญหาใหม่ที่ตนประสบแต่ไม่มีวิธีการที่จะใช้แก้ปัญหามาแต่ก่อน เด็กวัยนี้จะรู้จักประดิษฐ์วิธีการใหม่ขึ้น แต่วิธีการที่ประดิษฐ์นั้นไม่เป็นแต่เพียง trial and error แต่เป็นวิธีการที่แสดงว่าเด็กเริ่มใช้ความคิด Piaget สรุปว่า ในขั้นนี้เด็กจะเริ่มเรียนรู้ความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมและสามารถที่จะอนุมานความสัมพันธ์ของเหตุและผลได้ สามารถมีจินตนาการก่อนที่จะเริ่มแสดงพฤติกรรม สามารถเลียนแบบพฤติกรรมของผู้ใหญ่โดยไม่จำเป็นต้องเห็นตัวอย่างแสดงจริง ๆ แต่เลียนแบบจากความจำ

สรุป ขั้น sensorimotor เป็นขั้นของพัฒนาการทางสติปัญญาความคิดก่อนระยะเวลาที่เด็กอ่อนจะพูดและใช้ภาษาได้ Piaget กล่าวว่า สติปัญญาความคิดของเด็กวัยนี้แสดงออกโดยทางการกระทำ (actions) เด็กสามารถแก้ปัญหาได้แม้ว่าจะไม่สามารถที่จะอธิบายได้

2. ขั้น preoperational (18 เดือนถึง 7 ขวบ) เด็กวัยก่อนเข้าโรงเรียนและวัยอนุบาลมีระดับเขาวัยปัญญาอยู่ในขั้นนี้ เด็กวัยนี้มีโครงสร้างของสติปัญญา ที่จะใช้สัญลักษณ์แทนวัตถุสิ่งของที่อยู่รอบ ๆ ตัวได้ หรือมีพัฒนาการทางด้านภาษา เด็กวัยนี้จะเริ่มด้วยการพูดเป็นประโยคและเรียนรู้คำต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เด็กจะรู้จักคิดในใจ อย่างไรก็ตาม ความคิดของเด็กวัยนี้ยังมีข้อจำกัดหลายอย่างโดยเฉพาะตอนต้นของวัยนี้ สิ่งที่เด็กวัยนี้ทำไม่ได้เหมือนเด็กวัยประถมศึกษาที่มีหลายอย่าง ลักษณะเขาวัยปัญญาของเด็กวัยนี้ สรุปได้ดังนี้

2.1 เด็กวัยนี้เข้าใจภาษาและทราบว่าจะต่าง ๆ มีชื่อและใช้ภาษาเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้

2.2 เด็กเลียนแบบผู้ใหญ่ในเวลาเล่น (deferred imitation) หรือเลียนแบบได้โดยตัวแบบไม่ต้องอยู่ต่อหน้า จะเห็นได้จากการเล่นขายของของเด็กหรืออาบน้ำให้ตุ๊กตาหรือเล่นสมมติหรือสร้างทำ

2.3 เด็กในวัยนี้เรียกว่า centration คือ มีความตั้งใจที่ละอย่าง ฉะนั้นวัยนี้จึงทำให้เด็กมีความคิดที่บิดเบือน (distort) จากความเป็นจริง

2.4 มีการยึดถือตนเองเป็นศูนย์กลาง (egocentrism) ไม่สามารถที่จะเข้าใจความคิดเห็นของผู้อื่นหรือไม่ได้คิดว่าผู้อื่นเขาจะคิดอย่างไร ความจริงของเด็กวัยนี้คือ สิ่งที่ได้จากการรับรู้

2.5 เด็กวัยนี้ไม่สามารถทำการเรียงลำดับ (seriation) ได้ เช่น ไม่สามารถที่จะเรียงของมากไปหาน้อย น้อยไปหามาก หรือความยาวความสั้น และไม่สามารถเข้าใจการคิดย้อนกลับ (reversibility) คือ เด็กไม่สามารถเข้าใจว่า $2 + 2 = 4$ แล้ว $4 - 2 = 2$

2.6 เด็กวัยนี้ไม่เข้าใจความคงตัวของสสาร (conservation) เพราะเด็กวัยนี้จะให้เหตุผลจากรูปร่างที่เห็นหรือ states ไม่ใช่การแปลงรูปเป็นอย่างอื่น (transformation) เด็กวัยนี้ยังไม่มีสมาธิและความเข้าใจและรู้จักคิดโดยใช้เหตุผลอย่างถูกต้อง ความคิดยังขึ้นกับสิ่งที่เขารับรู้หรือสิ่งที่เขาเห็นด้วยตา

สรุปชั้น preoperational เป็นขั้นเขาวัวปัญญาและความคิดของเด็กในวัย 18 เดือน ถึง 7 ขวบ ความคิดของเด็กวัยนี้ยังขึ้นอยู่กับการรับรู้เป็นส่วนใหญ่ ไม่สามารถที่จะใช้เหตุผลอย่างลึกซึ้ง แต่เป็นขั้นที่เด็กเริ่มใช้ภาษาบอกชื่อสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเขาได้ สามารถเรียนรู้สัญลักษณ์และใช้สัญลักษณ์ได้ เด็กวัยนี้มักจะเล่นสมมุติ มีความตั้งใจที่ละอย่าง และไม่สามารถเข้าใจว่าสิ่งที่เท่ากันแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างหรือแปรสภาพหรือเปลี่ยนที่วางควรจะยังคงเท่ากัน และยังไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบสิ่งของมากและน้อย ยาวและสั้นได้อย่างแท้จริง และมีการยึดตนเองเป็นศูนย์กลางไม่สามารถที่จะเข้าใจความคิดเห็นของผู้อื่น

3. ชั้น concrete operations (อายุ 7-11 ปี) พัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้แตกต่างกับเด็กในชั้น preoperational มาก เด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ได้ Piaget สรุปความคิดเขาวัวปัญญาของเด็กวัยนี้ไว้ดังนี้

3.1 การสร้างภาพในใจ (mental representations) เด็กในวัย 7-11 ปี สามารถวาดภาพความคิดในใจได้

3.2 ความคงตัวของสสาร (conservation) เด็กในวัย 7-11 ปี สามารถบอกได้ว่า ของเหลวหรือของแข็งจำนวนหนึ่งจะมีจำนวนคงที่แม้ว่าจะเปลี่ยนแปรรูปหรือสถานที่วางเป็นต้น

3.3 การคิดเปรียบเทียบ (relational terms) เด็กในวัย concrete operations สามารถคิดเปรียบเทียบได้ และสามารถเข้าใจว่าของสิ่งใดสิ่งหนึ่งจะใหญ่กว่า มากกว่า น้อยกว่าได้ นอกจากนี้เด็กวัยนี้จะเข้าใจความหมายของส่วนย่อยและส่วนรวม

3.4 การแบ่งกลุ่มหรือจัดหมู่ (class inclusion) เด็กในวัย concrete operations สามารถตั้งเกณฑ์ที่จะช่วยจัดสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งของรอบ ๆ ตัวเขาเป็นหมวดหมู่ได้

3.5 การเรียงลำดับ (serialization and hierarchical arrangements) เด็กในวัย concrete operations สามารถจัดของตามลำดับ ความหนัก ความยาวได้

4. ชั้น formal operations (11-15 ปี) ในขั้นนี้พัฒนาการทางเขาวัวปัญญาและความคิดของเด็กเป็นขั้นสุดยอด คือเด็กวัยนี้จะเริ่มคิดเป็นผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะสิ้นสุดลง

เด็กสามารถคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมุติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นด้วยการรับรู้ไม่สำคัญเท่ากับความคิดถึงสิ่งที่เป็นไปได้ (possibility) Piaget ได้สรุปว่า เด็กวัยนี้เป็นผู้ที่คิดเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่าง และมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีตัวตน หรือสิ่งที่เป็นนามธรรม

3.3 ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford theory)

Guilford (ทีศนา แคมมณี และคณะ, 2544 อ้างอิงจาก Guilford, n.d.) เป็นนักจิตวิทยาซึ่งมีความเชื่อว่า ความสามารถทางสมองสามารถปรากฏได้จากการปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในลักษณะของความสามารถด้านต่าง ๆ ที่เรียกว่าองค์ประกอบ และสามารถตรวจสอบความรู้ได้ด้วยแบบสอบถามที่เป็นมาตรฐาน Guilford ได้เสนอโครงสร้างทางสติปัญญาโดยอธิบายว่า ความสามารถทางสมองของมนุษย์ประกอบด้วยสามมิติ (three dimensional model) ได้แก่ มิติด้านเนื้อหา (contents) มิติด้านปฏิบัติการ (operations) และมิติด้านผลผลิต (products) ดังนี้

1. มิติด้านเนื้อหา (contents) หมายถึง วัตถุหรือข้อมูลที่ใช้เป็นสื่อที่ก่อให้เกิดความคิด ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 รูปแบบ ดังนี้

1.1 เนื้อหาที่เป็นรูปภาพ (figural content) ได้แก่ วัตถุที่เป็นรูปธรรมต่าง ๆ ซึ่งสามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัส

1.2 เนื้อหาที่เป็นเสียง (auditory) ได้แก่ สิ่งที่อยู่ในรูปของเสียงที่มีความหมาย

1.3 เนื้อหาที่เป็นสัญลักษณ์ (symbolic content) ได้แก่ ตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ที่สร้างขึ้น เช่น พยัญชนะ ระบบจำนวน เป็นต้น

1.4 เนื้อหาที่เป็นภาษา (semantic content) สิ่งที่อยู่ในรูปของภาษาที่มีความหมายหรือความคิดที่เข้าใจกันโดยทั่วไป

1.5 เนื้อหาที่เป็นพฤติกรรม (behavior content) ได้แก่ สิ่งที่ไม่ใช่ถ้อยคำ แต่เป็นการแสดงออกของมนุษย์ เจตคติ ความต้องการ รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล บางครั้งเรียกว่า สติปัญญาทางสังคม (social intelligence)

2. มิติด้านปฏิบัติการ (operations) หมายถึง กระบวนการคิดต่าง ๆ ที่สร้างขึ้นมา ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ 5 ชนิด ดังนี้

2.1 การรับรู้และการเข้าใจ (cognition) เป็นความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ในการรับรู้และทำความเข้าใจ

2.2 การจำ (memory) เป็นความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ในการสะสมเรื่องราวหรือข่าวสาร และสามารถระลึกได้เมื่อเวลาผ่านไป

2.3 การคิดแบบอนกนัย (divergent thinking) เป็นความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า และแสดงออกในหลาย ๆ แบบ หลาย ๆ วิธี

2.4 การคิดแบบเอกนัย (convergent thinking) เป็นความสามารถในการสรุปข้อมูลที่ดีที่สุดและถูกต้องที่สุดจากข้อมูลหลากหลายที่มีอยู่

2.5 การประเมินค่า (evaluation) เป็นความสามารถทางสติปัญญา ในการตัดสินใจที่รับรู้ หรือกระบวนการคิดว่ามีคุณค่า ถูกต้อง เหมาะสม หรือมีความเพียงพอหรือไม่ อย่างไร

3. มิติด้านผลผลิต (products) หมายถึง ความสามารถที่เกิดขึ้นจากการ ผสมผสานมิติด้านเนื้อหาและด้านปฏิบัติการเข้าด้วยกันเป็นผลผลิต กล่าวคือ เมื่อสมองรับรู้วัตถุ/ข้อมูล บุคคลจะเกิดการคิดในรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถให้ผลแตกต่างกัน 6 ชนิด ดังนี้

3.1 หน่วย (unit) เป็นสิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว และมีความแตกต่าง จากสิ่งอื่น

3.2 จำพวก (classes) เป็นกลุ่มของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติบาง ประการร่วมกัน

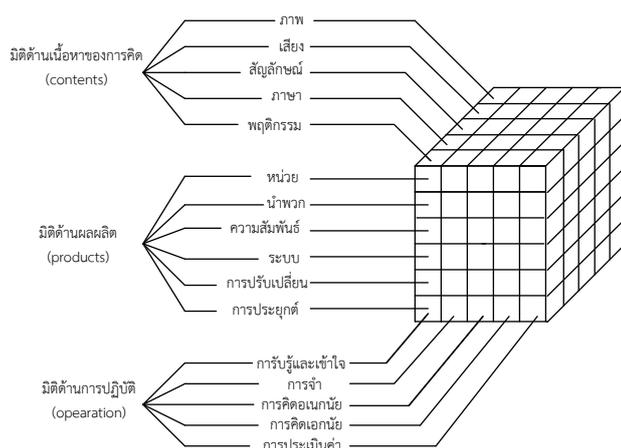
3.3 ความสัมพันธ์ (relations) เป็นการเชื่อมโยงสองสิ่งเข้าด้วยกัน เช่น เชื่อมโยงคำ เชื่อมโยงความหมาย

3.4 ระบบ (system) เป็นแบบแผนหรือรูปแบบจากการเชื่อมโยงสิ่ง หลาย ๆ สิ่งเข้าด้วยกัน

3.5 การปรับเปลี่ยน (transformation) เป็นการเปลี่ยนแปลง การ หมุนกลับ การขยายความข้อมูลจากสภาพหนึ่งไปยังอีกสภาพหนึ่ง

3.6 การประยุกต์ (implication) เป็นผลการคิดที่คาดหวัง หรือการ ทำนายจากข้อมูลที่กำหนดให้

โครงสร้างทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ Guilford ประกอบด้วยหน่วยจุลภาค จากทั้ง 3 มิติเท่ากับ $5 \times 5 \times 6$ คือ 150 หน่วย แต่ละหน่วยประกอบด้วยเนื้อหา ปฏิบัติการ ผลผลิต (contents-operations-products) ซึ่งสามารถจำลองด้วยแผนภาพ ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แบบจำลองโครงสร้างเชาวน์ปัญญาตามทฤษฎีกิลฟอร์ด (ทีศนา แซมมณี และคณะ, 2544)

3.4 หลักการกำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม (Bloom's taxonomy of educational objectives)

Bloom (1981) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษาออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ (cognitive domain) ด้านความรู้สึกหรือเจตคติ (affective domain) และด้านทักษะ (psycho-motor domain) ดังนี้

1. ด้านความรู้ (cognitive domain) ประกอบด้วยความรู้ 6 ระดับ คือ
 - 1.1 ระดับความรู้ความจำ (memory)
 - 1.1.1 ความรู้เฉพาะสิ่ง (knowledge of specifics)
 - 1.1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (knowledge of terminology)
 - 1.1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับกฎและข้อเท็จจริงเฉพาะ (knowledge of specific-facts)
 - 1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการกับสิ่งเฉพาะ (knowledge of ways and means of dealing with specifics)
 - 1.1.2.1 ความรู้เรื่องแบบแผนนิยม (knowledge of conventions)
 - 1.1.2.2 ความรู้เรื่องแนวโน้มและลำดับเหตุการณ์ (knowledge of trends and sequences)
 - 1.1.2.3 ความรู้เรื่องการจัดจำพวกและประเภท (knowledge of classification and categories)
 - 1.1.2.4 ความรู้เรื่องเกณฑ์ (knowledge of criteria)
 - 1.1.2.5 ความรู้เรื่องระเบียบวิธี (knowledge of methodology)
 - 1.1.3 ความรู้เรื่องสากลและเรื่องนามธรรมในสาขาต่าง ๆ (knowledge of universals and abstraction in a field)
 - 1.1.3.1 ความรู้เรื่องหลักการและข้อสรุปทั่วไป (knowledge of principles and generalization)
 - 1.1.3.2 ความรู้เรื่องทฤษฎีและโครงสร้าง (knowledge of theories and structures)
 - 1.2 ระดับความเข้าใจ (comprehension)
 - 1.2.1 การแปล (translation)
 - 1.2.2 การตีความ (interpretation)
 - 1.2.3 การสรุปอ้างอิง (extrapolation)
 - 1.3 ระดับการประยุกต์ใช้ (application)
 - 1.4 ระดับการวิเคราะห์ (analysis)
 - 1.4.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อย (analysis of elements)

- 1.4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (analysis of relationships)
- 1.4.3 การวิเคราะห์หลักการ (analysis of organization principles)
- 1.5 ระดับการสังเคราะห์ (synthesis)
 - 1.5.1 ผลิตสื่อที่มีความหมายหรือมีลักษณะพิเศษเฉพาะ (production of a unique communication)
 - 1.5.2 ผลิตผลในลักษณะของแผนงานหรือชุดปฏิบัติการ (production of a plan or proposed set of operation)
 - 1.5.3 ผลิตผลในลักษณะของความสัมพันธ์เชิงนามธรรม (derivation of a set of abstract relation)
- 1.6 ระดับการประเมิน (evaluation)
 - 1.6.1 การตัดสินตามเกณฑ์ภายใน (judgment in terms of internal evidence)
 - 1.6.2 การตัดสินตามเกณฑ์ภายนอก (judgment in terms of external evidence)
- 2 ด้านความรู้หรือเจตคติ (affective domain) ประกอบด้วยความรู้สึก และพฤติกรรมที่แสดงความรู้สึก 5 ระดับ คือ
 - 2.1 การรับรู้ (receiving)
 - 2.1.1 การรู้ตัว (awareness)
 - 2.1.2 ความตั้งใจรับ (willingness to receive)
 - 2.1.3 การตั้งใจที่ถูกควบคุมหรือถูกเลือก (controlled or selected attention)
 - 2.2 การตอบสนอง (responding)
 - 2.2.1 การยินยอมในการตอบสนอง (acquiescence in responding)
 - 2.2.2 ความพึงพอใจในคุณค่า (willingness to response)
 - 2.2.3 ความพึงพอใจที่จะตอบสนอง (satisfaction in response)
 - 2.3 การเห็นคุณค่า (valuing)
 - 2.3.1 การรับคุณค่า/ค่านิยม (acceptance of a value)
 - 2.3.2 ความพึงพอใจในคุณค่า (preference for a value)
 - 2.3.3 การยอมรับ (commitment)
 - 2.4 การจัดระบบ (organization)
 - 2.4.1 การสร้างความคิดในคุณค่า/ค่านิยม (conceptualization of a value)
 - 2.4.2 การจัดระบบคุณค่า/ค่านิยม (organization of a value system)
 - 2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (characterization)

2.5.1 การพัฒนาหลักการ (generalized set)

2.5.2 การสร้างลักษณะนิสัย (characterization)

3 พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain) เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับทักษะในการเคลื่อนไหว การใช้วัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ตลอดจนการประสานงานของประสาทและกล้ามเนื้อ Bloom ได้แบ่งออกเป็น 5 ชั้น ดังนี้

3.1 ชั้นการรับรู้ (perception)

3.2 ชั้นการเตรียม (set)

3.3 ชั้นฝึกหัด (guide response)

3.4 ชั้นทำได้ (mechanism)

3.5 ชั้นชำนาญ (complex overt response)

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ทั้ง 4 ทฤษฎีที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปหลักการและจุดเน้น/กฎการเรียนรู้ของแต่ละทฤษฎีได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 หลักการและจุดเน้น/กฎการเรียนรู้ของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์

ทฤษฎี	หลักการ	จุดเน้น/กฎการเรียนรู้
ทฤษฎีการรับรู้ภาพรวมของนักจิตวิทยาในกลุ่มเกสตัลท์ (Gastalt's perception theory)	เน้นการเรียนรู้ส่วนรวมมากกว่าส่วนย่อย	1. กฎแห่งความชัดเจน 2. กฎแห่งความคล้ายคลึง 3. กฎแห่งความสมบูรณ์ 4. กฎแห่งความต่อเนื่อง 5. กฎแห่งความคงที่ 6. กฎแห่งการบิดเบือน
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's theory of intellectual development)	คนเราทุกคนตั้งแต่เกิดมามีความพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม	1. การจัดและรวบรวม (organization) 2. การปรับตัว (adaptation) 3. การเรียนรู้จากสัญลักษณ์ (symbolic representation)
ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford theory)	ความสามารถทางสมองสามารถปรากฏได้จากการปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในลักษณะของความสามารถด้านต่าง ๆ ที่เรียกว่าองค์ประกอบ และสามารถตรวจสอบความรู้ด้วยแบบสอบที่เป็นมาตรฐาน	ความสามารถทางสมองของมนุษย์ประกอบด้วยสามมิติ ได้แก่ 1. มิติด้านเนื้อหา (contents) 2. มิติด้านปฏิบัติการ (operations) 3. มิติด้านผลผลิต (products)

ตาราง 3 (ต่อ)

ทฤษฎี	หลักการ	จุดเน้น/กฎการเรียนรู้
หลักการกำหนด จุดมุ่งหมายทางการศึกษา ของบลูม (Bloom's taxonomy of educational objectives)	การกำหนดจุดมุ่งหมาย ทางการศึกษา	จุดมุ่งหมายทางการศึกษา 3 ด้าน คือ 1. ด้านความรู้ (cognitive domain) 2. ด้านความรู้สึกหรือเจตคติ (affective domain) 3. ด้านทักษะ (psycho-motor domain)

4. องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Bloom (1981) ซึ่งได้กล่าวถึงทักษะที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อย (analysis of elements) หมายถึง ความสามารถในการระบุได้ว่าการสื่อสารนั้นประกอบไปด้วยส่วนประกอบอะไรบ้าง สามารถระบุหรือจัดกลุ่ม

การสื่อสารประกอบขึ้นด้วยองค์ประกอบหลาย ๆ องค์ประกอบ บางองค์ประกอบสามารถรับรู้หรือสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน และสามารถแบ่งกลุ่มหรือจัดชั้นองค์ประกอบได้อย่างง่ายดาย เนื่องจากผู้เขียนได้ระบุไว้ให้เห็นอย่างชัดเจน

ในขณะเดียวกัน มีองค์ประกอบในการสื่อสารอีกจำนวนมากที่ผู้เขียนไม่ได้ระบุไว้อย่างชัดเจน ซึ่งองค์ประกอบในการสื่อสารที่ไม่ได้ระบุไว้นี้มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อความเข้าใจในการสื่อสารนั้น ซึ่งกว่าผู้อ่านจะสามารถระบุองค์ประกอบที่ว่ามันได้ ผู้อ่านอาจต้องประสบปัญหาในการทำความเข้าใจหรือประเมินการสื่อสารนั้น หากผู้อ่านสามารถจำแนกหน้าที่ จุดประสงค์ของข้อความเหล่านั้นได้ด้วยตัวผู้อ่านเองก็จะเป็นเรื่องที่ดี

จุดประสงค์ในเชิงการศึกษาของการวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อย ประกอบด้วย

- 1.1 ความสามารถในการระบุข้อสันนิษฐานที่ไม่ได้กล่าวไว้ในสื่อ
- 1.2 ทักษะในการแยกแยะข้อเท็จจริงออกจากสมมติฐาน
- 1.3 ความสามารถในการแยกแยะข้อความที่เป็นมาตรฐานสังคม มุมมองที่ตัดสินถูกผิด (normative statement)
- 1.4 ทักษะในการระบุแรงจูงใจและการแยกแยะความแตกต่างระหว่างกลไกของพฤติกรรมโดยอ้างอิงกับบุคคลหรือกลุ่มบุคคล
- 1.5 ความสามารถในการแยกแยะข้อสรุปจากรายละเอียดสนับสนุน

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (analysis of relationship) หมายถึง ความสามารถในการระบุได้อย่างละเอียดและชัดเจนว่าส่วนประกอบทั้งหมดของการสื่อสารนั้น

มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างไร สามารถตัดสินความเกี่ยวพันและความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อกันได้ โดยการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ว่ามีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกันโดยการเชื่อมเหตุและผล

หลังจากการระบุงค์ประกอบที่แตกต่างกันในการสื่อสารแล้ว ผู้อ่านยังต้องระบุงค์ความสัมพันธ์หลักระหว่างองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ของการสื่อสาร บางครั้งผู้รับสารอาจจะต้องตัดสินความสัมพันธ์ของสมมติฐานกับหลักฐาน และในทางกลับกันก็ต้องตัดสินความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและสมมติฐาน ตลอดจนกับหลักฐาน การวิเคราะห์อาจยังประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานประเภทต่าง ๆ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับความจริงที่จากส่วนหนึ่งไปส่วนหนึ่ง หรือองค์ประกอบหนึ่งไปองค์ประกอบหนึ่ง หรือความเกี่ยวข้องขององค์ประกอบหรือส่วนที่เกี่ยวข้องกับใจความหลักในการสื่อสารนั้น

จุดประสงค์ในเชิงการศึกษาของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ประกอบด้วย

- 2.1 ทักษะในการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่าง ๆ ในข้อความหรือย่อหน้าที่อ่าน
- 2.2 ความสามารถในการเห็นหรือรู้ถึงส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนการตัดสินใจ (ยืนยันว่ามันถูกต้อง validate)
- 2.3 ความสามารถในการเห็นหรือตระหนักถึงข้อเท็จจริงหรือข้อสันนิษฐานที่จำเป็นต่อใจความหลัก หรือต่อการโต้แย้งที่มาสนับสนุนใจความหลักนั้น
- 2.4 ความสามารถในการตรวจสอบความสอดคล้องของสมมติฐานกับข้อมูลหรือข้อสันนิษฐานที่มีอยู่
- 2.5 ความสามารถในการแยกแยะความสัมพันธ์ในเชิงสาเหตุและผลลัพธ์ออกจากความสัมพันธ์เชิงลำดับเหตุการณ์แบบอื่น ๆ
- 2.6 ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อความในการโต้แย้งเพื่อที่จะแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อความที่ไม่เกี่ยวข้อง
- 2.7 ความสามารถในการจับความคิดที่ไม่สมเหตุผลในประเด็นโต้แย้งต่าง ๆ
- 2.8 ความสามารถในการระบุงค์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่บรรยายละเอียดที่จำเป็นและไม่จำเป็นจากข้อมูลต่าง ๆ

3. การวิเคราะห์หลักการ (analysis of organizational principles)

หมายถึง ความสามารถในการตระหนักและมองเห็นหลักการของการเรียบเรียงจัดวางโครงสร้าง เมื่อนำมาประกอบกันเป็นการสื่อสารในภาพรวม โดยการคิดหากฎเกณฑ์ หลักการที่สัมพันธ์กัน หลักการที่แตกต่างกันของสถานการณ์หรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่กำหนดให้

การวิเคราะห์หลักการของโครงสร้างและการเรียบเรียงการสื่อสารมีระดับความยากและซับซ้อนกว่าการวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อยและความสัมพันธ์ เนื่องจากน้อยครั้งมากที่ผู้ส่งสารจะสื่อสารโดยระบุหลักการของข้อมูลที่ใช้ออกมาอย่างชัดเจน อีกทั้งผู้ส่งสารอาจจะไม่ตระหนักถึงหลักการเรียบเรียงของการสื่อสารที่ตัวเองใช้ส่งสาร ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นจุดประสงค์ มุมมอง ทักษะคิด และแนวความคิดโดยทั่วไปของผู้เขียนต่อเรื่องใด ๆ อาจทำให้เกิดการเข้าใจผิดในงานเขียน เป็นเหตุให้ผู้อ่านไม่สามารถเข้าใจหรือประเมินการสื่อสารนั้นได้อย่างชัดเจน จนกว่าผู้อ่านจะมีการพิจารณาตัดสินในทำนองเดียวกันผู้ส่งสารจะเลือกรูปแบบ แนวทางหรือโครงสร้างของเนื้อหา และจัดระเบียบข้อ

โต้แย้ง หลักฐานสนับสนุน หรือองค์ประกอบอื่นจากรูปแบบ แนวทางหรือโครงสร้างเหล่านี้ การวิเคราะห์คุณภาพของการเรียบเรียงสารเหล่านี้จะช่วยในการทำความเข้าใจและในการประเมิน การสื่อสารทั้งหมดได้ หากไม่สามารถทำการวิเคราะห์ดังกล่าวได้ ก็แทบจะไม่สามารถประเมินสาร นั้นได้

จุดประสงค์ในเชิงการศึกษาของการวิเคราะห์หลักการ ประกอบด้วย

3.1 ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสื่อและวิธีการสร้างสาร ต่อองค์ประกอบย่อยและการเรียบเรียง

3.2 ความสามารถในการรับรู้รูปแบบและแนวทางในงานประพันธ์และงาน ศิลป์ เพื่อความเข้าใจความหมายของงานนั้น

3.3 ความสามารถในการอนุมานจุดประสงค์ จุดยืน แนวคิด และอารมณ์ ของผู้แต่งที่แสดงออกผ่านผลงานนั้น

3.4 ความสามารถในการอนุมานแนวคิดทางวิทยาการ ปรัชญา ประวัติศาสตร์ และศิลปะที่แสดงผ่านทางการปฏิบัติของผู้แต่ง

3.5 ความสามารถในการเข้าใจกลวิธีที่ใช้ในสื่อเชิงชวน เช่น การโฆษณา การประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

3.6 ความสามารถในการรับรู้จุดยืนหรือการแสดงความเห็นเอนเอียงข้าง เดียวของผู้เขียนต่อเรื่องราวต่าง ๆ

จากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ของ Bloom (1981) สามารถ สรุปได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Bloom (1981)

แนวคิด	องค์ประกอบ
Bloom (1981)	1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อย 2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 3. การวิเคราะห์หลักการ

นักคิดวิเคราะห์จึงต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการใช้เหตุผลจำแนกแยกแยะว่า สิ่งใด เป็นความจริง สิ่งใดเป็นความเท็จ สิ่งใดมีรายละเอียดเชื่อมโยงสัมพันธ์กันอย่างไร การคิดวิเคราะห์ ช่วยให้เราารู้ข้อเท็จจริง รู้เหตุผล เบื้องหลังสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นไปเป็นมาของเหตุการณ์ต่าง ๆ รู้ว่าเรื่องนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง ทำให้เราได้ข้อเท็จจริงที่เป็นฐานความรู้ที่เรานำไปใช้ในการ ตัดสินใจแก้ปัญหา การประเมิน และการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 หัวข้อ คือ 1) ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 2) เหตุผลและความจำเป็นในการจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3) แนวคิดหลักของการจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และ 4) บทบาทของครูในการจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีรายละเอียดดังนี้

1. ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ให้ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไว้ดังนี้

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542) ให้ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง ผู้เรียนเป็นคนสำคัญที่สุดในการจัดการเรียนการสอน โดยการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด กิจกรรมการเรียนรู้คืองานที่ผู้เรียนทำแล้วเกิดการเรียนในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยแสดงพฤติกรรมที่ครูกำหนดไว้ในจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีควรมีความหลากหลาย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนรู้ได้

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2544) ให้ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในพัฒนาผู้เรียนในทุกด้าน ทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม สติปัญญา ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ (ลักษณะนิสัย) และทั้งด้าน IQ (intelligence quotient) และด้าน EQ (emotional quotient) ซึ่งจะนำไปสู่ความเป็นคนเก่ง คนดี และมีความสุข

กรมวิชาการ (2545) ให้ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไว้ว่า การเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่สุดเป็นยุทธศาสตร์อย่างหนึ่งที่จะให้คิดเป็นองค์รวม เรียนร่วมกัน และทำงานเป็นทีม ซึ่งเป็นข้อดีของสังคมไทยที่วัฒนธรรมมักหล่อหลอมให้โดดเด่น ซึ่งยังไม่เพียงพอที่จะพัฒนาชาติบ้านเมือง ขณะนี้บ้านเมืองกำลังต้องการให้คนในบ้านเมืองหันหน้าเข้าหากัน และทำงานเป็นทีมเพื่อประโยชน์ของสังคมไทย โดยมีเป้าหมายให้มีศักยภาพในการแข่งขัน และร่วมมือกันอย่างสร้างสรรค์

สุภรณ์ สถาพงศ์ (2545) ให้ความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไม่ใช่วิธีการเรียนโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง แต่เป็นกระบวนการทัศนในการเรียน ซึ่งเอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนจากการปฏิบัติของตนเอง โดยทักษะการจัดการที่มีประสิทธิภาพทั้งของครูและนักเรียน

จากการศึกษาความหมายของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สรุปได้ว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ของครูอย่างเป็นระบบ โดยให้ผู้เรียนเป็นบุคคลที่สำคัญที่สุดในกิจกรรมการเรียนรู้ และใช้วิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย

2. เหตุผลและความจำเป็นในการจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จากการศึกษาทบทวนเอกสารเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้วิจัยพบว่า มีเหตุผลและความจำเป็น 5 ประการ ในการจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีรายละเอียดดังนี้

ประเวศ วะสี (2543) กล่าวว่า “หัวใจของการปฏิรูปการศึกษา คือ การปฏิรูปการเรียนรู้ หัวใจของการปฏิรูปการเรียนรู้ คือ การปฏิรูปจากการยึดวิชาเป็นตัวตั้งมายึดมนุษย์ หรือผู้เรียนเป็นตัวตั้ง หรือที่เรียกว่า ผู้เรียนสำคัญที่สุด” แต่การจะกล่าวว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด มิได้หมายความว่าครูลดบทบาทหรือลดความสำคัญลง ตรงกันข้ามครูกลับมีบทบาทและความสำคัญมากขึ้น ด้วยมูลเหตุของการปฏิรูปการศึกษาประกอบไปด้วยความจำเป็นที่ต้องปฏิรูปหลายประการด้วยกัน ดังที่คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้ (2543) กล่าวว่า ประชาคมการศึกษา นักคิด นักการศึกษา สถาบันทางสังคม ศาสนา วัฒนธรรม และผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาทั้งหลายต่างเห็นพ้องต้องกันว่า ถึงเวลาที่ต้องปฏิรูปวัฒนธรรมการเรียนรู้ของคนไทยทั้งชาติ ด้วยเหตุผลและความจำเป็นรวม 5 ประการ ดังนี้

ประการแรก คือปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพของคนไทย การปฏิรูปวัฒนธรรมการเรียนรู้จะช่วยพัฒนาคนไทยให้เป็นคนที่มีความรู้คู่คุณธรรม ตระหนักในคุณค่าของตนเอง/ผู้อื่น และสรรพสิ่งทั้งหลาย รู้จักควบคุมตนเองให้อยู่ในวิถีทางแห่งความดีงาม รับผิดชอบต่อน้ำที่ของตนเอง เป็นคนมีเหตุผล ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เคารพกฎกติกาของสังคม มีความขยัน ซื่อสัตย์และเสียสละเพื่อส่วนรวม มีความสามารถในการใช้ศักยภาพของสมองทั้งซีกซ้าย-ขวาอย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน คือ ความสามารถในด้านการใช้ภาษาสื่อสาร การคิดคำนวณ การคิดวิเคราะห์แบบวิทยาศาสตร์ คิดเป็นระบบ สามารถใช้สติปัญญาอย่างเฉลียวฉลาดเพื่อเรียนรู้ให้บรรลุความจริง ความดี ความงามของสรรพสิ่ง เป็นคนที่มีสุขภาพกาย-ใจที่ดี มีวุฒิภาวะทางอารมณ์ บุคลิกภาพร่าเริงแจ่มใส จิตใจอ่อนโยนและเกื้อกูล มนุษย์สัมพันธ์ดี สามารถเผชิญและแก้ปัญหาได้ ดำรงชีวิตอย่างอิสระ และอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

ประการที่สอง คือปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนความเข้มแข็งของสังคมไทย เมื่อสมาชิกของสังคมได้รับการพัฒนาความตระหนักและจิตสำนึกร่วมกันในการเผชิญสถานการณ์และแก้ปัญหาของส่วนรวม คนทุกชุมชนย่อมพร้อมที่จะมีส่วนร่วมในการถกทอความคิด ร่วมใจกันทำงานอย่างไม่เห็นแก่ตัว มีการบริหารจัดการอย่างถูกต้องแบบกาย ลดความขัดแย้ง ทุกคนรับผิดชอบ นำพาสังคมให้ก้าวหน้า ด้วยต่างก็รู้คุณค่าของตนเอง

ประการที่สาม คือปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อให้สอดคล้องกับวัฒนธรรมการเรียนรู้ยุคโลกาภิวัตน์ การจัดกระบวนการเรียนรู้ต้องให้สอดคล้องกับยุคโลกาภิวัตน์อันเป็นยุคอิเล็กทรอนิกส์ และใยแก้วนำแสงที่วิทยาการเจริญรุดหน้า ความรู้และสรรพวิทยา การเดินทางไปในที่ต่าง ๆ ด้วยความรวดเร็ว ข้อมูลและสาระความรู้ต่าง ๆ เกิดขึ้นและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา “ผู้เรียนทุกวัย” ต้องมีโอกาสเรียนรู้จากแหล่งความรู้ที่มีอยู่รอบตัวทั้งจาก “ครูคน ครูเครื่อง และครูธรรมชาติ/สิ่งแวดล้อม” ผู้เรียนในยุคโลกาภิวัตน์จะต้องมีความสามารถในการใช้ภาษาได้มากกว่า 1 ภาษา คือ ต้องรู้และใช้ภาษาไทยได้อย่างถูกต้องและคล่องแคล่ว ใช้ภาษาต่างประเทศเพื่อสื่อสารกับสากลได้ มีความคล่องแคล่วในการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นประตูที่จะเปิด

ออกไปสู่โลกกว้าง เพื่อเข้าถึงข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ และรู้จักสังเคราะห์ข้อมูลข่าวสารเหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับชีวิตของตน ครอบครัว สังคมและประเทศชาติ

ประการที่สี่ คือปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ครู พ่อแม่ ผู้ปกครอง และสังคมไทย การปฏิรูปการเรียนรู้จะเปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 เพื่อเปิดแนวทางใหม่ ๆ ให้แก่ครู พ่อแม่ และชุมชน มีอิสระในการอบรมเลี้ยงดู ให้การศึกษา จัดหลักสูตร และบริหารจัดการให้เกิดวัฒนธรรมการเรียนรู้ที่กลมกลืนกับท้องถิ่น การลดทอนกรอบกระเปาะ คำสั่งของส่วนกลางลง เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการปฏิบัติ เช่น การจัดชั้นเรียนและตารางเรียนที่ยืดหยุ่น และเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ การลดภาระงานที่ไม่เกี่ยวข้องเพื่อให้ครูมีเวลาสำหรับค้นคิด วางแผน เตรียมการจัดกระบวนการเรียนรู้ สร้างบทเรียน ออกแบบแผนการเรียนรู้ที่ครอบครัว ชุมชน และสถานศึกษาได้ร่วมกันคิด และเกื้อหนุนกันและกัน เป็นต้น

ประการสุดท้าย คือปฏิรูปการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับกฎหมาย การปฏิรูปการเรียนรู้ ถือเป็นหัวใจของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 จึงเป็นภาระกิจที่มีกฎหมายรองรับ ครู-อาจารย์และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต้องถือปฏิบัติให้บรรลุสำเร็จตามเจตนารมณ์ของกฎหมาย

ด้วยความจำเป็นอย่างยิ่งว่า ข้างต้น ครูและผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน ต้องทบทวนบทบาทของตนเองว่า การจัดการเรียนการสอนที่ตนกำลังดำเนินการอยู่มีคุณภาพ ถูกต้อง เหมาะสม สอดคล้องกับสภาพของสังคมไทย และสังคมโลกปัจจุบันมากน้อยเพียงไร ภายหลังประกาศใช้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 อันเป็นกฎหมายแม่บทในการจัดการศึกษาที่มุ่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทุกด้านทุกมิติ ถึงเวลาแล้วที่เราทุกคนจะร่วมใจพร้อมกัน ปฏิรูปวัฒนธรรมการเรียนรู้ ด้วยจิตที่อาสา ด้วยใจรักในวิชา เพื่อให้เกิดผลทางการเรียนการสอนที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด ดังนั้นครูจะต้อง ดำเนินการตามเจตนารมณ์ของการจัดการศึกษา ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการสอน และดำเนินการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาอย่างเต็มศักยภาพ

3. แนวคิดหลักของการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนวคิดหลักเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไว้ดังนี้

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542) กล่าวว่า หลักการพื้นฐานของแนวคิดเกี่ยวกับการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้น “ผู้เรียนเป็นสำคัญ” ประกอบด้วยหลักการพื้นฐานสำคัญ 3 ส่วน คือ 1) ในส่วนของผู้เรียน ผู้เรียนต้องเป็นผู้วางแผนการเรียนและมีส่วนร่วมในการเลือก ผู้เรียนต้องเริ่มต้นการเรียนรู้ด้วยตนเองด้วยการค้นคว้า รับผิดชอบการเรียนตลอดจนประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลสำเร็จของการเรียนอยู่ที่การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ได้ทำงานร่วมกับเพื่อน ๆ ได้ค้นพบข้อคำถาม และคำตอบใหม่ ๆ ได้รับการพัฒนาความเป็นผู้ใหญ่จากการทำงานร่วมกัน ผู้เรียนมีโอกาสมองเห็นตนเองในแง่มุมที่แตกต่างออกไป ผู้เรียนมีความมั่นใจในตนเองและควบคุมตนเองได้มากขึ้น มีวุฒิภาวะสูงขึ้น 2) ในส่วนของครู ครูคือผู้สนับสนุนและเป็นแหล่งความรู้ ครูคือแหล่งความรู้ที่ทรงคุณค่าของผู้เรียนและสามารถค้นคว้าหาสื่ออุปกรณ์ที่เหมาะสมให้กับผู้เรียน และที่สำคัญที่สุดคือครูต้องมีความเต็มใจช่วยเหลือโดยไม่มีเงื่อนไข และ 3) เนื้อหาและวิธีที่ใช้สอน สอดคล้อง/เหมาะสมตามความต้องการของผู้เรียนและชุมชน

หลักการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญจะเป็นไปอย่างไร้ผลต้องมีการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ซึ่งมีหลักที่สำคัญ คือ ผู้เรียนควรมีบทบาทรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตน การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน การเรียนรู้เกิดขึ้นได้จากแหล่งต่าง ๆ ประสบการณ์ ความรู้สึกนึกคิดของแต่ละบุคคลถือว่าเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญ การเรียนรู้ที่ดีผู้เรียนต้องค้นพบด้วยตนเอง ซึ่งจะมีส่วนทำให้เกิดความเข้าใจลึกซึ้งและจดจำได้ดี ผู้เรียนควรมีทักษะในเรื่องกระบวนการเรียนรู้ เพราะจะเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้และคำตอบต่าง ๆ ที่ตนเองต้องการ และการเรียนรู้ที่มีความหมายแก่ผู้เรียน คือ การเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีส่วนสำคัญที่เป็นส่วนช่วยในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

ตัวอย่างของการจัดการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางหรือที่เรียกว่าโมเดลชิปปา (CIPPA) ทิศนา แคมมณี (2545) กล่าวว่า โมเดลชิปปา (CIPPA) เป็นการรวบรวมแนวคิด 5 แนวคิด มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน แนวคิดทั้งห้ามีดังนี้ 1) แนวคิดการสร้างความรู้ (construction) 2) แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้เป็นกลุ่ม และการเรียนรู้แบบร่วมมือ (interaction) 3) แนวคิดเกี่ยวกับความพร้อมในการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (participation) 4) แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้กระบวนการและผลการเรียนรู้ (process and product) และ 5) แนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายโอนความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง (application) ลักษณะการจัดการเรียนการสอนมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะที่ให้ผู้เรียนสร้าง (construct) ความรู้ด้วยตนเอง โดยการศึกษาค้นคว้า หาข้อมูล ทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ แปลความ ตีความ สร้างความหมาย สังเคราะห์ข้อมูล และสรุปเป็นข้อความรู้ การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน (interaction) แลกเปลี่ยนและเรียนรู้ข้อมูล ความคิด ประสบการณ์ซึ่งกันและกัน การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม (participation) ทั้งในด้านร่างกาย อารมณ์ ปัญญา และสังคมในการเรียนรู้มากที่สุด การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการ (process) และมีผลงานจากการเรียนรู้ (product) การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ (application) หรือใช้ในชีวิตประจำวัน

ตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญอีกตัวอย่างหนึ่ง คือ การจัดการสอนแบบโครงงาน ลัดดา ภูเกียรติ (2549) กล่าวว่า โครงงานเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้โดยใช้ทักษะพื้นฐาน ได้แก่ การสังเกต การวัด การจัดจำแนก การคำนวณ การตั้งสมมุติฐาน การทดลอง การหาข้อสรุปและเผยแพร่ข้อมูลที่ค้นพบด้วยการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนในการจัดทำโครงงานดังนี้ 1) การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงงาน 2) การเลือกหัวข้อโครงงานที่จะทำ 3) การกำหนดขอบเขตของโครงงาน 4) การวางแผนและลงมือปฏิบัติ 5) การบันทึกและเสนอผลงาน และ 6) การประเมินโครงงาน แนวการจัดการเรียนการสอนแบบโครงงานนั้น นักเรียนต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินงานทุกขั้นตอน ครูทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำ ผู้ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก นับเป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

4. บทบาทของครูในการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอบทบาทของครูในการจัดกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญไว้ดังนี้

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2542) สรุปสาระจากเอกสารของกระทรวงศึกษาธิการว่า การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่มุ่งจัดกิจกรรมที่

สอดคล้องกับการดำรงชีวิต เหมาะสมกับความสามารถและความสนใจของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและลงมือปฏิบัติจริงทุกขั้นตอน จนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูมีบทบาทที่สำคัญ 2 ด้าน คือ บทบาทด้านการเตรียมการ และบทบาทด้านการดำเนินการ

บทบาทด้านการเตรียมการ เป็นบทบาทของครูที่ต้องทำก่อนมีการสอนจริง ได้แก่

1. การเตรียมตนเอง ครูจะต้องเตรียมตนเองให้พร้อมสำหรับบทบาทผู้เป็นแหล่งความรู้
2. การเตรียมแหล่งข้อมูล ครูจะต้องเตรียมแหล่งข้อมูลความรู้ให้กับนักเรียน ทั้งในรูปสื่อการเรียน วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนใช้ค้นคว้าตามที่กำหนดในกิจกรรมการเรียน หรือค้นคว้าเพิ่มเติมทั้งในและนอกเวลาเรียน
3. การเตรียมกิจกรรมการเรียน ครูต้องวิเคราะห์จุดประสงค์ของการเรียนรู้ เพื่อให้ได้สาระสำคัญและเนื้อหาข้อความรู้ และออกแบบกิจกรรมการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ที่เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ตามที่กำหนด ครูจะทำหน้าที่คล้ายผู้จัดการ
4. การเตรียมสื่อ วัสดุอุปกรณ์ ครูจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้การเรียนบรรลุผล
5. การเตรียมการวัดและประเมินผล ครูจะต้องเตรียมการวัดและประเมินความรู้ที่ เกิดขึ้น โดยต้องวัดให้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

บทบาทด้านการดำเนินการ เป็นบทบาทของครูขณะที่ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมการเรียน ประกอบด้วย

1. การเป็นผู้ช่วยเหลือให้คำปรึกษา ครูต้องคอยให้คำตอบเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ
2. การเป็นผู้สนับสนุนและเสริมแรง ครูต้องช่วยกระตุ้นหรือสนับสนุนให้ผู้เรียนสนใจเข้าร่วมกิจกรรมหรือลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง
3. การเป็นผู้ร่วมทำกิจกรรม เพื่อให้ความคิด ความเห็นหรือช่วยเชื่อมโยงประสบการณ์ส่วนตัวของผู้เรียนขณะทำกิจกรรม
4. การเป็นผู้ติดตามและตรวจสอบ เพื่อให้ผลการทำกิจกรรมถูกต้อง ชัดเจน และสมบูรณ์ ก่อนให้ผู้เรียนสรุปเป็นข้อความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้
5. การเป็นผู้เสริมบรรยากาศที่อบอุ่นเป็นมิตร เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าร่วมทำงานเป็นกลุ่ม แสดงความคิดเห็นอย่างเปิดเผยเต็มที่ ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน อภิปรายโต้แย้ง แสดงความคิดเห็นด้วยท่วงทึ่มนวล ให้เกียรติและเป็นมิตร โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เป้าหมายของกลุ่มบรรลุผลสำเร็จ
6. บทบาทด้านการประเมินผล เพื่อตรวจสอบว่าการจัดการเรียนการสอนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ ครูควรเตรียมเครื่องมือวัดและวิธีการให้พร้อม การวัดควรให้ครอบคลุมทุกด้าน โดยเน้นการวัดจากสภาพจริง จากการปฏิบัติและจากแฟ้มสะสมงาน ซึ่งในการวัดนอกจากครูจะเป็นผู้วัดและประเมินผลเองแล้ว ผู้เรียนและสมาชิกของแต่ละกลุ่มควรมีบทบาทร่วมวัดและประเมินตนเองและกลุ่มด้วย

ในการปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนซึ่งมีเป้าหมายที่จะจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญจำเป็นต้องมีการติดตามศึกษาว่าครูมีความสามารถและได้ลงมือจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญแล้วหรือไม่ สิ่งสำคัญในการศึกษาติดตามดังกล่าวคือตัวบ่งชี้การจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครูเพื่อพัฒนาผู้เรียน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติได้พัฒนาตัวบ่งชี้การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านการเรียนรู้ได้ทำการสังเคราะห์ทฤษฎีการเรียนรู้ทั้ง 5 ทฤษฎี (คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้, 2543) จากการสังเคราะห์ทฤษฎีดังกล่าว ทำให้ได้ตัวบ่งชี้การสอนของครู 52 ข้อและการเรียนของนักเรียน 58 ข้อ หลังจากนั้น ศูนย์พัฒนาการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ.) ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ทฤษฎี ผู้บริหารหน่วยงานและสถานศึกษาที่เกี่ยวข้อง ครูดีเด่น ศึกษานิเทศก์ นักวิชาการศึกษา ให้ค่าน้ำหนัก (weight) แต่ละตัวบ่งชี้ โดยกำหนดให้ตัวบ่งชี้ที่ต้องทำให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 3 ตัวบ่งชี้ที่ควรทำให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 และตัวบ่งชี้ที่นำทำให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 และได้พิจารณาจัดกลุ่มบทบาทของนักเรียน บทบาทของครูตามหลักและกระบวนการเรียนการสอนของโครงการประกันคุณภาพการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ และการจัดกลุ่มตัวบ่งชี้ด้านการสอนของสมาคมการนิเทศและพัฒนาลักษณ์ มลรัฐเวอร์จิเนีย สหรัฐอเมริกา จากนั้นได้นำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์และจัดกลุ่มให้กระชับมากขึ้น ซึ่งผลจากการพัฒนาตามกรรมวิธีดังกล่าวทำให้ได้ตัวบ่งชี้การสอนของครู 10 ตัวบ่งชี้และตัวบ่งชี้การเรียนของนักเรียน 9 ตัวบ่งชี้ เพื่อใช้ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญต่อไปโดยตัวบ่งชี้เหล่านี้จะเป็นเครื่องตรวจสอบว่าเมื่อใดก็ตามที่เกิดการเรียนหรือการสอนตามตัวบ่งชี้เหล่านี้เมื่อนั้นได้เกิดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ รายละเอียดของตัวบ่งชี้ภายหลังการพัฒนาเป็นดังนี้

ตัวบ่งชี้การสอนของครู 10 ตัวบ่งชี้ ซึ่งได้จัดเรียงตามขั้นเตรียมการ ขั้นดำเนินการสอน และขั้นประเมินผล ได้แก่

- ตัวบ่งชี้ที่ 1 ครูเตรียมการสอนทั้งเนื้อหาและวิธีการ
- ตัวบ่งชี้ที่ 2 ครูจัดสิ่งแวดล้อมบรรยากาศที่ปลุกเร้าจิตใจ และเสริมแรงให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้
- ตัวบ่งชี้ที่ 3 ครูเอาใจใส่ผู้เรียนเป็นรายบุคคล และแสดงความเมตตาต่อผู้เรียนอย่างทั่วถึง
- ตัวบ่งชี้ที่ 4 ครูจัดกิจกรรมและสถานการณ์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกและคิดอย่างสร้างสรรค์
- ตัวบ่งชี้ที่ 5 ครูส่งเสริมให้ผู้เรียนฝึกคิด ฝึกทำ และฝึกปรับปรุงตนเอง
- ตัวบ่งชี้ที่ 6 ครูส่งเสริมกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกลุ่มพร้อมทั้งสังเกตส่วนดี และปรับปรุงส่วนด้อยของการเรียนรู้
- ตัวบ่งชี้ที่ 7 ครูใช้สื่อการสอนเพื่อฝึกการคิด การแก้ปัญหา และการค้นพบความรู้
- ตัวบ่งชี้ที่ 8 ครูให้แหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย และเชื่อมประสบการณ์กับชีวิตจริง
- ตัวบ่งชี้ที่ 9 ครูฝึกฝนกิริยามารยาท และวินัยตามวิถีวัฒนธรรมไทย
- ตัวบ่งชี้ที่ 10 ครูสังเกตและประเมินพัฒนาการของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง

ตัวบ่งชี้การเรียนรู้ของผู้เรียน 9 ตัวบ่งชี้ ซึ่งได้จัดเรียงตามช่วงเวลา คือ ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน ได้แก่

- ตัวบ่งชี้ที่ 1 ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงสัมพันธ์กับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
 - ตัวบ่งชี้ที่ 2 ผู้เรียนฝึกปฏิบัติจนค้นพบความถนัดและวิธีการของตนเอง
 - ตัวบ่งชี้ที่ 3 ผู้เรียนทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกลุ่ม
 - ตัวบ่งชี้ที่ 4 ผู้เรียนฝึกคิดอย่างหลากหลายและสร้างสรรค์จินตนาการ
- ตลอดจนได้แสดงออกอย่างชัดเจนและมีเหตุผล
- ตัวบ่งชี้ที่ 5 ผู้เรียนได้รับการเสริมแรงให้ค้นหาคำตอบ แก้ปัญหาทั้งด้วยตนเองและร่วมด้วยช่วยกัน
 - ตัวบ่งชี้ที่ 6 ผู้เรียนได้ฝึกค้น รวบรวมข้อมูลและสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง
 - ตัวบ่งชี้ที่ 7 ผู้เรียนเลือกทำกิจกรรมตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจของตนเองอย่างมีความสุข
 - ตัวบ่งชี้ที่ 8 ผู้เรียนฝึกตนเองให้มีวินัย และมีความรับผิดชอบในการทำงาน
 - ตัวบ่งชี้ที่ 9 ผู้เรียนฝึกประเมิน ปรับปรุงตนเองและยอมรับผู้อื่น ตลอดจนใส่ใจใฝ่ความรู้อย่างต่อเนื่อง

ชนาธิป พรกุล (2544) ได้กล่าวถึง ตัวบ่งชี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ไว้ดังนี้

1. มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลาย เหมาะสมกับธรรมชาติของผู้เรียน
2. มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนฝึกค้นคว้า สังเกตรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ คิดอย่างหลากหลาย สร้างสรรค์และสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
3. มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาหาความรู้ และแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง
4. มีการนำภูมิปัญญาท้องถิ่น เทคโนโลยี และสื่อที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน
5. มีการจัดกิจกรรมเพื่อฝึกและส่งเสริมคุณธรรมและจริยธรรมของผู้เรียน
6. มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาสุนทรียภาพอย่างครบถ้วนทั้งด้านดนตรี ศิลปะและกีฬา
7. ส่งเสริมความเป็นประชาธิปไตยในการทำงานกลุ่มและมีความรับผิดชอบต่อกลุ่ม
8. มีการประเมินพัฒนาการของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายและต่อเนื่อง
9. ผู้เรียนรักโรงเรียนของตนและมีความกระตือรือร้นในการไปโรงเรียน

รัชดาภรณ์ สุราเลิศ (2545) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาตัวบ่งชี้รวมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในโรงเรียนประถมศึกษา ซึ่งได้ตัวบ่งชี้เดี่ยวจำนวน 79 ตัว จาก 5 องค์ประกอบหลัก 15 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านบรรยากาศ/สภาพแวดล้อม ประกอบด้วย ลักษณะการจัดชั้นเรียน การจัดสรรพื้นที่ชั้นเรียน และบรรยากาศการเรียนรู้อื่นๆ

2. องค์ประกอบด้านสื่อการเรียนการสอน ประกอบด้วย ลักษณะสื่อการเรียนการสอนและการใช้สื่อ
3. องค์ประกอบด้านปัจจัยเบื้องต้น ประกอบด้วย การวางแผนกิจกรรม และการเตรียมกิจกรรม
4. องค์ประกอบด้านกระบวนการ ประกอบด้วย บทบาทในกระบวนการเรียนรู้ สัดส่วนของเวลาที่ใช้สอน ลักษณะกิจกรรมที่ผู้สอนจัด พฤติกรรมของผู้สอนในการดำเนินกิจกรรมลักษณะการมีส่วนร่วมในกิจกรรมของผู้เรียน และพฤติกรรมของผู้เรียนในการร่วมกิจกรรม
5. องค์ประกอบด้านผลผลิต ประกอบด้วย การประเมิน และผลที่คาดหวังในตัวผู้เรียน

สุมน อมรวิวัฒน์ (2545) ได้พัฒนาตัวบ่งชี้การจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครูประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 10 ตัวบ่งชี้ ดังนี้

1. การเตรียมการสอนทั้งเนื้อหาและวิธีการที่ผสมผสานภูมิปัญญาไทยและความรู้สากล
2. การจัดสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศที่ปลุกเร้า จูงใจ และเสริมแรงให้นักเรียนเรียนรู้เต็มตามศักยภาพ
3. การเข้าใจและเอาใจใส่แก่นักเรียนเป็นรายบุคคล และแสดงความเมตตาต่อนักเรียนอย่างทั่วถึง
4. การจัดกิจกรรมและสถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างสร้างสรรค์
5. การส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิด ฝึกทำ และฝึกปรับปรุงตนเอง
6. การส่งเสริมกิจกรรมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้จากกลุ่ม พร้อมทั้งสังเกตส่วนดีและปรับปรุงส่วนด้อยของนักเรียน
7. การใช้สื่อการสอนเพื่อฝึกการคิด การแก้โจทย์ปัญหา และการค้นพบความรู้
8. การใช้แหล่งเรียนรู้หลากหลายและเชื่อมโยงประสบการณ์กับชีวิตจริง โดยร่วมมือกับชุมชน
9. การปลูกฝังระเบียบ วินัย ค่านิยม และคุณธรรมตามวิถีวัฒนธรรมไทย
10. การประเมินตนเองอยู่เสมอ ตลอดจนสังเกตและประเมินพัฒนาการของนักเรียน อย่างต่อเนื่อง

ในปี พ.ศ. 2545 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ ได้ประเมินโครงการโรงเรียนปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2545) พบว่า ครูในโรงเรียนนาร่องได้จัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญได้เพิ่มมากขึ้นกว่าช่วงก่อนเข้าโครงการร้อยละ 20 - 50 การดำเนินการปฏิรูปทั้งโรงเรียนยังทำได้น้อย ถึงแม้จะมีอัตราการปฏิรูปทั้งโรงเรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ในช่วงระยะเวลา 4 เดือน การวิจัยครั้งนี้มีการวัดระดับความสามารถในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามตัวบ่งชี้ที่พัฒนา โดย สุมน อมรวิวัฒน์ (2545) โดยการสร้างแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ประกอบด้วย ข้อคำถาม 19 ข้อ ดังนี้

1. การเตรียมเนื้อหาที่ผสมผสานภูมิปัญญาท้องถิ่นและความรู้สากล
 2. การเตรียมวิธีการสอนที่ใช้ทั้งวัฒนธรรมไทยและเทคนิคการสอนตามหลัก
- วิชา
3. การจัดสภาพห้องเรียนที่ปลูกเร้า จงใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้
 4. การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ เสริมแรงให้นักเรียนได้เรียนรู้เต็มตาม
- ศักยภาพ
5. การทำความรู้จักและเข้าใจนักเรียนเป็นรายบุคคล
 6. การเอาใจใส่และแสดงความเมตตาต่อนักเรียนอย่างทั่วถึง
 7. การจัดกิจกรรมและสถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดงออก
 8. การเลือกใช้กิจกรรมให้นักเรียนแสดงออกอย่างสร้างสรรค์
 9. การส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิดและฝึกทำด้วยตนเอง
 10. การกระตุ้นและสนับสนุนให้นักเรียนฝึกปรับปรุงตนเอง
 11. การส่งเสริมกิจกรรมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้จากกลุ่ม
 12. การสังเกตส่วนดีและปรับปรุงส่วนด้อยของนักเรียนระหว่างการแลกเปลี่ยน
- การเรียนรู้
13. การใช้สื่อการสอนเพื่อฝึกการคิดของนักเรียน
 14. การใช้สื่อการสอนเพื่อฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาและค้นพบความรู้
 15. การใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย
 16. การเชื่อมโยงประสบการณ์กับชีวิตจริงโดยร่วมมือกับชุมชน
 17. การปลูกฝังระเบียบวินัย ค่านิยม และคุณธรรมตามวิถีวัฒนธรรมไทย
 18. การประเมินตนเองอยู่เสมอ
 19. การสังเกตและประเมินพัฒนาการนักเรียนอย่างต่อเนื่อง
- นอกจากนี้มาตรฐานการศึกษาเพื่อการประเมินคุณภาพภายนอกระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานที่สถานศึกษาทุกสถานศึกษาจะต้องได้รับการประเมินทั้งในรูปแบบของการประเมินคุณภาพภายใน และการประเมินคุณภาพภายนอกมาตรฐานที่ 18 ว่าด้วยเรื่องการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ประกอบด้วยตัวบ่งชี้จำนวน 9 ตัวบ่งชี้ (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2548) ดังนี้
- ตัวบ่งชี้ที่ 1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับธรรมชาติของผู้เรียน
- ตัวบ่งชี้ที่ 2 มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้ แสวงหาคำตอบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
- ตัวบ่งชี้ที่ 3 มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาหาความรู้ แสวงหาคำตอบและสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง
- ตัวบ่งชี้ที่ 4 มีการนำภูมิปัญญาท้องถิ่น เทคโนโลยี และสื่อที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน
- ตัวบ่งชี้ที่ 5 มีการจัดกิจกรรมเพื่อฝึกและส่งเสริมคุณธรรม และจริยธรรมของผู้เรียน

ตัวบ่งชี้ที่ 6 มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนา
สุนทรียภาพอย่างครบถ้วนทางด้านดนตรี ศิลปะ และการกีฬา

ตัวบ่งชี้ที่ 7 ส่งเสริมความเป็นประชาธิปไตยการทำงานร่วมกับผู้อื่น และ
ความรับผิดชอบต่อกลุ่มร่วมกัน

ตัวบ่งชี้ที่ 8 มีการประเมินพัฒนาการของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายและ
ต่อเนื่อง

ตัวบ่งชี้ที่ 9 มีการจัดกิจกรรมการเรียนให้ผู้เรียนรักสถานศึกษาของตน และมีความ
กระตือรือร้นในการเรียน

จากการศึกษาเอกสารและตัวบ่งชี้การวัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เป็นสำคัญ
ข้างต้น ผู้วิจัยนำมาสรุปได้ว่า การวัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง การ
ดำเนินงานอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย การวางแผน การเตรียมการสอน การดำเนินการสอน
การประเมินผลการเรียนการสอน และการนำผลการประเมินไปใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน
โดยที่การดำเนินงานทุกขั้นตอนมุ่งจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการเรียนรู้
ได้เรียนจากสภาพที่เป็นธรรมชาติที่หลากหลายและตรงกับชีวิตประจำวัน โดยครูมีบทบาทเป็นผู้
ช่วยเหลือดูแลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เต็มตามศักยภาพ และจากการศึกษาตัวบ่งชี้การวัดกระบวนการเรียนรู้
ที่เน้นผู้เป็นสำคัญของ คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้ (2543); ขนาธิป พรกุล (2544);
นงลักษณ์ วิรัชชัย (2545); รัชดาภรณ์ สุราเลิศ (2545); สุนัน อมรวิวัฒน์ (2545);
สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (2548) ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์ตัวบ่งชี้การ
วัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เป็นสำคัญได้ดังนี้ 1) การจัดสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศที่ปลุกเร้า จูงใจ
และเสริมแรงให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เต็มตามศักยภาพ 2) การเข้าใจและเอาใจใส่ในนักเรียนเป็น
รายบุคคล และแสดงความเมตตาต่อนักเรียนอย่างทั่วถึง 3) การจัดกิจกรรมและสถานการณ์ให้
นักเรียนได้แสดงออกและคิดอย่างสร้างสรรค์ 4) การส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิด ฝึกทำ และฝึก
ปรับปรุงตนเอง 5) การส่งเสริมกิจกรรมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้จากกลุ่ม พร้อมทั้งสังเกตส่วนดีและ
ปรับปรุงส่วนด้อยของนักเรียน 6) การใช้การสอนเพื่อฝึกการคิด การแก้ปัญหา และการค้นพบความรู้
7) การใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและเชื่อมโยงประสบการณ์กับชีวิตจริงโดยร่วมมือกับชุมชน 8)
การปลูกฝังระเบียบวินัย ค่านิยมและคุณธรรมตามวิถีวัฒนธรรมไทย และ 9) การประเมินตนเองอยู่
เสมอ ตลอดจนสังเกตและประเมินพัฒนาการของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง

วิธีวิทยาสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีวิทยาสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีวิทยาทั้งหมด 2 วิธี คือ
1) การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (latent class analysis) และ 2) การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปร
ส่งผ่านและอิทธิพลของตัวแปรกำกับ มีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์กลุ่มแฝง

เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์กลุ่มแฝงผู้วิจัยขอเสนอโมโนทัศน์
เกี่ยวกับการวิเคราะห์กลุ่มแฝงใน 7 หัวข้อ คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูลที่มี
ตัวแปรแฝงและการวิเคราะห์กลุ่มแฝง 2) วิวัฒนาการของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง 3) หลักการของ

การวิเคราะห์กลุ่มแฝง 4) ขั้นตอนการวิเคราะห์กลุ่มแฝง 5) การพิจารณาความกลมกลืนของโมเดล ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง 6) โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง และ 7) ข้อดีและข้อจำกัด ของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรแฝงและการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

กลุ่มวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรแฝงเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน (interdependence techniques) รวมเรียกว่า การวิเคราะห์โครงสร้างแฝง (latent structure analysis) ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 4 แบบ แบบที่หนึ่ง คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis: FA) แบบที่สอง คือ การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (latent class analysis: LCA) แบบที่สาม คือ การวิเคราะห์โปรไฟล์ (profile analysis: PA) และแบบที่สี่ คือ การวิเคราะห์คุณลักษณะแฝง (latent trait analysis: LTA) (McCutcheon, 1987)

ตาราง 5 การวิเคราะห์โครงสร้างแฝง 4 ประเภท

ตัวแปรแฝง	ตัวแปรสังเกตได้	
	ตัวแปรต่อเนื่อง	ตัวแปรจัดประเภท
ตัวแปรต่อเนื่อง	การวิเคราะห์องค์ประกอบ	การวิเคราะห์คุณลักษณะแฝง
ตัวแปรจัดประเภท	การวิเคราะห์โปรไฟล์	การวิเคราะห์กลุ่มแฝง

จากตาราง 5 แสดงให้เห็นการจำแนกประเภทของการวิเคราะห์โครงสร้างทั้ง 4 แบบ ตามระดับการวัดของตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ ประเภทแรกคือ การวิเคราะห์กรณีที่มีตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝงมีลักษณะเป็นตัวแปรต่อเนื่องทั้งคู่ การวิเคราะห์โครงสร้างแฝงประเภทนี้คือการวิเคราะห์องค์ประกอบนั่นเอง ประเภทที่สองคือ การวิเคราะห์กรณีที่มีตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝงมีลักษณะเป็นตัวแปรจัดประเภททั้งคู่ การวิเคราะห์โครงสร้างแฝงประเภทนี้ก็คือ การวิเคราะห์กลุ่มแฝง ประเภทที่สามคือ การวิเคราะห์กรณีที่มีกลุ่มตัวแปรสังเกตได้เป็นตัวแปรต่อเนื่องและตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรจัดประเภท การวิเคราะห์โครงสร้างแฝงก็คือ การวิเคราะห์โปรไฟล์ และประเภทที่สี่คือ การวิเคราะห์กรณีที่มีตัวแปรสังเกตได้เป็นตัวแปรจัดประเภทและตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรต่อเนื่อง การวิเคราะห์โครงสร้างแฝงก็คือ การวิเคราะห์คุณลักษณะแฝง (พูลพงษ์ สุขสว่าง, 2545)

1.2 วิวัฒนาการของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

นับแต่อดีตที่ผ่านมา การวิจัยเชิงปริมาณทางด้านพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์มีความรุดหน้ามากขึ้น สังเกตได้จากการนำเสนอประเด็นการศึกษาวิจัยที่มีความซับซ้อนมากขึ้น สามารถตอบวัตถุประสงค์ได้ครั้งละหลายประเด็น เน้นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรจำนวนมาก ทั้งยังต้องพยายามควบคุมความคลาดเคลื่อนที่มีผลต่อการได้ข้อสรุปให้น้อยที่สุด รวมถึงการใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบแตกต่างจากเดิม ทั้งนี้สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือ การพัฒนาทางเทคโนโลยี ที่ช่วยให้ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ข้อมูลจากเดิมลดลง สามารถขยายพรมแดน

การพิสูจน์ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และสถิติได้มากขึ้น ส่งผลให้ผลการวิจัยแต่ละเรื่องสามารถเชื่อมโยงและอธิบายความซับซ้อนของอิทธิพลระหว่างตัวแปรได้ชัดเจนกว่าเดิม หนึ่งในจำนวนประเภทของสถิติที่เริ่มได้รับความสนใจและเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ข้อมูลทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ คือ การวิเคราะห์กลุ่มแฝง (latent class analysis: LCA) (Nylund et al., 2007)

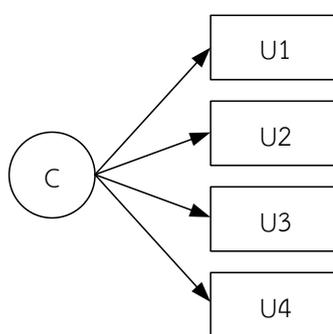
การวิเคราะห์กลุ่มแฝงบางครั้งเรียกว่า การวิเคราะห์ชั้นแฝง เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการค้นหาและจัดกลุ่มสมาชิกออกเป็นกลุ่มย่อยจากการใช้ตัวแปรสังเกตได้เชิงกลุ่ม (categorical observed variable) จำนวนหลายตัวประกอบกัน ผลจากการจัดกลุ่มทำให้ได้มิติการพิจารณาทั้งจำนวนและคุณลักษณะที่เหมือนกันของผู้ให้ข้อมูลภายในกลุ่มหรือแตกต่างกันระหว่างกลุ่มหรือได้ คุณลักษณะเฉพาะกลุ่มพร้อมกับได้คุณลักษณะของแต่ละกลุ่มอย่างครอบคลุมครบถ้วนในคราวเดียว (mutually exclusive and exhaustive) โดยลักษณะการจำแนกกลุ่มดังกล่าวไม่เคยมีการศึกษาเกณฑ์ในการจำแนกมาก่อน และไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่าผลการจัดแบ่งจะมีจำนวนกลุ่มย่อยอยู่เท่าใด (Bray et al., 2006) ช่วยให้ได้สารสนเทศที่ชัดเจนและเป็นประโยชน์ เมื่อนักวิจัยต้องการศึกษาสภาพปัญหาที่ปราศจากการสนับสนุนสมมติฐานด้วยกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี เช่น การวิเคราะห์เพื่อจำแนกกลุ่มคนที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการใช้สารเสพติดที่แตกต่างกันในแต่ละประเภท (Monga et al., 2007; Alexandre et al., 2006) การจำแนกกลุ่มเยาวชนที่มีพฤติกรรมความก้าวร้าวในรูปแบบแตกต่างกัน (Williford et al., 2011) การจำแนกกลุ่มวัยรุ่นที่มีพฤติกรรมการลดน้ำหนักที่แตกต่างกัน (Patterson, Dayton and Graubard, 2002) หรือการจำแนกผู้ป่วยที่มีลักษณะอาการของโรคที่แตกต่างกัน (Eske et al., 2010) เป็นต้น

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงเป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสังคมศาสตร์ที่ถูกนำเสนอ ครั้งแรกในปี 1968 โดย Lazarsfeld และ Henry ด้วยการวิเคราะห์ตัวแปรแฝงประเภททวิภาค (dichotomous latent variable) ต่อมาในปี 1974 Goodman ได้ประยุกต์ใช้วิธีการดังกล่าวกับ ตัวแปรแฝงระดับนามบัญญัติ (nominal latent variable) และในปี 2001 Margidson และ Vermunt ได้นำวิธีการดังกล่าวมาปรับขยายเพื่อวิเคราะห์ตัวแปรแฝงระดับเรียงอันดับ (ordinal latent variable) และตัวแปรแฝงชนิดตัวแปรจัดประเภทที่มีระดับการวัดแบบตัวแปรต่อเนื่อง (Margidson and Vermunt, 2000) ซึ่งปัจจุบันเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มแฝงได้รับการปรับขยายขีดความสามารถในการวิเคราะห์ตัวแปรสังเกตได้ที่มีระดับจำแนกตามการวัดที่แตกต่างกัน และได้รับการพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์ตัวแปรจัดประเภทได้ทุกชนิด (Muthén and Muthén, 2009)

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงเป็นหนึ่งในรูปแบบการวิเคราะห์กลุ่มตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน (interdependence techniques) รวมเรียกว่า การวิเคราะห์โครงสร้างแฝง (latent structure analysis) ซึ่งมีลักษณะเป็นโมเดลการวัด (measurement model) จำแนกได้ 4 รูปแบบ จำแนกตามระดับการวัดตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ (McCutcheon, 1987) ในจำนวนนี้เรียกการวิเคราะห์โครงสร้างทางการวัดว่าการวิเคราะห์กลุ่มแฝง เมื่อการวิเคราะห์ครั้งนั้นมีตัวแปรสังเกตได้เป็นตัวแปรจัดกลุ่ม (categorical variable) และจะเรียกการวิเคราะห์นั้นว่าการวิเคราะห์โปรไฟล์ (profile analysis: PA) เมื่อการวิเคราะห์ครั้งนั้นมีตัวแปรสังเกตได้เป็นตัวแปรต่อเนื่อง (continuous variable) โดยผลการวิเคราะห์ของการวิเคราะห์ตัวแปรทั้งสองจะทำให้ได้ตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรจัดกลุ่มเช่นเดียวกัน

1.3 หลักการของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงเป็นวิธีการทางสถิติในกลุ่มเทคนิคสถิติวิเคราะห์ตัวแปรพหุนาม (multivariate statistical analysis technique) ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirm factor analysis: CFA) ร่วมกับการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม (cluster analysis) แต่ต่างกันที่ตัวแปรแฝงของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงจะเป็นตัวแปรจัดกลุ่มในขณะที่ตัวแปรแฝงของการวิเคราะห์องค์ประกอบจะเป็นตัวแปรต่อเนื่อง (Bray et al., 2006) โดยที่โครงสร้างของตัวแปรแฝงจะถูกสร้างมาจากตัวบ่งชี้ (indicator) ที่เป็นตัวแปรสังเกตได้ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปในโมเดลการวัด (measurement model) หลังจากนั้นใช้การแบ่งโครงสร้างตามหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยตัวอย่างโมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (Muthén, 2002)

จากภาพประกอบ 15 กำหนดให้ C คือ ตัวแปรแฝงชนิดตัวแปรจัดประเภท (categorical latent variable) ที่มี k กลุ่ม และ U คือ ตัวบ่งชี้ (indicator) ที่เป็นตัวแปรสังเกตได้ชนิดตัวแปรจัดประเภท ลูกศรจากตัวแปร C ไปยังตัวแปร U แสดงให้เห็นค่าความน่าจะเป็นหรือน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร U ที่มีความสำคัญต่อการวัดคุณลักษณะของตัวแปรแฝง C แต่ละกลุ่ม ซึ่งค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวนี้จะมีค่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันตามกลุ่มของตัวแปรแฝง C โดยที่ตัวแปร U แต่ละตัวจะเป็นตัวแปรสังเกตได้หรือตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง C ในแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน ทำให้การแปลความหมายของโมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝงแตกต่างจากการแปลความหมายในโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Muthén, 2002)

1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

จากการศึกษาเอกสารของ Webel (1996); Muthén และ Muthén (2009) สรุปเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์กลุ่มแฝงได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการพัฒนารูปแบบโมเดล โดยใช้ทฤษฎีเพื่อให้ได้โมเดลการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการกำหนดรายละเอียด และดำเนินการตรวจสอบข้อมูลรวมทั้งการตรวจสอบรูปแบบการตอบสนองตัวบ่งชี้รายตัว

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล

3.1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อทดสอบความกลมกลืนของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อกำหนดให้มีจำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม

3.2 เป็นการประมาณค่าความน่าจะเป็นของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวของหน่วยตัวอย่างว่าควรอยู่ในกลุ่มใดใน 2 กลุ่ม

3.3 เป็นการตรวจสอบรูปแบบของตัวแปรหรือพฤติกรรมของหน่วยตัวอย่างในแต่ละกลุ่มโดยดูความสอดคล้องของความน่าจะเป็นในแต่ละรูปแบบ

3.4 เป็นการหาค่าความน่าจะเป็นเฉลี่ยของกลุ่ม (mean probability of class memberships)

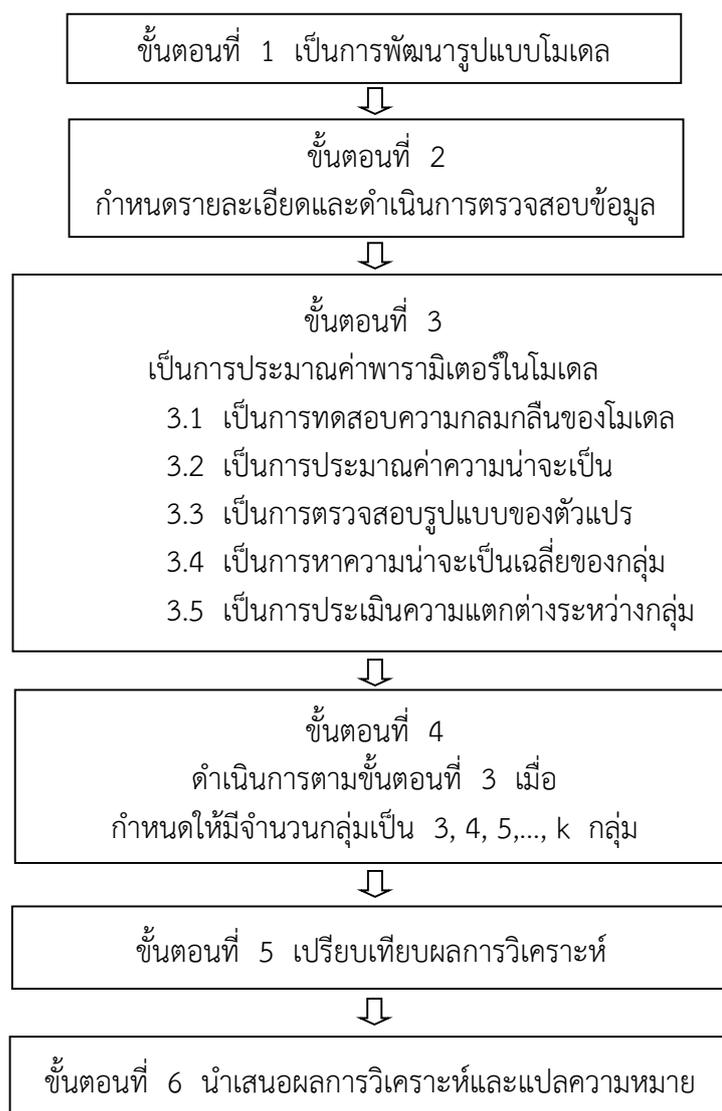
3.5 เป็นการประเมินว่าแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไร (evaluating group differences) และมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่าไร

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3.1-3.5 สำหรับการวิเคราะห์โมเดลกลุ่มแฝง เมื่อกำหนดให้มีจำนวนกลุ่มแฝงเป็น 3, 4, ..., k กลุ่ม คัดเลือกเฉพาะโมเดลที่ข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกับข้อมูลเชิงทฤษฎี (χ^2/df มีค่าน้อยกว่า .05)

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ว่าโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุด มีจำนวนกลุ่มเป็นเท่าใด โดยพิจารณาจากค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบความสอดคล้องของโมเดล (model goodness of fit test) ได้แก่ค่า AIC, BIC และค่า sample-size adjusted BIC กล่าวคือ ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลมีค่าน้อยที่สุด แสดงว่าเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมที่สุด

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอผลการวิเคราะห์ และแปลความหมาย

จากขั้นตอนการวิเคราะห์กลุ่มแฝง 6 ขั้นตอนทีกล่าวมาข้างต้น สามารถเขียนอธิบายเป็นแผนภาพได้ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 ขั้นตอนการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

1.5 การพิจารณาความกลมกลืนของโมเดลในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

การพิจารณาความกลมกลืนของโมเดล (test of model fit) การวิเคราะห์กลุ่มแฝงใช้การทดสอบค่าไคสแควร์ แต่เนื่องจากกระบวนการวิเคราะห์ต้องกำหนดจำนวนกลุ่มหลายแบบ (2, 3, 4, ..., k กลุ่ม) ดังนั้น การนำค่าไคสแควร์มาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์โมเดลใด สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์จึงไม่เหมาะสม (Karen et al., 2004; Bray et al., 2006; Nylund, 2008; Muthén and Muthén, 2009) นักสถิติจึงได้เสนอให้ใช้ค่าสถิติต่อไปนี้ในการพิจารณาความกลมกลืนของโมเดลดังนี้

1. AIC = Akaike Information Criterion
= $-2 \log L + 2q$

2. BIC = Bayesian Information Criterion
= $-2 \log L + q \log (n)$
3. ABIC = sample-size adjusted BIC
= $-2 \log L + q \log [(n+2)/24]$
4. E_k = Entropy (ค่าสถิติบอกความชัดเจนในการจัดกลุ่ม)
= $1 - \left[\sum_i \sum_k (-\hat{p}_{ik} \ln \hat{p}_{ik}) \right] / n \ln k$

ในที่นี้ L คือ ค่าสูงสุดในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลด้วยวิธี likelihood
 q คือ จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า (free parameters)
 n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
 \hat{p}_{ik} คือ ค่าประมาณของความน่าจะเป็นเงื่อนไขที่คนที่ i อยู่ในกลุ่มที่ k

ผลจากการวิเคราะห์จะพิจารณาค่าสถิติ AIC, BIC และ ABIC หากค่าสถิติเหล่านี้มีค่าน้อยหรือเข้าใกล้ศูนย์หมายความว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ส่วนค่าสถิติ Entropy (E_k) จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่า Entropy มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการจัดจำแนกกลุ่มได้ผลถูกต้องชัดเจน

1.6 โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

ปัจจุบันมีผู้พัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูงที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์กลุ่มแฝงหลายโปรแกรม โดยโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาในระยะหลังนี้มีแนวโน้มการนำไปใช้ที่ง่ายกว่าในระยะแรก รวมถึงสามารถวิเคราะห์ตัวแปรได้หลากหลายมากขึ้น เป็นเหตุให้นักวิจัยเริ่มนำโมเดลของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงไปประยุกต์ใช้มากขึ้นในศาสตร์สาขาต่าง ๆ ตัวอย่างโปรแกรมที่กำลังเป็นที่นิยมได้แก่ 1) โปรแกรม Latent GOLD พัฒนาโดย Jay Magidson และ Jeroen Vermunt เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้ง่าย เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ตัวแปรจัดประเภท ให้ผลลัพธ์ที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและเป็นโปรแกรมที่สามารถอ่านไฟล์ SPSS ได้โดยตรง 2) โปรแกรม Mplus ถูกพัฒนาโดย Bengt Muthén และ Linda Muthén เป็นโปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์โมเดลแบบผสม (mixture model) ได้หลากหลายรูปแบบ เป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการใช้งานและสามารถวิเคราะห์โมเดลได้อย่างหลากหลาย และ 3) โปรแกรม LEM เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดย Jeroen Vermunt เป็นฟรีโปรแกรม แต่มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์มากกว่าโปรแกรม Latent GOLD และ Mplus (Vermunt, 2011)

1.7 ข้อดีและข้อจำกัดของการวิเคราะห์กลุ่มแฝง

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงมีข้อดีคือ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ชนิดแรกๆ ที่ได้รับการพัฒนาตามหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบที่สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่เป็นตัวแปรจัดประเภท และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่ไม่ใช่ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Magidson and Vermunt, 2000) โดยไม่จำเป็นต้องระบุระดับการวัด จึงทำให้ง่ายต่อการปฏิบัติ (Elliot, 2011) ซึ่งในปัจจุบันนี้

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงได้รับการเพิ่มสมรรถนะให้สามารถใช้วิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูลที่มีระดับการวัดแตกต่างกันได้ กล่าวคือ สามารถวิเคราะห์จัดกลุ่มตัวแปรแฝงกรณีที่มีตัวแปรสังเกตได้มีระดับการวัดแตกต่างกัน ทั้งแบบตัวแปรต่อเนื่องและตัวแปรจัดประเภท เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบผสม (factor mixture analysis) (McCutcheon, 1987) ส่วนข้อจำกัดของการวิเคราะห์กลุ่มแฝงที่สำคัญคือ เป็นการจัดกลุ่มโดยไม่มีทฤษฎีอ้างอิง ซึ่งจะสามารถใช้ได้ดีกับการแบ่งกลุ่มที่ไม่เคยได้รับการศึกษาและจำแนกกลุ่มมาก่อน นอกจากนี้จำนวนกลุ่มที่เป็นผลจากการวิเคราะห์สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มที่มีบริบทหรืออยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทำให้การอ้างอิงผลการจัดกลุ่มว่ามีลักษณะตายตัวเป็นไปได้ยาก (Elliot, 2011)

Muthén และ Muthén (2009) ได้พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มแฝงให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่อเนื่องที่เป็นสาเหตุของตัวแปรแฝงที่ได้จากการวิเคราะห์กลุ่มแฝงอีกด้วย รวมทั้งสามารถวิเคราะห์กลุ่มแฝงกรณีที่เป็นข้อมูลระยะยาวได้ด้วย สรุปเป็นโมเดลตัวแปรแฝงดังตาราง 6

ตาราง 6 โมเดลย่อยในโมเดลผสมที่มีตัวแปรแฝง (latent variable mixture model)

โมเดล	ตัวแปรสังเกตได้			ตัวแปรแฝง	
	ต่อเนื่อง		จัดประเภท	ต่อเนื่อง	จัดประเภท
	x	y	u	I,S	c
1. Mixtures with different means for continuous outcomes		✓			✓
2. Latent profile analysis		✓			✓
3. Mixture regression analysis	✓	✓			✓
4. Multinomial logistic regression	✓				✓
5. Mixture intervention modeling using CACE estimation with training data	✓	✓			✓
6. Mixture intervention modeling Using CACE estimation with Missing data on the latent Class indicator	✓	✓	✓		✓
7. Growth mixture modeling	✓	✓		✓	✓
8. Growth mixture modeling with a binary mixture indicator (distal outcome)	✓	✓	✓	✓	✓

ตาราง 6 (ต่อ)

โมเดล	ตัวแปรสังเกตได้		ตัวแปรแฝง	
	ต่อเนื่อง		ต่อเนื่อง	จัดประเภท
	x	y	I,S	c
9. Latent class analysis with Binary latent class indicators			✓	✓
10. Latent class analysis with three-category latent class indicators			✓	✓
11. Latent class analysis with Binary latent class indicators and continuous outcomes		✓	✓	✓
12. Latent class analysis with covariates and a direct effect	✓		✓	✓
13. Latent class growth analysis with binary latent class indicators			✓	✓
14. Latent class growth analysis with three-category latent class indicators			✓	✓
15. Discrete-time survival analysis			✓	✓
16. Mixture discrete-time survival analysis		✓	✓	✓

การวิเคราะห์กลุ่มแฝงเป็นสถิติวิเคราะห์ข้อมูลประเภทหนึ่งในกลุ่มของการวิเคราะห์สมการโครงสร้างที่มีตัวแปรแฝงที่ใช้กับข้อมูลชนิดจัดกลุ่ม มีความโดดเด่นในแง่การสำรวจและจำแนกกลุ่มผู้ให้ข้อมูลเพื่อลดความซับซ้อนด้านความแตกต่างของคุณลักษณะของผู้ให้ข้อมูล เผยให้นักวิจัยสามารถพิจารณาคูณลักษณะที่เหมือนกันภายในกลุ่มเดียวกัน (within group) และคุณลักษณะที่แตกต่างกันของผู้ให้ข้อมูลต่างกลุ่ม (between group) ได้อย่างน่าเชื่อถือ จนทำให้ปัจจุบันนี้นักวิจัยจำนวนมากได้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์กลุ่มแฝงกับการวิจัยเชิงพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นการศึกษากับตัวแปรที่มักเป็นตัวแปรประกอบ และยากต่อการคัดกรองจัดกลุ่มคนที่ไม่ทราบแน่ชัดว่ามีความเหมือนและความต่างกันมากน้อยเพียงใด กระบวนการดำเนินการไม่ซับซ้อน รวมถึงมีโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างหลากหลาย ช่วยให้นักวิจัยทราบพฤติกรรมเฉพาะของแต่ละกลุ่มเพื่อใช้ประกอบการป้องกันปัญหา แก้ไขปัญหา หรือทำนายความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับกลุ่มเฉพาะเป็นอย่างดี

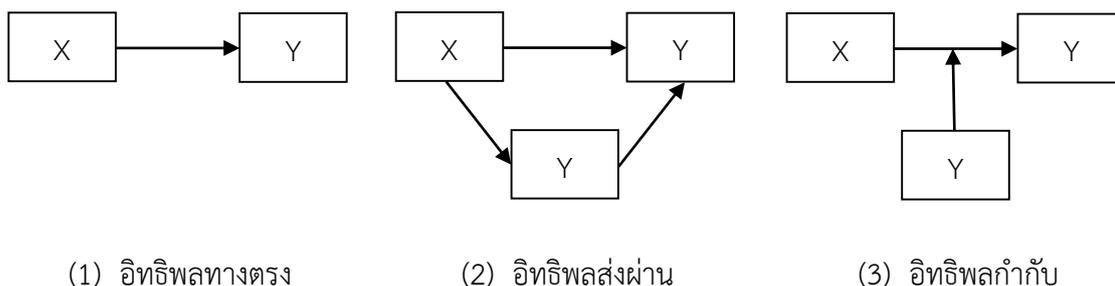
แม้ว่าการวิเคราะห์กลุ่มแฝงจะมีประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ใหม่เป็นอย่างมาก แต่ยังมีข้อจำกัดกับการใช้สำหรับลักษณะตัวแปรและปัญหาวิจัยบางประเภท โดยมักใช้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจเบื้องต้นเท่านั้น นักวิจัยสามารถนำโมเดลเกี่ยวกับการวิเคราะห์กลุ่มแฝงนี้ไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะอื่นที่อยู่บนรากฐานของการใช้ตัวแปรแบบต่อเนื่อง จะทำให้ได้คำตอบของการศึกษาแตกต่างจากเดิม มีความชัดเจนและเกิดประโยชน์มากขึ้น เช่น การวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve analysis: LGCA) หากประยุกต์ใช้การวิเคราะห์กลุ่มแฝงเข้าร่วมด้วยจะกลายเป็นการวิเคราะห์โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบผสม (latent growth curve mixture analysis) (Jung and Wickrama, 2008) หรือการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation model: SEM) หากประยุกต์ใช้การวิเคราะห์กลุ่มแฝงเข้าร่วมด้วยจะกลายเป็นการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างแบบผสม (mixture structural equation model: Mixture SEM) (McLachlan and Peel, 2000; Song and Lee, 2012) ทำให้ปัจจุบันเริ่มมีการวิเคราะห์ข้อมูลแนวใหม่เกิดขึ้นโดยอาศัยรากฐานการวิเคราะห์เดิมอย่างหลากหลายและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

2. การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านและอิทธิพลของตัวแปรกำกับ

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านและอิทธิพลของตัวแปรกำกับ ผู้วิจัยขอแนะนำเสนอโมเดลเกี่ยวกับการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านและอิทธิพลของตัวแปรกำกับใน 4 หัวข้อ คือ 1) โมเดลตัวแปรส่งผ่านและตัวแปรกำกับ 2) การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่าน 3) การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรกำกับ และ 4) อิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่านและอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีการกำกับ มีรายละเอียดดังนี้

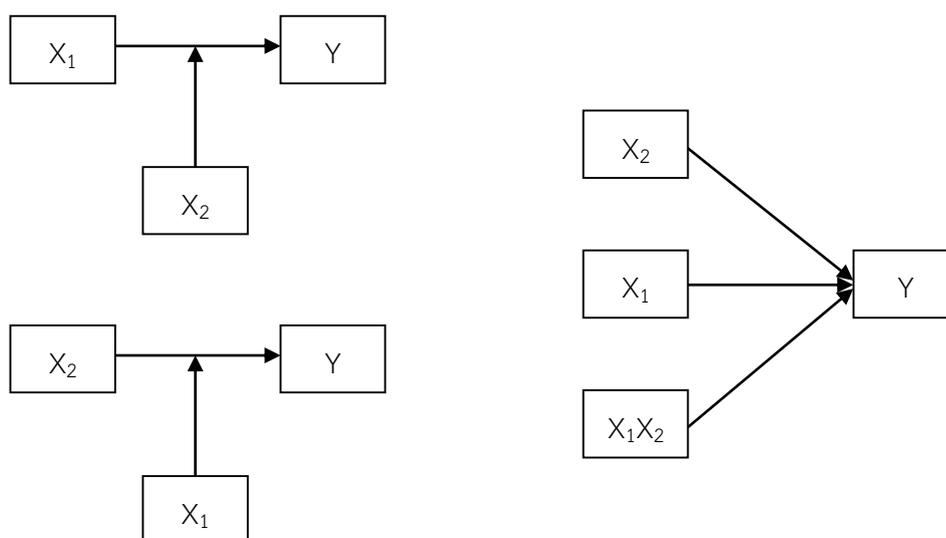
2.1 โมเดลตัวแปรส่งผ่านและตัวแปรกำกับ (mediator variable and moderator variable)

ปัจจุบันงานวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ให้ความสนใจศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่านมากขึ้น เพราะความซับซ้อนของทฤษฎีและสภาพบริบททางสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป พฤติกรรมการแสดงออกของบุคคลสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายเหตุปัจจัยร่วมกัน ตัวแปรส่งผ่านและตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรที่เป็นประโยชน์ในการขยายขอบเขตการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร 2 ตัว ในการวิจัยเชิงสหสัมพันธ์และการวิจัยเชิงทดลอง Frazier, Tix และ Baron (2004) อธิบายว่า ในการวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ ตัวแปรส่งผ่าน (mediator : Med) หรือตัวแปรคั่นกลาง (intervening variable) ช่วยตอบคำถามว่า ตัวแปรต้น (X) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Y) “อย่างไร (how)” ส่วนในการวิจัยเชิงทดลอง ตัวแปรกำกับหรือตัวแปรปรับ (moderator : Mod) ช่วยตอบคำถามว่า ตัวแปรจัดกระทำ (X) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Y) สูงสุด “เมื่อไรหรือกลุ่มใด (when or whom)” โมเดลแสดงอิทธิพลของตัวแปรต้นหรือตัวแปรจัดกระทำ (X) ที่มีต่อตัวแปรตาม (Y) เมื่อไม่มีและมีอิทธิพลส่งผ่านและอิทธิพลกำกับแสดงได้ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 ภาพอิทธิพลทางตรง อิทธิพลส่งผ่าน และอิทธิพลกำกับ
(Frazier et al., 2004)

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร X และ Y ตามภาพประกอบ 17 (1) มีแบบแผนการวิจัยแยกเป็น 2 แบบ กรณีที่เป็นการวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ นักวิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอย (regression analysis) เพื่อศึกษาอิทธิพลทางตรง (direct effect) ของตัวแปรสาเหตุ (cause) ที่มีต่อตัวแปรผลลัพธ์ (outcome) หรือตัวแปรตาม เช่น ในการศึกษาอิทธิพลของเจตคติต่อการเรียน (X) ที่มีต่อการคิดวิเคราะห์ (Y) การวิเคราะห์ถดถอยแบบง่ายทำให้ทราบว่าตัวแปรสาเหตุคือเจตคติต่อการเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อตัวแปรผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม คือ การคิดวิเคราะห์มากน้อยเท่าไร ส่วนกรณีที่เป็นการวิจัยเชิงทดลอง นักวิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาอิทธิพลหลัก (main effect) ของตัวแปรจัดกระทำ (treatment or intervention) ที่มีต่อตัวแปรตาม เช่น ในการทดลองเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) ระหว่างวิธีสอน (X) 3 วิธี การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวทำให้ทราบว่าตัวแปรจัดกระทำคือวิธีสอนมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากน้อยเท่าไร หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ตัวแปรกำกับทำหน้าที่เป็นตัวแปรที่สามที่มีอิทธิพลต่อค่าขนาดอิทธิพลระหว่างตัวแปรสองตัว เราสามารถทราบได้ว่าตัวแปรกำกับมีอิทธิพลก็ต่อเมื่อทิศทางหรือขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรตามหรือผลลัพธ์ลดน้อยลงหรือเปลี่ยนแปลงไป (Baron and Kenny, 1986; Holmbeck, 1997; Bennett, 2003; Frazier et al., 2004) เมื่อพิจารณาระดับการวัดของตัวแปรพบว่า ตัวแปรกำกับส่วนใหญ่เป็นตัวแปรระดับมหภาค (macro level) ใช้ในการจำแนกความแตกต่างระหว่างกลุ่มคนทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์วัดระดับบุคคลภายในแต่ละกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มประชากรที่มีลักษณะหลากหลาย (heterogeneous) ให้เป็นประชากรกลุ่มย่อยที่มีลักษณะเหมือนกัน (homogeneous) เพื่อแสดงว่าประชากรแต่ละกลุ่มมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์แตกต่างกัน ตัวแปรกำกับอาจเป็นได้ทั้งตัวแปรจัดประเภทหรือตัวแปรต่อเนื่อง (Frederiksen and Melville, 1954; Lubinski and Humphreys, 1990) ทั้งนี้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับค่า หรือระดับของตัวแปรกำกับ (Cohen and Cohen, 1983) สามารถแสดงภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดังนี้

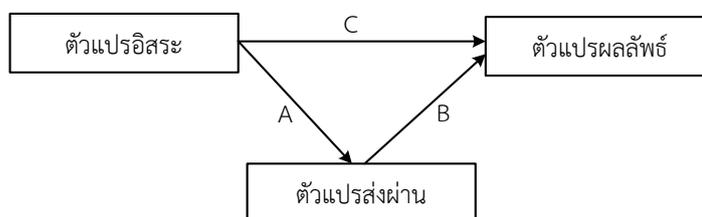


ภาพประกอบ 18 โมเดลอิทธิพลตัวแปรกำกับและอิทธิพลปฏิสัมพันธ์
(Cohen and Cohen, 1983)

จากภาพประกอบ 18 แสดงลักษณะของอิทธิพลปฏิสัมพันธ์กรณีมีตัวแปรอิสระ 2 ตัว โดยอิทธิพลจากตัวแปรอิสระทั้งสองร่วมกันส่งผลต่อตัวแปรตามหรือตัวแปรผลลัพธ์ ทำให้อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่หนึ่งต่อตัวแปรผลลัพธ์แตกต่างกันตามลำดับของตัวแปรอิสระที่สอง และอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่สองต่อตัวแปรผลลัพธ์แตกต่างกันตามลำดับของตัวแปรอิสระที่หนึ่ง กล่าวคือ ตัวแปรอิสระที่หนึ่งและสองต่างก็สามารถทำหน้าที่เป็นตัวแปรกำกับได้ และสามารถวิเคราะห์หาค่าขนาดอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ได้โดยการเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่หนึ่งต่อตัวแปรผลลัพธ์ว่าแตกต่างกันหรือไม่ระหว่างกลุ่มที่มีค่าของตัวแปรอิสระที่สองต่างกัน คือ ใช้ตัวแปรอิสระที่สองเป็นตัวแปรกำกับ ตรวจสอบว่าตัวแปรกำกับมีอิทธิพลต่อขนาดอิทธิพลจากตัวแปรอิสระที่หนึ่งไปตัวแปรผลลัพธ์หรือไม่ และในทำนองเดียวกันอาจใช้ตัวแปรอิสระที่หนึ่งเป็นตัวแปรกำกับตรวจสอบว่าตัวแปรกำกับมีอิทธิพลต่อขนาดอิทธิพลจากตัวแปรอิสระที่สองไปตัวแปรผลลัพธ์หรือไม่ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

ตัวแปรส่งผ่าน (mediator) เป็นตัวแปรที่สามารถอธิบายอิทธิพลทางอ้อมระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรผลลัพธ์ เมื่อได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายแล้วส่งผลต่อตัวแปรตามหรือผลลัพธ์ ตัวแปรส่งผ่านจึงสามารถแสดงเหตุการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรผลลัพธ์ ทั้งนี้ อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านจะถูกทดสอบเมื่อศึกษาพบว่า มีอิทธิพลทางตรงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรผลลัพธ์ แต่ก็มีความเป็นไปได้ที่ตัวแปรส่งผ่านจะเป็นแนวคิดของเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างตัวแปรทั้งสอง เมื่อนำมาเขียนแสดงภาพความสัมพันธ์ดังภาพประกอบ 19 สามารถอธิบายอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านได้ว่า ความแปรปรวนในตัวแปรอิสระทำนายความแปรปรวนในตัวแปรส่งผ่านได้อย่างมีนัยสำคัญ (เส้นอิทธิพล A) ความแปรปรวนในตัวแปรส่งผ่านทำนายความแปรปรวนในตัวแปรผลลัพธ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ (เส้นอิทธิพล B) และเมื่อความสัมพันธ์ในโมเดลตามเส้นอิทธิพล A และเส้นอิทธิพล B ถูกควบคุมจะพบว่า ความสัมพันธ์ทางตรงระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรผลลัพธ์ (เส้นอิทธิพล C) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจะ

สังเกตเห็นอิทธิพลดังกล่าวได้ชัดเจนมากที่สุดเมื่อเส้นอิทธิพล C มีค่าเป็นศูนย์ (Baron and Kenny, 1986; Holmbeck, 1997; Bennett, 2003; Frazier et al., 2004; ณชนก พลายละหาร, 2543)



ภาพประกอบ 19 โมเดลอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่าน (Frazier et al., 2004)

2.1.1 ความหมายของตัวแปรส่งผ่าน (mediator variable)

ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ให้ความหมายของตัวแปรส่งผ่าน (mediator variable) ไว้ดังนี้

Baron และ Kenny (1986) ให้ความหมายว่า ตัวแปรส่งผ่านคือตัวแปรที่ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางระหว่างปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรพยากรณ์กับตัวแปรเกณฑ์

Wikipedia (2011) ให้ความหมายว่า ตัวแปรส่งผ่านคือตัวแปรที่พยายามระบุและอธิบายกลไกที่ฐานความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วยการรวมของตัวแปรอธิบายที่สามหรือที่รู้จักกันเป็นตัวแปรสื่อกลาง

อรอุมา เจริญสุข (2552) ให้ความหมายว่า ตัวแปรส่งผ่าน (mediator variable) คือตัวแปรที่สามารถอธิบายอิทธิพลทางอ้อมระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรผลลัพธ์ เมื่อได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายแล้วส่งผลต่อตัวแปรตามหรือผลลัพธ์ ตัวแปรส่งผ่านจึงสามารถแสดงเหตุการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรผลลัพธ์ได้

จากความหมายของตัวแปรส่งผ่านข้างต้น สรุปได้ว่า ตัวแปรส่งผ่าน (mediator variable) คือตัวแปรที่อยู่ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ทางตรงกับตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามเป็นความสัมพันธ์ทางอ้อม เนื่องจากต้องผ่านตัวแปรส่งผ่าน

2.1.2 ความหมายของตัวแปรกำกับ (moderator variable)

ผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้ให้ความหมายของตัวแปรกำกับโดยใช้คำที่แตกต่างกัน เช่น ตัวแปรกำกับ ตัวแปรแบ่งกลุ่ม ตัวแปรปรับแก้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอให้คำว่า ตัวแปรกำกับ และจากการศึกษาทบทวนเอกสารพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความหมายของตัวแปรกำกับไว้ดังนี้

Frederiksen และ Melville (1954) ให้ความหมายว่า ตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มประชากรเป็นประชากรกลุ่มย่อย ซึ่งมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายในประชากรกลุ่มหนึ่งมีค่าแตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากรกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ นั่นคือ เมื่อจำแนก

ประชากรออกเป็นกลุ่มตัวแปรกำกับแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_{xy}) ของประชากรกลุ่มที่ 1 แตกต่างจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_{xy}) ของประชากรกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ

Ghiselli (1956) ให้ความหมายว่า ตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรที่แสดงความสามารถในการทำนายได้ กล่าวคือ เป็นตัวแปรที่สัมพันธ์กับคะแนนความแตกต่างสัมพัทธ์ระหว่างคะแนนมาตรฐานของตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ ตัวแปรดังกล่าวจึงใช้จำแนกกลุ่มประชากรที่มีความสามารถทำนายได้แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนาย กล่าวคือ จำแนกกลุ่มประชากรเป็นกลุ่มที่สามารถทำนายได้และกลุ่มที่ทำนายไม่ได้ ดังนั้น สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_{xy}) ในกลุ่มที่สามารถทำนายได้ (กลุ่มที่เบี่ยงเบนจากเส้นถดถอยน้อย) จะมีค่ามากกว่า (r_{xy}) ของกลุ่มที่ทำนายไม่ได้

Grooms และ Endler (1960) ให้ความหมายว่า ตัวแปรกำกับ หมายถึง ตัวแปรอิสระที่ใช้แบ่งกลุ่มประชากร ซึ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายของประชากรแต่ละกลุ่มแตกต่างกัน

Baron และ Kenny (1986) ให้ความหมายว่า ตัวแปรกำกับคือตัวแปรที่สามารถทำหน้าที่แบ่งกลุ่มประชากร ซึ่งอาจเป็นตัวแปรที่นักวิจัยจัดกระทำขึ้นหรือเป็นตัวแปรเกี่ยวกับสถานการณ์ในการวิจัย หรือเป็นตัวแปรระดับบุคคลก็ได้ ดังนั้น ตัวแปรกำกับจึงเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ เช่น เพศ เชื้อชาติ หรือตัวแปรเชิงปริมาณ เช่น ระดับสติปัญญา ที่ส่งผลต่อทิศทางหรือขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายกับตัวแปรเกณฑ์หรือตัวแปรตาม

Lubinski และ Humphreys (1990) ให้ความหมายว่า ตัวแปรกำกับคือตัวแปรที่แสดงให้เห็นว่า การเป็นสมาชิกของกลุ่มหรือความแตกต่างระหว่างบุคคลทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในแต่ละกลุ่มหรือแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ตัวแปรกำกับจึงเป็นตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มประชากรที่มีลักษณะหลากหลาย (heterogeneous) ให้เป็นประชากรกลุ่มย่อย ที่มีลักษณะเหมือนกัน (homogeneous) เพื่อแสดงให้เห็นว่า ประชากรแต่ละกลุ่มมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์แตกต่างกัน ตัวแปรกำกับอาจเป็นตัวแปรจัดประเภท เช่น เพศ หรือเป็นตัวแปรต่อเนื่อง เช่น เจตคติ ก็ได้

จากความหมายของตัวแปรกำกับข้างต้น จะเห็นนัยความหมายที่สอดคล้องกันของนักวิชาการ คือ ตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณที่ใช้แบ่งกลุ่มประชากรที่มีลักษณะหลากหลายให้เป็นประชากรกลุ่มย่อยที่มีลักษณะเหมือนกัน ตัวแปรกำกับส่งผลให้ลักษณะหรือระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในประชากรกลุ่มย่อยแตกต่างกัน หรือกล่าวได้ว่า ตัวแปรกำกับมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามในลักษณะอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกำกับกับตัวแปรอิสระ

2.1.3 ความแตกต่างระหว่างตัวแปรส่งผ่านและตัวแปรกำกับ

จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นว่าเป็นเรื่องยากในการจำแนกความแตกต่างระหว่างตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่านเมื่อต้องการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากในบางกรณีตัวแปรเดียวกันสามารถนำมาใช้เป็นที่ตั้งทั้งตัวแปรกำกับหรือตัวแปรส่งผ่าน และบางครั้งตัวแปรเดียวกันยังสามารถเป็นที่ตั้งทั้งตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่านภายในโมเดลเดียวกันด้วย การกำหนดให้ตัวแปรที่ศึกษาเป็นตัวแปรชนิดใดนั้นจึงขึ้นอยู่กับความตั้งใจของนักวิจัยที่ต้องอาศัยพื้นฐานของทฤษฎีและกรอบแนวคิดเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนั้น เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้นผู้วิจัยจึงจะ

กล่าวถึงความแตกต่างระหว่างตัวแปรส่งผ่านและแปรกำกับโดยสรุปว่า หากนักวิจัยต้องการศึกษาว่า “เมื่อไหร่ (when)” จึงเกิดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรผลลัพธ์ และผลที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้น “เพื่อใคร (for whom)” หรือสำหรับกลุ่มที่มีลักษณะ เช่นไร แสดงว่า ต้องการศึกษา “อิทธิพลของตัวแปรกำกับ (moderator)” โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวแปรกำกับจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลงทิศทางและขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรผลลัพธ์ แต่สำหรับงานวิจัยที่ต้องการศึกษากลไกของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรผลลัพธ์ หรือนักวิจัยให้ความสนใจตอบคำถามว่า “อย่างไร (how)” และ “ทำไม (why)” ตัวแปรตัวหนึ่งจึงทำนายตัวแปรหรือเป็นสาเหตุของตัวแปรผลลัพธ์มากกว่าการให้ความสำคัญที่ตัวแปรอิสระเพียงอย่างเดียว แสดงว่า ต้องการศึกษา “อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่าน (mediator)” โดยตัวแปรส่งผ่านจะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรผลลัพธ์เป็นกลไกที่ตัวแปรส่งผ่านรับอิทธิพลของตัวแปรทำนายแล้วส่งอิทธิพลต่อตัวแปรผลลัพธ์ (Baron and Kenny, 1986; Holmbeck, 1997; Bennett, 2003; Frazier et al., 2004)

2.1.4 ความเกี่ยวข้องระหว่างอิทธิพลส่งผ่านและอิทธิพลกำกับ

Baron และ Kenny (1986) สรุปว่า อิทธิพลส่งผ่านและอิทธิพลกำกับพบได้ทั้งในการวิจัยเชิงทดลองและการวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ โมเดลการวิเคราะห์ข้อมูลอาจมีได้ทั้งอิทธิพลส่งผ่านและอิทธิพลกำกับในโมเดลเดียวกัน ลักษณะของอิทธิพลส่งผ่านและอิทธิพลกำกับมีตัวแปรส่งผ่านและตัวแปรกำกับได้หลายตัวแปรทำให้โมเดลมีความซับซ้อนมากขึ้น การวิเคราะห์ในกรณีดังกล่าวจึงต้องใช้การวิเคราะห์ SEM ซึ่งสามารถทดสอบและประมาณค่าขนาดอิทธิพลได้ทั้งอิทธิพลส่งผ่านและอิทธิพลกำกับ นอกจากนี้ข้อมูลอาจมีหลายระดับจึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ SEM แบบพหุระดับ (multi-level SEM) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2552) ความเกี่ยวข้องระหว่างอิทธิพลส่งผ่านและอิทธิพลกำกับที่เป็นความก้าวหน้าล่าสุดคือการทดสอบและประมาณค่าขนาดอิทธิพลส่งผ่านที่ถูกกำกับ (moderated mediating effect) และขนาดอิทธิพลกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderating effect) หรือเรียกในภาพรวมว่า การวิเคราะห์การส่งผ่านที่ถูกกำกับและการกำกับที่มีการส่งผ่าน (moderated mediation and mediated moderation analysis)

2.2 การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่าน

การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่าน ทำได้โดยใช้การประมาณค่าการถดถอย (regression analysis) 3 สมการ คือ 1) สมการการถดถอยของตัวแปรส่งผ่านต่อตัวแปรอิสระ ต้องได้ผลว่า ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับตัวแปรส่งผ่าน 2) สมการการถดถอยของตัวแปรตามต่อตัวแปรอิสระ ต้องได้ผลว่า ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับตัวแปรตาม และ 3) สมการการถดถอยของตัวแปรตามต่อตัวแปรอิสระและตัวแปรส่งผ่าน ต้องได้ผลว่า ตัวแปรส่งผ่านมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับตัวแปรตาม และอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามจะลดน้อยลงเมื่อตัวแปรส่งผ่านถูกควบคุม

จากการที่ตัวแปรอิสระเป็นสาเหตุของตัวแปรส่งผ่าน ทั้งสองตัวแปรจึงมีความสัมพันธ์กันและทำให้เกิดปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity) เมื่อมีการประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรอิสระและตัวแปรส่งผ่านที่มีต่อตัวแปรตาม จึงทำให้อำนาจในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการที่สามลดลง อย่างไรก็ตามการทดสอบและประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากแต่ละสมการ อาจไม่จำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบลดหลั่น (hierarchical

regression) การถดถอยแบบทีละขั้นตอน (stepwise regression) หรือการคำนวณค่าสหสัมพันธ์บางส่วน (partial or semipartial correlation) แต่เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความเหมาะสมของค่าสัมประสิทธิ์นอกจากความมีนัยสำคัญทางสถิติแล้วก็คือ ขนาดของค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งเป็นไปได้ว่าหากนำตัวแปรอิสระ เพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นตัวทำนายตัวแปรตาม จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีขนาดเล็กกว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการนำตัวแปรส่งผ่านมาร่วมพิจารณาในสมการด้วย แต่อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ที่มีขนาดใหญ่อาจไม่มีนัยสำคัญก็เป็นไปได้ (Baron and Kenny, 1986; Holmbeck, 1997)

เนื่องจากตัวแปรส่งผ่านส่วนใหญ่เป็นคุณลักษณะภายในและเป็นตัวแปรทางจิตวิทยาจึงมักจะมีผลคลาดเคลื่อนในการวัด เมื่อสัมประสิทธิ์ทุกตัวมีค่าเป็นบวก จึงมีแนวโน้มที่จะทำให้การประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านต่ำเกินไป และการประมาณค่าตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามสูงเกินไป ดังนั้นการวัดความคลาดเคลื่อนจากการวัดจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยปกติอิทธิพลของความคลาดเคลื่อนจากการวัดจะทำให้ขนาดของความสัมพันธ์ลดลง หรือมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากกว่าที่ควรจะเป็นหากไม่มีการวัดความคลาดเคลื่อน ความคลาดเคลื่อนจากการวัดของตัวแปรส่งผ่านเป็นผลให้การประมาณค่าอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามสูงเกินความเป็นจริง เพราะไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่าอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีต่อตัวแปรตามถูกควบคุมโดยสมบูรณ์ในขณะที่มีการวัดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม และกล่าวได้ว่า ตัวแปรอิสระเป็นสาเหตุของตัวแปรส่งผ่าน และตัวแปรส่งผ่านเป็นสาเหตุของตัวแปรตาม ตัวแปรส่งผ่านจะทำหน้าที่ได้สมบูรณ์เมื่อได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอิสระและส่งผลต่อตัวแปรตาม และความสมบูรณ์ของตัวแปรส่งผ่านวัดได้จากความคลาดเคลื่อนที่หน่วยตัวอย่างส่วนใหญ่มีความลำเอียงในการประมาณค่าที่สูงเกินความเป็นจริง (Baron and Kenny, 1986)

งานวิจัยส่วนใหญ่ต้องการศึกษาตัวแปรจำนวนมากในโมเดลสมการโครงสร้างหนึ่งและการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละชุดต้องอาศัยวิธีการตรวจสอบที่หลากหลาย ดังนั้นการใช้วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างตัวแปรแฝง (latent-variable structural equation modeling method) ในการประมาณค่าจะทำให้ผลที่ได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างตัวแปรแฝงยังสามารถทดสอบเส้นทางความสัมพันธ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ทั้งหมด และสามารถประมาณค่าที่ซับซ้อนของความคลาดเคลื่อนจากการวัดความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนจากการวัด และแม้แต่ทำการศึกษาอิทธิพลย้อนกลับบางส่วนเข้ามาไว้ในโมเดลได้อีกด้วย (Baron and Kenny, 1986)

2.3 การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรกำกับ

การวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรกำกับ/อิทธิพลปฏิสัมพันธ์นั้น เป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรกำกับกับตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม ซึ่งลักษณะของตัวแปรกำกับและตัวแปรอิสระสามารถเป็นได้ทั้งตัวแปรจัดประเภทและตัวแปรต่อเนื่อง ดังนั้นการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรกำกับจำเป็นต้องเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ที่มีความเหมาะสมเพื่อให้ได้ผลที่เชื่อถือ Baron และ Kenny (1986) ได้นำเสนอแนวทางในการพิจารณาเลือกรูปแบบกระบวนการวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับทดสอบตัวแปรกำกับไว้ 4 กรณี สรุปได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 รูปแบบกระบวนการวิเคราะห์ที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบตัวแปรกำกับ

ที่	ระดับการวัด		ลักษณะผลการวิเคราะห์	การวิเคราะห์
	ตัวแปรกำกับ	ตัวแปรอิสระ		
1	จัดประเภท	จัดประเภท	อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามแปรเปลี่ยนไปตามประเภทของตัวแปรกำกับ	2 x 2 ANOVA หรือ สถิติขั้นพาราเมตริก
2	จัดประเภท	ต่อเนื่อง	ตัวแปรอิสระมีความแปรปรวนเท่ากันในแต่ละประเภทของตัวแปรกำกับ แต่ถ้าในแต่ละประเภทของตัวแปรกำกับที่มีความแปรปรวนน้อยกว่า จะทำให้ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามมีแนวโน้มที่จะมีค่าน้อยกว่าประเภทของตัวแปรกำกับที่มีความแปรปรวนมากกว่า ถ้าความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปรอิสระแตกต่างกันตามกลุ่มของตัวแปรกำกับ จะทำให้ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรกำกับระหว่างตัวแปรกำกับกับตัวแปรอิสระที่ได้มีความลำเอียง ไม่ว่าจะศึกษาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือสัมประสิทธิ์การถดถอยก็ตาม	การหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient) เทคนิควิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple-group)
3	ต่อเนื่อง	จัดประเภท	ตัวแปรกำกับทำให้อิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามมีรูปแบบแตกต่างกัน 3 รูปแบบคือ 1. linearly มีสมมุติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรกำกับในลักษณะเชิงเส้น เมื่อวิเคราะห์การถดถอยตัวแปรตาม (Y) ต่อตัว	รูปแบบนี้นิยมใช้ในการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์มากที่สุด

ตาราง 7 (ต่อ)

ที่	ระดับการวัด		ลักษณะผลการวิเคราะห์	การวิเคราะห์
	ตัวแปรกำกับ	ตัวแปรอิสระ		
			แปรอิสระ (X) ตัวแปรกำกับ (Z) และปฏิสัมพันธ์ (XZ) พบว่า XZ มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ X และ Z ถูกควบคุม	
			2. quadratic มีสมมุติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรกำกับในลักษณะเส้นโค้ง กล่าวคือ สำหรับกลุ่มที่มีค่าตัวแปรกำกับต่ำ ตัวแปรอิสระกลุ่มที่ 1 จะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมีค่าสูงกว่าตัวแปรอิสระกลุ่มที่ 2 แต่เมื่อตัวแปรกำกับมีค่าสูงขึ้นตัวแปรอิสระกลุ่มที่ 1 จะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามลดลง ขณะที่ตัวแปรอิสระกลุ่มที่ 2 มีค่าอิทธิพลต่อตัวแปรเพิ่มขึ้น	การวิเคราะห์ถดถอยแบบลดหลั่น (hierarchical regression)
			3. step มีสมมุติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรกำกับในลักษณะขั้นบันได อิทธิพลของตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตามจะเปลี่ยนไปเมื่อตัวแปรกำกับมีค่าเท่ากับค่าตำแหน่งที่ทำให้เกิดขั้นบันได โดยปกติทฤษฎีทางจิตวิทยาจะไม่สามารถระบุระยะเวลาที่มีความถูกต้องแม่นยำเพียงพอสำหรับการแบ่งช่วงเวลาที่ จะเกิดเหตุการณ์หนึ่ง ๆ ได้	นำตัวแปรกำกับมาแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลาที่ คาดว่าจะเกิดเหตุการณ์ (dichotomizing the moderator at point) เมื่อแบ่งตัวแปรกำกับได้ เป็นตัวแปรจัดประเภท แล้วจึงวิเคราะห์ตามรูปแบบที่ 1

ตาราง 7 (ต่อ)

ที่	ระดับการวัด		ลักษณะผลการวิเคราะห์	การวิเคราะห์
	ตัวแปรกำกับ	ตัวแปรอิสระ		
4	ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง	ตัวแปรกำกับทำให้ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามในลักษณะ step สามารถแบ่งกลุ่มตัวแปรกำกับเป็น 2 กลุ่ม ณ ช่วงเวลาหลังจากแบ่งกลุ่มแล้วจะได้ลักษณะความสัมพันธ์เหมือนรูปแบบที่ 2	การหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient)

จากตารางข้างต้นเห็นได้ว่า วิธีการที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรกำกับที่ Baron และ Kenny (1986) นำเสนอนั้น ส่วนใหญ่ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ เนื่องจากสามารถนำมาใช้ได้ทั้งในกรณีที่ตัวแปรกำกับและตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรจัดประเภทและตัวแปรต่อเนื่อง ขณะที่ตัวแปรที่แทนปฏิสัมพันธ์คือผลคูณของตัวแปรกำกับกับตัวแปรอิสระ ซึ่งเหมาะสำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ จัดเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงมาก สามารถแก้ปัญหาการจัดกระทำตัวแปรต่อเนื่องเพื่อให้เป็นตัวแปรจัดประเภท และขจัดปัญหาการลดลงของอำนาจการทดสอบได้ แต่ยังคงมีข้อตกลงเบื้องต้นจำนวนมาก (วารุณี ลัภนโชคดี, 2540) ทำให้เกิดโอกาสที่จะละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นต่าง ๆ ได้ง่าย (Holmbeck, 1997) ในปัจจุบันจึงมีการพัฒนาการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรกำกับด้วยวิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) ขึ้น สามารถใช้ได้กรณีที่ตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรจัดประเภทโดยทำการศึกษาด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มพหุ

ตัวแปรส่วนใหญ่ในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์หรือพฤติกรรมศาสตร์มีความสัมพันธ์แบบสมการโครงสร้างและไม่สามารถวัดได้โดยตรง ตัวแปรกำกับและตัวแปรอิสระรวมถึงตัวแปรตามมีลักษณะเป็นตัวแปรแบบต่อเนื่อง การวิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการโครงสร้างจะช่วยลดความลำเอียงของการประเมินค่าอันสำคัญของอิทธิพลตัวแปรกำกับ (Holmbeck, 1997) สามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดได้อย่างถูกต้อง ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าวจะนำไปสู่ความลำเอียงในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยและค่าอำนาจในการทดสอบที่มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงในการทดสอบอิทธิพลของตัวแปรกำกับ (Li et al., 1998)

การตรวจสอบอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงที่มีค่าต่อเนื่องโดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างได้รับการพัฒนาแรกเริ่มในงานวิจัยของ Kenny และ Judd (อรอุมา เจริญสุข, 2552 อ้างอิงจาก Kenny and Judd, 1984) และได้รับการพัฒนาให้มีการสร้างตัวบ่งชี้ที่หลากหลายในเทอมปฏิสัมพันธ์ (multiple indicator) (Li et al., 1998) เทคนิคการวิเคราะห์ดังกล่าวได้รับความสนใจและมีการนำมาใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานในการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์อย่างมากจนถึงปัจจุบัน แต่จากการกำหนดเงื่อนไขในการประมาณค่าพารามิเตอร์และข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำให้เกิดปัญหาในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะโมเดลที่มีความซับซ้อน

นักวิจัยหลายคนจึงได้พัฒนาแนวคิดในการตรวจสอบอิทธิพลปฏิสัมพันธ์เพื่อลดปัญหาดังกล่าว อาทิ Jöreskog และ Yang (อรอมา เจริญสุข, 2552 อ้างอิงจาก Jöreskog and Yang, 1996)

2.3.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์

พัฒนาการสร้างเทอมปฏิสัมพันธ์ที่มีการกำหนดค่าคงที่/ค่าจุดตัดแกน (intercept) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล Jaccard และ Wan (1996) ใช้วิธีการสร้างตัวแปรหลักและสร้างตัวแปรปฏิสัมพันธ์จากผลคูณระหว่างตัวแปรหลัก Schumacker และ Lomax (2002) นำคะแนนที่คำนวณได้จากตัวแปรแฝง (latent variable scores) มาใช้ในการประมาณค่าอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ และ Marsh และคณะ (2004) ใช้เทคนิคการไม่กำหนดเงื่อนไข (unconstrained approach) เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ ทำให้ลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลสอดคล้องกับสภาพตามธรรมชาติและการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ง่ายมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ การลดปัญหาที่เกิดจากภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity problem) ระหว่างตัวแปรปฏิสัมพันธ์ด้วยการใช้คะแนนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย (mean deviation from หรือ mean centering) ทำให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับตัวแปรผลลัพธ์ที่มีปฏิสัมพันธ์กันครบถ้วนสมบูรณ์ และลดปัญหาการวิเคราะห์จากเทอมปฏิสัมพันธ์ที่ประกอบด้วยตัวบ่งชี้จำนวนมากจึงทำให้มีความยุ่งยากในการปรับค่า การวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์แต่ละวิธีมีจุดเด่นและจุดด้อยแตกต่างกันโดยรายละเอียดแต่ละแนวคิดมีดังนี้

2.3.1.1 การวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ตามแนวคิดของ Jaccard และ Wan

Jaccard และ Wan (1996) ได้เสนอแนวคิดในการศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์กรณีตัวแปรต่อเนื่อง (continuous variable approach) โดยมีการจัดปัญหาตัวแปรเชิงสาเหตุที่มีความสัมพันธ์สูงกับเทอมปฏิสัมพันธ์หรือปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity) ที่มีผลต่อการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยการทำนาย และทำให้ค่าประมาณที่ได้ไม่แน่นอน (fluctuation) โดยการแปลงตัวบ่งชี้ในโมเดลทุกตัวให้อยู่ในรูปคะแนนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย (mean deviation from หรือ mean centering) เพื่อให้เข้าใจชัดเจนจึงขอยกตัวอย่างกรณีที่มีตัวแปรแฝง X , Y และ Z ซึ่งวัดได้จากตัวบ่งชี้ 3 ตัว ในที่นี้กำหนดให้ x_1, x_2, x_3 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง X (ξ_x) ส่วน y_1, y_2, y_3 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง Y (η_y) และ z_1, z_2, z_3 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง Z (ξ_z) เทอมปฏิสัมพันธ์ (interaction term) ระหว่างตัวแปรแฝง X และ Z ($\xi_x \xi_z$) ได้จากการคูณตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง X แต่ละตัวกับตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง Z แต่ละตัว ประกอบด้วยตัวบ่งชี้รวม 9 ตัว คือ $x_1z_1, x_1z_2, x_1z_3, x_2z_1, x_2z_2, x_2z_3, x_3z_1, x_3z_2, x_3z_3$

การตรวจสอบอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรกำกับมีวิธีการดังนี้

1. พิจารณาค่าประมาณพารามิเตอร์ที่แสดงค่าขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระแฝง (X) ตัวแปรกำกับแฝง (Z) และตัวแปรที่แทนปฏิสัมพันธ์ (XZ) ที่มีต่อตัวแปรตาม (Y) จากเมทริกซ์ GA
2. พิจารณาค่านัยสำคัญทางสถิติของค่าพารามิเตอร์ในข้อ 1 ถ้าพารามิเตอร์ที่แสดงอิทธิพลของตัวแปรที่แทนปฏิสัมพันธ์ (XZ) ที่มีต่อตัวแปรตาม (Y) มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า มีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกำกับกับตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม

จุดเด่นของการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ตามแนวคิดของ Jaccard และ Wan สามารถสรุปได้ 4 ข้อ คือ

1. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีการแจกแจงแบบ multivariate normality
2. ไม่มีปัญหาตัวแปรเชิงสาเหตุที่มีความสัมพันธ์สูงกับเทอมปฏิสัมพันธ์หรือปัญหาภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity) เพราะข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ทุกตัวอยู่ในรูปคะแนนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย (mean deviation from หรือ mean centering)
3. ไม่มีการประมาณค่าจุดตัดแกน (intercept) หรือกำหนดให้ค่าจุดตัดแกนมีค่าเป็นศูนย์
4. จากข้อ 1 ทำให้ค่าความแปรปรวนของตัวแปรแฝงในเทอมปฏิสัมพันธ์ ($\xi_x \xi_z$) ไม่แปรเปลี่ยนตามค่าความแปรปรวนของตัวแปรอิสระแฝง (ξ_x) และค่าความแปรปรวนของตัวแปรกำกับแฝง (ξ_z)

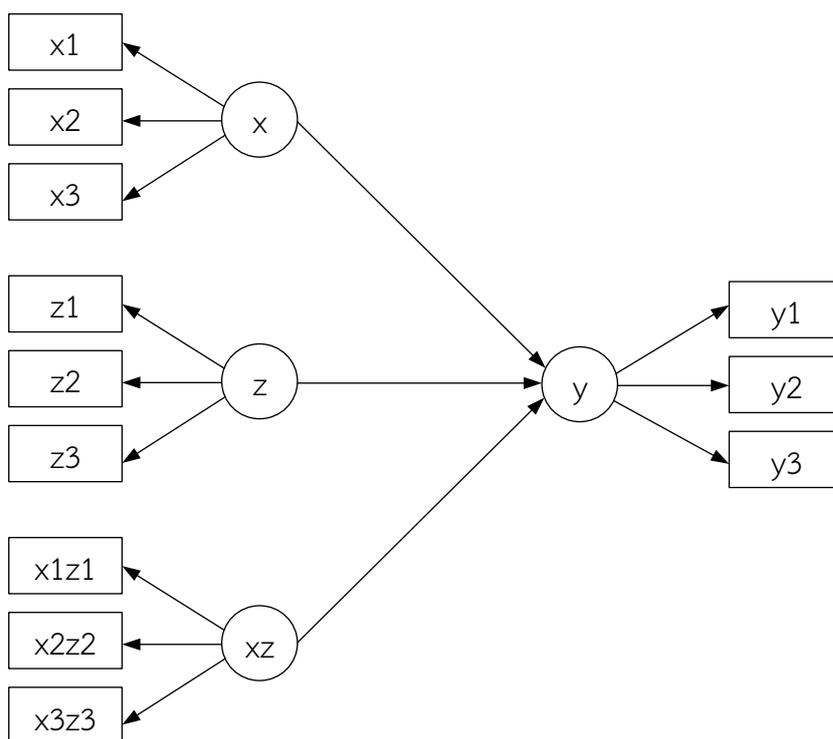
2.3.1.2 การวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ตามแนวคิดของ

Schumacker และ Lomax

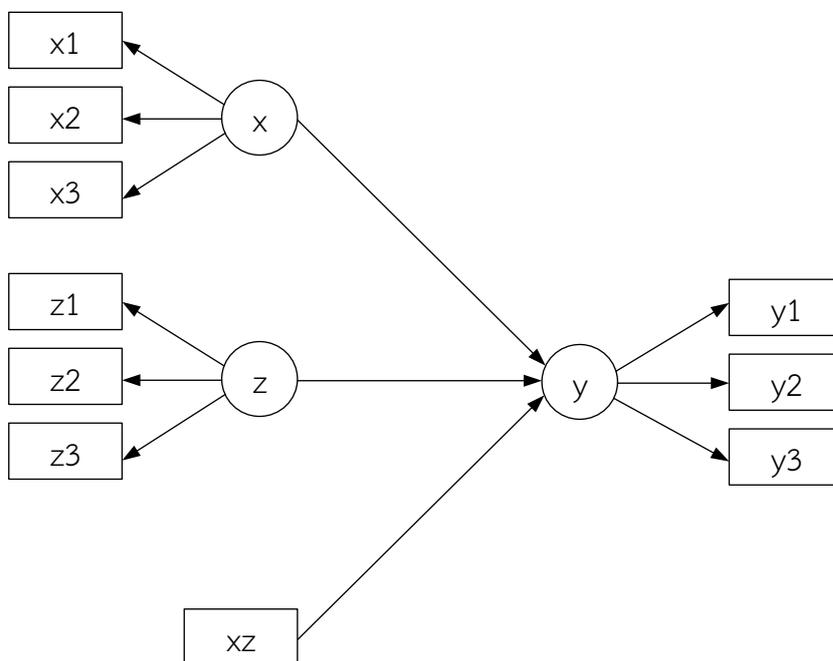
Schumacker และ Lomax (2002) ได้เสนอแนวคิดว่าการวิเคราะห์โมเดลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงที่ตัวบ่งชี้มีค่าต่อเนื่องทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1. การสร้างตัวแปรปฏิสัมพันธ์แฝงที่มีตัวบ่งชี้ได้มาจากการคูณแบบจับคู่ (multiplying pairs of observed variables) เช่น กรณีที่มีตัวแปรแฝง X, Y และ Z ซึ่งวัดได้จากตัวบ่งชี้ 3 ตัว ในที่นี้กำหนดให้ x_1, x_2, x_3 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง X (ξ_x) ส่วน y_1, y_2, y_3 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง Y (η_y) และ z_1, z_2, z_3 เป็นตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง Z (ξ_z) เทอมปฏิสัมพันธ์ (interaction term) ระหว่างตัวแปรแฝง X และ Z ($\xi_x \xi_z$) ได้จากการคูณแบบจับคู่ระหว่างตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง X แต่ละตัวกับตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝง Z แต่ละตัว ประกอบด้วยตัวบ่งชี้รวม 3 ตัว คือ x_1z_1, x_2z_2, x_3z_3 ดังภาพประกอบ 20

2. การสร้างตัวแปรปฏิสัมพันธ์แฝงที่ตัวบ่งชี้ได้มาจากการคูณระหว่างคะแนนตัวแปรอิสระแฝง 2 ตัว ($\xi_1 \xi_2 = \xi_1 \times \xi_2$) และนำมาใช้เป็นค่าเดียวกับตัวบ่งชี้ของตัวแปรปฏิสัมพันธ์แฝงนั้น วิธีนี้จะแตกต่างจากวิธีวิเคราะห์เมื่อตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง (continuous variable approach) ตรงที่ค่าของตัวแปรแฝงที่ได้จะไม่มีความลำเอียง (unbiased) และมีค่าเฉลี่ยและเมทริกซ์ความแปรปรวนรวมเดียวกันกับตัวแปรแฝง (Schumacker and Lomax, 2002) ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 20 โมเดลอิทธิพลปฏิสัมพันธ์แบบจับคู่ ตามแนวคิด Schumacker และ Lomax (2002)



ภาพประกอบ 21 โมเดลอิทธิพลปฏิสัมพันธ์แบบตัวแปรแฝง ตามแนวคิด Schumacker และ Lomax (2002)

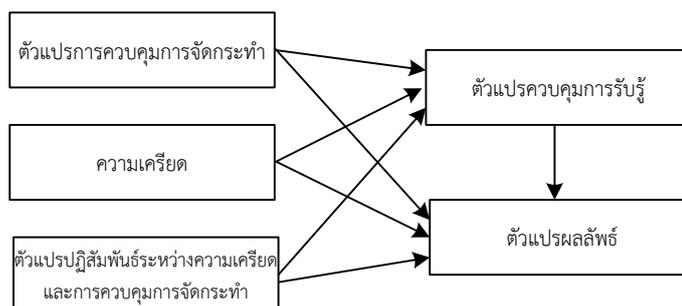
การวิเคราะห์แบบจับคู่ตามวิธีที่ 1 มีข้อเสียที่สำคัญคือ ทำให้ นักวิจัยไม่ทราบลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ของตัวแปรอิสระแฝงและตัวแปรกำกับแฝงครบทุก คู่ที่เป็นไปได้ ทำให้ขาดข้อค้นพบที่สำคัญบางประการไป อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี จะทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์แกมมาในเทอมปฏิสัมพันธ์ (XZ) ที่คล้ายคลึงกัน แต่มีความคลาดเคลื่อน มาตรฐานแตกต่างกัน (Schumacker and Lomax, 2002) ทั้งนี้ Schumacker และ Lomax เสนอแนะว่าการวิเคราะห์วิธีที่ 2 เป็นวิธีที่ง่ายต่อการประยุกต์ใช้และสามารถนำไปปรับใช้ได้กับ โมเดลปฏิสัมพันธ์ตัวแปรแฝงที่มีความซับซ้อน

2.3.1.3 การวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ตามแนวคิดของ Marsh, Wen และ Hau

Marsh และคณะ (2004) ได้เสนอแนวคิดในการศึกษาอิทธิพล ปฏิสัมพันธ์เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ในอดีต ในเรื่องปัญหาภาวะร่วม เส้นตรงพหุ (multicollinearity) ความยุ่งยากในการปรับค่าพารามิเตอร์ในโมเดลการวิเคราะห์ และ ปัญหาที่เกิดจากโมเดลมีความซับซ้อน จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์โดยการไม่กำหนด เงื่อนไขในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (unconstrained approach) ทำให้ง่ายต่อการนำไป ประยุกต์ใช้ และสามารถใช้ได้ดีในกรณีที่ลักษณะการกระจายของตัวแปรไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น (multivariate normality) ที่กำหนดไว้ ทำให้ลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นไปตามธรรมชาติ ที่ควรเป็น เนื่องจากแนวคิดนี้มีฐานความคิดมาจาก Jaccard และ Wan (1996) ดังนั้น ลักษณะ ของข้อมูลที่น่ามาใช้รวมถึงการได้มาของตัวบ่งชี้ในเทอมปฏิสัมพันธ์จึงเหมือนกันกับวิธีของ Jaccard และ Wan (1996) แต่ต่างกันไปที่ไม่มีการใช้สมการคำนวณค่าตัวบ่งชี้ในเทอมปฏิสัมพันธ์ คำนวณน้ำหนัก ความสำคัญของตัวบ่งชี้ในเทอมปฏิสัมพันธ์ ค่าความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่แทนปฏิสัมพันธ์และค่า ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของตัวบ่งชี้ในเทอมปฏิสัมพันธ์

2.4 อิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderation effect) และอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีการกำกับ (moderated mediation effect)

บทความและงานวิจัยจำนวนมากในปัจจุบันให้ความสำคัญต่อประเด็นการศึกษา อิทธิพลของตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่าน ตลอดจนการผสมผสานตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่านใช้ ศึกษาพร้อมในโมเดลเดียวกันในลักษณะของอิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderation effect) และอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีการกำกับ (moderated mediation effect) (Baron and Kenny, 1986; Holmbeck, 1997; Bennett, 2003; Morgan-Lopez et al., 2007; Bittinger and Smith, 2003; Frazier et al., 2004; Muller et al., 2005; Bauer et al., 2006; Edwards and Lambert, 2007) จากการผสมผสานตัวแปรส่งผ่านและตัวแปรกำกับทำให้ตัวแปรควบคุมในโมเดลเป็นไปทั้งตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่าน Baron และ Kenny (1986) ได้นำเสนอโมเดลที่มีการผสมผสานอิทธิพลของตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่าน โดย กำหนดให้มีตัวแปรความเครียด (S) เป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรผลลัพธ์ (O) เป็นตัวแปรตาม ตัวแปร การควบคุมการจัดกระทำ (C) ตัวแปรการควบคุมตามการรับรู้ (P) ตัวแปรปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ความเครียดและการควบคุมการจัดกระทำ (CS) โดยตัวแปรการควบคุมการจัดกระทำและตัวแปร ความเครียดเป็นตัวแปรจัดประเภท และอิทธิพลของตัวแปรกำกับทุกตัวมีลักษณะเชิงเส้น ดังภาพ ประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 โมเดลอิทธิพลของตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่าน (Baron and Kenny, 1986)

ลักษณะอิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderation effect) และอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีการกำกับ (moderated mediation effect) สรุปได้ดังนี้ (Baron and Kenny, 1986; Muller et al., 2005; Edward and Lambert, 2007)

1. อิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderation effect)

ความสัมพันธ์ลักษณะนี้เกิดขึ้นเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่แน่ชัดว่าเกิดอิทธิพลของตัวแปรกำกับก่อนแล้วเท่านั้น กล่าวคือ ขนาดของ treatment effect ทั้งหมดมีผลต่อตัวแปรตามขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรกำกับ (ตัวแปรความแตกต่างของบุคคลหรือตัวแปรสภาพแวดล้อม) จึงทำให้ได้คำถามวิจัยที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับกระบวนการคั่นกลางที่เชื่อถือได้สำหรับตัวแปรกำกับ สรุปคือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรกำกับส่งผลต่อตัวแปรตามผ่านตัวแปรส่งผ่าน หรือ เริ่มต้นด้วยการกำหนดตัวแปรกำกับและจบด้วยกระบวนการของตัวแปรส่งผ่าน

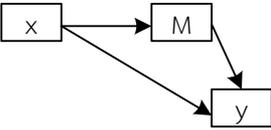
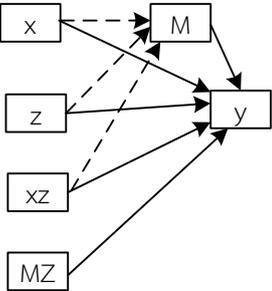
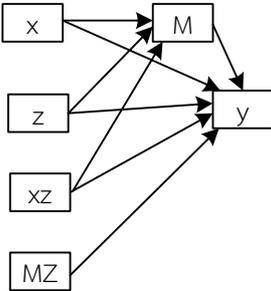
2. อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีการกำกับ (moderated mediation effect)

ความสัมพันธ์ลักษณะนี้เกิดขึ้นเมื่อกระบวนการคั่นกลาง (mediating process) ทำให้ขนาดของ treatment effect ทั้งหมดที่มีต่อตัวแปรตามขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปรกำกับอาจเป็นตัวแปรที่แสดงถึงความแตกต่างของบุคคล กล่าวได้ว่า กระบวนการคั่นกลางที่แทรกแซงระหว่าง treatment และตัวแปรตามเป็นความแตกต่างสำหรับกลุ่มบุคคลที่มีลักษณะแตกต่างกัน ถ้าตัวแปรกำกับเป็นตัวแปรที่เป็นไปตามสภาพแวดล้อม จะหมายความว่ากระบวนการคั่นกลางแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะของสภาพแวดล้อมนั้น สรุปคือ อิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามผ่านตัวแปรส่งผ่านแตกต่างกันตามระดับของตัวแปรกำกับ จะเห็นได้ว่าลักษณะความสัมพันธ์นี้มีกระบวนการในทิศทางตรงกันข้ามกับข้อ 1 ทั้งนี้เพราะลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรส่งผ่านที่มีการกำกับ (moderated mediation) สามารถมีได้หลากหลายรูปแบบ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนผู้วิจัยจึงขอเสนอตัวอย่างลำดับขั้นการเกิดโมเดลทั้งสองลักษณะดังตาราง 8

ตาราง 8 ลำดับชั้นการเกิดอิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderation effect) และอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีการกำกับ (moderated mediation effect)

ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ลักษณะความสัมพันธ์
Moderation effect (Z as Mod)	Mediation effect (M as Med)	Mediated moderation effect
Mediation effect (M as Med)	Moderation effect (X as Mod)	Moderated mediation effect (1)
Mediation effect (M as Med)	Moderation effect (W as Mod)	Moderated mediation effect (2)
Mediation effect (M as Med)	Moderation effect by different variable (z as Mod. of x and W as Mod. Of M)	Complex model Mediated moderation effect + Moderated mediation effect (2)

ตาราง 8 (ต่อ)

ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2	ลักษณะความสัมพันธ์
		
Mediation effect (M as Med.)	Moderation effect (Z as Mod. Of x and M)	Complex model Mediated moderation effect + Moderated mediation effect.

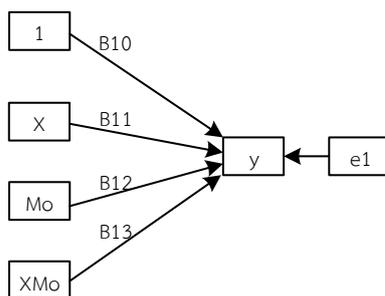
2.5 การวิเคราะห์โมเดลอิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderation effect)

การวิเคราะห์โมเดลที่มีการผสมผสานตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่านในโมเดลเดียวกันสามารถทำได้ 3 วิธี คือ 1) วิธีวิเคราะห์แยกส่วน (piecemeal approach) เป็นการวิเคราะห์ ตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่านแยกส่วนกัน แต่นำผลที่ได้มาแปลความหมายร่วมกัน 2) วิธีวิเคราะห์กลุ่มย่อย (subgroup approach) เป็นการแยกกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มย่อยตามระดับของตัวแปรกำกับ และทำการวิเคราะห์ตัวแปรส่งผ่านภายในแต่ละกลุ่มย่อย และ 3) วิธีวิเคราะห์ตัวแปรกำกับเชิงสาเหตุอย่างเป็นขั้นตอน (moderated causal steps approach) เป็นการนำกระบวนการวิเคราะห์เชิงสาเหตุเพื่อทดสอบตัวแปรส่งผ่านอย่างเป็นขั้นตอนมาใช้ทดสอบตัวแปรกำกับก่อนและหลังที่มีการควบคุมตัวแปรส่งผ่าน (Edwards and Lambert, 2007)

จากกระบวนการข้างต้นสามารถนำเสนอในรูปแบบโมเดลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderation effect) และอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีกำกับ (moderated mediation effect) ซึ่งอธิบายได้โดยใช้สมการพื้นฐาน 3 สมการ ดังนี้ (Muller et al., 2005; Edwards and Lambert, 2007)

$$\text{สมการที่ 1 } Y = \beta_{10} + \beta_{11}X + \beta_{12}Mo + \beta_{13}XMo + \varepsilon_1$$

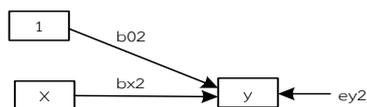
จากสมการที่ 1 สามารถนำเสนอแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลที่มีตัวแปรกำกับ ได้ดังภาพประกอบ 23



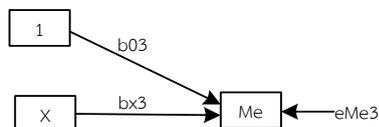
ภาพประกอบ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลที่มีตัวแปรกำกับ (Muller et al., 2005)

โมเดลที่ 1 เพื่อประเมินการปรับของ treatment effect ทั้งหมด กล่าวคือ ยอมให้อิทธิพลปัจจัยนำเข้าทั้งหมดถูกปรับโดย Mo สามารถวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) หรือการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) หากผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่แทนปฏิสัมพันธ์ (β_{13}) มีนัยสำคัญ แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรกำกับ ขณะที่ตัวแปรส่งผ่านถูกวิเคราะห์แยกเป็น 3 สมการย่อย โดยสมการที่ 1: X ควรมีความสัมพันธ์กับ Y โดย b มีนัยสำคัญทางสถิติ สมการที่ 2: X ควรมีความสัมพันธ์กับ Me โดย a_{x3} มีนัยสำคัญทางสถิติ สมการที่ 3: Me ควรมีความสัมพันธ์กับ Y โดย b_{Me4} มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y ในสมการที่ 3 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หรือมีขนาดความสัมพันธ์น้อยกว่าความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y ในสมการที่ 1 หากผลการวิเคราะห์เป็นไปตามที่กล่าวข้างต้น แสดงว่ามีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรส่งผ่าน

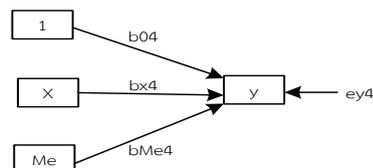
$$1. Y = b_{02} + b_{x2}X + e_{y2}$$



$$2. Me = b_{03} + b_{x3}X + e_{Me3}$$



$$3. y = b_{14} + b_{x4}X + b_{Me4}Me + e_{y4}$$

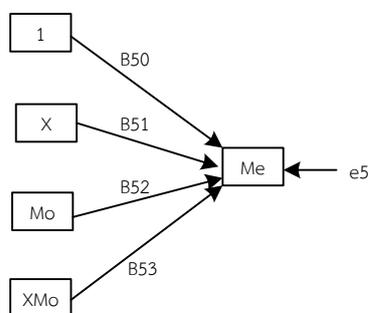


ภาพประกอบ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลที่มีตัวแปรส่งผ่าน (Muller et al., 2005)

สำหรับโมเดลที่ 2 แสดง treatment effect ที่มีผลต่อตัวแปรส่งผ่าน และเป็นโมเดลที่ถูกปรับ กล่าวคือ แสดงอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรกำกับที่มีผลต่อค่าอิทธิพลของ X ที่ส่งผลต่อตัวแปรส่งผ่าน ดังนั้น หากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่แทนปฏิสัมพันธ์ (β_{53}) มีนัยสำคัญ แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรกำกับที่ทำให้ขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่ส่งต่อตัวแปรส่งผ่านแตกต่างกันในแต่ละระดับของตัวแปรกำกับ ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยสมการที่ 2 ดังนี้

$$\text{สมการที่ 2 } Me = \beta_{50} + \beta_{51}X + \beta_{52}Mo + \beta_{53}XMo + \epsilon_5$$

จากสมการที่ 2 สามารถนำเสนอแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลตัวแปรกำกับที่ส่งผลต่อตัวแปรส่งผ่าน ได้ดังภาพประกอบ 25

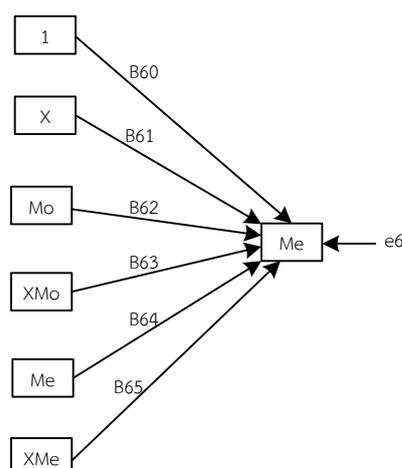


ภาพประกอบ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลตัวแปรกำกับที่ส่งผลต่อตัวแปรส่งผ่าน (Muller et al., 2005)

และสำหรับโมเดลที่ 3 แสดงถึงอิทธิพล (บางส่วน) ของตัวแปรส่งผ่านที่มีผลต่อตัวแปรตามและส่วนเหลือของ treatment effect ที่มีผลต่อผลลัพธ์ เมื่อมีการควบคุมตัวแปรส่งผ่าน และยอมให้มีการปรับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 3 ดังนี้

$$\text{สมการที่ 3 } Y = \beta_{60} + \beta_{61}X + \beta_{62}Mo + \beta_{63}XMo + \beta_{64}Me + \beta_{65}MeMo + \epsilon_6$$

จากสมการที่ 3 สามารถนำเสนอแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลที่มีตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่าน ได้ดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลที่มีตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่าน (Muller et al., 2005)

ตาราง 9 การแปลความหมายค่าพารามิเตอร์ความชันในสมการ (Muller et al., 2005)

ค่าพารามิเตอร์ความชัน	ความหมาย
β_{11}	treatment effect ทางตรงทั้งหมดที่มีต่อ Y ที่ระดับค่าเฉลี่ยของ Mo
β_{12}	อิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีต่อ Y ที่ระดับค่าเฉลี่ยของ treatment สองระดับที่ต่างกัน
β_{13}	การเปลี่ยนแปลงใน treatment effect ทั้งหมดที่มีต่อ Y เมื่อ Mo เปลี่ยนแปลง
β_{51}	treatment effect ทางตรงที่มีต่อ Me ที่ระดับค่าเฉลี่ยของ Mo
β_{52}	อิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีต่อ Me ที่ระดับค่าเฉลี่ยของ treatment สองระดับที่ต่างกัน
β_{53}	การเปลี่ยนแปลงใน treatment effect ที่มีต่อ Me เมื่อ Mo เปลี่ยนแปลง
β_{61}	treatment effect ทางตรงส่วนที่เหลือ (residual) ที่มีต่อ Y ที่ระดับค่าเฉลี่ยของ Mo
β_{62}	อิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีต่อ Y ที่ระดับค่าเฉลี่ยภายใน treatment สองระดับ และที่ระดับค่าเฉลี่ยของ Me
β_{63}	การเปลี่ยนแปลงใน treatment effect ทางตรงส่วนที่เหลือ (residual) ที่มีต่อ Y เมื่อ Mo เปลี่ยนแปลง
β_{64}	อิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีต่อ Y ที่ระดับค่าเฉลี่ยภายใน treatment สองระดับ และที่ระดับค่าเฉลี่ยของ Mo
β_{65}	การเปลี่ยนแปลงในอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีต่อ Y เมื่อ Mo เปลี่ยนแปลง

กล่าวโดยสรุป สำหรับการทดสอบอิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีการส่งผ่าน (mediated moderation) นักวิจัยคาดหวังว่าโมเดลที่ 1: β_{13} ควรมีนัยสำคัญ เพื่อแสดงอิทธิพลของตัวแปรกำกับในภาพรวม (overall treatment moderation) และโมเดลที่ 2 และ 3 จะได้ผลการทดสอบเป็นไปตามกรณีต่อไปนี้ได้อย่างหนึ่งหรือทั้งสองกรณี คือ กรณีที่ 1 ได้ผลการทดสอบค่า β_{53} และ β_{64} มีนัยสำคัญ และกรณีที่ 2 ได้ผลการทดสอบค่า β_{51} และ β_{65} มีนัยสำคัญ ผลที่ได้เมื่อมีการปรับส่วนเหลือของ treatment effect (β_{63}) ควรมีขนาดลดลงเมื่อเทียบกับการปรับของ treatment effect ทั้งหมด และอาจไม่มีนัยสำคัญ หากผลที่ได้เป็นดังนี้ จะเรียกว่า มีอิทธิพลของตัวแปรกำกับที่มีตัวแปรส่งผ่าน (mediated moderation effect) อย่างสมบูรณ์ และสำหรับการทดสอบอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่มีการกำกับ (moderated mediation effect) นักวิจัยคาดหวังว่าโมเดลที่ 1: β_{11} แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ β_{43} ไม่มีนัยสำคัญ และโมเดลที่ 2 และ 3 จะได้ผลการทดสอบเป็นไปตามกรณีต่อไปนี้ได้อย่างหนึ่งหรือทั้งสองกรณี คือ กรณีที่ 1 ได้ผลการทดสอบค่า β_{53} และ β_{64} มีนัยสำคัญ และกรณีที่ 2 ได้ผลการทดสอบค่า β_{51} และ β_{65} มีนัยสำคัญ ผลที่ตามมาคือ ส่วนเหลือของ treatment effect ถูกปรับ นั่นคือ β_{63} มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งถือเป็นเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับการตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรส่งผ่านที่ถูกปรับ (moderated mediation)

การวิเคราะห์อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรกำกับและตัวแปรส่งผ่านมีความซับซ้อนสัมพันธ์กันและต้องใช้สถิติวิเคราะห์ที่หลากหลาย แต่ละวิธีการล้วนมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน นักวิจัยจำเป็นต้องพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์และลักษณะของตัวแปรต่าง ๆ เป็นอย่างดี จากการศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องควบคู่กับการเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่จะเกิดประโยชน์สูงสุด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารรายงานการวิจัยทำให้ได้ข้อสรุปเพื่อเป็นแนวทางที่สำคัญต่อการนำไปสู่การพัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการการคิดวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยเกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการ

1.1 งานวิจัยในประเทศ

ศศิวิมล อมตชีวิน (2546) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลือมลำดับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3-9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ 10 ช่วงเวลา เก็บรวบรวมข้อมูลจากการวัดน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 840 คน ใน 10 ช่วงเวลา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบมีตัวแปรแฝง ผลการวิจัยพบว่า โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลา มีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลามากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์เหลือมลำดับด้วยรูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 และ 6

ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลากว้าง 10 ช่วงเวลามากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ด้วยโมเดลพารามิเตอร์อิสระ และโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระมีประสิทธิภาพในการศึกษาพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการ พบว่า ในการวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักนักเรียนด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงโดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น $[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]$ และมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 23.406 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.245 ส่วนในการวัดการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูงนักเรียนด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น $[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]$ และมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 118.174, ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 3.341 แต่เมื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักนักเรียนด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น $[0, 1, 2.470, 3.531, 5.186, 6.974, 8.796, 10.432, 12.187, 13.632]$ และมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 24.262 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.433 และในการวัดการเปลี่ยนแปลงของส่วนสูงนักเรียนด้วยรูปแบบโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งโดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น $[0, 1, 2.157, 3.118, 4.471, 5.863, 7.267, 8.600, 9.901, 11.057]$ และมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 119.123 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.639

ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ (2547) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยตัวแปรแฝง 7 ตัวแปร และตัวแปรที่สังเกตได้ 12 ตัวแปร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 334 คน และครูจำนวน 11 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และการวิเคราะห์ด้วยสถิติขั้นสูงโดยการวิเคราะห์เส้นทางและการวิเคราะห์กลุ่มพหุ ด้วยโปรแกรมลิสเรล ผลการวิจัยพบว่า โมเดลปัจจัย ที่ส่งผลกระทบต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตัวแปรพัฒนาการของการเรียนคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครองสูงสุด รองลงมาคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิม การศึกษาของครูผู้สอน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

นอร ไชยพรพัฒนา (2549) ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษาแบบมอนติคาร์โล ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลโดยใช้โปรแกรม Mplus version 4.1 ตามเงื่อนไข 4 ประการ ได้แก่ 1) รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล 2) จำนวนครั้งของการวัดซ้ำ 3) ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) และ 4) ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) รวมทั้งสิ้น 108 สถานการณ์ และในแต่ละสถานการณ์มีกลุ่มตัวอย่างเป็น 500 ชุดข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การประมาณค่าคะแนนพัฒนาการ และเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการในด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์และค่าความคลาดเคลื่อนด้วยสถิติทดสอบ Hotelling และแผนภาพการกระจาย ผลการวิจัยพบว่า คะแนนพัฒนาการที่ได้จากการประมาณค่าด้วยวิธีการวัดทั้ง 3 วิธีมีความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์อยู่ในระดับสูง และให้ค่า

ความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการต่ำ เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรง และมีค่าสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น $[0, 1, 2, 3, 4]$ $[0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8]$ และข้อมูลที่มีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงแบบไม่เป็นเส้นตรง ในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัด RG มีคุณภาพมากกว่าวิธีอื่น

ธีรยุทธ ภูเขา (2550) ศึกษาประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โมเดลลอโตรีเกรซซีฟที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการและโมเดลกึ่งซิมเพิล็กซ์ที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ และมีจุดมุ่งหมายเฉพาะคือ เพื่อศึกษาปัจจัยด้านชีววิทยาและชีวอารมณ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ในการศึกษาประสิทธิภาพของโมเดล ตัวแปรอิสระคือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โมเดลลอโตรีเกรซซีฟที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการ และโมเดลกึ่งซิมเพิล็กซ์ที่มีตัวแปรแฝงพัฒนาการ ตัวแปรตามคือ ประสิทธิภาพของโมเดลที่พิจารณาจากค่าไคสแควร์ ดัชนี GFI ดัชนี AGFI ดัชนี AIC ดัชนี CAIC ดัชนี NFI ดัชนี IFI ดัชนี RMR ดัชนี RMSEA ส่วนตัวแปรในการศึกษาโมเดลสมการโครงสร้าง ตัวแปรอิสระ คือชีววิทยา และชีวอารมณ์ ตัวแปรตามคือ อัตราพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดชัยนาท จำนวน 460 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบทดสอบคณิตศาสตร์ 4 ฉบับ ที่คู่ขนานกันฉบับละ 50 ข้อ แบบทดสอบเขาวงกตปัญหา 1 ฉบับ จำนวน 60 ข้อ และแบบทดสอบวัดเขาวงกต 1 ฉบับ จำนวน 100 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า 1) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนคณิตศาสตร์จากการวัด 4 ครั้ง พบว่า คะแนนการสอบแต่ละครั้งแตกต่างกันเมื่อตรวจสอบแบบแผนพัฒนาการคะแนนคณิตศาสตร์ พบว่า แนวโน้มคะแนนคณิตศาสตร์มีแบบแผนพัฒนาการเชิงเส้นตรง ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวัดในช่วงเวลาต่างกัน 4 ครั้งพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.574 - 0.786 โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดครั้งที่ 2 และ 3 มีค่าสูงสุด 2) ผลการวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพบว่า โมเดล LGC-R1 ซึ่งกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งที่ 2 และ 3 มีความสัมพันธ์กัน มีความเหมาะสมพอดีกับข้อมูลมากที่สุดกล่าวคือ ไค-สแควร์ ของโมเดล คือ 1.65 $p = 0.44$ ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) เท่ากับ 0.00 ค่าความคลาดเคลื่อนของโมเดล (RMR) เท่ากับ 0.015 ค่าความสอดคล้องของโมเดล GFI เท่ากับ 1.00 AGFI เท่ากับ 0.99 NFI เท่ากับ 1.00 IFI เท่ากับ 1.00 ค่าอิทธิพลของอัตราพัฒนาการที่ส่งผลต่อคะแนนในการวัดครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0, 1, 1.55 และ 2.75 ตามลำดับ ทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งที่ 1-4 เท่ากับ 7.40, 20.67, 23.06 และ 0.42 ตามลำดับเกือบทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นครั้งที่ 4 สำหรับค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแปรแฝงในสมการโครงสร้างพบว่า คะแนนความสามารถเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.92 ความแปรปรวนเท่ากับ 39.45 อัตราพัฒนาการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.04 ความแปรปรวนเท่ากับ 8.62 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสามารถเริ่มต้นและอัตราพัฒนาการ เท่ากับ -0.29 ทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช (2550) ศึกษาโมเดลการจัดลำดับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของอัตรานักเรียนทางวิชาการ อัตรานักเรียนไม่ใช่ทางวิชาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน : วิเคราะห์กลุ่มพหุ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 820 คน จากโรงเรียน 12 แห่ง ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แบบสอบถาม การรับรู้เกี่ยวกับตนเอง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4 วิชา คือ วิชาคณิตศาสตร์ วิชาภาษาอังกฤษ วิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาภาษาไทย เก็บข้อมูลซ้ำจำนวน 3 ครั้ง แต่ละครั้ง มีระยะเวลาห่างกันประมาณ 4 เดือน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุแบบวัดซ้ำ การตรวจสอบความตรงของโมเดลและการวิเคราะห์กลุ่มพหุ ด้วยโปรแกรม LISREL 8.72 ผลการวิจัยที่สำคัญสรุปได้ว่า 1) ในจำนวนโมเดลสมมุติฐาน 3 แบบ โมเดลจัดลำดับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของอัตรานักเรียนทางวิชาการ อัตรานักเรียนไม่ใช่ทางวิชาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้องค์ประกอบครบ 3 องค์ประกอบ มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด 2) ในจำนวนโมเดลสมมุติฐาน 12 แบบ โมเดลการจัดลำดับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของอัตรานักเรียนทางวิชาการ อัตรานักเรียนไม่ใช่ทางวิชาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาภาษาอังกฤษมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด 3) ผลการพัฒนาและการตรวจสอบความตรงของโมเดล พบว่า โมเดลมีค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืน คือ ค่าไค-สแควร์ = 629.84 องศาอิสระ = 398 ค่า $p = 0.000$, CFI = 0.99, GFI = 0.95, AGFI = 0.93 และ 4) โมเดลการจัดลำดับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของอัตรานักเรียนทางวิชาการ อัตรานักเรียนไม่ใช่ทางวิชาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แปรเปลี่ยนด้านรูปแบบและพารามิเตอร์ ยกเว้นพารามิเตอร์ในเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้จากการวัดครั้งที่ 1 และความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้จากการวัดครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3

1.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Fan (2001) ทำการศึกษาอิทธิพลของความสัมพันธ์ของพ่อแม่ต่อพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และด้านสังคมศาสตร์ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 ครั้ง ณ ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการ ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ของพ่อแม่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางการเรียนของนักเรียน นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการ พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 28.95 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.45 ทางด้านคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 38.77 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.99 ทางด้านวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 19.97 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.17 และทางด้านสังคมศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 30.48 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.28

Compton (2003) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการการคิดให้รหัสและพัฒนาการในการให้ชื่ออัตโนมัติในนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะยาวจำนวน 7 ครั้ง ครั้งละ 1 เดือน ในทักษะด้านการอ่าน คำ การอ่านแบบไม่มีคำ การให้ชื่อตัวเลข การให้ชื่อสี โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัย

พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างการให้ชื่อตัวเลข และทักษะการให้รหัสและการให้ชื่อต่างอัตโนมัติ สามารถทำนายทักษะการให้รหัสได้อีกด้วย นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการ พบว่าข้อมูลด้านต่าง ๆ นั้นมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [36, 25, 16, 9, 4, 1, 0] และมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านคำ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 10.12 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 2.073 ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงความโค้งกำลังสอง (MQ) = 0.11 ทางด้านการอ่านที่ไม่มีคำ มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 6.87 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.32 ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงความโค้งกำลังสอง (MQ) = 0.01

Parrila และ Aunola (2005) ทำการศึกษาพัฒนาการของความแตกต่างรายบุคคลในทักษะด้านการอ่าน โดยการศึกษาพัฒนาการทางด้านการระบุคำศัพท์ ทางด้านความเข้าใจ และทางด้านคำศัพท์ในภาษาอังกฤษ และภาษาฟินนิช มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนแคนาดาที่พูดภาษาอังกฤษในระดับชั้นเกรด 1 ถึง เกรด 5 วัดซ้ำจำนวน 5 ครั้ง และนักเรียนแคนาดาที่พูดภาษาฟินนิชในระดับชั้นเกรด 1 ถึงเกรด 2 วัดซ้ำจำนวน 4 ครั้ง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการตัวแปรแฝง และโมเดลโค้งพัฒนาการผสม (growth mixture model) ผลการวิจัย พบว่า คะแนนจากการสอบครั้งแรกสัมพันธ์กับพัฒนาการในแต่ละช่วงในทางตรงกันข้าม และคงที่ โดยความแตกต่างรายบุคคลจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละช่วงเวลา นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการ พบว่า ข้อมูลแต่ละด้านมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง โดยมีพารามิเตอร์ต่าง ๆ เป็นดังนี้ ทางด้านภาษาอังกฤษ มีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0, 1, 4, 9, 16] โดยมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 12.697 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 24.513 ทางด้านภาษาฟินนิช มีการกำหนดสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น [0, 1, 4, 9] โดยมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 0.3 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.455

Speece และ Ritchey (2005) ทำการศึกษาพัฒนาการของทักษะการอ่านออกเสียงในนักเรียนที่มีความเสี่ยงต่อการล้มเหลวในการอ่าน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาลักษณะของพัฒนาการของทักษะการอ่านออกเสียงในกลุ่มนักเรียนระดับชั้นเกรด 1 ที่มีความเสี่ยงต่อการล้มเหลวในการอ่าน และทำนายอิทธิพลของสถานการณ์การอ่านที่มีต่อพัฒนาการ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นเกรด 1 จำนวน 276 คน ทำการเก็บข้อมูลแบบ cohort โดยทำการทดสอบเพื่อจำแนกนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง และกลุ่มไม่เสี่ยง จากนั้นจึงทำการศึกษาพัฒนาการทางด้านการอ่านของนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง โดยศึกษาทักษะการอ่านออกเสียงตัวอักษร และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง โดยใช้โปรแกรม SAS PROC MIXED ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงควรได้รับการดูแลเกี่ยวกับทักษะการอ่านคำก่อนทักษะอื่น ๆ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาทางด้านความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้ ค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 38.17 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 1.13

Mast และ Allaire (2006) ทำการศึกษาเพื่อระบุตัวทำนายที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ทางคำศัพท์โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ป่วยที่เป็นโรคตีเมเนเทีย (dementia) จำนวน 116 คน ซึ่งมีอายุระหว่าง 58-89 ปี โดยใช้เครื่องมือในการ

เก็บรวบรวมได้แก่ the full object memory evaluation : FOME ซึ่งจะถามเกี่ยวกับการจดจำสิ่งของ 100 อย่างที่ให้เห็น เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 5 ครั้ง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เมื่อพิจารณาผลการวิจัยในด้านความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น $[0, 1, 2, 3, 4]$ และมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ทางด้านการจดจำมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 2.85 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.07

Shivpuri และคณะ (2006) ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบว่า ความรู้ทั่วไปสามารถทำนายคะแนนเริ่มแรกของรายบุคคลได้หรือไม่ เมื่อมีการควบคุมการวัดของคะแนนสอบ SAT และ ACT และตรวจสอบว่าตัวแปร 4 ตัว ได้แก่ การเรียนรู้ที่ต่อเนื่อง ความพยายามความสามารถในการปรับตัว และทักษะภายในของบุคคล สามารถทำนายความแตกต่างรายบุคคลในพัฒนาการทางการเรียนได้หรือไม่ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษาปีที่ 1 จำนวน 644 คนของมหาวิทยาลัยมิสซิสซิปปี โดยวัดจากคะแนนสอบมาตรฐานที่ได้จากการสอบ SAT และ ACT คะแนนจากแบบวัดพฤติกรรม Biodata และระดับคะแนนเฉลี่ย (GPA) เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 ในชั้นปีที่ 1 และปีที่ 2 จำนวน 4 ครั้ง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง เมื่อพิจารณาผลการวิจัยในด้านความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น $[0, 1, 2, 3]$ และมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ การเรียนมีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 3.02 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 0.00

Ferrer และคณะ (2008) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ โปรแกรม LISREL, Mx, Mplus, Amos และ SAS โดยในการศึกษาครั้งนี้ ได้ข้อมูลที่มาจากการเก็บรวบรวมโดยใช้แบบวัด WISC (Wechsler Intelligence Scale for Children) กับนักเรียนระดับชั้นเกรด 3 ถึงเกรด 5 จำนวน 204 คน ทำการวัดทั้งหมด 6 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า ค่าสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์แต่ละโปรแกรมมีค่าไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาผลการวิจัยในด้านความสอดคล้องของข้อมูลกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงนั้น พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง โดยมีสัมประสิทธิ์พื้นฐานเป็น $[0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0]$ และมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ ทางด้านการอ่านค่า มีค่าเฉลี่ยตัวแปรแฝงระดับคะแนนในการวัดครั้งแรก (ML) = 19.70 ค่าอัตราพัฒนาการ (MS) = 27.70

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการ สามารถสรุปได้ดังตาราง 10

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการ

ชื่อผู้วิจัย	ปีที่วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	ตัวแปรที่ศึกษา	จำนวนครั้งที่วัด
ศศิวิมล อมตชีวิน	พ.ศ. 2546	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	น้ำหนักและส่วนสูง	3-10 ครั้ง
ศุภลักษณ์ ใจแสงทรัพย์	พ.ศ. 2547	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	พัฒนาการวิชา คณิตศาสตร์	-
นอร ไชยพรพัฒนา	พ.ศ. 2549	-	การจำลองข้อมูล	-
ธีรยุทธ ภูเขา	พ.ศ. 2550	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	พัฒนาการวิชา คณิตศาสตร์	4 ครั้ง
สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช	พ.ศ. 2550	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	อัตรโนทัศน์ทาง วิชาการ อัตรโนทัศน์ ไม่ใช่ทางวิชาการ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน	3 ครั้ง
Fan	ค.ศ. 2001	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	พัฒนาการ ทางการเรียน	3 ครั้ง
Compton	ค.ศ. 2003	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	พัฒนาการในทักษะ การให้รหัส และ พัฒนาการในการให้ชื่อ อัตรโนมิติ	7 ครั้ง
Parrila และ Aunola	ค.ศ. 2005	เกรด 1 ถึง เกรด 5	พัฒนาการของทักษะ ด้านการอ่าน	4 ครั้ง
Speece และ Ritchey	ค.ศ. 2005	เกรด 1	พัฒนาการของทักษะ การอ่านออกเสียง	-
Mast และ Allaire	ค.ศ. 2006	ผู้ป่วยที่เป็นโรค ติเมนเทีย	พัฒนาการการเรียนรู้ ทางคำศัพท์	5 ครั้ง
Shivpuri, Schmitt, Oswald และ Kim	ค.ศ. 2006	นักศึกษาปีที่ 1	พัฒนาการ ทางการเรียน	4 ครั้ง
Ferrer, Hamagami และ McArdle	ค.ศ. 2008	เกรด 3 ถึง เกรด 5	เปรียบเทียบโปรแกรม LISREL, Mx, Mplus, Amos และ SAS	6 ครั้ง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการดังกล่าวข้างต้น สามารถจัดประเภทแบบแผนของการเปลี่ยนแปลงได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง และการเปลี่ยนแปลงที่มีแนวโน้มไม่เป็นแบบเส้นตรง แต่การศึกษาพัฒนาการในปัจจุบันส่วนใหญ่จะทำการศึกษาแบบแผนพัฒนาการแบบเส้นตรง (ศศิวิมล อมตชีวิน, 2546; อธิษฐาน ภูษา, 2550; สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช, 2550; Parrila and Aunola, 2005; Speece and Ritchey, 2005; Mast and Allaire, 2006; Ferrer et al., 2008) ซึ่งทำการวัดพัฒนาการ 3-6 ครั้ง โดยไม่คำนึงถึงรูปร่างลักษณะการกระจายข้อมูลที่แท้จริงของพัฒนาการซึ่งมีโอกาสที่โมเดลพัฒนาการจะมีโครงสร้างแตกต่างกันหลายลักษณะ ได้แก่ โมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง (linear growth model) โมเดลโค้งพัฒนาการแบบควอดราติก (quadratic growth model) และโมเดลโค้งพัฒนาการแบบพีชไว้ซ์ (piecewise growth model) และจากการศึกษาของ ศศิวิมล อมตชีวิน (2546) พบว่า โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลามากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์เหลี่ยมลำดับด้วยรูปแบบโมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นตรง โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 และ 6 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลามากที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ด้วยโมเดลพหุคูณพหุคูณ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์

2.1 งานวิจัยในประเทศ

ยรรยง ภูทองพลอย (2550) ศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 800 คน จากโรงเรียน 61 โรงเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 ชนิด ได้แก่ แบบทดสอบแบ่งเป็น 3 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ .22 ถึง .80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .35 ถึง .90 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .89 ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบความสามารถด้านเหตุผล มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ .22 ถึง .80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .35 ถึง .90 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .89 และฉบับที่ 3 เป็นแบบทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ .22 ถึง .80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .35 ถึง .90 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .89 และแบบวัดแบ่งเป็น 7 ด้าน ได้แก่ ด้านเจตคติต่อการเรียน ด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ด้านบุคลิกภาพ ด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับครู ด้านการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย ด้านพฤติกรรม การส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียน และด้านบรรยากาศในชั้นเรียน มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .17 ถึง .74 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .88 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณ และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการคิดวิเคราะห์ ได้แก่ ด้านความสามารถด้านเหตุผล ด้านบุคลิกภาพ และด้านบรรยากาศในชั้นเรียน ซึ่งสามารถนำไปสร้างสมการพยากรณ์การคิดวิเคราะห์โดยมีค่าพยากรณ์ร้อยละ 3.60

ละออ กอกรส (2550) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการคิดเอกลีขันธ์ทางภาษา 6 แบบ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ผลการคิดเอกลีขันธ์ทางภาษาแบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบประยุกต์ มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนผลการคิดเอกลีขันธ์ทางภาษา 6 แบบ ระหว่างนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูง ปานกลาง และต่ำ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การเปรียบเทียบผลการคิดเอกลีขันธ์ทางภาษาที่ละฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูง ปานกลาง และต่ำ พบว่า ผลการคิดเอกลีขันธ์ทางภาษาแบบความสัมพันธ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แบบระบบและแบบประยุกต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 เมื่อทดสอบความแตกต่างกันเป็นรายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงกับปานกลาง มีผลการคิดเอกลีขันธ์ทางภาษา แบบประยุกต์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กลุ่มสูงกับต่ำ มีผลการคิดเอกลีขันธ์ทางภาษาแบบความสัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แบบระบบและแบบประยุกต์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และกลุ่มปานกลางกับต่ำ มีผลการคิดเอกลีขันธ์ทางภาษาแบบความสัมพันธ์และแบบระบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แบบประยุกต์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บงกาล จันทรหวัโทน (2551) ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์ การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคัตสรร ได้แก่ ความถนัดทางการเรียน ความสามารถทางการแก้ไขปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรค พฤติกรรมการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ในชั้นเรียน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อการเรียน การอบรมเลี้ยงดูการมุ่งอนาคต และบรรยากาศในห้องเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 2 และ 2) สร้างสมการพยากรณ์การคิดวิเคราะห์ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวนนักเรียน 1,000 คน จาก 9 โรงเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 ชนิด ได้แก่ แบบทดสอบ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ .26 ถึง .80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .23 ถึง .87 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .84 และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ .21 ถึง .74 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .22 ถึง .82 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .80 และแบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ 1 ฉบับ แบ่งเป็น 8 ตอน คือ แบบวัดความสามารถทางการแก้ไขปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรค มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .24 ถึง .50 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .70 แบบวัดการมุ่งอนาคต มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .39 ถึง .58 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .82 แบบวัดพฤติกรรมส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียน มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .45 ถึง .67 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .85 แบบวัดแรงจูงใจ ใฝ่สัมฤทธิ์ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .28 ถึง .53 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .76 แบบวัดเจตคติต่อการเรียน มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .33 ถึง .70 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .82 แบบวัดการอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .22

ถึง .44 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .67 แบบวัดการอบรมเลี้ยงดูแบบเข้มงวด มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .25 ถึง .58 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .70 และแบบวัดบรรยากาศในห้องเรียน มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .49 ถึง .65 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .85 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยคัดสรรที่สัมพันธ์กับการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีจำนวน 6 ค่า ได้แก่ ความสามารถในการแก้ไขปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรค การมุ่งอนาคต พฤติกรรมการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อการเรียน และบรรยากาศในห้องเรียน มีค่าเท่ากับ .350 .367 .349 .435 .163 และ .202 ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .558 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์เท่ากับ .311 ค่าคำนวณพยากรณ์คิดเป็นร้อยละ 30.90 สมการพยากรณ์การคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีดังนี้ ตัวแปรพยากรณ์มี 4 ค่า คือ ความสามารถในการแก้ไขปัญหาและฝ่าฟันอุปสรรค การมุ่งอนาคต พฤติกรรมการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียน และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

สุชาติดา ปันโฉม (2551) ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ในโรงเรียนเอกชน กลุ่ม 3 เขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 กลุ่มตัวอย่าง 437 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถามเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แบบสอบถามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ แบบสอบถามมโนภาพเกี่ยวกับตนเอง แบบสอบถามคุณภาพการสอนของครู แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดูของครอบครัว แบบสอบถามสภาพแวดล้อมของโรงเรียน ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น .813, .862, .802, .900, .875 และ .895 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีเส้นทางโดยใช้โปรแกรมลิสเรล เวอร์ชัน 8.54 ผลการวิจัยพบว่า 1) ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรปัจจัยเชิงสาเหตุกับการคิดวิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเชิงสาเหตุส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ ในวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .752 อธิบายความแปรปรวนของการคิดวิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 56.50 3) ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการคิดวิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์คือ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง คุณภาพการสอนของครู การอบรมเลี้ยงดูของครอบครัว และสภาพแวดล้อมของโรงเรียน ด้วยขนาดอิทธิพล .184, .175, .162, .313, .169 และ .295 ตามลำดับ ส่วนปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อการคิดวิเคราะห์ในวิชาคณิตศาสตร์คือ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่มีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ด้วยขนาดอิทธิพล .018 มโนภาพเกี่ยวกับตนเองที่มีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และแรงจูงใจด้วยขนาดอิทธิพล .074 การอบรมเลี้ยงดูของครอบครัวที่มีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และมโนภาพเกี่ยวกับตนเองด้วยขนาดอิทธิพล .039 สภาพแวดล้อมของโรงเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านทางเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และมโนภาพเกี่ยวกับตนเอง ด้วยขนาดอิทธิพล .089

นิตยา สุตตาจันทร์ (2552) ศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขอนแก่น เขต 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 400 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีค่าความยากตั้งแต่ .21 ถึง .80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .22 ถึง .81 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .67 แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงเหตุผล มีค่าความยากตั้งแต่ .26 ถึง .80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .26 ถึง .78 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .78 แบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา มีค่าความยากตั้งแต่ .30 ถึง .79 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .26 ถึง .78 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .80 และแบบวัดเจตคติต่อการเรียน แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และแบบวัดความเชื่อมั่นในตนเอง มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .32 ถึง .65, .36 ถึง .60 และ .43 ถึง .76 ตามลำดับ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .79, .86 และ .78 ตามลำดับ แบบสอบถามบรรยากาศในห้องเรียนและแบบสอบถามพฤติกรรมการสอนส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียนของครู มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .43 ถึง .76 และ .39 ถึง .65 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .78 และ .83 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุระดับ (multilevel regression analysis) ผลการวิจัยพบว่า 1) ตัวแปรระดับนักเรียนที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ได้แก่ เชาวน์ปัญญา (IQ) ความสามารถเชิงเหตุผล (REA) และเจตคติต่อการเรียน (ATT) สามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ร้อยละ 44.03 2) ตัวแปรระดับห้องเรียนที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ได้แก่ พฤติกรรมการสอนส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียนของครู (BEH) สามารถอธิบายความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ร้อยละ 26.81 3) ตัวแปรระดับนักเรียนและห้องเรียนที่สัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์ถดถอย (slope) ของเจตคติต่อการเรียน (ATT) ได้แก่ พฤติกรรมการสอนส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในชั้นเรียนของครู (BEH) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อรวรรณ เอี่ยมกิจไพศาล (2552) ศึกษาผลของปัจจัยบางประการและ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 2 ศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ความเชื่ออำนาจภายในตน การอบรมเลี้ยงดู ความสามารถด้านเหตุผล กับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียน ศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2551 โรงเรียนสังกัดสำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย เขต 2 จำนวนนักเรียน 387 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แบบสอบถาม การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แบบวัดความเชื่ออำนาจภายในตน แบบสอบถามการอบรมเลี้ยงดู และแบบทดสอบความสามารถด้านเหตุผล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) (pearson's product moment correlation coefficient) การถดถอยพหุคูณ (multiple regression) ใช้เทคนิควิธีการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ที่สัมพันธ์กับตัวแปรเกณฑ์โดยใช้วิธี enter เพื่อดูตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติ แล้วจึงนำตัวแปรที่มี

นัยสำคัญทางสถิติไปสร้างสมการพยากรณ์ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยวิธีแบบ stepwise ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ความเชื่ออำนาจภายในตน การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย การอบรมเลี้ยงดูแบบปล่อยตามใจ และความสามารถด้านเหตุผล มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .854 .749 .734 .398 และ .807 ตามลำดับ แต่การอบรมเลี้ยงดูแบบเผด็จการมีความสัมพันธ์ทางลบกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -.597 ตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Y) คือ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (X1) ความสามารถด้านเหตุผล (X4) ความเชื่ออำนาจภายในตน (X2) การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย (X31) และการอบรมเลี้ยงดูแบบเผด็จการ (X32) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ .946 มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้ร้อยละ 89.6

อัมพร สมปาน (2552) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดศรีสะเกษ และเพื่อพัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดศรีสะเกษ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 800 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผล มีค่าความยากตั้งแต่ .29 ถึง .80 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .20 ถึง .58 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .72 และ .87 แบบวัดความเชื่ออำนาจภายในตน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และเจตคติต่อการเรียน ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .32 ถึง .50, .45 ถึง .60 และ .26 ถึง .60 ตามลำดับ และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .84, .89 และ .79 ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เส้นทาง (path analysis) ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดศรีสะเกษคือ ความเชื่ออำนาจภายในตน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จากการวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดศรีสะเกษ ได้แก่ ความสามารถด้านเหตุผล แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อการเรียน ความเชื่ออำนาจภายในตน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ จากการวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 โมเดลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดศรีสะเกษ

มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($\chi^2 = 216.04$, $df = 186$, $p = 0.064$) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.98 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.96 ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (RMR) เท่ากับ 0.0073 ค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ 0.014

อาภรณ์ บุญมาก (2552) ศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4: การวิเคราะห์พหุระดับ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศรีสะเกษ เขต 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 601 คน จากโรงเรียน 8 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบ

หลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 7 ฉบับ ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญา 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 3) แบบวัด เจตคติต่อการเรียน 4) แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ 5) แบบวัดความเชื่ออำนาจภายใน ตน 6) แบบวัดการอบรมเลี้ยงดูแบบใช้เหตุผล 7) แบบวัดบรรยากาศในชั้นเรียน การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การวิเคราะห์แบบพหุระดับ ผลการวิจัยพบว่า 1) ตัวแปรระดับนักเรียนที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ได้แก่ เชาวน์ปัญญา และเจตคติต่อการเรียน 2) ตัวแปรระดับห้องเรียนที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คือ บรรยากาศในชั้นเรียน 3) ปัจจัยที่สามารถพยากรณ์ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสามารถแบ่งออกได้ 2 ระดับ ปัจจัยระดับนักเรียนที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดี สามารถพยากรณ์ความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ได้แก่ เชาวน์ปัญญา และเจตคติต่อการเรียนโดยตัวแปรทั้ง 2 มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 0.4263 และ 0.2764 ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า เมื่อเชาวน์ปัญญาเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนจะเปลี่ยนไป 0.4263 หน่วย และเมื่อเจตคติต่อการเรียนเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนจะเปลี่ยนไป 0.2764 แสดงว่า เมื่อนักเรียนมีเชาวน์ปัญญาสูง ความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะสูงด้วยเช่นกัน ตัวแปรระดับห้องเรียนที่สามารถพยากรณ์ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ได้แก่ บรรยากาศในชั้นเรียน มีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 0.2680 หมายความว่า เมื่อบรรยากาศในชั้นเรียนเปลี่ยนไป 1 หน่วย ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก็จะเปลี่ยนไป 0.2680 หน่วย แสดงว่า นักเรียนที่เรียนในห้องเรียนที่มีบรรยากาศในชั้นเรียนที่ดีจะมีความตั้งใจความสนใจต่อการเรียนอย่างต่อเนื่อง และสามารถเรียนรู้ได้ดีจึงส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงตามไปด้วย

กิจกานต์ สมรัตน์ (2554) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดศรีสะเกษ: การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุระดับ โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุระดับของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดศรีสะเกษ โดยกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นศึกษาปีที่ 6 จังหวัดศรีสะเกษ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 1,256 คน จากโรงเรียน 61 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน (two-stage random sampling) ข้อมูลในส่วนของคะแนนพัฒนาการมาจากการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่มีการเก็บข้อมูลซ้ำจำนวน 3 ครั้ง แต่แต่ละครั้งมีระยะเวลาห่างกัน 3 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า 1) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุระดับของพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 2) โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และพบว่า โมเดลระดับนักเรียน ตัวแปรเจตคติต่อการเรียนและการรับรู้ความสามารถของตนเองมีอิทธิพลต่อพัฒนาการของความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.409 และ 0.405 ส่วนตัวแปรการรับรู้ความสามารถของตนเองมีอิทธิพล

ทางอ้อมต่อพัฒนาการของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่ส่งผ่านตัวแปรเจตคติต่อการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.252 โมเดลระดับห้องเรียน ตัวแปรทั้ง 3 ตัวมีอิทธิพลต่อพัฒนาการของความสามารถในการคิดวิเคราะห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีขนาดอิทธิพลเท่ากัน

2.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Lumpkin (1991) ได้ศึกษาผลการสอนทักษะการคิดวิเคราะห์ที่มีต่อความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในเนื้อหาวิชาสังคมของนักเรียนเกรด 5 และเกรด 6 ผลการศึกษาพบว่า เมื่อได้สอนทักษะการคิดวิเคราะห์แล้วนักเรียนเกรด 5 และเกรด 6 มีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน นักเรียนเกรด 5 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในเนื้อหาวิชาสังคมไม่แตกต่างกัน ส่วนนักเรียนเกรด 6 ที่เป็นกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในเนื้อหาวิชาสังคมสูงกว่ากลุ่มควบคุม

Drysdale (2001) ได้ศึกษาการคิดวิเคราะห์วิจารณ์สภาพที่เป็นจริงและความสอดคล้องในศาสนาศึกษาของครูสอนศาสนา โดยต้องการค้นหาค่านิยมด้านศีลธรรมและจิตวิญญาณของครูสอนศาสนา และตรวจสอบว่าการมีค่านิยมเหล่านั้นจะส่งผลต่อสวัสดิภาพด้านการศึกษานักเรียนอย่างไร โดยเลือกครูสอนศาสนาจำนวน 10 คน ใช้เวลาศึกษา 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า ครูสอนศาสนามีค่านิยมด้านศีลธรรมและจิตวิญญาณแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านการวิเคราะห์วิจารณ์ซึ่งเป็นการเน้นความสำคัญของการสอนให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ในประเด็นปัญหาเกี่ยวกับศีลธรรมและจิตวิญญาณ 2) สภาพที่เป็นจริงเป็นการเน้นความสำคัญของการดำรงชีวิตอยู่นอกกรอบความเชื่อทางศาสนาคริสต์ และ 3) ความสอดคล้องเป็นการเน้นความสำคัญของการกระทำที่เกี่ยวเนื่องกับประเด็นปัญหาด้านศีลธรรมและจิตวิญญาณ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ครูสอนศาสนาเป็นผู้ทำให้เกิดประโยชน์ต่อสวัสดิภาพทางการศึกษานักเรียนเป็นอย่างมาก เนื่องจากครูได้กระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ และแสดงตัวเป็นแบบอย่างที่น่าเชื่อถือแก่นักเรียน และครูได้แสดงความคิดเห็นที่สอดคล้องกับหลักศาสนาตลอดเวลา

Athman (2003) ศึกษาผลของการจัดสิ่งแวดล้อมในการศึกษาและความพร้อมของสถานศึกษา เพื่อให้เกิดการคิดวิเคราะห์และการสร้างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 586 คน ในรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา เครื่องมือที่ใช้คือ โปรแกรมการเรียนการสอนจำนวน 12 โปรแกรม แบบวัดการคิดวิเคราะห์จำนวน 3 แบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ multiple linear regression และ factorial ANCOVA ผลการศึกษาพบว่า การจัดการสิ่งแวดล้อมในการศึกษาและความพร้อมของสถานศึกษา สามารถส่งเสริมให้การปฏิบัติการศึกษาประสบผลสำเร็จ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการส่งเสริมให้เกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และการสร้างแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

Yen และ Chen (2004) ศึกษาเรื่องผลของการใช้โปรแกรมการสอนที่ใช้ระบบปฏิสัมพันธ์ผ่าน videodisc เพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แบบการทดลองที่ใช้คือ pretest-posttest quasi experimental design กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาได้แก่ นักศึกษาพยาบาลระดับปริญญา ประเทศไต้หวัน จำนวน 126 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ โปรแกรม videodisc มีลักษณะเป็นการจำลองสถานการณ์ในคลินิกผ่านวีดิทัศน์เพื่อให้นักศึกษาได้มีโอกาสเรียนรู้

จากสถานการณ์จริง การคิดอย่างมีระบบ การร่วมมืออภิปรายแสดงความคิดเห็น การแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการสอนด้วยโปรแกรม การสอนที่ใช้ระบบปฏิสัมพันธ์ผ่าน videodisc ในทุกด้าน

Chun Ping Wu (2008) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการบังคับตนในการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตและทักษะการคิดวิเคราะห์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษา จำนวน 307 คน โดยทำการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ผลการศึกษาพบว่า แรงจูงใจเป็นปัจจัยกำกับความสัมพันธ์ระหว่างการบังคับตนในการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตและทักษะการคิดวิเคราะห์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์

ชื่อผู้วิจัย	ปีที่วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	ประเด็นวิจัย
ยรรยง ภูกองพลอย	พ.ศ. 2550	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์
ละออ กองรส	พ.ศ. 2550	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	วิธีการสอน (การคิดเอกนัยทางภาษาแบบหน่วย แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบประยุกต์)
บงกกาล จันทร์หัวโทน	พ.ศ. 2551	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์
สุชาดา ปันโณม	พ.ศ. 2551	ช่วงชั้นที่ 2	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์
นิตยา สุดตาจันทร์	พ.ศ. 2552	ช่วงชั้นที่ 2	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์
อรรรรณ เอี่ยมกิจไพศาล	พ.ศ. 2552	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์
อัมพร สมปาน	พ.ศ. 2552	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์
อาภรณ์ บุญมาก	พ.ศ. 2552	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์
กิจกานต์ สมรัตน์	พ.ศ. 2554	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์
Lumpkin	ค.ศ. 1991	เกรด 5 และเกรด 6	วิธีการสอน

ตาราง 11 (ต่อ)

ชื่อผู้วิจัย	ปีที่วิจัย	กลุ่มตัวอย่าง	ประเด็นวิจัย
Drysdale	ค.ศ. 2001	ครู	พัฒนาค่านิยมด้านศีลธรรม และจิตวิญญาณของครู
Athman	ค.ศ. 2003	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6	ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อ การคิดวิเคราะห์
Yen และ Chen	ค.ศ. 2004	นักศึกษาพยาบาล ระดับปริญญา	วิธีการสอน (การใช้โปรแกรม การสอนที่ใช้ระบบ ปฏิสัมพันธ์ผ่าน videodisc)
Chun Ping Wu	ค.ศ. 2008	นักศึกษาระดับปริญญา ตรีและระดับ บัณฑิตศึกษา	ทำการศึกษาคความสัมพันธ์ ระหว่างการบังคับตนในการ สืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต และทักษะการคิดวิเคราะห์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้น รูปแบบที่นักวิจัยใช้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบการวิจัยที่พัฒนานวัตกรรมการศึกษาหรือการพัฒนาวิธีการสอน (ละออ กองรส, 2550; Lumpkin, 1991; Yen and Chen, 2004) 2) รูปแบบการวิจัยที่เน้นเรื่องการพัฒนาบุคลากรครู (Drysdale, 2001) และ 3) รูปแบบการวิจัยที่ศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ (ยรรยง ภูทองพลอย, 2550; บงกัล จันท์หัวโตน, 2551; สุชาติ ปันโฉม, 2551; นิตยา สุดตาจันทร์, 2552; อรรวรรณ เอี่ยมกิจไพศาล, 2552; อภรณ์ บุญมาก, 2552; อัมพร สมปาน, 2552; กิจกานต์ สมรัตน์, 2554; Athman, 2003; Chun Ping Wu, 2008)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาและตรวจสอบความตรงโมเดลองค์ประกอบ
โค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สองของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน และศึกษาปฏิสัมพันธ์
ระหว่างขนาดโรงเรียนและกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครู ที่มีผลต่อ
พัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ผู้วิจัยจึงได้คัดสรรตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
เพื่อให้เชื่อมโยงกับคำถามการวิจัยได้ถูกต้องมากที่สุด 3 ตัวแปร ได้แก่ 1) ความสามารถ
ในการคิดวิเคราะห์ 2) กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และ 3) ขนาดโรงเรียน
ซึ่งมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังรายละเอียดในตาราง 12

ตาราง 12 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปร	เหตุผลในการเลือกตัวแปร/กลุ่มตัวอย่าง/เครื่องมือ/การเก็บรวบรวมข้อมูล/ เทคนิคการวิเคราะห์
<p>ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (analytical thinking ability)</p>	<p>เหตุผลในการเลือกตัวแปร</p> <p>เนื่องจากความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (analytical thinking ability) เป็นทักษะที่มีความสำคัญที่มีข้อมูลระบุถึงความเกี่ยวข้องของความสำเร็จทางวิชาการกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก (เช่น Greene et al., 2004; Zhang, 2005; Groothohh et al., 2008; Dunn et al., 2009; Kuhn and Holling, 2009) รวมทั้งเป็นหนึ่งในจำนวนการคิดที่มีความซับซ้อนและเป็นการคิดขั้นสูง (higher-ordered complicate thinking) (สุวิทย์ มูลคำ, 2551) ที่มีความสำคัญต่อการเรียนและการดำเนินชีวิตของบุคคล ถ้าบุคคลคิดวิเคราะห์เป็น บุคคลก็จะวินิจฉัย ประเมิน ตัดสินใจ วางแผนและคาดการณ์อนาคตต่าง ๆ ได้ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2546) รวมทั้งเป็นพื้นฐานสำคัญของทักษะทางการสื่อสาร (จรัญ คำยัง และอรรณงค์ อังรังเลิศฤทธิ์, 2549) และเป็นกระบวนการทางสมองของมนุษย์ที่มีศักยภาพสูง (ทิตนา แชมมณี และคณะ, 2544) ซึ่งมีนักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจทำการศึกษเกี่ยวกับความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (เช่น นิตยา สุดตาจันทร์, 2552; อรรณงค์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2552; อารณณ์ บุญมาก, 2552; อัมพร สมปาน, 2552; กิจกานต์ สมรัตน์, 2554; Drysdale, 2001; Athman, 2003; Yen and Chen, 2004; Chun Ping Wu, 2008)</p>
	<p>กลุ่มตัวอย่าง</p> <p>จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's theory of intellectual development) พบว่าเด็กในวัย 11-15 ปี เป็นช่วงที่เรียกว่า formal operations ซึ่งเป็นวัยที่พัฒนาการทางเชาว์ปัญญาและความคิดของเด็กเป็นขั้นสุดยอด สามารถคิดเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่าง และมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีตัวตน หรือสิ่งที่เป็นนามธรรม (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2545) โดย Torrance (กานดา ทิววัฒน์ปกรณ์, 2543 อ้างอิงจาก Torrance, 1962) ได้แบ่งวัยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาว่ามีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 12 ปีถึง 18 ปี โดยรอยต่อระยะอายุ 15 ปีถึง 18 ปี เป็นช่วงที่เด็กจะมีความเปลี่ยนแปลงเร็วมาก ทั้งด้านความสนใจและความสามารถ เป็นวัย</p>

ตาราง 12 (ต่อ)

ตัวแปร	เหตุผลในการเลือกตัวแปร/กลุ่มตัวอย่าง/เครื่องมือ/การเก็บรวบรวมข้อมูล/ เทคนิคการวิเคราะห์
	<p>ที่ดีที่สุดในการทดสอบความคิด เพราะช่วงวัยนี้สามารถที่จะคิดหาข้อสรุป เรียนรู้การใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ พบว่า มีนักวิจัยหลายท่าน ที่ทำการศึกษาคิดวิเคราะห์กับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 (บงกาล จันท์หัวโตน, 2551; Athman, 2003) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 14-15 ปี</p>
	<p>เครื่องมือ</p> <p>เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ชนิดเลือกตอบ (multiple choices) 4 ตัวเลือก เป็นแบบทดสอบแบบคู่ขนานจำนวน 2 ฉบับ ๆ ละ 30 ข้อ รวม 60 ข้อ เนื่องจากการวัดคะแนนพัฒนาการ จะต้องวัดคุณลักษณะเดียวกัน โดยใช้แบบทดสอบชุดเดิมหรือแบบทดสอบแบบคู่ขนาน (อวยพร เรื่องตระกูล, 2544 อ้างอิงจาก Pike, 1991) ที่พัฒนาตามหลักการสร้างแบบทดสอบแบบคู่ขนานของ สำเร็จ บุญเรืองรัตน์ (2549) โดยวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Bloom (1981) ซึ่งวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 3 ด้าน คือ 1) การวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อย 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ 3) การวิเคราะห์หลักการ</p>
	<p>การเก็บรวบรวมข้อมูล</p> <p>ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งกำหนดการเก็บข้อมูลจำนวน 5 ครั้ง ตามแนวคิดของ นางลักษณ์ วิรัชชัย (2542); Tisak และ Meredith (1990); MaArdle และ Hamagami (1995); Akihito (2012) เพื่อให้โมเดลมีความยืดหยุ่น สามารถวิเคราะห์ พัฒนาการที่มีความเหมาะสมกับรูปร่างลักษณะการกระจายของข้อมูล โดยดำเนินการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งใช้ระยะเวลาห่างกันครั้งละ 5 สัปดาห์ ตามแนวคิดที่ว่า การคิดเป็นกิจกรรมทางสมองที่เกิดขึ้นตลอดเวลา (ทิสนา แคมมณี และคณะ, 2544) และมีนักวิจัยที่ทำการศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการการคิด โดยการเก็บรวบรวมข้อมูล</p>

ตาราง 12 (ต่อ)

ตัวแปร	เหตุผลในการเลือกตัวแปร/กลุ่มตัวอย่าง/เครื่องมือ/การเก็บรวบรวมข้อมูล/ เทคนิคการวิเคราะห์
	<p>7 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 เดือน (Compton, 2003) และ กิจกานต์ สมรัตน์ (2554) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาการ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวน 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 3 สัปดาห์</p> <p>เทคนิคการวิเคราะห์</p> <p>การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ระยะยาว โดยใช้โมเดลองค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สอง ซึ่งวิธีการดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์มาจากโมเดลโค้งพัฒนาการ ที่มีตัวแปรแฝงลำดับขั้นที่สอง เนื่องจากมีนักวิจัยหลายท่านสนับสนุน ให้ใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงลำดับขั้นที่สองในการศึกษา การเปลี่ยนแปลงระยะยาว (Ferrer et al., 2008; Hancock, Kuo and Lawrence, 2001; Grimm, Pianta and Konold, 2009; Liu and Flay, 2009; Sayer and Cumsille, 2006; วราภรณ์ แยมทิม, 2549) โดยโมเดลองค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สอง จะมีโมเดลพัฒนาการของแต่ละตัวแปรสังเกตได้อยู่ในระดับที่ 1 ส่วนค่า ตั้งต้นและความชันขององค์ประกอบร่วมถูกสกัดในระดับที่ 2 โดยโมเดล องค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สองอาจจะมีประโยชน์มากกว่า ในด้านสารสนเทศที่ได้ ทำให้เกิดองค์ความรู้ต่อยอดที่มีคุณค่า และมีความ เฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น กล่าวคือ ทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลง ของรูปร่างลักษณะและอัตราความเปลี่ยนแปลงพัฒนาการในแต่ละตัวแปร สังเกตได้ ซึ่งจะสามารถนำไปกำหนดแนวทางในการพัฒนาที่มี เฉพาะเจาะจง และทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด</p>
กระบวนการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (organizing student centered learning process)	<p>เหตุผลในการเลือกตัวแปร</p> <p>เนื่องจากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้กำหนดแนวทางปฏิรูปการศึกษา โดยให้ความสำคัญสูงสุดในการปฏิรูป กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนา เต็มศักยภาพ สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและรู้จักแสวงหาความรู้ ได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544) ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาและระบุถึงความเกี่ยวข้อง</p>

ตาราง 12 (ต่อ)

ตัวแปร	เหตุผลในการเลือกตัวแปร/กลุ่มตัวอย่าง/เครื่องมือ/การเก็บรวบรวมข้อมูล/ เทคนิคการวิเคราะห์
	<p>ของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญกับความสำเร็จทางวิชาการ (เต็มสิริ ดิกลาง, 2548; สายยนต์ สิงหศรี, 2549; ลำไย ศรีนุกูล, 2550)</p>
	<p>กลุ่มตัวอย่าง</p> <p>จากแนวคิดที่ว่า การคิดเป็นกิจกรรมทางสมองที่เกิดขึ้นตลอดเวลา (ทิตินา แคมมณี และคณะ, 2544) โดยการคิดวิเคราะห์เป็นส่วนที่ถูกควบคุมด้วยสมองซีกซ้าย (Sperry, 1981) ที่ทำหน้าที่ในการให้เหตุผล ภาษา และคณิตศาสตร์ (มุนีร์ มุหะหมัด, 2554) และจากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Bloom (1981) ที่แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ 1) การวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อย 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และ 3) การวิเคราะห์หลักการ นั้น เมื่อพิจารณาจะพบว่า มีความเกี่ยวข้องในด้านตรรกะและภาษา ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาระบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครูที่ทำการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (หลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551)</p>
	<p>เครื่องมือ</p> <p>เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญคือ แบบสอบถามกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) จำนวน 45 ข้อ ภายใต้วบ่งชี้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จำนวน 9 ตัวบ่งชี้ ที่ผู้วิจัยทำการสังเคราะห์จากตัวบ่งชี้กระบวนการ</p>

ตาราง 12 (ต่อ)

ตัวแปร	เหตุผลในการเลือกตัวแปร/กลุ่มตัวอย่าง/เครื่องมือ/การเก็บรวบรวมข้อมูล/ เทคนิคการวิเคราะห์
	<p>จัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของคณะกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้ (2543); ชนาธิป พรกุล (2544); นางลักขณ์ วิรัชชัย (2545); รัชดาภรณ์ สุราเลิศ (2545); สุนน อมรวิวัฒน์ (2545); สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (2548) ดังนี้ 1) การจัดสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศที่ปลูกเร้า จูงใจ และเสริมแรงให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เต็มตามศักยภาพ 2) การเข้าใจและเอาใจใส่นักเรียน เป็นรายบุคคล และแสดงความเมตตาต่อนักเรียนอย่างทั่วถึง 3) การจัดกิจกรรมและสถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดงออกและคิดอย่างสร้างสรรค์ 4) การส่งเสริมให้นักเรียนฝึกคิด ฝึกทำ และฝึกปรับปรุงตนเอง 5) การส่งเสริมกิจกรรมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้จากกลุ่ม พร้อมทั้งสังเกต ส่วนดีและปรับปรุงส่วนด้อยของนักเรียน 6) การใช้การสอนเพื่อฝึกการคิด การแก้ปัญหา และการค้นพบความรู้ 7) การใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย และเชื่อมโยงประสบการณ์กับชีวิตจริงโดยร่วมมือกับชุมชน 8) การปลูกฝัง ระเบียบวินัย ค่านิยมและคุณธรรมตามวิถีวัฒนธรรมไทย และ 9) การประเมินตนเองอยู่เสมอ ตลอดจนสังเกตและประเมินพัฒนาการ ของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง</p>
	<p>การเก็บรวบรวมข้อมูล</p> <p>ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ โดยใช้แบบสอบถามกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) จำนวน 45 ข้อ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวน 1 ครั้ง พร้อมการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ในครั้งที่ 1</p>
	<p>เทคนิคการวิเคราะห์</p> <p>การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (latent class analysis) ในการแบ่งกลุ่มครูเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื่องจากเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ชนิดแรกที่ได้รับ การพัฒนาตามหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบ ที่สามารถใช้ได้กับข้อมูล ที่เป็นตัวแปรจัดประเภท และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ ที่ไม่ใช่ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Margidson and Vermunt, 2000)</p>

ตาราง 12 (ต่อ)

ตัวแปร	เหตุผลในการเลือกตัวแปร/กลุ่มตัวอย่าง/เครื่องมือ/การเก็บรวบรวมข้อมูล/ เทคนิคการวิเคราะห์
	<p>โดยไม่จำเป็นต้องระบุระดับการวัด จึงทำให้ง่ายต่อการปฏิบัติ (Elliot, 2011) ซึ่งในปัจจุบันนี้การวิเคราะห์กลุ่มแฝงได้รับการเพิ่มสมรรถนะให้สามารถใช้วิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูลที่มีระดับการวัดแตกต่างกันได้ กล่าวคือ สามารถวิเคราะห์จัดกลุ่มตัวแปรแฝงกรณีที่ตัวแปรสังเกตได้มีระดับการวัดแตกต่างกัน ทั้งแบบตัวแปรต่อเนื่องและตัวแปรจัดประเภท เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบผสม (factor mixture analysis) (McCutcheon, 1987)</p>
ขนาดโรงเรียน (school size)	<p>เหตุผลในการเลือกตัวแปร</p> <p>เนื่องจากขนาดโรงเรียนเป็นส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ที่ส่งผลต่อความสามารถด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน (เฉลิมชัย รัตนประยูร, 2545) เพราะขนาดโรงเรียนที่แตกต่างกันย่อมไม่มีความเสมอภาคกัน แม้จะมีการกำหนดนโยบายและมีการปฏิบัติในเรื่องของความเสมอภาคทางการศึกษาอย่างชัดเจนและต่อเนื่องแล้วก็ตาม ทั้งในเรื่องของความเสมอภาคของโอกาสทางการศึกษา ความเสมอภาคในการใช้ทรัพยากรทางการศึกษา ความเสมอภาคในการกระจายครู ทั้งคุณวุฒิและจำนวน เป็นต้น แต่ก็ยังปรากฏความไม่เสมอภาคทางการศึกษาในเรื่องดังกล่าวข้างต้นกับโรงเรียนที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยเฉพาะความแตกต่างระหว่างโรงเรียนขนาดเล็กและโรงเรียนขนาดใหญ่ (เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์, 2544; เพ็ญพิศ อาจสัจจร, 2548; เอกรัฐ พิมไทย, 2548; Girevoch, 1996; Hiroshi, 2003; Soares, 2003) เนื่องจากโรงเรียนขนาดใหญ่เป็นโรงเรียนที่มีความพร้อมในหลาย ๆ ด้านที่ช่วยส่งเสริมกระบวนการจัดการเรียนการสอนของครูในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Athman (2003) ที่พบว่า การจัดการสิ่งแวดล้อมในการศึกษา และความพร้อมของสถานศึกษา สามารถส่งเสริมให้เกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี แต่โรงเรียนขนาดเล็กยังพบปัญหาที่สำคัญ คือ งบประมาณไม่พอเพียงสำหรับการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพและจำนวนครูไม่ครบชั้น ไม่ครบสาระวิชาตามหลักสูตร (สมบัติ อารงธัญวงศ์, 2557) โดยการวิจัยในครั้งนี้กำหนดให้โรงเรียนขนาดเล็กหมายถึง โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนน้อยกว่า 500 คน และโรงเรียน</p>

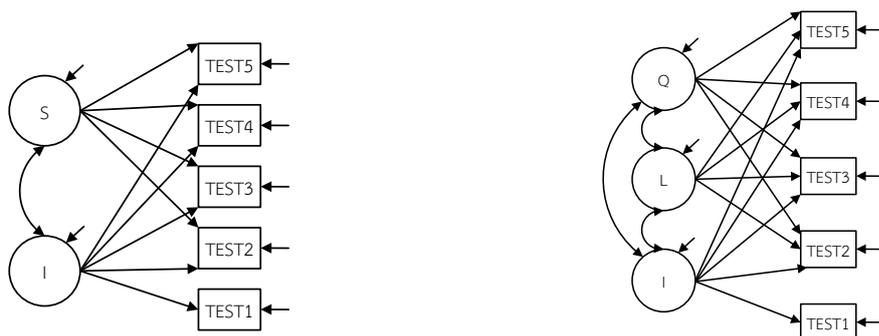
ตาราง 12 (ต่อ)

ตัวแปร	เหตุผลในการเลือกตัวแปร/กลุ่มตัวอย่าง/เครื่องมือ/การเก็บรวบรวมข้อมูล/ เทคนิคการวิเคราะห์
	ขนาดใหญ่ หมายถึง โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 1,500 คน ขึ้นไป ตามเกณฑ์การจำแนกขนาดโรงเรียนมัธยมศึกษา (สำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 19, 2556)
	เทคนิคการวิเคราะห์ การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แนวคิดการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ (interaction) (Schumacker and Lomax, 2002) ในการศึกษา ปฏิสัมพันธ์ระหว่างขนาดโรงเรียนและกระบวนการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครู ที่มีผลต่อพัฒนาการความสามารถ ในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เนื่องจาก การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์เป็นวิธีที่ง่ายต่อการประยุกต์ใช้และสามารถ นำไปปรับใช้ได้ดีกับโมเดลที่มีความซับซ้อน

โมเดลสมมุติฐานของการวิจัย

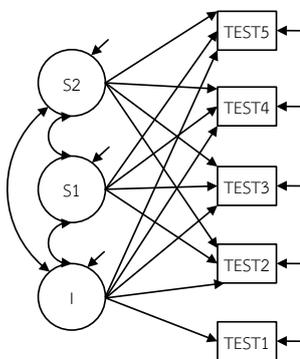
จากแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้สร้าง
โมเดลสมมุติฐานการวิจัย ดังนี้

1. การพัฒนาโมเดลสมมุติฐานการวิจัยเพื่อตอบความมุ่งหมายของการวิจัยในข้อ 1
เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความตรงโมเดลองค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สองของความสามารถ
ในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาโมเดลสมมุติฐาน
โดยการประยุกต์ใช้การตรวจสอบรูปร่างลักษณะการกระจายข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้ ที่มีการวัด
พัฒนาการทั้งหมด 5 ครั้ง จึงทำให้มีโอกาสที่โมเดลโค้งพัฒนาการจะมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกัน
ได้หลายลักษณะ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาเพียง 3 ลักษณะ คือ 1) โมเดล
โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง แสดงได้ดังภาพประกอบ 27 (1) 2) โมเดลโค้งพัฒนาการ
ที่มีตัวแปรแฝงแบบควอดราติก แสดงได้ดังภาพประกอบ 27 (2) และ 3) โมเดลโค้งพัฒนาการ
ที่มีตัวแปรแฝงแบบพีชไว้ซ์ แสดงได้ดังภาพประกอบ 27 (3)



(1) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง

(2) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบควอดราติก



(3) โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพีชไว้ซ์ (แบบ 2 ช่วงพัฒนาการ)

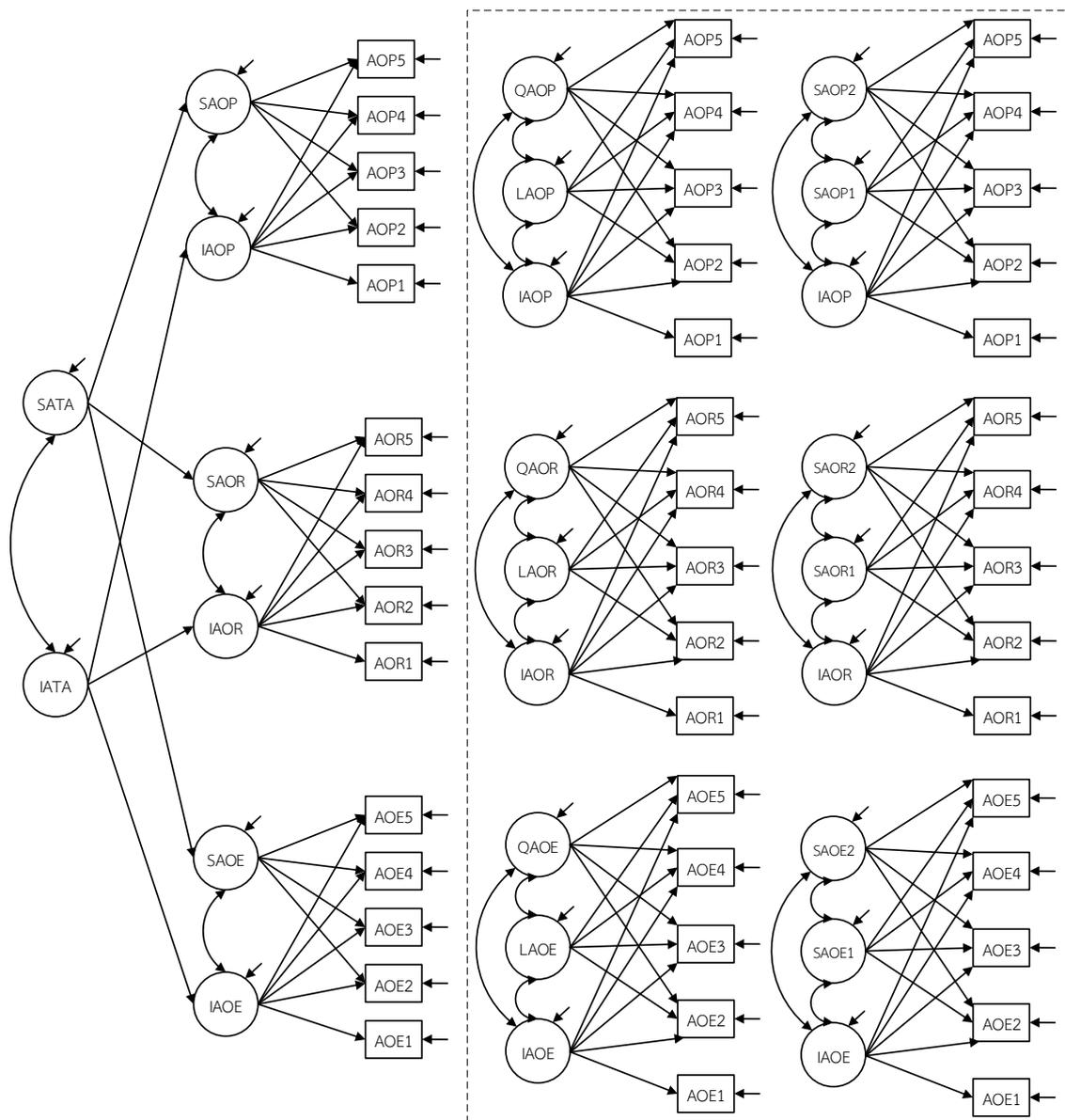
ภาพประกอบ 27 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง แบบควอดราติก และแบบพีชไว้ซ์

ในการศึกษาตัวแปรความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งเป็นตัวแปรคุณลักษณะภายในที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ผู้วิจัยจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวตามแนวคิดของ Bloom (1981) ซึ่งประกอบไปด้วย 1) การวิเคราะห์ส่วนประกอบย่อย (AOE) 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (AOR) และ 3) การวิเคราะห์หลักการ (AOP) โดยในขั้นแรกของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมาเขียนกราฟดูรูปร่างลักษณะการกระจายข้อมูลว่าเป็นรูปแบบใด ถ้าผลการทดสอบปรากฏว่า ข้อมูลมีการกระจายเป็นเส้นตรง โมเดลที่มีความเหมาะสมในการอธิบายรูปแบบพัฒนาการของตัวแปรสังเกตได้นั้นคือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเชิงเส้นตรง แสดงได้ดังภาพประกอบ 27 (1) หากข้อมูลมีการกระจายเป็นเส้นโค้ง โมเดลที่มีความเหมาะสมในการอธิบายรูปแบบพัฒนาการของตัวแปรสังเกตได้นั้นคือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบควอดราติก แสดงได้ดังภาพประกอบ 27 (2) แต่ในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายเป็นเส้นตรงตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป โมเดลที่มีความเหมาะสมในการอธิบายรูปแบบพัฒนาการของตัวแปรสังเกตได้นั้นคือ โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพีชไว้ซ์ แสดงได้ดังภาพประกอบ 27 (3) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงที่เหมาะสมกับการกระจายข้อมูลของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมากที่สุดเพียงโมเดลเดียว จึงมีโอกาสมที่โมเดลองค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สองของความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะมีลักษณะโมเดล

ที่แตกต่างกันทั้งหมด 27 โมเดล ดังรายละเอียดในตาราง 13 และสามารถเขียนโมเดลตามสมมุติฐานได้ดังภาพประกอบ 28

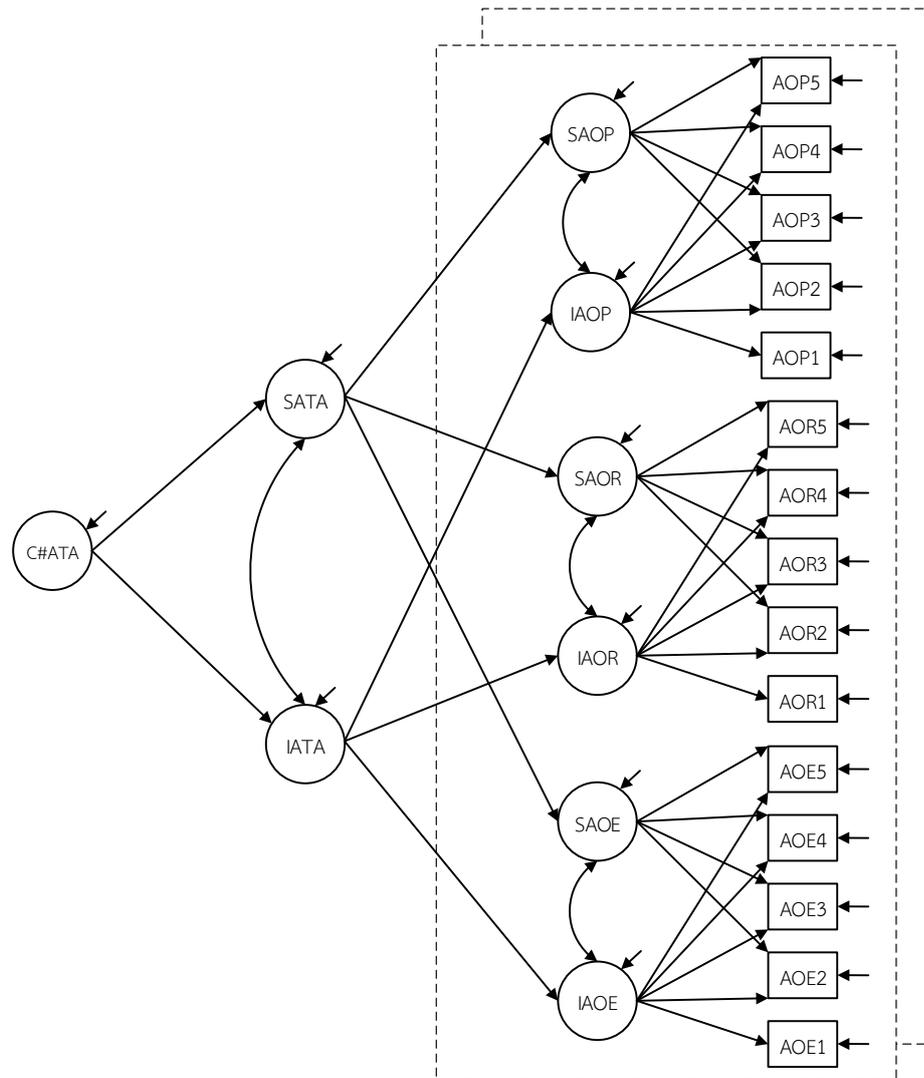
ตาราง 13 ลักษณะของโมเดลองค์ประกอบโครงสร้างพัฒนาการลำดับขั้นที่สองของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่มีแตกต่างกัน 27 โมเดล

โมเดล ที่	การวิเคราะห์ ส่วนประกอบย่อย (AOE)			การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (AOR)			การวิเคราะห์หลักการ (AOP)		
	linear	quadratic	piecewise	linear	quadratic	piecewise	linear	quadratic	piecewise
	1	✓			✓			✓	
2	✓			✓				✓	
3	✓			✓					✓
4	✓				✓		✓		
5	✓				✓			✓	
6	✓				✓				✓
7	✓					✓	✓		
8	✓					✓		✓	
9	✓					✓			✓
10		✓		✓			✓		
11		✓		✓				✓	
12		✓		✓					✓
13		✓			✓		✓		
14		✓			✓			✓	
15		✓			✓				✓
16		✓				✓	✓		
17		✓				✓		✓	
18		✓				✓			✓
19			✓	✓			✓		
20			✓	✓				✓	
21			✓	✓					✓
22			✓		✓		✓		
23			✓		✓			✓	
24			✓		✓				✓
25			✓			✓	✓		
26			✓			✓		✓	
27			✓			✓			✓



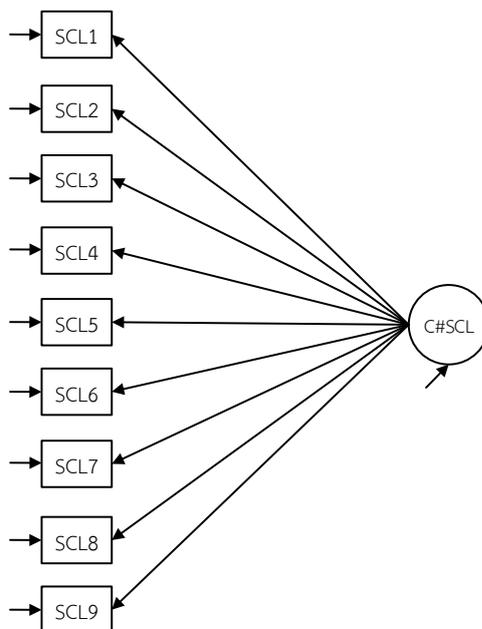
ภาพประกอบ 28 โมเดลองค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สองของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. การพัฒนาโมเดลสมมุติฐานการวิจัยเพื่อตอบความมุ่งหมายของการวิจัยในข้อ 2 เพื่อแบ่งกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกัน ผู้วิจัยทำการศึกษาโดยทำการวิเคราะห์กลุ่มแฝงในโมเดลองค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สอง ซึ่งสามารถเขียนโมเดลตามสมมุติฐานได้ดังภาพประกอบ 29



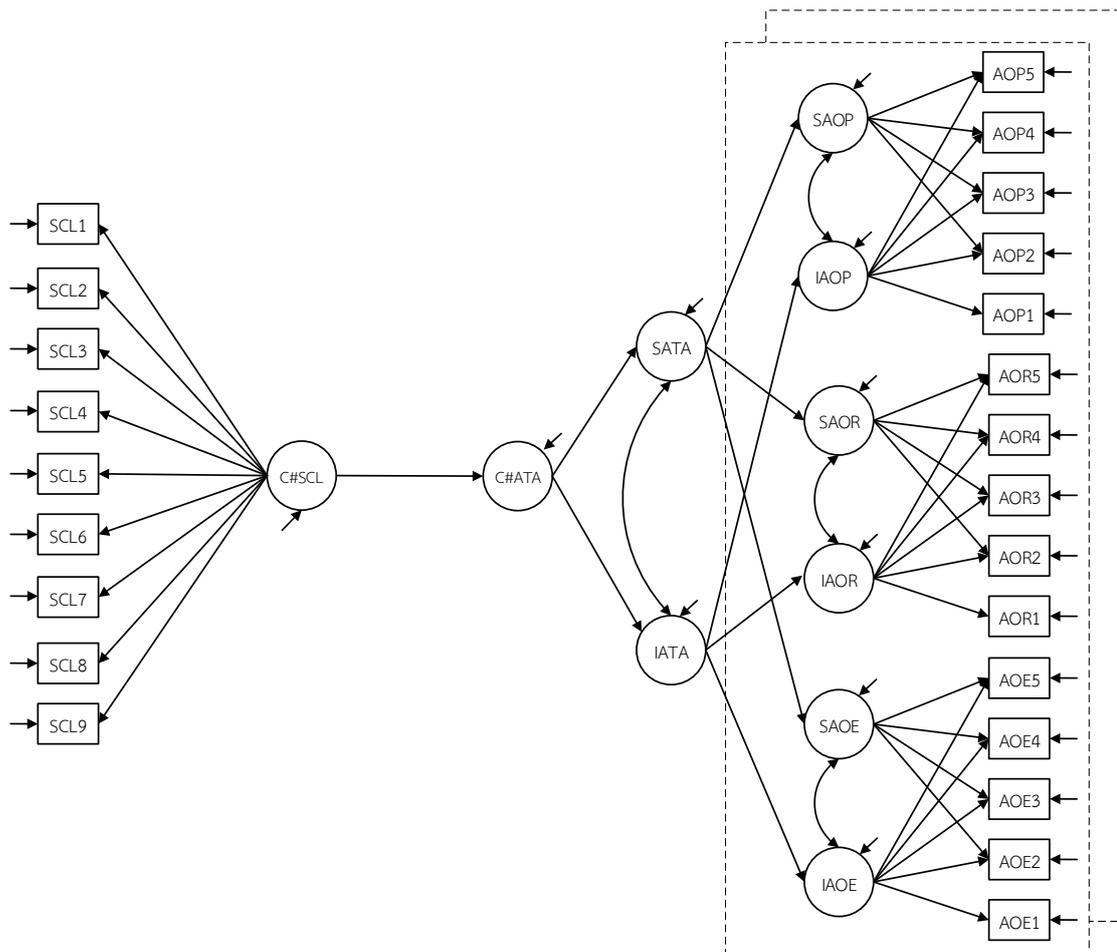
ภาพประกอบ 29 กลุ่มแฝงในโมเดลองค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สองของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

3. การพัฒนาโมเดลสมมติฐานการวิจัยเพื่อตอบความมุ่งหมายของการวิจัยในข้อ 3 เพื่อแบ่งกลุ่มครูตามคุณลักษณะกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่แตกต่างกัน โดยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มแฝง (latent class analysis) สามารถเขียนโมเดลตามสมมติฐาน ได้ดังภาพประกอบ 30



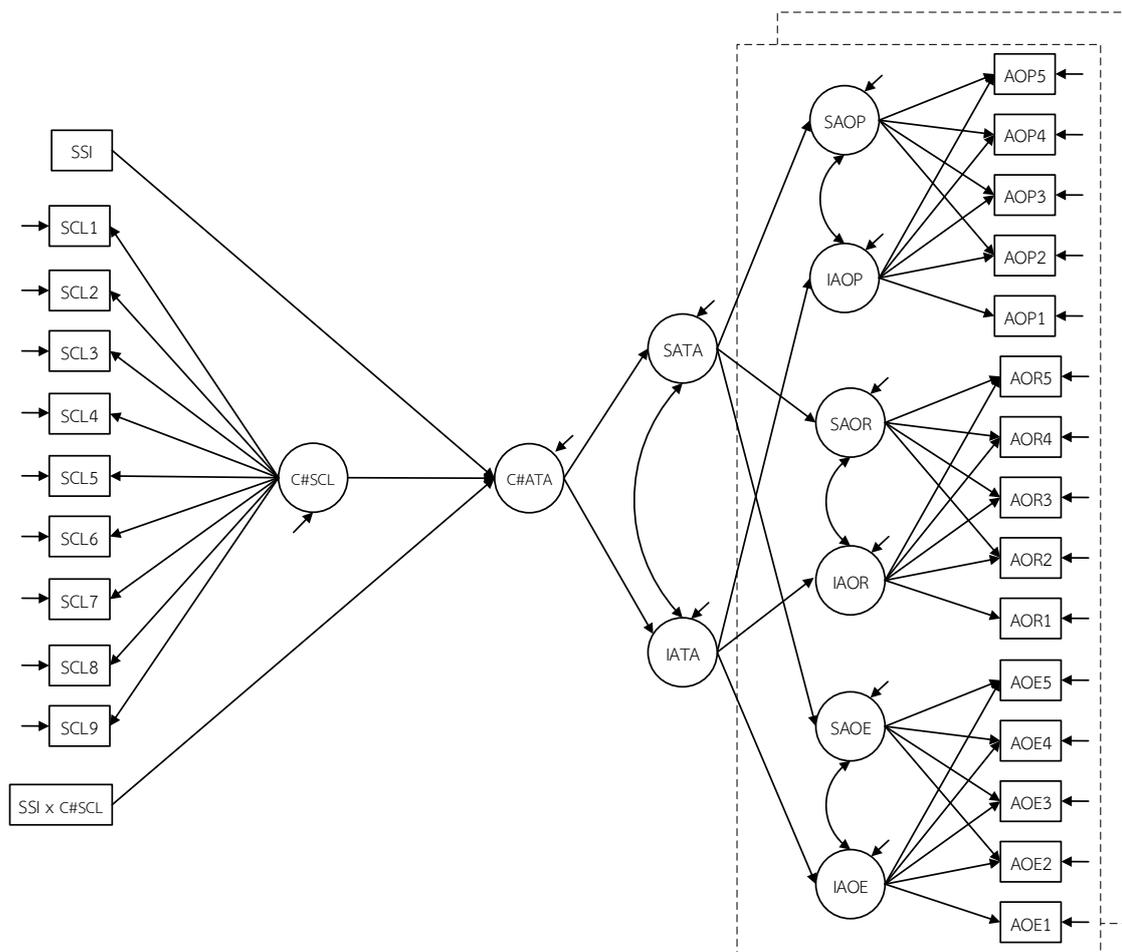
ภาพประกอบ 30 โมเดลกลุ่มแฝงกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครู

4. การพัฒนาโมเดลสมมติฐานการวิจัยเพื่อตอบความมุ่งหมายของการวิจัยในข้อ 4 เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครูในแต่ละกลุ่มที่มีผลต่อพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แต่ละกลุ่ม สามารถเขียนโมเดลตามสมมติฐานได้ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 โมเดลอิทธิพลกลุ่มแฝงกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครูที่มีผลต่อกลุ่มแฝงในโมเดลองค์ประกอบโค้งพัฒนาการลำดับขั้นที่สองของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

5. การพัฒนาโมเดลสมมุติฐานการวิจัยเพื่อตอบความมุ่งหมายของการวิจัยในข้อ 5 เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างขนาดโรงเรียนและกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครูที่มีผลต่อพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถเขียนโมเดลตามสมมุติฐานได้ดังภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 32 โมเดลปฏิสัมพันธ์ระหว่างขนาดโรงเรียนและกระบวนการจัดการเรียนรู้
 ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของครู ที่มีผลต่อพัฒนาการความสามารถ
 ในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2