บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ มีองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่ ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ และการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะกล่าวถึงรายละเอียดโดยลำดับต่อไป

ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม

1 แนวความคิด

ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม มีแนวความคิดว่า

1.1 คะแนนดิบหรือคะแนนที่วัดได้สามารถอ้างอิงถึงคุณลักษณะหรือระดับความสามารถแท้จริงของบุคคลที่ถูกวัดได้

1.2 การวัดทุกครั้งมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ ความคลาดเคลื่อนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิ ตัวผู้ถูกวัด เครื่องมือ การดำเนินการวัด ฯลฯ

1.3 การวัดที่ดีจะทำให้ได้คะแนนที่มั่นใจได้ว่าคะแนนนั้นจะแทนระดับความสามารถของบุคคลนั้น ซึ่งจะกระทำได้ โดยการสร้างเครื่องมือ หรือเลือกเครื่องมือที่มีคุณภาพและดำเนินการวัดอย่างถูกต้องในสภาวะปกติ

2. โมเดลของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม

จากแนวคิดของทฤษฎีนี้ สามารถเขียนเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ได้ว่า $X = T+E$ นั่นคือ ผลการวัดเรียกว่าคะแนนที่สังเกตได้หรือคะแนนดิบ เกิดจากผลรวมของคะแนนจริง และคะแนนความคลาดเคลื่อนซึ่งคะแนนความคลาดเคลื่อนจะเป็นบวกหรือลบหรือศูนย์ก็ได้ ดังนั้นคะแนนจริงจะมากหรือน้อยกว่าคะแนนที่สังเกตก็ได้ และการวัดที่ดีคือการวัดที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนหรือมีความคลาดเคลื่อนน้อย

ในทางปฏิบัติเราไม่มีโอกาสที่จะทราบทั้งคะแนนจริงและคะแนนความคลาดเคลื่อนของแต่ละบุคคล แต่นักวัดหรือผู้ปฏิบัติการจะต้องระมัดระวังและพิถีพิถันในการสร้างเครื่องมือ และดำเนิน

การวัดอย่างถูกต้อง โดยหวังว่าจะทำให้การวัดมีความคลาดเคลื่อนน้อย ซึ่งจะทำให้แคะแนนที่สังเกตใกล้เคียงหรือเท่ากับคะแนนจริงโดยปริยาย

3 ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม

ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมมีข้อตกลงเบื้องต้นเจ็ดประการ ดังนี้

3.1 คะแนนที่สังเกตได้จากการวัดของแต่ละบุคคลเกิดจากผลรวมของคะแนนจริงและคะแนนความคลาดเคลื่อน

$$X = T + E$$

3.2 คะแนนจริงคือค่าคาดหวังหรือค่าเฉลี่ยของประชากรคะแนนที่สังเกตได้

$$E(X) = T$$

หรืออาจกล่าวให้เป็นรูปธรรมได้ว่า คะแนนจริงหาได้โดย ให้ผู้ถูกทดสอบตอบแบบสอบฉบับเดิมซ้ำหลาย ๆ ครั้ง (อนันต์ครั้ง) นำผลการสอบทุกครั้งมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้จะเท่ากับคะแนนจริงของบุคคลนั้น จะเห็นได้ว่าในทางปฏิบัติการวัดทางจิตภาพหรือการวัดความรู้ความสามารถทางสติปัญญานั้นไม่สามารถกระทำได้ เพราะการที่บุคคลใดจะทำแบบสอบเดิมหลายร้อยครั้งย่อมเกิดความเบื่อหน่ายและการวัดแต่ละครั้งจะไม่เป็นอิสระกัน

3.3 ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความคลาดเคลื่อน และคะแนนจริงของกลุ่มประชากรที่ตอบแบบสอบฉบับใดฉบับหนึ่ง

$$\rho_{ET} = 0$$

3.4 ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการทำแบบสอบต่างฉบับ

$$\rho_{E1,E2} = 0$$

3.5 ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจริงและคะแนนความคลาดเคลื่อนของแบบสอบต่างฉบับ

$$\rho_{T1,E2} = 0$$

3.6 ถ้ามีแบบสอบสองฉบับที่คู่ขนานกันและผลการวัดเป็นไปตามข้อตกลงในข้อ 1-5 แล้ว ถ้า $X = T+E$ และ $X' = T'+E'$ แล้ว จะได้ $T = T'$ และ $\sigma^2_E = \sigma^2_{E'}$

3.7 ถ้ามีแบบสอบสองฉบับที่มีคุณสมบัติเท่าเทียมกัน (essentially T-equivalent Tests) และมีคุณสมบัติตามข้อตกลงเบื้องต้นที่ 1-5 และเมื่อ $X_1 = T_1 + E_1$ และ $X_2 = T_2 + E_2$ แล้ว จะได้ $T_1 = T_2 + C_{12}$ เมื่อ C_{12} คือค่าคงที่

ข้อตกลงเบื้องต้นทั้งเจ็ดข้อ ล้วนเป็นข้อตกลงที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ในทางปฏิบัติ ทฤษฎีนี้

จึงได้รับการขนานนามว่า ทฤษฎีที่มีข้อตกลงเบื้องต้นอ่อน (weak assumption) (Allen and Yen, 1979)

ในทางปฏิบัติจึงมีหนทางเดียว คือต้องแสวงหาเครื่องมือที่มีคุณภาพสูง โดยคุณภาพของแบบสอบที่สำคัญได้แก่ ความตรง และ ความเที่ยง ซึ่ง ความตรงหมายถึงคุณลักษณะของแบบสอบที่สามารถวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้จริง ส่วน ความเที่ยง หมายถึงคุณลักษณะของแบบสอบ ที่ให้ผลการวัดที่เชื่อถือได้ กล่าวคือ คะแนนที่ได้มีความคงเส้นคงวา ไม่ว่าจะทำการวัดกี่ครั้ง

คุณสมบัติสำคัญ 2 ประการนี้จะเกิดได้ก็ต่อเมื่อ ผู้สร้างแบบสอบ ต้องวางแผนการสร้างและตั้งใจเขียนข้อคำถามแต่ละข้อให้มีคุณลักษณะที่ดีต่อไปนี้ ได้แก่ มีความเป็นปรนัย มีความยากพอเหมาะและมีอำนาจจำแนก ซึ่งความเป็นปรนัยนั้นผู้เขียนสามารถใช้วิจารณญาณพิจารณาได้ ส่วนความยากและอำนาจจำแนก นอกจากการใช้วิจารณญาณแล้ว ควรหาด้วยการนำแบบสอบไปทดลองใช้และนำผลการตอบมาวิเคราะห์ จะทำให้ทราบค่าความยากและอำนาจจำแนกรายข้อ ซึ่งถ้าข้อคำถามในแบบสอบแต่ละข้อมีคุณสมบัติเหมาะสมก็จะส่งผลให้ความเที่ยงมีค่าสูงด้วย แต่คุณสมบัติเหล่านี้ล้วนเป็นคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับกลุ่มตัวอย่าง ในการทดลองใช้แบบสอบ ผู้ดำเนินการจะต้องให้ความสนใจเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากรด้วย แต่ต้องตระหนักเสมอว่าคุณสมบัติของข้อสอบและแบบสอบย่อมแปรเปลี่ยนตามกลุ่มตัวอย่าง การใช้แบบสอบทุกครั้งกับกลุ่มตัวอย่างใหม่จึงต้องหาคุณภาพใหม่ทุกครั้ง

4. ความเที่ยงและความคลาดเคลื่อนในการวัด

จากข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎี สามารถสรุปนัยสืบเนื่องได้หลายประการ นัยที่สำคัญคือข้อสรุปเกี่ยวกับความเที่ยงและความคลาดเคลื่อนในการวัด

ความเที่ยงคือ อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงและความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกต เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\rho_{xx'} = \sigma^2_{Tx}/\sigma^2_x$$

ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ว่า

$$\rho_{xx'} = \rho^2_{xT}$$

เนื่องจาก $X = T + E$

$$\sigma^2_x = \sigma^2_T + \sigma^2_E$$

$$\rho_{xx'} = \frac{\sigma^2_x - \sigma^2_E}{\sigma^2_x}$$

$$\rho_{xx'} = 1 - \frac{\sigma^2_E}{\sigma^2_x}$$

$$\rho_{xx'} = 1 - \rho^2_{xE}$$

$$\rho_{xx'} = \rho^2_{xE}$$

แสดงว่า เราสามารถหาค่าความเที่ยงในการวัดได้หลายทาง ในทำนองเดียวกันสามารถพิสูจน์ได้ว่า

$$\sigma_E = \sigma_x\sqrt{(1-\rho_{xx'})}$$

จาก $\rho_{xx'} = \sigma^2_{Tx} / \sigma^2_x$

$$\sigma^2_{Tx} = \rho_{xx'}\,\sigma^2_x$$

$$\sigma^2_x - \sigma^2_E = \rho_{xx'}\,\sigma^2_x$$

$$\sigma^2_E = \sigma^2_x - \rho_{xx'}\,\sigma^2_x$$

$$\sigma^2_E = \sigma^2_x(1 - \rho_{xx'})$$

$$\sigma_E = \sigma_x\sqrt{(1 -\rho_{xx'})}$$

สมการสุดท้ายนี้สรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดขึ้นอยู่กับความเที่ยงในการวัดและความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัด หรือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด หาได้จาก ผลคูณของความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดคูณด้วยรากที่สองของผลต่างระหว่างหนึ่งกับความเที่ยงของการวัด

5 การประมาณคะแนนจริง

ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถหาค่าคะแนนจริงและคะแนนความคลาดเคลื่อนรายบุคคลได้ จึงจำเป็นต้องใช้คะแนนที่สังเกตหรือคะแนนดิบแทน แต่จากความสัมพันธ์ระหว่างความเที่ยงและความคลาดเคลื่อนในการวัด ทำให้สามารถประมาณคะแนนจริงได้ วิธีหนึ่งในการประมาณคะแนนจริงซึ่งเสนอโดยลอร์ด สามารถประมาณได้ดังนี้ (Lord & Novick, 1968 : 152, Davis, 1964 :50)

$$\hat{T}_{x_i} = \mu_x + \rho_{xx'}(X_i - \mu_x)$$

หรือ $\hat{T}_{x_i} = \bar{X} + R_{xx'}(X_i - \bar{X})$

การประมาณคะแนนจริงตามแนวคิดนี้ ค่าประมาณคะแนนจริงขึ้นอยู่กับความเที่ยงของการวัด ถ้าการวัดมีความเที่ยงเป็น 1.00 คะแนนจริงจะเท่ากับคะแนนที่สังเกตได้หรือคะแนนดิบ ซึ่งสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎี ถ้าความเที่ยงต่ำ ค่าประมาณคะแนนจริงจะเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม และถ้าความเที่ยงเป็นศูนย์ ค่าประมาณคะแนนจริงของทุกคนจะเท่ากันคือเท่ากับค่าเฉลี่ยของกลุ่ม

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

1. แนวความคิด

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมีแนวความคิดว่า

1.1 สามารถทำนายการตอบสนองของผู้เข้าสอบได้ด้วยชุดของตัวประกอบที่เรียกว่าคุณลักษณะ (trait) คุณลักษณะแฝง (latent traits) หรือความสามารถ

1.2 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการตอบข้อสอบข้อใด ๆ กับคุณลักษณะที่คิดว่าส่งผลต่อการตอบข้อนั้นได้ด้วยฟังก์ชั่นที่ขึ้นลงทางเดียว (Monotonic increasing function) ซึ่งเรียกว่า ฟังก์ชั่นคุณลักษณะข้อสอบซึ่งเป็นฟังก์ชั่นที่จะอธิบายว่า ผู้ที่ได้คะแนนในการวัดคุณลักษณะใดสูงก็คาดหวังว่าจะมีโอกาสที่จะตอบข้อนั้นถูกมากกว่าผู้ที่ได้คะแนนคุณลักษณะนั้นต่ำกว่า

ในทางปฏิบัติจะต้องตระหนักว่ามีตัวประกอบเด่นเพียงตัวเดียวที่สงผลหรือมีส่วนในการอธิบายผลการตอบแบบสอบ นั่นคือมีลักษณะของโมเดลแบบเอกมิติ ฟังก์ชั่นคุณลักษณะของข้อสอบเรียกว่า โค้งคุณลักษณะข้อสอบ (item characteristic curve) ซึ่งจะแสดงโอกาสที่ผู้สอบซึ่งมีความสามารถระดับต่าง ๆ กันจะตอบข้อคำถามนั้นได้ถูกต้อง

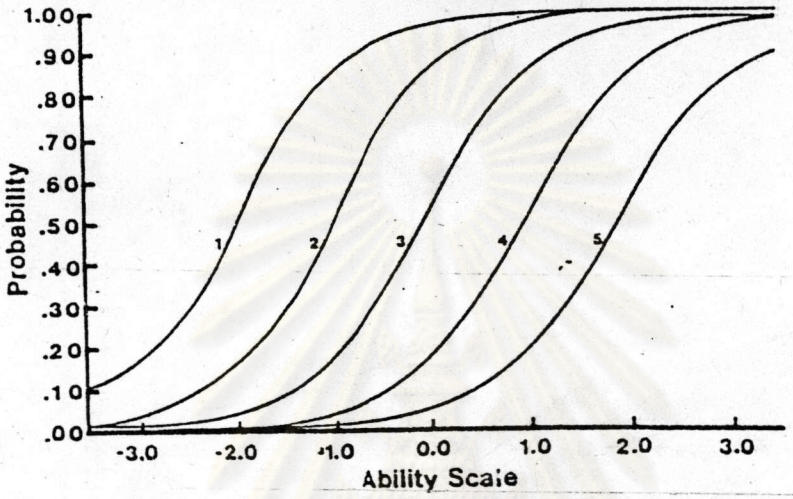
2. เป้าหมายของทฤษฎี

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมีเป้าหมายเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและพารามิเตอร์ความสามารถของคนที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งการที่จะได้พารามิเตอร์ที่ไม่แปรเปลี่ยนนั้นจะต้องเลือกโมเดลและชุดข้อมูลที่มีความเหมาะสมอย่างสมเหตุสมผล

3. โมเดลการตอบสนองข้อสอบ

โมเดลการตอบสนองข้อสอบมุ่งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถ ซึ่งเป็นคุณลักษณะภายในตัวบุคคล กับโอกาสในการตอบสนองข้อนั้นถูกในระดับความสามารถต่างๆกัน

ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ด้วยกราฟที่มีลักษณะเฉพาะเรียกว่าโค้งคุณลักษณะข้อสอบ โดยทั่วไปโค้งจะมีรูปร่างคล้ายกับตัว S แต่จะมีความแตกต่างในรายละเอียด ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของข้อสอบ และจำนวนพารามิเตอร์ข้อสอบที่จะใช้อธิบายในโมเดล ดังตัวอย่างโค้งคุณลักษณะข้อสอบในภาพ 1



ภาพ 1 ตัวอย่างโค้งคุณลักษณะข้อสอบ 5 ข้อ

4. พารามิเตอร์

โมเดลการตอบสนองข้อสอบประกอบด้วยพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

4.1 พารามิเตอร์ผู้สอบ

θ_p คือระดับความสามารถของผู้สอบคนที่ p ซึ่งประมาณจากคะแนนรวมของการตอบแบบสอบถามและปรับให้เป็นคะแนนมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 ค่า 0 มีพิสัยระหว่าง $-\alpha$ ถึง $+\alpha$ แต่ในทางปฏิบัตินิยมให้มีค่าระหว่าง-3 ถึง +3

4.2 พารามิเตอร์ข้อสอบ

จำนวนพารามิเตอร์ข้อสอบขึ้นอยู่กับโมเดลที่เลือกใช้ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้พารามิเตอร์สามตัวได้แก่

a_i คืออำนาจจำแนกข้อสอบข้อที่ i ซึ่งเป็นความชันของโค้ง คุณลักษณะข้อสอบ ณ จุดเปลี่ยนโค้งหรือที่จุด $\theta = b_i$ โดยทั่วไปนิยมใช้ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง0 ถึง 2

b_i คือค่าความยากของข้อที่ i ซึ่งเป็นการวัดตำแหน่งของโค้งคุณลักษณะของข้อสอบตามแนวนอนบนมาตร θ ณจุดที่โค้งคุณลักษณะข้อสอบข้อสอบมีความชันมากที่สุด หรือที่ตำแหน่ง $b_i = \theta$ ที่ $p_i(\theta) = .50$) สำหรับโมเดล 1 และ 2 พารามิเตอร์ และ $b_i = \theta$ ที่ $p_i(\theta) = (1+c)/2$ สำหรับโมเดล 3 พารามิเตอร์ โดยทั่วไปนิยมใช้ข้อสอบที่มีค่า b_i อยู่ระหว่าง -2.5 ถึง +2.5

c_i คือความน่าจะเป็นในการเดาข้อiถูกแม้ผู้สอบจะมีความสามารถต่ำมากๆค่า c_i มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 แต่นิยมใช้ข้อที่มีค่า c_i ไม่เกิน 0.3

3) พารามิเตอร์อื่นๆ ในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ และพารามิเตอร์ข้อสอบด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบจำเป็นต้องใช้ค่าคงที่ต่อไปนี้

e มีค่าประมาณ 2.71828...

D เป็นค่าปรับสเกลซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.70

5. ข้อตกลงเบื้องต้น

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบจัดเป็นทฤษฎีที่มีข้อตกลงเบื้องต้นที่แข็ง (strong assumption) ดังนี้

5.1 ความเป็นเอกมิติ (Unidimentionality) ความสามารถที่เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมการตอบข้อสอบข้อใดถูกหรือผิดนั้นได้รับการกระตุ้นจากคุณลักษณะสำคัญเพียงลักษณะเดียว นั่นคือ แบบสอบที่ใช้จะต้องวัดคุณลักษณะสำคัญเพียงลักษณะเดียว

5.2 ความเป็นอิสระ (Independence) การตอบข้อสอบแต่ละข้อของผู้ตอบแต่ละคนมีความเป็นอิสระกันได้แก่

1) ความเป็นอิสระระหว่างข้อสอบ หมายถึง ข้อสอบแต่ละข้อเป็นอิสระจากกัน ตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อจะอยู่ส่วนใดของแบบสอบก็จะไม่มีผลต่อพฤติกรรมการตอบข้อสอบ

2) ความเป็นอิสระระหว่างผู้ตอบ หมายถึง ผู้ตอบแต่ละคนตอบข้อสอบแต่ละข้อ อย่างเป็นอิสระต่อกัน

5.3 โค้งคุณลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curves) ความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับความสามารถของผู้ตอบ (θp) กับโอกาสในการตอบข้อสอบถูก [$P_i(\theta)$] แสดงได้ด้วยโค้งคุณลักษณะข้อสอบ

5.4 ตอบเต็มความสามารถ (Unspeedness : Power test) ผู้สอบทุกคนมี

โอกาสทำข้อสอบทุกข้ออย่างเต็มความสามารถ ไม่ใช่สถานการณ์การสอบที่เร่งรีบแข่งกับเวลามาก เพื่อที่คะแนนรวมจะเป็นตัวประมาณค่าความสามารถแท้จริงของผู้สอบได้ถูกต้อง

6 ฟังชันคณิตศาสตร์ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ

ฟังชันคณิตศาสตร์สำหรับโมเดลการตอบสนองข้อสอบ สามารถใช้ฟังชันได้สองประเภท คือฟังชันโค้งปกติสะสม (Normal Ogive Function) และฟังชันโลจิส (Logistic function) เพราะฟังชันทั้งสองให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก แต่ฟังชันโลจิสมีสูตรที่สะดวกแก่การคำนวณกว่า จึงเป็นที่นิยมใช้ ในที่นี้จะเสนอฟังชั่นโลจิสชนิดสามพารามิเตอร์

$$P_i(\theta) = c_i + (1-c_i)\,[1+e^{-Dai(\theta-bi)}]^{-1}$$

$P_i(\theta)$ คือความน่าจะเป็นของผู้สอบที่มีความสามารถ = θ ในการตอบข้อ iถูก

C_i คือค่าความน่าจะเป็นในการเดาข้อนั้นถูกถ้าเขาไม่มีความรู้ในข้อนั้น

e,D คือค่าคงที่ มีค่า 2.71....และ 1.70 ตามลำดับ

a_i คือค่าอำนาจจำแนกข้อi

b_i คือค่าความยากข้อ i

7 ขั้นตอนในการหาคะแนนความสามารถ

7.1 รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่และเตรียมข้อมูล 2 มิติ คือมิติข้อและมิติคนหรือมิติผลการตอบสนองของแต่ละคน

7.2 เลือกโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลที่รวบรวมได้ ซึ่งต้องมีกระบวนการตรวจสอบ

7.3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งพารามิเตอร์ความสามารถของคนและพารามิเตอร์ข้อสอบ โดยทั่วไปใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น BICAL, LOGIST,.....

7.4 สร้างมาตร แปลงคะแนนความสามารถให้เป็นมาตรที่ต้องการ

การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้

วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้

วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่นักวัดผลพัฒนาและใช้กันทั่วไป มีดังนี้

1. <u>วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิน</u> (difference score)

ความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ หมายถึง ผลต่างระหว่างคะแนนผลการสองหลังเรียนและคะแนนผลการสอบก่อนเรียน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$D_i = Y_i - X_i$$

เมื่อ D_i คือ คะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบของคนที่ i

Y_i คือ คะแนนดิบผลการวัดหลังเรียนของคนที่ i

X_i คือ คะแนนดิบผลการวัดก่อนเรียนของคนที่ i

2. <u>วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวล</u> (residualized score)

แมนนิงและดูบอยส์ ได้เสนอว่าการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้คือ ความแตกต่างระหว่างคะแนนผลการวัดหลังเรียนและคะแนนผลการทำนายคะแนนหลังเรียนด้วยคะแนนก่อนเรียน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (Williams et.al., 1984 : 55-57)

$$R_i = Y_i - Y'_i$$

$$R_i = Y_i - [Y + B_{YX} (X_i - \bar{X})]$$

หรือ $$R_i = Y_i - [\bar{Y} + r_{XY}/S^2_X (X_i - \bar{X})]$$

โดยที่ R_i คือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้แบบเรซิดวลของคนที่ i

Y_i คือ คะแนนดิบผลการวัดหลังเรียนของคนที่ i

Y'_i คือ คะแนนทำนายผลการวัดหลังเรียนของคนที่ i

$\bar{Y}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนของกลุ่ม

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนของกลุ่ม

B_{YX} คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยคะแนนดิบหลังเรียนลงบนคะแนนดิบก่อนเรียน

X_i คือ คะแนนดิบผลการวัดก่อนเรียนของคนที่ i

r_{XY} คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียน

S^2_X คือ ความแปรปรวนของคะแนนก่อนเรียน

3. <u>วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน</u> (base-free measure of change) วิธีที่สามนี้ ทักเกอร์และคณะ ได้เสนอว่า การเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้คือความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบหลังเรียนกับคะแนนทำนายคะแนนดิบหลังเรียนด้วยคะแนนจริงก่อนเรียน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (Williams et.al., 1984 : 56)

$$B_i = Y_i - Y_i^*$$

หรือ $B_i = Y_i - [\bar{Y} + B_{YX}/R_{xx'}(X_i - \bar{X})]$

หรือ $B_i = Y_i - [\bar{Y} + S_{TX,TY}/S^2_{TX}(X_i - \bar{X})]$

โดยที่ B_i คือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน

Y_i^* คือ คะแนนทำนายผลการวัดหลังเรียนด้วยคะแนนจริงก่อนเรียน

$R_{xx'}$ คือ ค่าความเที่ยงของเครื่องมือวัดก่อนเรียน

$S_{TX,TY}$ คือ ความแปรปรวนร่วมระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและหลังเรียน

S^2_{TX} คือ ความแปรปรวนคะแนนจริงก่อนเรียน

(สัญลักษณ์อื่น ๆ เหมือนในข้อ 1.2)

4. <u>วิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์</u> เป็นวิธีการที่ได้รับการเสนอขึ้นมาใหม่ในปี 2532 โดย ศิริชัย กาญจนวาสี (Kanjanawasee, 1989: 50-51) การเสนอวิธีการนี้ ศิริชัย กาญจนวาสีให้เหตุผลประกอบว่าเพื่อลดปัญหาการถดถอยเข้าสู่ส่วนกลาง และวิธีการนี้คำนึงถึงอัตราความงอกงาม เนื่องจากได้นำทั้งความเปลี่ยนแปลงสัมบูรณ์ และความเปลี่ยนแปลงที่น่าจะพัฒนาได้ของแต่ละคนมาคิด เป็นการแก้ปัญหาเรื่องอิทธิพลเพดานได้ทางหนึ่ง และเพื่อให้คะแนนไม่เป็นทศนิยม จึงคูณด้วย 100 การเสนอครั้งนั้นต้องการหาดัชนีในการวัดตัวแปรในการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินอิทธิพลของโรงเรียน ที่มีต่อความสามารถและทัศนคติทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งยังไม่ได้มีการตรวจสอบคุณสมบัติในเชิงทฤษฎีการวัดผลว่า วิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงวิธีนี้ จะมีประสิทธิภาพเพียงไร เมื่อเทียบกับวิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงวิธีอื่นๆ วิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์หาได้จาก $S = 100(Y-X)/(F-X)$

5. <u>วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด</u> (estimated true gain score) ลอร์ดได้นิยามการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้คือ ผลการทำนายคะแนนเพิ่มแท้จริงด้วยหลักการถดถอยพหุคูณโดยมีคะแนนดิบก่อนเรียนและคะแนนดิบหลังเรียนเป็นตัวพยากรณ์ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (Davis, 1964 : 243)

$$L_i = W_X X_i + W_Y Y_i + K$$

หรือ $V_i = \bar{Y} + b_{VX.Y}(X_i - \bar{X}) + b_{VY.X}(Y_i - \bar{Y})$

(Lord, 1956 : 426)

โดยที่ L_i คือ คะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ดสำหรับคนที่ i

W_X คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและหลังเรียน ลงบนคะแนนก่อนเรียน

W_Y คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและหลังเรียนลงบนคะแนนหลังเรียน

K คือ ค่าคงที่สำหรับสมการถดถอยพหุ

V_i คือ คะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและคะแนนจริงหลังเรียน

$b_{VX.Y}$ คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและคะแนนจริงหลังเรียนลงบนคะแนนก่อนเรียนเมื่อควบคุมคะแนนหลังเรียน

$b_{VY.X}$ คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยความแตกต่างระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนและคะแนนจริงหลังเรียนลงบนคะแนนหลังเรียนเมื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียน

(สัญลักษณ์อื่น ๆ เหมือนในข้อ 1.2 หรือ 1.3)

คุณลักษณะของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้

1. วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ

วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบเป็นวิธีที่มีเหตุผลตรงไปตรงมาในการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ และสามารถคำนวณได้ง่าย แต่วิธีนี้จะมีจุดอ่อนหลายประการ ได้แก่

1.1 ความเที่ยงต่ำ เป็นที่กล่าวถึงกันมานานในจุดอ่อนสำคัญนี้ ทั้ง ๆ ที่เครื่องมือที่ใช้วัดก่อนเรียนและหลังเรียนต่างก็มีความเที่ยงสูง เมื่อนำผลของการวัดมาหาคะแนนความแตกต่าง ปรากฏว่าคะแนนความแตกต่างมีความเที่ยงต่ำกว่าความเที่ยงของผลการวัดแต่ละครั้ง (Bereiter, 1963 : 2-5 ; Cronbach and Furby, 1970 : 68-80 ; Linn & Slinde, 1977 : 121- 150) ; Lord, 1956 : 429) นอกจากนี้ยังเกิดภาวะที่ไม่พึงประสงค์ทั้งสองทางหรือภาวะไม่เที่ยงและไม่ตรง (unreliability invalidity dilemma) (Bereiter, 1963 : 4-6 ;Linn & Slinde. 1977 : 123-124 ; Linn. 1988 : 598-599) กล่าวคือ ถ้าความเที่ยงสูงก็จะบกพร่องในความตรง และถ้าความตรงสูงก็จะบกพร่องในความเที่ยง ดังจะเห็นได้จากการพิจารณาสูตรประมาณความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างซึ่งประมาณโดยนิยามความเที่ยงที่ใช้กันทั่วไปว่า ความเที่ยงของคะแนนใดเท่ากับความแปรปรวนของคะแนนจริงหารด้วยความแปรปรวนของคะแนนดิบนั้น สำหรับความเที่ยวของคะแนนความแตกต่าง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (Williams & Zimmerman, 1977 : 680)

$$R_{DD'} = \frac{S^2_X R_{XX'} + S^2_Y R_{YY'} - 2S_X S_Y R_{XY}}{S^2_X + S^2_Y - 2S_X S_Y R_{XY}}$$

จากสูตรความเที่ยงนี้จะเห็นว่า 2 เทอมแรกของเศษต่างจาก 2 เทอมแรกของส่วนที่การคูณความแปรปรวนด้วยความเที่ยงของมัน จึงทำให้ผลรวมของ 2 เทอมแรกในเศษมีค่าต่ำกว่า 2 เทอมแรกในส่วน และถ้าความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดสองครั้งมีค่ายิ่งสูง ยิ่งทำให้เศษมีค่าน้อยลงเร็วกว่าส่วน ดังนั้นความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างยิ่งมีค่าต่ำลงเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าสูง และถ้าต้องการความเที่ยงสูงขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนก็ควรมีค่าต่ำลง แต่ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าต่ำลงมาก ๆ นักวัดผลก็ไม่แน่ใจว่าการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนนั้นวัดมิติเดียวกันหรือไม่ (construct validity) ถ้าวัดมิติต่างกัน นำผลมาลบกันย่อมไร้ความหมายโดยสิ้นเชิง ซึ่งประเด็นนี้ทำให้ความแตกต่างของคะแนนดิบแทบจะหมดความหมายและไม่ควรนำไปใช้อีกต่อไป แต่ต่อมาวิลเลท (Willett, 1988 : 369) ได้วิเคราะห์ให้เห็นว่า เป็นความเข้าใจผิดในการตีความ เพราะการที่ผู้เรียนกำลังมีความเจริญงอกงามหรือกำลังเกิดการเปลี่ยนแปลง ความสัมพันธ์ในการวัดก่อนและหลังเรียนเป็นเพียงการบอกว่าอันดับที่ระหว่างบุคคลในการวัดสองครั้งนั้น ยังคงรักษาอันดับเดิมไว้ได้มากน้อยเพียงไร ความผันผวนของอันดับที่ไม่เกี่ยวข้องกับความตรงของเครื่องมือแต่ประการใด (Rogosa, Floden and Willett, 1984 : 1000-1027) ดังนั้นความแตกต่างของคะแนนดิบจึงไม่จำเป็นต้องมีความเที่ยงต่ำเสมอไป ดังจะเห็นได้จากการที่วิลเลียมส์ และ ซิมเมอร์แมน (Williams & Zimmerman, 1977 : 679-689) ได้ศึกษาพบว่า ความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างจะสูงขึ้น ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นบวก ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถทราบค่าความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละครั้งได้ แต่อาจคาดเดาได้ว่าถ้าความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างได้ค่าเท่าไรแล้วในความเป็นจริงค่าความเที่ยงอาจจะสูงกว่านั้นเล็กน้อย และในปี 1982 ซิมเมอร์แมน และ วิลเลียมส์ (Zimmerman and Williams, 1982 : 149-154) ได้แสดงให้เห็นว่าคะแนนความแตกต่างจะมีค่าสูงได้ในกรณีต่อไปนี้คือ

1. ถ้า R_{XD} เป็นบวก $R_{YY} > R_{XX}$ และ $S_Y > S_X$
2. ถ้า R_{XD} เป็นลบ $R_{XX} > R_{YY}$ และ $S_X > S_Y$

กล่าวคือ ไม่ว่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแตกต่างและคะแนนก่อนเรียนจะเป็นบวกหรือลบ ความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างจะสูง เมื่อความเที่ยงของคะแนนในการวัดแต่ละครั้งไม่เท่ากัน และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการวัดแต่ละครั้งต้องไม่เท่ากันด้วย โดยมีเงื่อนไขที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละกรณีว่า ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแตกต่างและคะแนนสถานภาพครั้งแรก

เป็นบวก ความเที่ยงจะสูงได้เมื่อความเที่ยงของการวัดหลังเรียนสูงกว่าความเที่ยงของการวัดก่อนเรียน และความเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน ถ้ามีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความแตกต่างและคะแนนก่อนเรียนเป็นลบ ความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างจะสูงเมื่อความเที่ยงและความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดก่อนเรียนสูงกว่าความเที่ยงและความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดหลังเรียน ตัวอย่างเช่น ถ้า $R_{xx'} = 0.80$, $R_{yy'} = 0.95$, $\lambda = 0.50$ และ $R_{(EX,EY)} = 0.25$ แล้ว ในช่วงที่ $R_{xx'}$ มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 0.80 จะได้ $R_{DD'}$ มีค่าในช่วง 0.94 ถึง 0.83 ในที่นี้ λ คืออัตราส่วนของความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในการวัดครั้งแรกและครั้งหลัง (Zimmerman and Williams, 1982 : 153)

ด้วยเหตุนี้คำกล่าวในแง่ร้ายที่มีต่อวิธีหาคะแนนความแตกต่างควรได้รับการปรับเปลี่ยนในแง่ดี ดังที่โรโกซาและคณะกล่าวว่า (Rogosa et.al., 1982 : 730) คะแนนความแตกต่างรายบุคคลเป็นตัวประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงและไม่ลำเอียง ไม่ว่าความคลาดเคลื่อนในการวัดจะมีมากน้อยเพียงไร นอกจากนี้โรโกซาและวิลเลท (Rogosa & Willett, 1983 : 335-343) ยังสรุปว่า คะแนนความแตกต่างไม่จำเป็นต้องมีความเที่ยงต่ำเสมอไป จึงสมควรเปลี่ยนคำกล่าวหาของลอร์ดใหม่ เป็นว่าถ้าความแตกต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลมีมาก ความเที่ยงของคะแนนแตกต่างอาจจะมีค่าสูงกว่าความเที่ยงในการวัดแต่ละครั้งได้ (Willett, 1988 : 369) ทั้งนี้เนื่องจากความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างจะสูงขึ้นเมื่อการเปลี่ยนแปลงแท้จริงของความแตกต่างระหว่างบุคคลเพิ่มขึ้น ไม่ว่าความแปรปรวนคลาดเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงจะมากหรือน้อยเพียงใด แต่ถ้ากำหนดให้ความเป็นวิวิธพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงแท้จริงคงที่แล้ว ความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างจะลดลงเมื่อความแปรปรวนคลาดเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (Willett, 1988 : 370-371) ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่า ถ้าความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงแท้จริงระหว่างบุคคลยิ่งมากขึ้นเท่าไร ความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างจะยิ่งสูงขึ้นเท่านั้น ถ้าไม่มีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างย่อมเป็นศูนย์ไม่ว่าการวัดในแต่ละครั้งจะวัดมาอย่างถูกต้องแม่นยำเพียงใด

1.2 มีความสัมพันธ์กับคะแนนก่อนเรียน คะแนนความแตกต่างมีแนวโน้มที่จะสัมพันธ์กับคะแนนก่อนเรียนเป็นลบ (Bereiter, 1963 : 3-20; Linn and Slinde, 1977 : 121-150; O'Connor, 1972 : 73-98; Thomson, 1924 : 321-324) ทำให้ไม่ยุติธรรมสำหรับผู้ได้คะแนนก่อนเรียนสูง หรือคนเก่ง ความจริงคะแนนความแตกต่างหรือคะแนนการเปลี่ยนแปลงย่อมต้องสัมพันธ์กับคะแนนก่อนเรียนเป็นบวก ดังทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมที่สรุปได้ว่าพื้นฐาน

ความรู้เดิมมีส่วนในความแตกต่างของผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอยู่ถึงร้อยละ 50 (Bloom, 1976 : 10-13) หรือจากข้อสังเกตของคอฟแมน (Coffman cited in Lord, 1963 : 30) ที่ว่า นักเรียนเรียนดีมีแนวโน้มที่จะเรียนรู้ได้มากกว่านักเรียนอ่อน ซึ่งล้วนแต่แสดงว่าความงอกงามหรือการเปลี่ยนแปลงในตัวบุคคลจำเป็นต้องมีความเกี่ยวข้องกับคะแนนก่อนเรียน ผู้ที่มีงอกงามอย่างรวดเร็วย่อมเป็นผู้ที่มีระดับคะแนนหลังเรียนสูงโดยปริยาย คะแนนก่อนเรียนของบุคคลย่อมกลายเป็นประวัติของความเจริญงอกงามของบุคคลนั้นในเวลาต่อมา ความงอกงามที่มีมาก่อนย่อมเป็นตัวกำหนดคะแนนในปัจจุบัน และคะแนนปัจจุบัน จะเป็นตัวก่อให้เกิดผลของความงอกงามในอนาคต วิลเลท (Willett, 1988 : 372) จึงไม่เห็นด้วยที่ต้องการให้คะแนนความแตกต่างไม่สัมพันธ์กับคะแนนก่อนเรียน โดยวิลเลทได้อธิบายว่า เป็นเรื่องแปลกที่จะฝืนให้คะแนนความงอกงามและคะแนนก่อนเรียนไม่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน เพราะการเรียนรู้ต้องอาศัยพื้นความรู้เดิมนั่นเอง นอกจากนี้คะแนนก่อนเรียนของบุคคลย่อมมีค่าแปรเปลี่ยนไป ถ้าวัดในเวลาต่างกัน ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความงอกงามกับคะแนนก่อนเรียนที่วัดในเวลาต่างกันย่อมได้ค่าต่างกันไป และจะมีโอกาสเดียวเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ระหว่างความงอกงามที่แท้จริงและคะแนนก่อนเรียนจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนความงอกงามมิได้มีเพียงค่าเดียว จึงไม่มีประโยชน์ใด ๆ ที่จะต้องให้ความสนใจกับค่านี้ ถ้าจะพอมีประโยชน์บ้างก็ต้องระบุรายละเอียดเพิ่มเติมเข้าไปด้วย เช่น แทนที่จะพูดว่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความงอกงามในวิชาคณิตศาสตร์กับคะแนนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนเป็น -0.40 แต่ควรพูดว่าความสัมพันธ์ระหว่างความงอกงามในวิชาคณิตศาสตร์กับคะแนนคณิตศาสตร์ตอนเปิดเทอมชั้น ป.3 มีค่า -0.40 เป็นต้น

ในทางปฏิบัติเราสามารถประมาณค่าความสัมพันธ์ของประชากรระหว่างคะแนนจริงก่อนเรียนกับคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงจากคะแนนดิบก่อนเรียน และคะแนนดิบความแตกต่าง การประมาณนี้มีความผิดพลาดมาก เนื่องจากค่าความสัมพันธ์จากกลุ่มตัวอย่างให้ค่าประมาณที่ลำเอียงทางลบเพราะเกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดก่อนเรียนทั้งในคะแนนดิบก่อนเรียนและในคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียน แต่มีเครื่องหมายตรงกันข้าม (Rogosa et.al., 1982: 726-748); Thorndike, 1924: 225-232; Thomson, 1924: 323-324; Zieve, 1940:391-394) แต่การที่ค่าสหสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่างเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ดีของค่าสหสัมพันธ์ของประชากรไม่เป็นเหตุผลที่มากพอที่จะล้มเลิกการใช้คะแนนความแตกต่างอธิบายการเปลี่ยนแปลงรายบุคคล (Willett, 1988: 374) อีกทั้งไม่เป็นการสมเหตุสมผลที่จะใช้คะแนนตัวอื่น ๆ มาแทนคะแนนความแตกต่าง เนื่องเพราะคะแนนความแตก

ต่างแท้จริงสัมพันธ์กับคะแนนจริงครั้งแรก

1.3 อิทธิพลพื้นและเพดาน (floor and ceiling effect) การใช้แบบสอบฉบับเดิมหรือคู่ขนานทำการวัดก่อนและหลังเรียน อาจประสบปัญหาทั้งอิทธิพลพื้นและเพดาน หรืออาจเกิดอิทธิพลอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว อิทธิพลพื้นสามารถสังเกตได้จากในการสอบก่อนเรียนจะมีผู้สอบจำนวนมากได้คะแนนต่ำสุดและค่อนข้างต่ำ เพราะไม่มีข้อสอบที่ง่ายและอำนาจจำแนกสูงในการจำแนกคนอ่อนให้ต่างกันได้ ส่วนอิทธิพลเพดานสามารถสังเกตได้จากการสอบหลังเรียน ถ้ามีผู้สอบจำนวนมากได้คะแนนสูงสุดหรือเกือบเต็ม เพราะไม่มีข้อสอบที่ยาก ๆ และอำนาจจำแนกสูงพอที่จะจำแนกคนเก่งให้ต่างกัน ทำให้คะแนนความแตกต่างไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงของผู้เรียน (Fischer, 1976 : 97-110) และด้วยอิทธิพลของเพดานนี้เองที่ทำให้คนเก่งมักได้คะแนนเพิ่มหรือ คะแนนความแตกต่างเพียงเล็กน้อย (Thorndike, 1966: 124) ในขณะที่คนอ่อนหรือผู้ได้คะแนนก่อนเรียนต่ำมีโอกาสเพิ่มได้อีกมาก และตามหลักการตอบแบบสอบที่เรียงข้อสอบตามลำดับความยากน้อยไปหายากมากแล้ว ผู้ที่ตอบข้อที่ยากข้อใดได้ก็จะตอบข้อที่ง่ายกว่าข้อยากนั้นได้ทุกข้อ ซึ่งเป็นไปตามแบบแผนการตอบของกัดแมน (Guttman, 1944) ดังนั้นการได้คะแนนเพิ่มขึ้นในช่วงต้นมาตรจึงง่ายกว่าในช่วงปลายมาตร ผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าคะแนนวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่ดีน่าจะอาศัยวิธีการทางสถิติมาปรับให้ผู้ได้คะแนนเพิ่มที่เท่ากันในช่วงปลายมาตรได้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าผู้ที่ได้คะแนนเพิ่มเท่ากันในช่วงต้นมาตร

2. <u>วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวล</u> วิธีนี้สามารถวิเคราะห์คุณลักษณะออกเป็นจุดเด่นและด้อย ได้ดังนี้

2.1 จุดเด่นของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวล

1) คะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวลเป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน (Manning & Dubois, 1962: 287-321)

2) ความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวลสูงกว่าความเที่ยงของคะแนนความแตกต่างเล็กน้อย (Linn and Slinde, 1977: 121-150)

3) สามารถกำจัดความสัมพันธ์ลวงระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนก่อนเรียนได้

4) หลีกเลี่ยงปัญหาที่มีต้นเหตุมาจากการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน อาจไม่ได้วัดคุณลักษณะเดียวกัน (Linn, 1988: 600) นั่นคือ การวัดสองครั้งไม่จำเป็นต้องมีมาตรเดียวกัน

2.2 จุดด้อยของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล

2.1 ถ้าคะแนนการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนสัมพันธ์กันสูง ความเที่ยงจะต่ำเช่นเดียวกับวิธีหาคะแนนความแตกต่าง (Linn and Slinde, 1977: 121-150)

2.2 ผลการคิดคะแนนเรชิดวลไม่สามารถสะท้อนปริมาณการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลอย่างตรงไปตรงมา

2.3 เป็นคะแนนที่ขึ้นกับกลุ่ม

คะแนนความแตกต่างและคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล มีความเกี่ยวข้องกันดังนี้

1) คะแนนความแตกต่างเป็นกรณีเฉพาะของคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล ในกรณีที่สัมประสิทธิ์ถดถอยคะแนนหลังเรียนลงบนคะแนนก่อนเรียนเท่ากับหนึ่ง (Lord, 1958: 443)

$$[R = Y-bX, \quad R = D \text{ เมื่อ } b = 1]$$

2) ความเที่ยงของคะแนนเรชิดวลจะเท่ากับความเที่ยงของคะแนนความแตกต่าง เมื่อ

$$S_x = r_{xy}S_y$$ (Manning and Dubois, 1962: 291)

ดังนั้นเมื่อใดที่ $S_x = r_{xy}S_y$ เมื่อนั้น คะแนนความแตกต่างจะสัมพันธ์กับคะแนนก่อนเรียนเป็นศูนย์ เช่นเดียวกับคุณสมบัติของคะแนนเรชิดวล

ในระยะหลัง ๆ คะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลได้รับคำวิจารณ์ในทางลบค่อนข้างมาก (Willett, 1988: 380) ดังเช่น ครอนบาคและเฟอร์บี (Cronbach and Furby, 1970: 74) กล่าวว่า คะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลเป็นเพียงการบอกว่าใครมีการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยกว่าที่คาดหวัง เป็นเพียงการพยายามจะประมาณค่าความงอกงามที่แท้จริงด้วยการปรับแก้ความเป็นวิวิธพันธ์ของสถานภาพเริ่มต้น โดยการใช้ผลการวัดก่อนเรียนเป็นตัวปรับแก้เพียงตัวเดียว วิลเลทจึงกล่าวว่า คะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลไม่ได้ประมาณการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริง แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงที่กำจัดอิทธิพลของสถานภาพเริ่มต้นออกด้วยการถดถอยทางสถิติ ซึ่งมีจุดอ่อนตรงที่ตัวทำนายต้องวัดมาอย่างไม่มีความคลาดเคลื่อน แต่ในกรณีนี้แน่ใจว่าการวัดก่อนเรียนมีความคลาดเคลื่อนในการวัด อีกทั้งไม่มีเหตุผลใดที่จะเชื่อได้ว่าคะแนนการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนจะสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง ซึ่งผู้วิจัยมักไม่ได้ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นเส้นตรงนี้ คะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลจึงไม่สามารถตอบคำถามได้ว่าใครมีการเปลี่ยนแปลงในมิติที่วัดมากน้อยเพียงไร แต่กลับตอบคำถามว่าใครมีการเปลี่ยนแปลงในมิติที่วัดเพียงไร ถ้าทุกคนมีคะแนนก่อนเรียนเท่ากัน (Rogosa et.al., 1982: 741)

3. วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียน วิธีที่สามนี้มี

เหตุผลและความเป็นมาสืบเนื่องจากวิธีที่ 2 แต่ได้มีการพัฒนาให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ไม่สัมพันธ์กับคะแนนจริงครั้งแรก ผู้วิจัยวิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อยของวิธีนี้ได้ดังนี้

3.1 จุดเด่นของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียน

1) คะแนนการเปลี่ยนแปลงเป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียนหรือสถานภาพแท้จริงตอนเริ่มต้น

2) สามารถกำจัดความสัมพันธ์ลวงระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนนสถานภาพเริ่มต้นได้ (Zimmerman & Williams, 1982: 142)

3.2 จุดด้อยของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียน

1) คะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้จากวิธีนี้ไม่สามารถตีความเป็นปริมาณการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้รายบุคคลได้

2) เป็นคะแนนที่ขึ้นกับกลุ่ม

3) ความคลาดเคลื่อนของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียนมีแนวโน้มมากกว่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนความแตกต่างและคะแนนการเปลี่ยนแปลงแบบเรซิดวล

เนื่องจากหลักการของวิธีหาคะแนนคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียนนี้เหมือนกับวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวล ข้อวิจารณ์จากคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวลที่กล่าวแล้วข้างต้นจึงสามารถชี้ได้กับคะแนนนี้

คะแนนการเปลี่ยนแปลงเรซิดวลเป็นกรณีเฉพาะของคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียนเมื่อความเที่ยงในการวัดก่อนเรียนเป็น 1

4. <u>วิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์</u> คะแนนที่เกิดจากวิธีประมาณการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ มีลักษณะเด่นและด้อยดังนี้

4.1 จุดเด่น

1) เป็นคะแนนที่ไม่ขึ้นกับกลุ่ม

2) คะแนนที่ได้แทนระดับปริมาณการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ได้

3) ลดปัญหาเรื่องอิทธิพลเพดานได้

4.2 จุดด้อย

1) ยังไม่มีวิธีประมาณความเที่ยง เนื่องจากไม่ใช่โมเดลเชิงบวก

5 วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด คะแนนที่เกิดจากวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด มีลักษณะที่เด่นและด้อยดังนี้

5.1 จุดเด่นของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด

1) ถ้าคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากัน ผู้ที่ได้คะแนนก่อนเรียนสูงกว่าจะได้คะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้สูงกว่า ซึ่งมีความสมเหตุสมผล เพราะการเติบโตที่ใกล้เพดานหรือใกล้ระดับวุฒิภาวะ ย่อมต้องใช้ความสามารถสูงกว่า

2) มีแนวโน้มว่านักเรียนที่เรียนเก่งจะได้คะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้มากกว่านักเรียนที่เรียนไม่เก่ง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม (Blooms, 1976:10-15)

3) ผลการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ดจะให้ผลคงเส้นคงวา กล่าวคือ ถ้ามีการเก็บข้อมูล 3 ครั้ง และแยกวิเคราะห์คะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด 3 คู่ นำผลการหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ดจากการวัดครั้งแรกและครั้งที่สองรวมกับผลการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ดจากการวัดครั้งที่สองและครั้งที่สามจะเท่ากับคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด จากการวัดครั้งแรกและครั้งที่สาม (Lord, 1956: 421-437)

5.2 จุดด้อยของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด

1) คะแนนที่ได้ขึ้นกับกลุ่มตัวอย่าง ถ้าสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างเปลี่ยนไปแม้เพียงคนเดียวย่อมมีผลกระทบต่อคะแนนที่ประมาณได้

2) ต้องการกลุ่มที่มีขนาดใหญ่พอสมควร เพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีความหมายตามที่ควรจะเป็น

3) พิสัยของคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ของลอร์ด แคบกว่าพิสัยของคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียน และคะแนนดิบหลังเรียน (Lord, 1963: 30)

การวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความเที่ยงของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้

ในปี 1977 วิลเลียมส์และซิมเมอร์แมน (Williams and Zimmerman, 1977: 679- 689) ได้ศึกษาความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนของคะแนนในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นกรณีที่ไม่เป็นไปตาม

ข้อตกลงเบื้องต้น ของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม โดยวิลเลียมส์และซิมเมอร์แมนได้เสนอสูตรในการหาความเที่ยงและความคลาดเคลื่อนของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนของการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนมีความสัมพันธ์กัน สรุปได้ว่า

1.1 ตัวที่มีอิทธิพลต่อความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบคืออัตราส่วนระหว่างความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนดิบก่อนเรียนและคะแนนดิบหลังเรียน ไม่ใช่ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนดิบในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน

1.2 ถ้าคะแนนความคลาดเคลื่อนในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีความสัมพันธ์กันเป็นบวก ความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้จากวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบที่หาจากสูตรที่ยอมให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันจะได้ค่าสูงกว่าความเที่ยงที่ใช้สูตรหาความเที่ยงตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม

1.3 ถ้าความคลาดเคลื่อนในการวัดก่อนเรียนและเหลังเรียนสัมพันธ์กันเป็นบวก อาจเป็นไปได้ว่า ความเที่ยงของคะแนนการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่ได้มาโดยวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะสูงกว่าความเที่ยงของการวัดก่อนเรียนหรือการวัดหลังเรียน

ต่อมาในปี 1982 ซิมเมอร์แมนและวิลเลียมส์ (Zimmerman and Williams, 1982b : 149-154) ได้ศึกษาเงื่อนไขที่จะทำให้ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบมีค่าสูง เนื่องจาก นักวิจัยและนักวัดผลหลายคนลงสรุปว่า การใช้วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ ในการวิจัยเชิงทดลองซึ่งใช้เวลาช่วงสั้น ๆ นั้น ความเที่ยงของวิธีวัดดังกล่าวมีค่าต่ำมาก ซึ่งข้อสรุปนี้มีพื้นฐานจากข้อตกลงเบื้องต้น แต่ซิมเมอร์แมนและวิลเลียมส์ได้แสดงให้เห็นว่าความเที่ยงที่คำนวณจากสูตรที่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมนั้นอาจมีค่าสูงได้ ถ้าเพิ่มข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าความเที่ยงของการวัดแต่ละครั้งและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน สูตรที่เสนอเป็นดังนี้

$$\rho_{DD'} = \frac{\lambda\rho_{XX'} + \lambda^{-1}\rho_{YY'} - 2\rho_{XY} + 2\rho_{(EX,EY)}[(1-\rho_{XX'})(1-\rho_{YY'})]^{1/2}}{\lambda + \lambda^{-1} - 2\rho_{XY}}$$

ซึ่ง $\lambda = \sigma_X/\sigma_Y$ คืออัตราส่วนระหว่างความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน

$\rho_{XX'}$, $\rho_{YY'}$ คือความเที่ยงของการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ

ρ_{XY} คือความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

$\rho_{(EX,EY)}$ คือความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดก่อนและหลังเรียน

ถ้า $\rho_{(EX,EY)} = 0$ ตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมแล้ว สมการข้างบนนี้จะได้เป็น

$$\rho_{DD'} = \frac{\lambda\rho_{XX'} + \lambda^{-1}\rho_{YY'} - 2\rho_{XY}}{\lambda + \lambda^{-1} - 2\rho_{XY}}$$

ซึ่งเป็นสูตรที่พบในตำราทั่วไปและให้ค่าความเที่ยงไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากจะได้ค่าความเที่ยงต่ำกว่าความเที่ยงในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน การที่วิลเลียมส์และซิมเมอร์แมนเสนอค่า λ ชี้ให้เห็นว่า ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบนั้นขึ้นอยู่กับค่า σ_X/σ_Y ไม่ใช่ขึ้นอยู่กับ σ_X และ σ_Y นั่นคือ ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะไม่แปรเปลี่ยนถ้าคะแนนการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเปลี่ยนไปอย่างเท่าเทียมกัน สรุปได้ว่า ค่า λ เป็นอัตราส่วนที่มีความสำคัญในการกำหนดค่าความเที่ยงของคะแนนความแตกต่าง ถึงแม้จะใช้สูตรที่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้น ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะมีค่าสูงได้ถ้าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนไม่เท่ากัน ความเที่ยงของการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนไม่เท่ากัน เช่น สมมุติว่า $\rho_{XX'} = 0.8$ $\rho_{YY'} = 0.95$ $\lambda = 0.5$ ρ_{XY} มีค่าในช่วง 0.0 ถึง 0.80 ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.90 ถึง 0.78 ยกเว้นเมื่อ ρ_{XY} มีค่าใกล้ 0.80 ความเที่ยงจะมีค่าปานกลางอยู่ระหว่างค่าความเที่ยงของการวัดก่อนเรียน และ ความเที่ยงของการวัดหลังเรียน และในทำนองเดียวกันถ้าค่า $\rho_{XX'} = 0.80$ $\rho_{YY'} = 0.95$ $\lambda = 0.25$ ρ_{XY} อยู่ในช่วง 0.0 ถึง 0.80 ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะอยู่ในช่วง 0.94 ถึง 0.91

ถ้าเรากำหนดว่า ต้องการให้ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (D = Y-X) มีค่าสูงแล้ว หาค่า Y จาก D หา $\rho_{XX'}$ โดย $\rho_{XX'}$ = Var T_x/Var X หรือ $\rho_{XX'} = \rho^2_{(X,Tx)}$ และ $\rho_{YY'}$ = Var T_Y/Var Y หรือ $\rho_{YY'} = \rho^2_{(Y,TY)}$ ในที่สุดจะพบว่า $\rho_{YY'}$ จะมีค่าไม่เท่ากับ $\rho_{XX'}$ และ σ_x ไม่เท่ากับ σ_Y แสดงว่าในการวิจัยเชิงทดลอง ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะมีค่าสูงได้ ถ้าความเที่ยงและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดก่อนการทดลองจะต้องต่างจากการวัดหลังการทดลอง

สรุปได้ว่า ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะมีค่าสูง เมื่อ

1. ความเที่ยงของการวัดหลังเรียนมากกว่าความเที่ยงของการวัดก่อนเรียน
2. ความแปรปรวนของการวัดหลังเรียนมากกว่าความแปรปรวนของการวัดก่อนเรียน

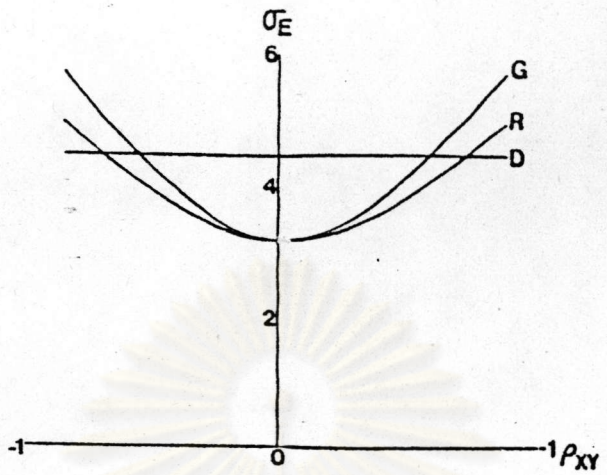
3. ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบมีค่าเป็นบวก

2. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้

เป็นที่ทราบกันว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด กับความเที่ยงในการวัดมีความสัมพันธ์กันตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ดังเช่น ความสัมพันธ์ในสมการ $\sigma_{Ex} = \sigma_x\sqrt{1-\rho_{xx'}}$ กล่าวคือ ถ้าความเที่ยงในการวัดใด ๆ มีค่าสูง ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดจะมีค่าต่ำ ซึ่งความรู้ประเด็นนี้สามารถใช้ได้กับการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ด้วย

ในปี 1977 ลินน์และสไลนด์ (Linn & Slinde, 1977: 121-150) ได้ศึกษาและได้ข้อสรุปว่าเมื่อความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากัน และความเที่ยงในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนต่ำกว่าวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบเล็กน้อย ในทุก ๆ ค่าของความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งหมายถึงว่าความเที่ยงของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลจะสูงกว่าความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบด้วยเช่นกัน

ต่อมาในปี 1982 ซิมเมอร์แมนและวิลเลียมส์ (Zimmerman and Williams, 1982a: 141-147) ได้เปรียบเทียบขนาดของคะแนนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลง 3 วิธี ได้แก่ วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนเริ่มต้น โดยทำการเปรียบเทียบจากสูตรความคลาดเคลื่อน ของคะแนนจากวิธีวัดทั้งสามวิธี ตลอดช่วงของค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน จากสูตรจะพบว่า ความคลาดเคลื่อนของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบไม่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียน แต่ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลและวิธีหาการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน ต่างขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง คะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียน เช่น ในการกำหนดให้ $\rho_{xx'} = 0.80$ $\rho_{yy'} = 0.90$ $\sigma_x = 7$ และ $\sigma_y = 10$ เนื่องจาก $\rho_{xy} < (\rho_{xx'}\ \rho_{yy'})^{1/2}$ ดังนั้น พิสัยของ ρ_{xy} จะมีค่าระหว่าง -.849 ถึง 0.849 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้แต่ละวิธีแสดงได้ดังภาพ 2



ภาพ 2 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ 3 วิธี

จากภาพ 2 จะเห็นว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความคลาดเคลื่อนของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียนตลอดช่วงของค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด ของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล และวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียนจะเท่ากันเมื่อไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนจะมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดต่ำกว่าวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล และหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน เมื่อค่าสัมบูรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเกินค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งมีค่าสูง

3. <u>เงื่อนไขการเท่ากันของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้</u>

ในกรณีที่ความเที่ยงต่ำกว่า 1

1) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะเท่ากับวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลก็ต่อเมื่อค่าสัมบูรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อน

I16965644

เรียนและหลังเรียนเท่ากับอัตราส่วนระหว่างความเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

2) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะเท่ากับวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียนก็ต่อเมื่อค่าสัมบูรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าเท่ากับผลคูณของอัตราส่วนระหว่างความเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนกับความเที่ยงของการวัดก่อนเรียน

3) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลจะเท่ากับวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน ก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับศูนย์

ในกรณีที่ความเที่ยงมีค่าเท่ากับ 1 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 วิธีจะเท่ากันคือ เท่ากับ $\sigma_Y(1-\rho_{YY'})^{1/2} = \sigma_{EY}$

4. <u>เงื่อนไขการไม่เท่ากันของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้</u>

1) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลจะมีค่าน้อยกว่าวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก็ต่อเมื่อ ค่าสัมบูรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนน้อยกว่าอัตราส่วนระหว่างความเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียนและหลังเรียน

2) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียน จะมีค่าน้อยกว่าวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบก็ต่อเมื่อค่าสัมบูรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าน้อยกว่าผลคูณของอัตราส่วนระหว่างความเบี่ยงเบนมาตรฐานคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนกับความเที่ยงของการวัดก่อนเรียน

3) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลจะน้อยกว่าวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนก่อนเรียนก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนไม่เท่ากับศูนย์

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดทั้ง 3 วิธีจะเป็นจริงในทุก ๆ กรณีของค่าพารามิเตอร์ความเที่ยงในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดก่อนเรียน และหลังเรียน ซึ่งขนาดของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดทั้ง 3 วิธีขึ้นอยู่กับค่าทั้งสี่ดังกล่าว (σ_X, σ_Y, $\rho_{XX'}$, $\rho_{YY'}$) แต่ขนาดของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าทั้งสี่นั้น ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ทั้ง 3 วิธี

พิจารณาได้ง่าย ๆ จากค่าสถิติของคะแนนดิบการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน รวมทั้งความเที่ยงของการวัดก่อนเรียน และในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล ไม่จำเป็นต้องพิจารณาค่าความเที่ยงของการวัดก่อนเรียน

ถ้าความสัมพันธ์ของคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าต่ำและอัตราส่วนของคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนเข้าใกล้ 1 หรือมากกว่า 1 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนก่อนเรียนจะต่ำกว่าวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ แต่ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าสูง และอัตราส่วนระหว่างความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนน้อยกว่า 1 อย่างมากแล้ว นักวิจัยจะต้องชั่งใจระหว่างข้อเด่นของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่เป็นอิสระจากคะแนนดิบก่อนเรียนหรือที่เป็นอิสระจากคะแนนจริงก่อนเรียน กับข้อด้อยของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงที่ให้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดสูงกว่า

5. <u>ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนสัมพันธ์กัน</u>

ปกติทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ความคลาดเคลื่อนในการวัดใด ๆ ไม่สัมพันธ์กัน แต่ในทางปฏิบัติเราไม่อาจล่วงรู้ได้ว่าความคลาดเคลื่อนในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนจะสัมพันธ์กันหรือไม่ ซิมเมอร์แมนและวิลเลียมส์ (Zimmerman and Williams, 1982a: 141-147) จึงได้ศึกษาขนาดของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล และวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนก่อนเรียนในสถานการณ์ที่คะแนนความคลาดเคลื่อนในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนสัมพันธ์กัน ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล จะเท่ากันเมื่อ

1.1 $\rho_{XY} = \lambda$ หรือ

1.2 $\rho_{XY} = -\lambda + 2\beta(1-\rho_{XX'})$

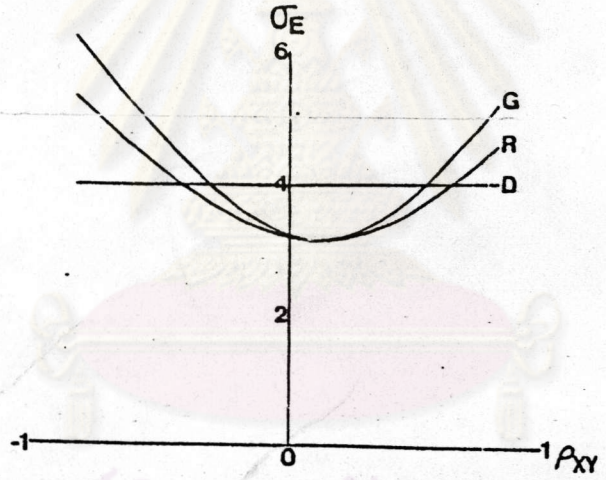
โดยที่ $\beta = \rho_{(EX,EY)}[(1-\rho_{XX'})(1-\rho_{YY'})]^{1/2}$

5.2 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนก่อนเรียนจะเท่ากัน ก็ต่อเมื่อ

2.1 $\rho_{XY} = \lambda \rho_{XX'} + \beta$ หรือ

2.2 $$\rho_{XY} = -\lambda \rho_{XX'} + \frac{\beta (1+\rho_{XX'})}{(1-\rho_{XX'})}$$

5.3 ความคลาดเคลื่อนของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลและวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนก่อนเรียนจะเท่ากันก็ต่อเมื่อ $\rho_{XY} = \beta/(1-\rho_{XX'})$ เงื่อนไขทั้ง 3 แสดงได้ดังภาพ 3



ภาพ 3 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ ในกรณีความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กัน

มีข้อสังเกตว่า ถ้า $\rho_{(EX,EY)} = 0$ แล้ว $\beta = 0$ ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของวิธีวัดทั้ง 3 จะเหมือนกับกรณีที่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนที่กล่าวในตอนต้น

5.4 ความคลาดเคลื่อนของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลและวิธีหาคะแนนการ

เปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนก่อนเรียนจะมีค่าต่ำสุด ณ จุดเดียวกันคือ เมื่อ $\rho_{XY} = \beta(1-\rho_{XX'})$

5.5 ความคลาดเคลื่อนของวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลซึ่งขึ้นอยู่กับค่า ρ_{XY} จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงสอดคล้องกับวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนเริ่มต้น

ในภาพที่ 2 เป็นตัวอย่างการแสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ 3 วิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียน สำหรับค่าความเที่ยงในการวัดก่อนเรียน ความเที่ยงในการวัดหลังเรียน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียน และความเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียน เช่นเดียวกับภาพที่ 3 ในกรณีที่ $\rho_{(EX, EY)} = .20$) จะเห็นได้ว่า ขนาดของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ 3 วิธีนี้ ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนในการวัดทั้งสองครั้ง นอกจากนี้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนดิบก่อนเรียนและหลังเรียนที่ทำให้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีทั้ง 3 เท่ากัน จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งขนาดของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดในเชิงเปรียบเทียบของวิธีวัดทั้ง 3 จะเหมือนที่กล่าวในตอนต้น ดังนั้นกฎเกณฑ์ที่กล่าวไว้แล้วสามารถใช้เป็นแนวปฏิบัติในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดทั้ง 3 ได้ แม้ว่าความคลาดเคลื่อนของการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนจะสัมพันธ์กันก็ตาม

ในปี 1986 วิลเลียมส์ ซิมเมอร์แมน ริช และสตีด (Williams, Zimmerman, Rich and Steed, 1984: 55-57) ได้ศึกษาเชิงประจักษ์เพื่อเปรียบเทียบขนาดของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวล และวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงที่อิสระจากคะแนนก่อนเรียน เพื่อตรวจสอบข้อสรุปที่ซิมเมอร์แมนและวิลเลียมส์ (Zimmerman and Williams, 1982a: 141-147) ได้สร้างไว้ ในลักษณะข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. $\sigma_{ER} < \sigma_{ED}$ ก็ต่อเมื่อ $|\rho_{XY}| < \lambda$
2. $\sigma_{EB} < \sigma_{ED}$ ก็ต่อเมื่อ $|\rho_{XY}| < \lambda\rho_{XX'}$
3. $\sigma_{ER} < \sigma_{EB}$ ก็ต่อเมื่อ $|\rho_{XY}| > 0$

สถานการณ์ที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ในการศึกษาครั้งนี้คือ การเรียนพีชคณิตเบื้องต้นของนักศึกษา 58 คน ในวิทยาลัยชุมชนเดด วิทยาเขตภาคใต้ของรัฐไมอามี โดยนักศึกษาทำการสอบผลสัมฤทธิ์พีชคณิต 70 ข้อ ในช่วงก่อนเรียนและในวันสุดท้ายของการเรียน และอีกสถานการณ์หนึ่งเป็นการเรียนวิชาสถิติเบื้องต้นของนักศึกษา 43 คน ในวิทยาลัยเดียวกัน ใช้แบบ

สอบผลสัมฤทธิ์สถิติ 56 ข้อ ทำการวัดในช่วงก่อนเรียนและหลังเรียนเช่นเดียวกัน ผลปรากฏว่า

สำหรับวิชาพีชคณิต มีค่าสถิติที่เกี่ยวข้องเป็นดังนี้ 1) $\rho_{XY} < \lambda$ 2) $\rho_{XY} < \lambda\rho_{XX'}$ และ 3) $\rho_{XY} > 0$ เมื่อนำค่าสถิติเหล่านี้ไปเทียบกับข้อสรุปแล้วจะได้ดังนี้ $\sigma_{ER} < \sigma_{EB} < \sigma_{ED}$ และค่าที่เกิดขึ้นจริงคือ $\sigma_{ER} = 1.97$ $\sigma_{EB} = 1.98$ และ $\sigma_{ED} = 2.66$ ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปเชิงทฤษฎีทุกประการ

สำหรับวิชาสถิติเบื้องต้น มีค่าสถิติที่เกี่ยวข้องเป็นดังนี้ 1) $\rho_{XY} < \lambda$ 2) $\rho_{XY} > \lambda\rho_{XX'}$ และ 3) $\rho_{XY} > 0$ เมื่อนำค่าสถิติเหล่านี้ไปเทียบกับข้อสรุปเชิงทฤษฎีแล้ว จะได้ข้อสรุปดังนี้ $\sigma_{ER} < \sigma_{ED} < \sigma_{EB}$ ซึ่งค่าที่เกิดขึ้นจริงคือ $\sigma_{ER} = 3.11$ $\sigma_{ED} = 3.18$ และ $\sigma_{EB} = 4.50$ จะเห็นได้ว่า มีความสอดคล้องกับ ข้อสรุปเชิงทฤษฎีทุกประการอีกเช่นกัน

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าวิธีหาคะแนนการเปลี่ยนแปลงเรชิดวลจะมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดแต่ข้อสังเกตที่น่าสนใจคือความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบที่ได้รับการกล่าวถึงในทางลบเสมอว่า มีความเที่ยงต่ำนั้น แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบในวิชาพีชคณิตเท่ากับ 0.96 และในวิชาสถิติเท่ากับ 0.82 ซึ่งผลนี้สอดคล้องกับข้อสรุปของซิมเมอร์แมนและวิลเลียมส์ (1982a) ที่ว่า ความเที่ยงของวิธีหาความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบจะมีค่าสูงได้ถ้าความเที่ยงในการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนมีค่าไม่เท่ากันและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวัดก่อนเรียนและหลังเรียนไม่เท่ากัน

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ พบว่าได้มีความพยายามในการพัฒนาวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ และตรวจสอบคุณสมบัติของวิธีวัดที่พัฒนาอยู่เสมอๆ หากยังไม่มีการนำอิทธิพลเพดานมาแก้ปัญหา ส่วนการตรวจสอบคุณสมบัติจะเป็นการหาเงื่อนไขที่ทำให้วิธีวัดนั้นมีคุณภาพสูง โดยไม่ได้มีการทดลองกับข้อมูลในสถานการณ์จำลองอย่างกว้างขวาง เพื่อจะได้ทราบว่าเงื่อนไขดังกล่าวจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ในทางปฏิบัติเพียงใด ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจะได้นำทฤษฎีการเรียนรู้ และปัญหาอิทธิพลเพดาน มาประกอบในการพัฒนาวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ ตลอดจนการจำลองสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการจัดการเรียนการสอน เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของวิธีวัดที่พัฒนานั้น การจำลองสถานการณ์หรือการจำลองปัญหา (simulation) ที่นิยมใช้ คือระเบียบวิธีมอนติคาร์โล ซึ่งเป็นระเบียบวิธีที่ค่อนข้างใหม่ในทางการศึกษา ผู้วิจัยจะได้อธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีมอนติคาร์โลโดยสังเขป ในลำดับต่อไป

ระเบียบวิธีมอนติคาร์โล

ระเบียบวิธีมอนติคาร์โล เป็นลักษณะหนึ่งของการจำลองปัญหา (simulation) ซึ่งอาศัยเลขสุ่ม และหลักการความน่าจะเป็น มาประยุกต์ในปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาข้อสรุปที่เป็นคำตอบของปัญหานั้น (Muller, 1978 : 839)

ปกติระเบียบวิธีมอนติคาร์โล นิยมใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือฟิสิกส์ แต่ต่อมาได้มีผู้นำไปประยุกต์ในสาขาวิชาต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย ดังเช่น ในสาขาสถิติ กอสเซท (Gosset) ซึ่งใช้นามแฝงว่าสติวเดนท์ (Student) ได้เป็นผู้ค้นพบการแจกแจงแบบที (t-distribution) จากการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ แต่ยังไม่แน่ใจในลักษณะการแจกแจงนั้น กอสเซทจึงได้ใช้วิธีมอนติคาร์โล สุ่มตัวอย่างมาคำนวณค่า t และทดสอบการแจกแจงของค่า t ที่ได้กับทฤษฎี ปรากฏว่าได้ผลตรงกัน (Rubinstein, 1981 : 11) ในประเทศไทยได้มีการนำเทคนิคมอนติคาร์โลมาประยุกต์ในปัญหาต่าง ๆ เช่นกัน อาทิ ทองดี แย้มสรวล (2530) ได้ศึกษาลักษณะการแจกแจงการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจของสถิติทดสอบ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน เคนดอลเทา และเครเมอวี ณัฐฎา สรรพศรี (2531) ได้ทำวิจัยเพื่อศึกษาการแจกแจงของค่าดัชนีประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน และ สำราญ มีแจ้ง (2534) ได้พัฒนาดัชนีชี้ความบกพร่องของผู้ตอบแบบสอบโดยการวิเคราะห์แผนการตอบข้อกระทง เป็นต้น

ระเบียบวิธีการมอนติคาร์โลโดยทั่วไปมีขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

1. การสร้างเลขสุ่ม เลขสุ่มเป็นปัจจัยสำคัญในวิธีการมอนติคาร์โล ลักษณะสำคัญของเลขสุ่มจะต้องมีค่ากระจายแบบสม่ำเสมอ ในช่วง (0, 1) เลขสุ่มอาจได้มาจากตารางเลขสุ่มหรือเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ผลิตเลขสุ่มให้ก็ได้ ดังเช่น การเขียนโปรแกรมตามหลักการคองกรูเอนเชียล (Congruential) ด้วยการใช้เศษเหลือจากผลคูณ

2. แปลงเลขสุ่มเป็นตัวแปรที่สอดคล้องกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่สนใจ เช่น แปลงเลขสุ่มเป็นคะแนนดิบ หรือคะแนนจริง เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการปรับเลขสุ่มในขั้น 1 ให้เป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงตามต้องการ เช่น เป็นโค้งปกติ หรือโค้งเบ้ ตามแต่จะสอดคล้องกับปัญหาที่ศึกษา

3. ทดลองใช้กระบวนการสุ่มมากระทำการตามปัญหาที่ศึกษาในลักษณะที่ซ้ำ ๆ กัน เพื่อหาข้อสรุปของปัญหาที่ศึกษา

เพื่อความกระจ่าง ผู้วิจัยขออธิบายรายละเอียดเพิ่มเติม ดังนี้

1) การสร้างเลขสุ่ม การสร้างเลขสุ่มหรือการผลิตเลขสุ่มที่สะดวกในยุคที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้กันแพร่หลาย จะเป็นการผลิตเลขสุ่มโดยการโปรแกรม ดังในการสร้างเลขสุ่มครั้งนี้

ผู้วิจัยเขียนโปรแกรมเป็นสับรูทีน ชื่อ GENRAN (X, RN) ดังนี้

```
      SUBROUTINE GENRAN(X,RN)
      T=7
      K=8*T+3
      X=X*K
      IF (X) 5,6,6
    5 X=X+2**20
    6 KEEP=X/(2**20)
        X=X-(KEEP*(2**20))
        RN=X/(2**20)
      RETURN
      END
```

เลขสุ่มที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นเลขสุ่มแบบสม่ำเสมอ

2. แปลงเลขสุ่มเป็นตัวแปรที่สอดคล้องกับปัญหา ดังเช่น ถ้าต้องการเลขสุ่มที่ใช้แทนความสามารถก่อนเรียนและหลังเรียน อาจสร้างเลขสุ่มเป็นรายคู่ด้วยโปรแกรมสับรูทีน NORMALP ดังนี้

```
      SUBROUTINE NORMALP(X,EX,STD,Z1,Z2)
    2 CALL GENRAN(X,RN)
      R1=2.*RN-1.
      CALL GENRAN(X,RN)
      R2=2.*RN-1.
      RR=R1*R1+R2*R2
      IF (RR .GE. 1.) GO TO 2
      RR1=R1*SQRT((-2.*ALOG(RR))/RR)
      RR2=R2*SQRT((-2.*ALOG(RR))/RR)
      Z1=EX+RR1*STD
      Z2=EX+RR2*STD
      IF (Z1 .GE. 1.  .OR. Z1 .LE. 0.) GO TO 2
```

```
      IF (Z2 .GE. 1..OR. Z2 .LE. 0.) GO TO 2
      RETURN
      END
```

เลขสุ่มที่ได้ Z1, และ Z2 ต่างก็มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ซึ่งมีค่ามัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ความเบ้เท่ากับ 0 และความโด่งเท่ากับ 3 จากนั้นต้องแปลงให้เป็นตัวแปรความสามารถก่อนเรียนและหลังเรียนที่มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ มัชฌิมเลขคณิต และความแปรปรวนสอดคล้องกับลักษณะการเรียนแต่ละลักษณะ และให้มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งการแปลงโค้งปกติเป็นโค้งเบ้นั้นมีวิธีแปลงได้หลายวิธี ดังเช่น วิธีที่ฟลีชแมนแนะนำ (Fleishman, 1978: 521-532) และวิธีที่แรมเบิร์ก และคณะแนะนำ (Ramberg et.al., 1979 : 210 - 214) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการที่แรมเบิร์กแนะนำ มีรายละเอียดดังนี้

แรมเบิร์กอาศัยแนวคิดของทูกี้ที่ว่า ฟังชั่นเปอร์เซนไทล์คือส่วนกลับของฟังชันการแจกแจงความถี่ ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องที่ตำแหน่งเปอร์เซนไทล์ R และ U คือตัวแปรสุ่มแบบสม่ำเสมอ ในช่วง 0 ถึง 1 แล้ว การแปลง X = R(U) จะได้ตัวแปรสุ่มที่ฟังชันเปอร์เซนไทล์ที่ R ดังสมการต่อไปนี้

$$R(p) = [p^{\lambda} - (1-p)^{\lambda}]/\lambda \qquad (0 \leq p \leq 1)$$

ซึ่งแรมเบิร์กและชไมเซอร์ได้เสนอฟังชันเปอร์เซนไทล์ในลักษณะการแจกแจงความถี่แบบ 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ λ_1 คือพารามิเตอร์กำหนดตำแหน่ง λ_2 คือพารามิเตอร์กำหนดมาตร (scale) λ_3 และ λ_4 คือพารามิเตอร์กำหนดรูปร่าง ดังสมการต่อไปนี้

$$R(p) = \lambda_1 + [p^{\lambda_3} - (1-p)^{\lambda_4}]/\lambda_2 \qquad (0 \leq p \leq 1)$$

โดยแรมเบิร์กและชไมเซอร์ได้สร้างค่าแลมดาทั้ง 4 ที่สอดคล้องกับความเบ้และความโด่งที่ต้องการไว้ดังแสดงในภาคผนวก ก จึงนับว่ามีความสะดวกในการใช้เป็นอย่างยิ่ง ซึ่งค่าของตัวแปรสุ่มที่ได้จะมีความเบ้และโด่งตามต้องการ โดยมีค่ามัชฌิมเลขคณิตเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 แต่ถ้าต้องการค่ามัชฌิมเลขคณิตและความแปรปรวนที่ต่างกันไปก็สามารถแปลงได้โดย

$$\lambda 1'(M,\sigma) = \lambda 1(0,1)\sigma + M$$

$$\lambda 2'(M,\sigma) = \lambda 2(0,1)/\sigma$$

ในการศึกษาครั้งนี้ ต้องการได้ตัวแปรที่แทนความสามารถก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กันตามกำหนด การแปลงให้เป็นโค้งเบ้จึงต้องนำมาปรับให้มีความ

สัมพันธ์กันด้วยสมการ

$$Y_i = X_i\rho + R\sqrt{1-\rho^2}$$

เมื่อ X_i คือตัวแปรชุดหนึ่ง

Y_i คือตัวแปรอีกชุดหนึ่ง

ρ คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่กำหนด

R คือตัวแปรสุ่มที่มีการกระจายตามต้องการ

การแปลงในขั้นที่สองนี้ อาจเขียนโปรแกรมดังนี้

```
X =65539.
EX =0.
STD=1.
RXY=.8
AM1 = -2.287
AM2= -.0532
AM3= -.0187
AM4= -.0388
AM11= 7.7618
AM21= -.7399
AM31= -.3388
AM41= -.0587
DO 5 I=1,NO
CALL NORMALP(X,EX,STD,Z1,Z2)
R1=AM3*ALOG(Z1)
R2=AM4*ALOG(1.-Z1)
RX1=EXP(R1)
RX2=EXP(R2)
XETAX(I)=AM1+(RX1-RX2)/AM2
R3=AM31*ALOG(Z2)
R4=AM41*ALOG(1.-Z2)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      RY1=EXP(R3)
      RY2=EXP(R4)
      XEY=AM11+(RY1-RY2)/AM21
      XETAY(I)=XETAX(I)*RXY+XEY*SQRT(1.-RXY**2)
    5 CONTINUE
```

3. ทดลองใช้กระบวนการสุ่มมากระทำการตามปัญหา เมื่อได้ตัวแปรสุ่มที่สร้างได้แล้ว นำตัวแปรนั้นไปประยุกต์เข้ากับปัญหาที่ได้ออกแบบไว้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมต่อไป

การจำลองปัญหาจะมีความหมายและมีความน่าเชื่อถือเพียงไรนั้น ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเลขสุ่มที่สร้าง ดังนั้นผู้วิจัยควรเลือกวิธีการสร้างเลขสุ่มที่ดีและเพื่อแสดงความเหมาะสมของเลขสุ่มที่สร้างขึ้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีกระบวนการตรวจสอบความเป็นเลขสุ่ม และตรวจสอบลักษณะตัวแปรที่ได้ก่อนจะนำไปประยุกต์กับปัญหาต่อไป

<u>การตรวจสอบคุณภาพเลขสุ่ม</u>

เลขสุ่มที่ผลิตได้จากวิธีการใดหรือโปรแกรมใดก็ตาม จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบความเป็นเลขสุ่มเชิงสถิติ เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าเลขที่ผลิตออกมามีความเป็นเลขสุ่มที่ดีพอจะนำไปใช้เป็นเลขสุ่มได้ ในที่นี้จะขอเสนอวิธีทดสอบความเป็นเลขสุ่มด้วยการทดสอบความถี่ โดยจะทดสอบว่าเลขสุ่มที่ผลิตได้ สมมติว่ามี m ตัวนั้น มีการแจกแจงสม่ำเสมอหรือไม่ โดยจะแบ่งเลขสุ่มออกเป็นช่วงย่อย ๆ สมมติว่า n ช่วง จากน้อยไปมาก แต่ละช่วงจะมีเลขสุ่มหลายตัว ถ้าเลขสุ่มที่ผลิตได้มีความสม่ำเสมอจริง ค่าของเลขสุ่มที่ผลิตได้ทั้งหมดจะมีค่ามากบ้าง น้อยบ้าง ตกอยู่ในช่วงต่าง ๆ อย่างเท่าเทียมกัน ซึ่งสามารถทดสอบได้ด้วยสถิติ χ^2

$$\chi^2 = \frac{\Sigma (f_i - e_i)^2}{e_i}$$

f_i = ความถี่ที่เลขสุ่มอยู่ในช่วงย่อยที่ i

e_i = ความถี่คาดหมายในช่วงย่อยใด ๆ (= m/n)

การทดสอบนี้ ใช้ df = n - 1

ในบทที่ 2 ผู้วิจัยได้นำเสนอสาระสังเขป ของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีวัดการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ต่างๆ รวมทั้งระเบียบวิธีมอนติคาร์โลที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย