หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญในการพัฒนาสูตรการให้คะแนนแบบสอบเลือกตอบโดยการพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงบรรยาย โดยมีขั้นตอนในการวิจัย 2 ขั้นตอน คือ

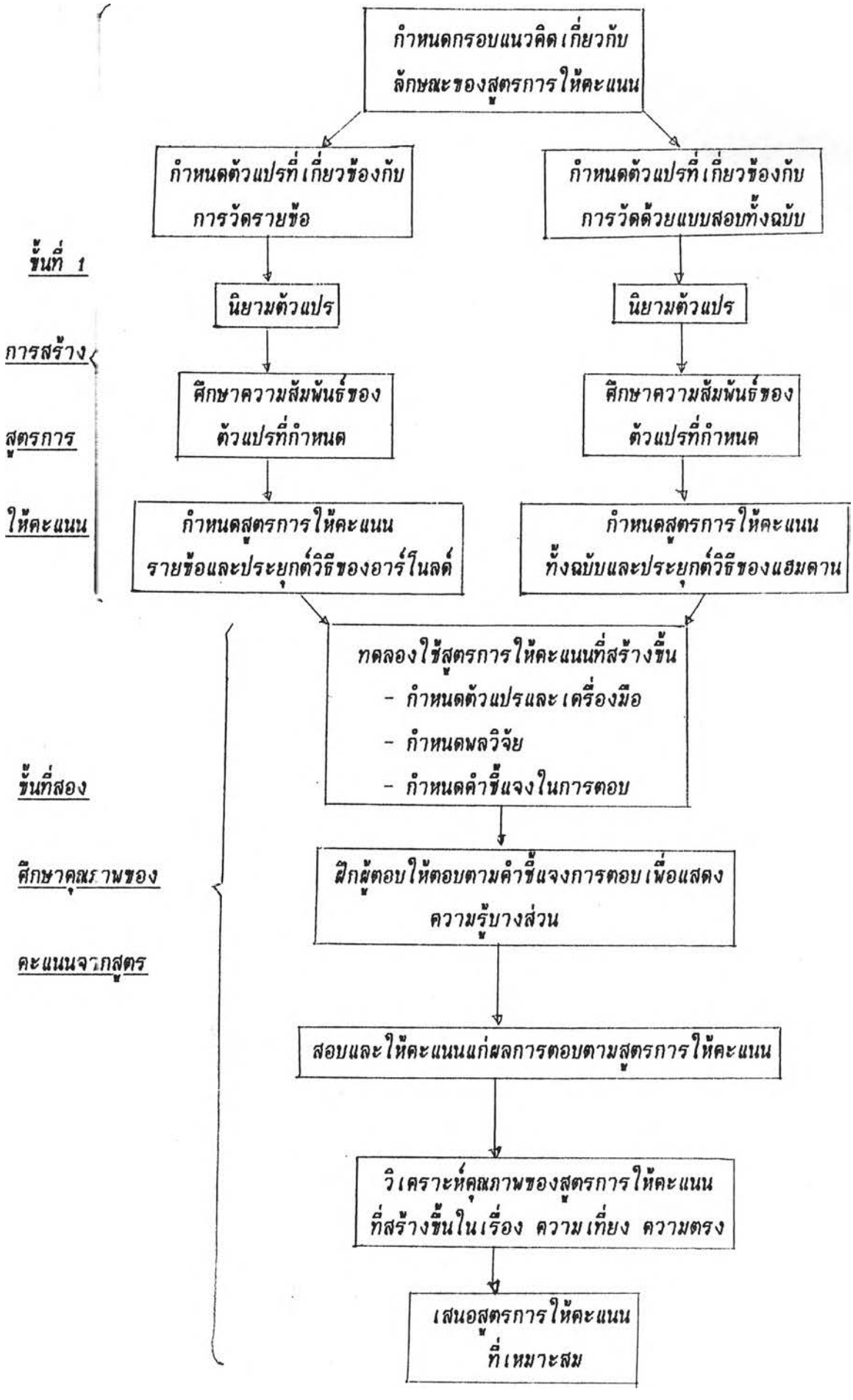
ขั้นตอนแรก การสร้างสูตรการให้คะแนน ซึ่งประกอบด้วย

1. การกำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับสูตรการให้คะแนน
2. การสร้างสูตรการให้คะแนนรายข้อและการประยุกต์วิธีการให้คะแนนของอาร์โนลด์
3. การสร้างสูตรการให้คะแนนทั้งฉบับ และการประยุกต์วิธีการให้คะแนนของแอมดาน

ขั้นตอนที่สอง การศึกษาถึงคุณภาพของคะแนนสูตรจากที่สร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย

1. การเลือกตัวแปรและเครื่องมือ
2. การกำหนดวิธีการตอบและคำชี้แจงในการตอบ
3. การเลือกพลวิจัย
4. การฝึกผู้ตอบให้ตอบตามคำชี้แจงในการตอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วน
5. การสอบและการให้คะแนนตามสูตรการให้คะแนนแบบต่างๆ
6. การวิเคราะห์คุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้น ในเรื่องความตรงตามทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์ และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน

จากขั้นตอนในการวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปดังผังการพัฒนาสูตรการให้คะแนน ดังนี้


กำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับ
ลักษณะของสูตรการให้คะแนน
กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ
การวัดรายข้อ
กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ
การวัดด้วยแบบสอบทั้งฉบับ
ขั้นที่ 1
การสร้าง
สูตรการ
ให้คะแนน
นิยามตัวแปร
นิยามตัวแปร
ศึกษาความสัมพันธ์ของ
ตัวแปรที่กำหนด
ศึกษาความสัมพันธ์ของ
ตัวแปรที่กำหนด
กำหนดสูตรการให้คะแนน
รายข้อและประยุกต์วิธีของอาร์โนลด์
กำหนดสูตรการให้คะแนน
ทั้งฉบับและประยุกต์วิธีของแฮมดาน
ทดลองใช้สูตรการให้คะแนนที่สร้างขึ้น
- กำหนดตัวแปรและเครื่องมือ
- กำหนดพลวิจัย
- กำหนดคำชี้แจงในการตอบ
ขั้นที่สอง
ศึกษาคุณภาพของ
คะแนนจากสูตร
ฝึกผู้ตอบให้ตอบตามคำชี้แจงการตอบ เพื่อแสดง
ความรู้บางส่วน
สอบและให้คะแนนแก่ผลการตอบตามสูตรการให้คะแนน
วิเคราะห์คุณภาพของสูตรการให้คะแนน
ที่สร้างขึ้นในเรื่อง ความเที่ยง ความตรง
เสนอสูตรการให้คะแนน
ที่เหมาะสม

การสร้างสูตรการให้คะแนน มีวิธีการโดยละเอียดแต่ละขั้น ดังนี้

1. การกำหนดกรอบแนวคิดเกี่ยวกับสูตรการให้คะแนน

1.1 สูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติที่สามารถประมาณระดับความสามารถที่มุ่งวัดของผู้สอบได้แม่นยำมากที่สุด โดยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากแหล่งของการเดาในข้อสอบแบบเลือกตอบลง สูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นจะใช้กับแบบสอบเลือกตอบที่ให้ผู้ตอบมีเวลาตอบทุกข้อ (power test)

1.2 สูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นนี้จะมีแนวทางที่จะแก้จุดอ่อนของวิธีการให้คะแนนแบบสอบเลือกตอบที่ใช้กันอยู่ 2 ประเด็นคือ

ประเด็นแรก สูตรการให้คะแนนรายข้อที่กำหนดให้ผู้ตอบได้ 1 คะแนนเมื่อกาตัวเลือกที่ถูกต้องและได้ 0 คะแนนเมื่อกาตัวเลือกที่ไม่ถูกต้อง โดยที่คะแนนที่ผู้สอบได้รับไม่สามารถแยกความสามารถของผู้สอบได้ว่าเป็นผู้ที่รู้จริง ผู้ที่รู้บางส่วน หรือผู้ที่รู้ผิด ออกจากกันได้

ประเด็นที่สอง สูตรการให้คะแนนแบบสอบทั้งฉบับ ที่กำหนดจากคะแนนรวมข้อถูก (S=R) ซึ่งคะแนน (S) ที่ได้เป็นผลรวมของคะแนนที่ผู้ตอบมีความสามารถจริงกับคะแนนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวัด โดยยอมให้ผู้ตอบเดาคำตอบได้ และสูตรการให้คะแนนแบบสอบทั้งฉบับเพื่อแก้การเดาของผู้ตอบที่ใช้กันอยู่เดิมคือ $S = R - W/(k-1)$ เมื่อ W คือจำนวนข้อที่ตอบผิด และ k คือจำนวนตัวเลือกในแต่ละข้อ โดยที่วิธีการพัฒนาสูตรการให้คะแนนดังกล่าวตั้งอยู่บนข้อตกลงที่ว่าผู้ตอบเมื่อตอบไม่ถูกต้องจะใช้การเดาสุ่ม โดยไม่พิจารณาความรู้บางส่วนของผู้ตอบในกรณีที่สามารถตัดตัวลวงบางตัวออกได้อย่างถูกต้อง

1.3 สูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นใหม่เป็นการให้คะแนนที่จะพิจารณาถึงความรู้บางส่วนของผู้ตอบด้วยทั้งในกรณีของสูตรการให้คะแนนรายข้อ และ สูตรการให้คะแนนแบบสอบทั้งฉบับ

2. วิธีการสร้างสูตรการให้คะแนน มีแนวทางโดยทั่วไปจาก การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวัด การนิยามตัวแปรต่างๆเหล่านั้น การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้น การสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรในระหว่างค่าที่สังเกตได้กับค่าที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรงแต่เป็นคุณลักษณะที่ต้องการวัดจริงๆ ดังมีรายละเอียดของวิธีการสร้างสูตรแต่ละขั้นตอนดังนี้

2.1 วิธีการสร้างสูตรการให้คะแนนรายข้อ

จากกรอบแนวคิดข้างต้นกำหนดแนวคิดในการพัฒนาสูตรการให้คะแนนรายข้อโดยการให้คะแนนที่พิจารณาความรู้บางส่วนของผู้ตอบในกรณีที่สามารถตัดตัวลวงบางตัวออกไปได้บ้าง สำหรับการวิจัยนี้อาศัยแนวคิดการสร้างสูตรการให้คะแนนของ Arnold and Arnold (1970) มีวิธีดังนี้

2.1.1 การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวัด ในการให้คะแนนรายข้อประกอบด้วยตัวแปร ดังนี้

- จำนวนตัวลวงที่ผู้ตอบสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้อง
- คะแนนที่ผู้ตอบจะได้รับเมื่อสามารถตัดตัวลวงออกไปได้อย่างถูกต้อง หรือคะแนนที่ผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกได้ทุกข้อและสามารถเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องได้
- จำนวนตัวเลือกทั้งหมดในแต่ละข้อ
- คะแนนที่จะแก้การเดาเมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกถูกออกไปเพราะเข้าใจว่าเป็นตัวลวง

2.1.2 การนิยามตัวแปรต่างๆที่กำหนดในข้อ 2.1.1 เป็นดังนี้

ให้คะแนน C_0 เป็นคะแนนที่ผู้ตอบไม่สามารถตัดตัวลวงใดๆออกได้อย่างถูกต้อง

คะแนน C_1 เป็นคะแนนที่ผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกได้อย่างถูกต้อง 1 ตัว

คะแนน C_2 เป็นคะแนนที่ผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกได้อย่างถูกต้อง 2 ตัว

คะแนน C_3 เป็นคะแนนที่ผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกได้อย่างถูกต้อง 3 ตัว

คะแนน C_c เป็นคะแนนที่ผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกได้อย่างถูกต้อง c ตัว

คะแนน p เป็นคะแนนที่ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่ถูกออกไปโดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง

k เป็นจำนวนตัวเลือกในแต่ละข้อ

2.1.3 ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กำหนดในข้อ 2.1.2 Arnold and Arnold (1970) ได้ใช้ทฤษฎีเกม (Game theory) มาใช้เป็นแนวทางในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหลาย นั่นคือคะแนนที่ได้รับการคาดหวังหรือคะแนนเฉลี่ย (Expected Score)เกี่ยวกับคำตอบของผู้เข้าสอบจะถูกกำหนดโดย

$$\left(\begin{array}{c}\text{คะแนนที่ได้ถ้า}\\ \text{ชนะเกม}\end{array}\right)\cdot\left(\begin{array}{c}\text{โอกาสในการ}\\ \text{ชนะเกม}\end{array}\right) - \left(\begin{array}{c}\text{คะแนนที่ได้รับการลงโทษ}\\ \text{เมื่อแพ้เกม}\end{array}\right)\cdot\left(\begin{array}{c}\text{โอกาสที่จะ}\\ \text{แพ้เกม}\end{array}\right)$$

ดังนั้นจากตัวแปรที่กำหนดแต่ต้นคะแนนที่ถูกคาดหวังของผู้สอบที่ตัดตัวลวงออกได้ c ตัว จะเป็นดังนี้ $C_c = (k-c)/k - (p)(c/k)$ .....(1)

2.1.4 สร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

จากกรอบแนวคิดในการให้คะแนนที่นอกจากจะให้คะแนนแก่ความรู้บางส่วนของผู้ตอบแล้วยังให้คะแนนสูตรที่ได้มีคะแนนความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ดังนั้นคะแนนที่ได้เพิ่มจากการเดาจึงควรให้เท่ากับศูนย์ ดังนั้นจาก(1)จะให้คะแนนที่คาดหวังเกี่ยวกับคำตอบของผู้ตอบอันเป็นผลมาจากการเดาเป็นศูนย์ จึงได้

$$C_c = (k-c)/k - (p)(c/k) = 0$$

$$C_c = (p)(c)/(k-c) \quad .....(2)$$

C_c คือคะแนนที่ให้บนพื้นฐานจากคำตอบของผู้สอบว่าสามารถตัดตัวลวงออกไปได้อย่างถูกต้อง c ตัวและเป็นคะแนนที่ให้ในกรณีที่คะแนนที่เพิ่มขึ้นจากการเดาเป็นศูนย์ด้วยการลงโทษเมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่ถูกออกเป็นตัวลวง

จากสูตรการให้คะแนนรายข้อของอาร์โนลด์นี้พบว่าผู้ใช้ต้องกำหนดค่าของ p ซึ่งเป็นโอกาสหรือความน่าจะเป็นในการเดาผิด สำหรับอาร์โนลด์เรียกว่าเป็นคะแนนการลงโทษเมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่ถูกออกโดยเข้าใจผิดว่าเป็นตัวลวงหรือที่เรียกว่ารู้ผิด โดยอาร์โนลด์ได้เสนอว่าการลงโทษอย่างยุติธรรมคือการกำหนดให้ $p = 1/(k-1)$ นั่นคือในกรณีที่เมื่อใดที่ผู้ตอบเลือกตัวเลือกที่ถูกให้เป็นตัวลวงเขาจะได้คะแนน $-1/(k-1)$ คะแนนถึงแม้ว่าจะมีตัวลวงบางตัวที่เขาสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้องมาบ้างแล้วในข้อนั้น

2.1.5 การประยุกต์ใช้สูตรการให้คะแนนรายข้อของอาร์โนลด์

ในกรณีการให้คะแนนของอาร์โนลด์สำหรับข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 4 ตัวเลือก คะแนนที่ผู้ตอบได้รับจะเป็นดังนี้

-1/3 คะแนนเมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่ถูกเพราะเข้าใจว่าเป็นตัวลวงไม่ว่าเขาจะตัดตัวลวงอื่นๆถูกบ้างก็ตาม

0 คะแนนเมื่อผู้ตอบไม่สามารถตัดตัวลวงตัวใดๆออกได้เลย

1/9 คะแนนเมื่อผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง 1 ตัว

1/3 คะแนนเมื่อผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง 2 ตัว

1 คะแนนเมื่อผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ทั้งหมด 3 ตัว

สูตรการให้คะแนนข้างต้นเป็นสูตรการให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ (A) จะพบว่า เมื่อใดที่ผู้ตอบรู้ผิดการให้คะแนนของอาร์โนลด์จะลงโทษผู้ตอบแบบรู้ผิดด้วยคะแนน -1/(k-1) ทันที ซึ่งทำให้คะแนนจำนวนนี้เมื่อนำมารวมกันกับคะแนนในข้ออื่นๆ ทำให้ไปหักคะแนนที่ได้ในข้ออื่นๆออกด้วย ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาว่าไม่เหมาะสมที่จะนำคะแนนในข้อที่ติดลบไปหักออกจากคะแนนที่ได้ในข้ออื่นๆออกด้วย เพราะคะแนนในแต่ละข้อได้อ้างอิงถึงตำแหน่งจริงของความรู้ของผู้ตอบอยู่แล้ว (Frary,1980) ผู้วิจัยเห็นว่าการให้คะแนนเป็นปริมาณที่เพื่อแสดงระดับความสามารถของผู้ตอบว่าเขามีอยู่ในปริมาณเท่าใด คะแนนในแต่ละข้อจึงควรอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 คะแนน ไม่ควรติดลบ ดังนั้นการที่ผู้ตอบรู้ผิด คือการที่เขาตัดตัวเลือกที่ถูกออกไปก็จะถือว่าเขาไม่รู้คำตอบของเขาจึงควรได้ 0 คะแนนและส่วนที่ผู้ตอบอาจจะตัดตัวลวงบางตัวออกได้อย่างถูกต้องมาบ้างแล้วในข้อนั้นก็จะไม่ได้รับคะแนนเช่นกัน เพราะถือว่าเป็นส่วนที่เกิดจากการเดาดังนั้นสำหรับการให้คะแนนรายข้อโดยพิจารณาความรู้บางส่วนของผู้ตอบด้วยวิธีนี้ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการของอาร์โนลด์ ได้สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ เป็นดังนี้

$$AA = 1/(k-c)$$

ในกรณีที่ข้อสอบมี 4 ตัวเลือก คะแนนที่ให้จะเป็นดังนี้

0 คะแนนเมื่อผู้ตอบไม่สามารถตัดตัวลวงใดๆออกได้ถูกต้องหรือไม่ตอบ หรือตัดตัวเลือกที่ถูกออกโดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง

1/3 คะแนนเมื่อผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง 1 ตัว

1/2 คะแนนเมื่อผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง 2 ตัว

1 คะแนนเมื่อผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง 3 ตัว

สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์เป็นวิธีการให้คะแนนแก่ความรู้บางส่วนของผู้ตอบ ในกรณีที่ผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกได้ 1 ตัว หรือ 2 ตัว แม้ว่าจะไม่สามารถกาคำตอบที่ถูกต้องได้ก็ตาม ในกรณีนี้ผู้ตอบจะได้คะแนน 1/3 และ 1/2 คะแนนตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการให้คะแนนตามแบบประเพณีนิยมซึ่งจะไม่ให้คะแนนแก่ผู้ตอบในกรณีนี้ ผู้ตอบจะได้คะแนน 1 คะแนนเฉพาะในกรณีที่กาคำตอบได้ถูกต้องเท่านั้น นอกจากนั้นจะได้ศูนย์คะแนน นอกจากนี้สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ได้ให้คะแนนผู้รู้ผิดแตกต่างจากสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ ซึ่งสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์จะลงโทษผู้รู้ผิดในกรณีกาคำตอบถูกว่าเป็นตัวลวงด้วยคะแนนติดลบ 1/(k-1) คะแนน ไม่ว่าผู้ตอบจะกาตัวลวงอื่นๆออกไปอย่างถูกต้องบ้างแล้วก็ตาม ในขณะที่สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์จะลงโทษผู้รู้ผิดด้วยคะแนน 0 คะแนนทั้งนี้ก็เพื่อควบคุมให้คะแนนติดลบ

ในข้อหนึ่งไม่ส่งผลที่จะไปลดคะแนนในข้ออื่นๆซึ่งแสดงระดับจริงของความสามารถของผู้ตอบอยู่แล้ว (Frary, 1980) สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์จึงให้คะแนนที่ลงโทษผู้รู้ผิดน้อยกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบคะแนนที่ให้แก่ความรู้บางส่วนของผู้ตอบ ในกรณีที่ผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกได้ 1 ตัว หรือ 2 ตัว สำหรับข้อสอบ 4 ตัวเลือกแล้ว สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์จะให้คะแนนความรู้บางส่วนมากกว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ ด้วยวิธีการให้คะแนนรายข้อที่แสดงตำแหน่งจริงของความรู้ของผู้ตอบ และการรวมคะแนนรายข้อเข้าเป็นคะแนนทั้งฉบับที่ไม่ให้คะแนนในข้อหนึ่งมีผลต่อคะแนนในข้ออื่นๆ ในการพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบ ควรจะตั้งสมมติฐานได้ว่าคะแนนที่ให้ด้วยสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์นี้จะแสดงตำแหน่งจริงของความรู้ของผู้ตอบและลดแหล่งความแปรปรวนจากการเดาลง ซึ่งควรจะทำให้คุณภาพในการวัดในประเด็นที่เกี่ยวกับความเที่ยงสูงขึ้น และความเที่ยงที่สูงขึ้นจากสูตรการให้คะแนนนี้จะส่งผลให้ความตรงของการวัดสูงขึ้นด้วย เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังกล่าว คะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ จึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพในด้านความตรงและความเที่ยงต่อไป โดยนำมาเปรียบเทียบกับสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเป็นหลักฐานอ้างอิงถึงคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์นี้

2.2 วิธีการสร้างสูตรการให้คะแนนแบบสอบทั้งฉบับ

การสร้างสูตรการให้คะแนนแบบสอบทั้งฉบับในการวิจัยนี้ได้ใช้แนวคิดในการสร้างสูตรการให้คะแนนของ Hamdan (1979) เป็นพื้นฐานเพราะวิธีของแฮมดานสามารถนำมาประยุกต์ให้ตรงกับกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาสูตรการให้คะแนนที่กำหนดเป็นกรอบไว้ได้ วิธีการพัฒนาสูตรการให้คะแนนมีขั้นตอนโดยละเอียดดังนี้

2.2.1 การกำหนดตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวัดในการให้คะแนนแบบสอบทั้งฉบับประกอบด้วย จำนวนข้อถูก จำนวนคำตอบผิด จำนวนข้อสอบ จำนวนตัวเลือก จำนวนข้อที่ผู้ตอบเดาถูก ปริมาณความสามารถที่ผู้ตอบรู้จริง สัดส่วนของความรู้จริงในเนื้อหาที่ตอบ โอกาสในการเดาคำตอบได้อย่างถูกต้อง

2.2.2 นิยามตัวแปรต่างๆในข้อ 2.2.1 ได้ดังนี้

x คือจำนวนคำตอบที่ตอบได้อย่างถูกต้อง

x_1 คือจำนวนคำตอบที่ผู้ตอบตอบโดยรู้จริง

x_2 คือจำนวนข้อที่ผู้ตอบเดาได้อย่างถูกต้อง

p_1 คือสัดส่วนของเนื้อหาที่รู้โดยผู้ตอบ

p_2 คือความน่าจะเป็นของการเดาได้อย่างถูกต้อง

n คือจำนวนข้อสอบ

$x = x_1 + x_2$

2.2.3 การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆจากการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวัด แฮมดานได้ใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น เพื่อเลือกตัวแก้ที่เหมาะสมของการเดาคำตอบถูก ซึ่งแฮมดานได้แบ่งการเดาของผู้ตอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การเดาสุ่ม และการเดาอย่างมีความรู้บางส่วน การเดาสุ่มเป็นกรณีที่ผู้ตอบไม่มีพื้นฐานความรู้เลยที่จะตอบข้อสอบแต่ละข้อ ดังนั้นเขาจึงเดาระหว่างตัวเลือกที่ให้มาทั้งหมด ตัวเลือกทุกตัวจึงมีโอกาสที่จะได้รับเลือกเท่ากัน ส่วนการเดาอย่างมีความรู้บางส่วน ผู้ตอบจะสามารถตัดตัวลวงบางตัวออกได้อย่างถูกต้องโดยใช้ความรู้บางส่วนและเดาระหว่างตัวเลือกที่เหลือ การศึกษาของแฮมดานได้ศึกษาจากการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การแจกแจงความน่าจะเป็นร่วม (Joint probability distribution) ของตัวแปรสุ่ม (x) ที่วัดมาได้ (ซึ่งหมายถึงจำนวนคำตอบที่ผู้ตอบตอบได้อย่างถูกต้อง) กับตัวแปรสุ่ม (x_1) ที่วัดไม่ได้ (คือจำนวนปริมาณที่ผู้ตอบรู้จริง) โดยการแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมระหว่างตัวแปรสุ่ม x และ x_1 นี้ได้รวมพารามิเตอร์ 2 ตัวคือ p_1 และ p_2 ซึ่ง p_1 คือ สัดส่วนของเนื้อหาที่รู้จริงโดยนักเรียน ส่วน p_2 คือ โอกาสหรือความน่าจะเป็นในการเดาถูก ค่าประมาณ maximum likelihood ของ $E(x_1)$ ที่ได้มาจากการกำหนด p_2 ซึ่งคือโอกาสในการเดาถูก ในกรณีของการเดาสุ่ม และ การเดาอย่างมีความรู้บางส่วนจะได้รูปแบบของการให้คะแนนในการสอบแต่ละประเด็นที่เหมาะสม

จากการศึกษาการแจกแจงของตัวแปรสุ่ม แฮมดานได้การแจกแจงความน่าจะเป็นเดี่ยว (marginal probability function) ของ x ซึ่งเป็นคะแนนที่ตอบได้เมื่อมีความรู้จริง x_1 ดังนี้

$$p(x) = p(X=x) = \binom{n}{x} (p_1 + p_2 q_1)^x (q_1 q_2)^{n-x}$$

เมื่อ $x = 0, 1, 2, \ldots, n$ .....(3)

ดังนั้น x จึงมีการแจกแจงแบบไบโนเมียลที่มีพารามิเตอร์ n และ $p_1+p_1q_1$ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของ x คือ (E(x)) จึงเท่ากับ $n(p_1+p_2q_1)$ แต่สิ่งที่ต้องการหาคือ $E(x_1)$ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหา p_1 จาก (3) โดยการกำหนดค่า p_2 ขึ้น 2 ลักษณะสำหรับพารามิเตอร์ นี้คือ

1) ความน่าเป็นในการเดาถูกอันแรกอยู่บนพื้นฐานของการเดาสุ่มผู้ตอบเดาโดยไม่สามารถตัดตัวลวงใดๆออาได้เลยจากตัวลวงทั้งหมด k ตัวดังนั้น $p_2(r)=1/k$

2) จักษณะที่สองของความน่าจะเป็นในการเดาถูกอยู่บนพื้นฐานของการเดาอย่างมีความมีความรู้บางส่วนคือผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงบางตัวออกไปได้บ้างและเดาระหว่างตัวเลือกที่เหลือโดยถ้าผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง m ตัวจากตัวเลือกทั้งหมด k ตัว ดังนั้นเขาก็จะเดาระหว่าง k-m ตัวเลือก m จึงเป็นสัดส่วนกับ p_1 ซึ่งเป็นสัดส่วนของความรู้โดยไม่มีการเดาของผู้ตอบ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ย $E(m)=kp_1$ ซึ่งนำไปสู่การเดาอย่างมีความรู้บางส่วน $p_2(e)=1/(k-kp_1)$ หรือ $1/kq_1$ เมื่อ $kq_1>1$ หรือ $p_1<(k-1)/k$

จากตัวเลือกค่าการเดาคำตอบได้ถูกต้องทั้ง 2 ค่าเมื่อนำไปแทนในสมการที่ (3) จะได้

$$E_r(x) = n(p_1+q_1/k) \quad \text{.....(4)}$$

$$E_e(x) = n(p_1+1/k) \quad \text{.....(5)}$$

ถ้ากำหนด x_o เป็นผลรวมของคะแนนสังเกตที่ผู้ตอบอตอบถูกจากการวัดจริง ซึ่งเป็นค่าประมาณ maximum likelihood ของ p_1 จะเป็นดังนี้

$$p_1(r) = (kx_o-n)/(n/(k-1)) \quad \text{.....(6)}$$

$$p_1(e) = (kx_o-n)/(nk) \quad \text{.....(7)}$$

ดังนั้นเราสามารถหาค่า $E(x_1)$ ได้โดย $E(x_1)=np_1$ จาก (6) และ (7) ได้

$$E_r(x_2) = x_o - (n-x_o)/(k-1) \quad \text{.....(8)}$$

$$E_e(x_1) = x_o - n/k \quad \text{.....(9)}$$

2.2.4 การสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร

แฮมดานให้ข้อสังเกตว่าสูตรการให้คะแนนที่ (8) เป็นคะแนนที่ประมาณความสามารถจริงโดยปราศจากการเดาสุ่ม ซึ่งเหมือนสูตรการแก้การเดาที่ใช้กันอยู่เดิมส่วนสูตรการให้คะแนนสูตรที่ (9) เป็นค่าประมาณระดับความสามารถจริงโดยปราศจากการเดาอย่างมีความรู้บางส่วน แต่พบว่าสูตรที่ (9) ให้ตัวแก้ที่ไม่เหมาะสมเพราะเป็นค่าคงที่ n/k ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับค่า x_o ซึ่งเป็นคะแนนที่สังเกตและวัดได้ไม่ว่าผู้สอบจะมี p_i แตกต่างกันอย่างไรก็จะได้ค่าแก้เท่ากันเช่นนักเรียนสองคนที่มี $p_1=0$ และ $p_2=1/2$ จะได้ค่าแก้ที่เท่ากัน เหตุที่เป็นดังนี้ก็เพราะการเลือกจำนวนตัวลวงที่ผู้สอบตัดออกไปโดยมีความรู้บางส่วน ($m=kp_i$) ซึ่งเป็นค่าคงที่ในสัดส่วนที่ขึ้นกับค่า k ซึ่งเป็นจำนวนตัวเลือกในแต่ละข้อนั่นเอง ถ้าเลือก $m=cp_i$ และกำหนดให้ $0<c<k$ แล้ว $p_2=1/(k-cp_i)$ เมื่อ $(k-cp_i>1$ จาก (3) จะได้

$$E_p(x_i) = n(p_i + p_2q_i) = n[p_i + (1-p_i)/(k-cp_i)].....(10)$$

เมื่อกำหนด $E_p(x_i) = x_o$ ใน (10) จะได้สมการควอดราติคของ p_i ดังนี้

$$ncp_i^{\wedge 2} - (cx_o-n+kn)\hat{p}_i + (kx_o-n) = 0 .....(11)$$

ในกรณีสุดโต่งคือการเดาอย่างสมบูรณ์ (c=0) แทนในสมการ (11) จะได้ผลลัพธ์ $p_i(r)$ ที่กำหนดโดยสูตร (6) และได้ตัวประมาณค่าระดับความสามารถจริงที่ปราศจากการเดาสุ่มในสูตร (8) และในกรณีสุดโต่งอีกกรณีหนึ่ง c=k แทนในสมการ (11) จะได้ $p_i(e)$ ในสูตรที่ (7) ที่ให้ตัวประมาณค่าระดับความสามารถจริงที่ปราศจากการเดาอย่างมีการศึกษาที่ไม่เหมาะสมในสูตร (9) ดังนั้นค่า c จึงควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ k เพื่อที่จะได้ค่าประมาณซึ่งให้ค่าแก้ที่ขึ้นอยู่กับ x_o แฮมดานสรุปว่าค่า c นี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ตอบที่จะใช้ความรู้บางส่วนของเขาในเนื้อหาวิชาที่จะตัดตัวลวงบางตัวออกไปได้อย่างถูกต้อง และให้ข้อสังเกตว่าค่า c ที่เอามาแทนในสูตรที่ (11) จะเป็นค่าเฉลี่ยของตัวลวงที่ผู้ตอบสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้องโดยจะมีค่าเท่ากันทุกคำถามที่ใช้ในการสอบแต่แตกต่างกันไปในผู้ตอบแต่ละคน

2.2.5 การประยุกต์ใช้สูตรการให้คะแนนของแฮมดาน

จะพบว่าปัญหาการประมาณค่าระดับความรู้จริงจากสูตรการให้คะแนนของแฮมดานอยู่ที่วิธีการประมาณค่า c ของผู้ตอบแต่ละคนอย่างไรซึ่งแฮมดานได้เสนอว่า c คือความรู้บางส่วน

ของผู้ตอบที่สามารถตัดตัวลวงบางตัวออกได้บ้างแต่ต้องไม่ใช่ทุกตัวเพราะสมการที่ (10) จะเป็นจริงเมื่อ $(k-cp_i)>1$ นั่นคือ c ต้องไม่เท่ากับ k และความจริงแล้ว c จะต้องมีค่าไม่เกิน k-1 ด้วยทั้งนี้เพราะการที่ c มีค่าเท่ากับ k-1 ในกรณีที่ที่ข้อสอบมีตัวเลือกที่ถูกต้อง 1 ตัว การตัดตัวลวงออกได้ k-1 ตัว ก็หมายถึงเขามีความรู้ที่จะเลือกตัวเลือกนั้นได้ถูกต้อง ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องแก้คะแนนของเขาอย่างไร ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าในกรณีที่จะนำสูตรการให้คะแนนของแฮมดานไปใช้ควรจะใช้แก้เฉพาะข้อที่ผู้ตอบไม่สามารถตัดตัวลวงออกได้ทุกตัว ส่วนในกรณีที่ผู้ตอบรู้ผิดคือตัดตัวเลือกที่ถูกออกโดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวงจะถือว่าเขาไม่มีความรู้และเดาสุ่มค่า c=0 อย่างไรก็ตามแนวคิดในการพัฒนาสูตรการให้คะแนนของแฮมดานเป็นการประมาณค่าระดับความสามารถจริงของผู้ตอบโดยคะแนนที่ประมาณได้เป็นคะแนนที่ปราศจากการเดาสุ่มและการเดาอย่างมีความรู้บางส่วนแล้ว นั่นคือไม่ให้คะแนนเมื่อใดที่มีการเดาเกิดขึ้นแม้จะเป็นการเดาอย่างมีความรู้บางส่วน จึงทำให้คะแนนที่ประมาณได้จากการที่ผู้ตอบตอบอย่างมีความรู้บางส่วนต่ำกว่าคะแนนที่เกิดจากการเดาสุ่มเพราะเป็นการแก้คะแนนทั้งการเดาสุ่มและการเดาแบบมีความรู้บางส่วนร่วมกัน ซึ่งควรจะเป็นว่าผู้ที่ตอบโดยเดาอย่างมีการศึกษาควรที่จะได้คะแนนมากกว่าผู้ตอบที่ตอบด้วยการเดาสุ่ม ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ จึงจำเป็นต้องประยุกต์สูตรการให้คะแนนของแฮมดานโดยคำนวณระดับความรู้บางส่วนของผู้ตอบที่ถูกแก้ไปด้วยสูตรการให้คะแนนของแฮมดานจาก ผลต่างของคะแนนที่ปราศจากการเดาสุ่มกับคะแนนที่ปราศจาการเดาอย่างมีความรู้บางส่วน ส่วนคะแนนที่ผู้ตอบจะได้รับเพื่อแสดงระดับความสามารถจริงของเขาจะได้จากการรวมคะแนนที่ปราศจากการเดาสุ่มเข้ากับคะแนนที่แสดงความรู้บางส่วนของผู้ตอบ ดังนั้น จากสูตรการให้คะแนนของแฮมดานจะพบว่าในกรณีที่คะแนนที่ได้รับเมื่อปราศจากการเดาสุ่มจะเป็นดังนี้

$$CG = R - W/(k-1) \quad \text{.....(12)}$$

ในกรณีที่คะแนนที่ได้รับปราศจากการเดาอย่างมีการศึกษา $E_g(x_i)$ ซึ่งเป็นสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (H) เป็นดังนี้

$$E_g(x_i) = H = [(y) \pm \sqrt{Y^2 - 4cn(kx_o - n)}]/2c$$

$$\text{เมื่อ } (y) = (cx_o - n + kn) \quad \text{.....(13)}$$

และสูตรการให้คะแนนเมื่อพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนของผู้ตอบซึ่งประยุกต์มาจากสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (AH)จะเป็นดังนี้

$$AH = CG + (CG - H) \quad \text{.....(14)}$$

สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน (AH) ได้มีการพิจารณาให้คะแนนแก่ความรู้บางส่วนของผู้ตอบโดยให้คะแนนความรู้บางส่วนที่เพิ่มขึ้นจากคะแนนที่ได้จากสูตรการแก้การเดาแบบเดิม (CG) ในขณะที่สูตรการให้คะแนนของแฮมดานไม่มีการพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบ ทั้งยังถือว่าการตอบด้วยการแสดงความรู้บางส่วนเป็นการเดาคำตอบรูปแบบหนึ่งของผู้ตอบนอกจากการเดาสุ่ม คะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนของแฮมดานไม่สูงกว่าคะแนนที่ได้จากสูตรการแก้การเดาแบบเดิม (CG) ซึ่งถือว่าผู้ตอบเลือกคำตอบผิดจะเป็นผู้ที่ไม่มีความรู้และเดาสุ่ม คะแนนความรู้บางส่วนของผู้ตอบ (c) จะเท่ากับ 0 ซึ่งในกรณีนี้คะแนนที่ได้สูตรการให้คะแนนของแฮมดานจะเท่ากับคะแนนที่ได้จากสูตรการแก้การเดาแบบเดิมพอดี แต่ในกรณีที่ผู้ตอบตัดตัวลวงบางตัวออกไปได้บ้างก็ถือว่าผู้ตอบมีการเดาอย่างมีความรู้บางส่วน คะแนนความรู้บางส่วนของผู้ตอบ (c) จะมากกว่า 0 ซึ่งเมื่อนำไปแทนค่าเพื่อคำนวณคะแนนตามสูตรการให้คะแนนของแฮมดานแล้วจะน้อยกว่าคะแนนที่ตอบโดยการเดาแบบสุ่ม ดังนั้นสูตรการให้คะแนนของแฮมดานจึงไม่มีการพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบเลย ด้วยเหตุผลจากผลงานวิจัยที่แสดงถึงคุณภาพของคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนที่ให้แก่ความรู้บางส่วนของผู้ตอบในเรื่องความเที่ยงของคะแนนที่สูงขึ้น เมื่อใช้สูตรการให้คะแนนที่ให้คะแนนความรู้บางส่วน จึงควรได้ศึกษาคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานนี้ ซึ่งควรตั้งสมมติฐานว่า คะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานจะมีความเที่ยงสูงกว่าคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน ซึ่งควรจะส่งผลให้ความตรงของคะแนนได้สูงขึ้นด้วย ในขณะเดียวกันเนื่องจากยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของสูตรการให้คะแนนของแฮมดานกับสูตรการให้คะแนนอื่นๆ จากการวิเคราะห์สูตรการให้คะแนนซึ่งตัดแหล่งความแปรปรวนในเรื่องการเดาสุ่มและการเดาอย่างมีความรู้บางส่วนออกไป เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพของสูตรการให้คะแนนของแฮมดานนี้เปรียบกับสูตรการให้คะแนนแบบประพฤตินิยม ซึ่งคะแนนยังมีแหล่งความคลาดเคลื่อนในการเดาสุ่มอยู่ด้วย ควรตั้งสมมติฐานถึงคุณภาพในด้านความเที่ยงและความตรงของสูตรการให้คะแนนแบบแฮมดานที่จะเหนือกว่าสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งสมมติฐานดังกล่าวได้นำมาตรวจสอบด้วยวิธีการวิจัยนี้ต่อไป

<u>การศึกษาคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่สร้างขึ้น</u>

จากกระบวนการสร้างสูตรการให้คะแนนขณะนี้ผู้วิจัยมีสูตรการให้คะแนนที่จะนำมาใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบถึงคุณภาพของคะแนนสูตร 5 สูตรคือ

1) สูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (NR)
2) สูตรการให้คะแนนแบบอาร์โนลด์ (A)
3) สูตรการให้คะแนนแบบแฮมดาน (H)
4) สูตรการให้คะแนนประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (AA)
5) สูตรการให้คะแนนประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน (AH)

เมื่อเปรียบเทียบสูตรการให้คะแนนทั้ง 5 นี้ จะมีความแตกต่างกันในด้านต่างๆ ดังนี้

สูตรการให้คะแนน	ลักษณะการให้คะแนน	มีการให้คะแนนแก่ความรู้บางส่วน	มีการแก้การเดาและลงโทษผู้รู้ผิด	ช่วงคะแนนที่เป็นไปได้
NR	รายข้อ	-	-	0-n
A	รายข้อ	✓	✓	-1/3n-n
H	ทั้งฉบับ	-	✓	*
AA	รายข้อ	✓	✓	0-n
AH	ทั้งฉบับ	✓	✓	0-n

* ช่วงคะแนนขึ้นอยู่กับคะแนนรวมข้อถูกและคะแนนความรู้บางส่วนของผู้ตอบแต่ละคน

n คือจำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

คำถามต่อไปของการวิจัยคือว่าสูตรการให้คะแนนดังกล่าวสามารถที่จะแสดงค่าประมาณระดับความสามารถของผู้สอบในสิ่งที่ต้องการวัดได้แม่นยำเพียงใด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ในการศึกษาคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์ขึ้นจากการวิจัย 2 สูตร คือ AA และ AH และสูตรการให้คะแนนแบบเดิม 3 สูตร คือ NR A และ AH ผู้วิจัยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า เนื่องจากวิธีการให้คะแนนเป็นแหล่งที่สำคัญของการอ้างอิงในการวัดดังนั้นสูตรการให้คะแนนที่มีคุณภาพย่อมจะให้คะแนนซึ่งทำให้ผลการวัดนั้นมีคุณภาพด้วย ซึ่งสามารถแสดงได้จากความเที่ยงและความตรงของคะแนนที่ได้จากการวัดนั้นๆ ซึ่งความเที่ยงและความตรงของคะแนนที่ได้จากการวัดนั้นๆ สามารถอ้างอิงได้ถึงคุณภาพของความเที่ยงและความตรงของสูตรการให้คะแนนที่นำมาใช้ด้วยดังนั้นเพื่ออ้างอิงถึงคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่นำมาเปรียบเทียบกันทั้ง 5 สูตร วิธีการจึงต้องผ่านกระบวนการหาความเที่ยงและความตรงของสูตรการให้คะแนนโดยการนำไปให้คะแนนกับการวัดจริง ซึ่งผลการวัดที่ได้มาจากคำตอบจากเครื่องมือชุดเดียวกันในกลุ่มผู้สอบเดียวกัน ต่างกันแต่วิธีการให้คะแนนทั้ง 5 สูตรนี้คุณภาพของการวัดที่วิเคราะห์ได้ต่างกันจึงสามารถอ้างอิงได้ถึงคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่กำลังศึกษา ซึ่งจะสามารถตอบคำถามในประเด็นต่อไปนี้

1) สูตรการให้คะแนนมีความตรงเชิงทฤษฎีเพียงใด การใช้สูตรการให้คะแนนต่างกันผลการวัดที่ได้ยังคงแสดงถึงสิ่งที่ต้องการวัดว่าเป็นสิ่งเดียวกันหรือไม่

2) สูตรการให้คะแนนสามารถใช้ทำนายเกณฑ์ที่เป็นเป้าหมายได้ดีเพียงใด

3) สูตรการให้คะแนนมีความเที่ยงเพียงใด

เพื่อตอบคำถามทั้ง 3 ข้อผู้วิจัยดำเนินงานในการศึกษาคุณภาพของสูตรการให้คะแนน ดังนี้

1. วางแผนในการศึกษาคุณภาพของสูตรการให้คะแนน
2. เลือกตัวแปรที่มุ่งวัดและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. กำหนดวิธีการตอบและคำชี้แจงการตรวจข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วน
4. เลือกพลวิจัย
5. ฝึกนักเรียนเพื่อให้ตอบข้อสอบตามคำชี้แจงที่ให้แสดงความรู้บางส่วนในการตอบ
6. เก็บรวบรวมข้อมูลจากพลวิจัย
7. วิเคราะห์ข้อมูล
8. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลและเสนอสูตรการให้คะแนนที่เหมาะสมต่อไป

1. <u>การวางแผนในการศึกษาคุณภาพสูตรการให้คะแนน</u>

1.1 เพื่อตอบคำถามข้อแรกเกี่ยวกับคุณภาพของสูตรการให้คะแนนว่าการใช้สูตรการให้คะแนนต่างกันยังคงให้ผลการวัดที่แสดงถึงสิ่งที่ต้องการวัดเป็นสิ่งเดียวกันไม่ใช่สิ่งอื่นซึ่งคำถามคำถามดังกล่าวเป็นคำถามที่เกี่ยวกับความตรงเชิงทฤษฎี (construct validity) ของสูตรการให้คะแนน สำหรับการตอบคำถามนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการศึกษาโดยผ่านการวิเคราะห์จากเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ (multitrait - multimethod matrix) ตามคำแนะนำของ Campbell และ Fiske (1959) โดยกำหนดให้วิธีการให้คะแนนแต่ละวิธีเป็น method of measurement แต่ละวิธีซึ่งมี 5 วิธี ส่วนลักษณะ คือตัวแปรที่วัดด้วยแบบสอบที่ผู้วิจัยนำมาศึกษามีลักษณะแตกต่างกันมากกว่า 1 ลักษณะ และ การวิเคราะห์เมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุด้วย Confirmatory factor analytic model เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับ convergent และ discriminant validity และผลของวิธีการให้คะแนนแต่ละวิธีบนลักษณะที่มุ่งวัดแต่ละลักษณะ

1.2 เพื่อตอบคำถามข้อสองเกี่ยวกับความตรงตามเกณฑ์ (criterion related validity) ผู้วิจัยได้ศึกษาและเลือกตัวแปรเกณฑ์ที่คุณลักษณะที่วัดได้ในข้อ 1.1 มุ่งทำนาย และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากสูตรการให้คะแนนกับตัวแปรเกณฑ์นั้น

1.3 เพื่อตอบคำถามข้อสามเกี่ยวกับความเที่ยง (reliability) ของสูตรการให้คะแนน ผู้วิจัยศึกษาถึงความสอดคล้องภายในของคะแนนจากสูตรแต่ละสูตร โดยการคำนวณหาค่าความเที่ยงของคะแนนจากสูตรต่างๆ

2. การเลือกตัวแปรที่มุ่งวัดและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จากแผนการศึกษาความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนรต้องมีลักษณะ(trait)หรือตัวแปรมากกว่า 1 ตัว ในการเลือกตัวแปรดังกล่าว เนื่องจากผู้วิจัยเป็นครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาจึงเลือกตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจ คือ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ (scince process skill) ซึ่งเป็นความสามารถในการแสวงหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ความสามารถนี้เป็นวัตถุประสงค์สำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษานอกเหนือจากเนื้อหาความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม (Integrated science process skills) ซึ่งประกอบด้วยทักษะ 5 ทักษะ คือทักษะการชี้บ่งตัวแปร (Identify variables), ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing), ทักษะในการให้นิยามปฏิบัติการ (Operationally defining), ทักษะในการออกแบบการทดลอง (Defining Investigat ons), ทักษะการตีความหมายข้อมูล (Interpreting data) ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมทั้ง 5 ขั้นนี้มีรายละเอียดของนิยามความสามารถที่แตกต่างกันในแต่ละทักษะดังนี้

ทักษะการชี้บ่งตัวแปร หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในการทดลองว่าตัวแปรดังกล่าว เป็นตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม หรือตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคาดการณ์หรือคาดคะเนคำตอบ หรือความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆได้อย่างมีเหตุมีผล ซึ่งสามารถที่จะพิสูจน์ได้ด้วยการทดลอง

ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรต่างๆที่มีอยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้

ทักษะในการตีความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลในการทดลองที่มีอยู่ในรูปตารางหรือกราฟได้

ทักษะในการออกแบบการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการวางแผนการทดลองและการควบคุมการทดลองได้อย่างเหมาะสม เลือกแบบแผนการทดลองได้ดีเหมาะสม สะดวกในการปฏิบัติ และง่ายในการดำเนินการ เพื่อตอบคำถามหรือพิสูจน์สมมติฐานที่กำหนด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 นี้ มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (r=.47 ถึง .58) (Baird, and Borich, 1987) ทักษะทั้ง 5 นี้ถือเป็น trait ที่ผู้วิจัยจะนำมาศึกษาโดยการให้คะแนนแตกต่างกัน 5 วิธี ด้วยสูตรการให้คะแนนในการวิจัยนี้เพื่อสร้างเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุในการศึกษาถึงความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนนจากสูตรที่ศึกษา

ในส่วนของการศึกษาเกี่ยวกับความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนน ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนที่ให้คะแนนแก่ความรู้บางส่วนของผู้ตอบ ซึ่งเป็นคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบที่สอดคล้องกับโมเดลของกระบวนการคิดในการตอบแบบสอบเลือกตอบของผู้ตอบ จะช่วยทำให้คุณภาพของการวัดในด้านความตรงตามเกณฑ์สูงขึ้น ซึ่งผลอันนี้สามารถที่จะนำมาอ้างอิงได้ถึงคุณภาพในด้านความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนนนั้นๆด้วย ตัวแปรที่ผู้วิจัยศึกษาในการให้คะแนนด้วยสูตรการให้คะแนน 5 สูตร คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดังได้กล่าวมาแล้ว ปัญหาในการเลือกตัวแปรที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์สำหรับตัวแปรทำนายคือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้จากการทบทวนงานวิจัยทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูงกับความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล (r=.52-.62) (Padilla, and Okey, 1983; Baird, and Borich 1987; Vantipa Roadrangka, 1985) จากความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งคู่ผู้วิจัยทั้งหลายได้ให้ข้อสรุปว่าตัวแปรดังกล่าวได้แสดงถึงความคล้ายคลึงกันใน cognitive structure แต่เนื่องจากจุดเริ่มต้นในตัวแปรดังกล่าวเกิดแยกกัน โดยที่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรที่เริ่มมาจากกระบวนการของนักวิทยาศาสตร์ แต่ความสามารถในความคิดเชิงเหตุผลเป็นตัวแปรที่เริ่มมาจากกลุ่มของนักจิตวิทยาทางการศึกษา การวิจัยที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาทั้งในแง่ของการหาความสัมพันธ์และการทดลองว่าตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรเดียวกันหรือไม่ Tobin and Capie (1982) ได้ศึกษานักเรียนในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมต้น 13 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 12 คน ให้นักเรียนได้ศึกษาบทเรียนเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เขาพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ (r=.60) ระหว่างความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เขาได้รายงานว่าความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลเป็นตัวแปรทำนายที่สำคัญของผลสัมฤทธิ์ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถอธิบายถึงความแปรปรวนในผลสัมฤทธิ์นี้ได้ 36% Padilla, Okey and Garad (1984 อ้างใน Baird, and Borich, 1987) ได้สร้างบทเรียนที่ช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนในระดับเกรด 6 และ เกรด 8 โดยใช้เวลา 14 สัปดาห์ ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) ครูถามคำถามเพื่อก่อให้เกิดปัญหาที่นักเรียนจะแสวงหาคำตอบ

(2) นักเรียนตั้งสมมติฐานต่างๆที่เหมาะสม

(3) นักเรียนใช้เทคนิคการระดมสมอง (brainstorming) ในการบ่งชี้ตัวแปรต่างๆ

(4) เลือกตัวแปรทดลองและตัวแปรตามและให้นิยามปฏิบัติการตัวแปร และจัดวิธีการควบคุมตัวแปรอื่นๆ

(5) นักเรียนออกแบบการทดลองและสร้างตารางข้อมูล

(6) แยกกลุ่มนักเรียนเพื่อดำเนินการทดลอง

(7) นักเรียนรวบรวมข้อมูลและสรุปทั่วไปเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ และหรือหาข้อสรุปที่สำคัญจากการทดลอง

ภายหลังบทเรียนได้วัดความสามารถในความคิดเชิงเหตุผล และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญในความสามารถความคิดเชิงเหตุผล ส่วนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนเกรด 6 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่นักเรียนเกรด 8 มีการเปลี่ยนแปลงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยอภิปรายว่าการเปลี่ยนแปลงที่.กิดอย่างไม่มีนัยสำคัญนี้ อาจเนื่องมาจากกระบวนการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อาจจะไม่ใช่วิธีการที่มีประสิทธิภาพพอที่พัฒนาความคิดเชิงเหตุผล หรือไม่ก็อาจจะเนื่องจากเวลาในการทดลองยังไม่เพียงพอ Yeany, Yap และ Padilla (1984, อ้างใน Baird, and Borich, 1987) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์เชิงอันดับ (Hierarchical relationship) ระหว่างความสามารถในความคิดเชิงเหตุผลและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์งาน (Task analysis) ซึ่งวิธีนี้เกี่ยวข้องกับการบ่งชี้ว่าการดำเนินงานโดยผ่านระดับทักษะพื้นฐานหรือความสามารถที่มาก่อนจะทำให้ผู้เรียนได้รับความสำเร็จในทักษะตอนปลายได้ พลวิจัยเป็นนักเรียนแผนกวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมปลายจำนวน 741 คน เขาสรุปว่าความสามารถในการให้เหตุผลด้านการรวมกัน การใช้เหตุผลด้านการอนุรักษ์ และทักษะการออกแบบทดลอง เป็นความสามารถที่จะก่อให้เกิดทักษะขั้นพื้นฐานขั้นต่อไป และพลวิจัยที่รอบรู้แล้วในทักษะขั้นพื้นฐานจะมีแนวโน้มที่จะสัมฤทธิ์ผลในทักษะขั้นสูงขึ้น เขาได้รวมเอาความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลทั้งหมดกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาจัดโครงสร้างในลักษระต้นไม้ พบว่าจุดยอดของโมเดลของเขาคือทักษะการบ่งชี้ตัวแปร และ การให้เหตุผลด้านความสัมพันธ์ ซึ่งความสามารถทั้ง 2 นี้ ต้องการทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลขั้นพื้นฐานมาก่อน ด้วยแนวคิดในเชิงทฤษฎี และหลักฐานเชิงประจักษ์จากผลการวิจัย ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลซึ่งทำให้มีเหตุผลพอที่ผู้วิจัยได้ใช้ตัวแปรความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลมาเป็นเกรดที่ใช้ในการศึกษาความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนน

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบสอบ 2 ฉบับ ดังนี้

2.1 แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบที่มีความมุ่งหมายใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ใน 5 ทักษะ คือ ทักษะการชี้บ่งตัวแปร ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ ทักษะการออกแบบการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูล ซึ่งลักษณะเป็นแบบสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อโดยวัดทักษะละ 8 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของ วรรณทิพา รอดแรงค้า (2528) ซึ่งเป็นผู้แปลและเรียบเรียงขึ้นจาก THE TEST OF INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS (TIPS) ของ Dillashaw, และ Okey (1980) และ INTEGRATED PROCESS SKILLS (TIPS II) ของ Okey, Wise, and Burns (1985) ซึ่งแบบสอบที่สร้างขึ้นมีความมุ่งหมายจะใช้วัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นี้ วรรณทิพา รอดแรงค้า (2528)ได้ใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย เรื่องการศึกษาหาองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 และการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม เพื่อช่วยให้นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประสบผลสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยศึกษากับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 956 คน ปีการศึกษา 2528 แบบสอบใช้เวลาทำ 50 นาที มีค่าความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์อัลฟา .75 ค่าความยากระหว่าง .13-.93 และค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง .08-.55 ผู้วิจัยได้เลือกแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดย วรรณทิพา รอดแรงค้า นี้มาเป็นเครื่องมือที่จะใช้ปรับปรุงเป็นเครื่องมือในการวิจัยนี้ ด้วยเหตุผล คือ เป็นแบบวัดที่มีการสร้างและพัฒนาด้วยกระบวนการที่เป็นมาตรฐาน และสามารถอ้างอิงได้ถึงคุณภาพในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามแบบวัดนี้วางแผนในการวัดกับนักเรียนทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย และยังมีบางข้อที่ค่อนข้างยาก และอำนาจจำแนกไม่เหมาะสม กับจำนวนข้อสอบในแต่ละทักษะไม่เท่ากัน เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับปรุงแบบสอบดังกล่าว ให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และเนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะแยกกันด้วย โดยถือว่าแต่ละทักษะมีความสำคัญเท่ากัน จึงจำเป็นต้องสร้างข้อสอบบางทักษะเพิ่มเติม โดย ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแบบสอบดังกล่าว ด้วยขั้นตอนดังนี้

2.1.1. กำหนดนิยามปฏิบัติการของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะตามแนวของ Dillashaw และ Okey (1980) และแนวของ Okey และคนอื่นๆ (1985) ดังนี้

ทักษะการชี้บ่งตัวแปร สามารถวัดได้ด้วยความสามารถดังนี้

ก) เมื่อกำหนดคำบรรยายการทดลองหนึ่งให้ ให้บ่งชี้ถึงตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม

ข) เมื่อกำหนดปัญหาเกี่ยวกับตัวแปรตามในการทดลองหนึ่งให้ ให้บ่งชี้ถึงตัวแปรที่จะมีผลกระทบต่อตัวแปรตามนั้น

ทักษะการตั้งสมมติฐาน สามารถวัดได้ด้วยความสามารถดังนี้

ก) เมื่อกำหนดเฉพาะตัวแปรตาม หรือทั้งตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่เป็นไปได้ในการทดลองหนึ่งให้ ให้บอกถึงสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้

ข) เมื่อกำหนดปัญหาและวิธีการทดลองให้ ให้ตั้งสมมติฐานที่จะถูกทดสอบในการทดลองนั้น

ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ สามารถวัดได้ด้วยความสามารถดังนี้

ก) เมื่อกำหนดคำบรรยายของการทดลองหนึ่งให้ ให้บอกถึงนิยามปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรในการทดลองนั้น

ข) เมื่อกำหนดสมมติฐานให้ หรือให้คำบรรยายเกี่ยวข้องกับตัวแปรในการทดลองหนึ่งให้ ให้เลือกนิยามปฏิบัติการที่เหมาะสมกับตัวแปรในสมมติฐานหรือการทดลองนั้น

ทักษะการออกแบบการทดลอง สามารถวัดได้ด้วยความสามารถดังนี้

ก) เมื่อกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวกับการทดลองหนึ่งให้ ให้ออกแบบการทดลองที่เหมาะสมที่จะทดสอบสมมติฐานนี้

ข) เมื่อกำหนดปัญหาจากสถานการณ์หนึ่งให้ ให้ออกแบบการทดลองเพื่อตอบปัญหานี้

ทักษะการแปลความหมายข้อมูล สามารถวัดได้ด้วยความสามารถดังนี้

ก) กำหนดตารางหรือกราฟที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลในการทดลองหนึ่งให้ ให้อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการทดลองนั้น

ข) ให้คำบรรยายที่เกี่ยวกับการทดลองหนึ่งให้ พร้อมข้อมูลจากการทดลองนี้ ให้สร้างตารางหรือกราฟเพื่อแทนข้อมูลเหล่านี้

2.1.2. กำหนดผังข้อสอบเพื่อใช้เป็นกรอบที่จะให้ได้ข้อสอบที่ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมทุกทักษะ โดยปรับปรุงขึ้นจากฉบับเดิมให้มีจำนวนข้อที่วัดแต่ละทักษะเท่ากันทั้งนี้เพราะผู้วิจัยถือว่าทักษะแต่ละทักษะมีความสำคัญเท่ากัน และกำหนดจำนวนข้อทั้งฉบับ 40 ข้อ ซึ่งสามารถนำเนินการสอบได้ภายในช่วงเวลา 1 คาบ 50 นาที ดังนี้

ทักษะ	จำนวนข้อสอบ	
	แบบสอบของวรรณทิพา	แบบสอบที่สร้างในการวิจัย
การชี้บ่งตัวแปร	12	8
การตั้งสมมติฐาน	9	8
การให้นิยามปฏิบัติการ	6	8
การตีความหมายข้อมูล	6	8
การออกแบบการทดลอง	3	8
รวม	36	40

2.1.3. เลือกข้อสอบจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งค่าความยากและอำนาจจำแนกจากแบบสอบของ วรรณทิพา รอดแรงค้า ให้ครอบคลุมทักษะที่กำหนดไว้ในผังข้อสอบ และปรับปรุงในประเด็นของภาษาให้ชัดเจน ปรับแก้ไขคำถาม และ ตัวเลือกต่างๆให้เหมาะสม และสร้างข้อสอบขึ้นใหม่เพื่อให้ได้ข้อสอบที่วัดได้ครบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้

2.1.4 นำแบบสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญในสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ได้พิจารณาความตรงของแบบสอบที่สร้างขึ้น กลุ่มผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย อาจารย์ในสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ท่าน นักวิชาการจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวน 2 ท่าน อาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา จำนวน 2 ท่าน

การพิจารณาความตรงของแบบสอบได้ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาใน 2 ประเด็น คือ

ก. ผังข้อสอบและนิยามปฏิบัติการในแต่ละทักษะได้ครอบคลุมโครงสร้างในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วหรือไม่ มีประเด็นใดที่ต้องการแก้ไขปรับปรุง

ข. ข้อสอบแต่ละข้อวัดทักษะตามนิยามปฏิบัติการที่กำหนดไว้หรือไม่ และมีประเด็นใดในแต่ละข้อที่ต้องการแก้ไขปรับปรุงอีก

ผลการพิจารณาโครงสร้างของแบบสอบ และ นิยามปฏิบัติการผู้เชี่ยวชาญทุกท่านเห็นด้วยกับโครงสร้างของแบบสอบตามผังข้อสอบที่กำหนด ส่วนการให้นิยามปฏิบัติการ ผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่านแก้ไขคำอธิบาย และถ้อยคำให้ชัดเจนขึ้น อีก 2 ท่าน ขอปรับปรุงหัวข้อทักษะการเขียนกราฟและการแปลความหมายข้อมูล ให้เน้นที่การตีความหมายข้อมูลจากตารางหรือกราฟ

ผลการพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดทักษะกระบวนการตามนิยามที่กำหนดไว้หรือไม่ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญ 6 ใน 8 ท่านเห็นด้วยว่าข้อสอบทุกข้อวัดทักษะที่กำหนดทั้งหมด ส่วน อีก 2 ท่าน ให้ปรับปรุงข้อสอบ 12 ข้อ ให้ชัดเจนขึ้น ในประเด็นของสถานการณ์ในข้อสอบ และ การใช้รูปภาพเพื่อดึงดูดผู้ตอบ และแก้ไขถ้อยคำสำนวนให้ชัดเจนขึ้น 13 ข้อ ส่วนเรื่องความยากง่ายของข้อสอบมีผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่านให้ความเห็นว่าข้อสอบค่อนข้างยากในบางข้อสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เมื่อนำผลการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าดัชนีความตรงตามจุดมุ่งหมาย ด้วยสูตร Lawshe (1975) ดังนี้

ดัชนีความตรงตามจุดมุ่งหมาย = (n-N/2)/(N/2)

เมื่อ n คือ จำนวนผู้ตัดสินที่ตัดสินว่าข้อสอบวัดตามจุดมุ่งหมาย

N คือ จำนวนผู้ตัดสินทั้งหมด

พบว่าโดยเฉลี่ยแบบสอบทั้งฉบับมีค่าความตรงตามจุดมุ่งหมาย =.835 โดยมีค่าความตรงตามจุดมุ่งหมายสูงสุด = 1.00 จำนวน 15 ข้อ และมีค่าความตรงตามจุดมุ่งหมายต่ำสุด .71 จำนวน 8 ข้อ นอกนั้นมีค่าความตรงตามจุดมุ่งหมาย .75 ซึ่งทุกข้อ อยู่ในเกณฑ์ที่แสดงว่าข้อสอบวัดจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด เมื่อพิจารณาค่าความตรงในแต่ละทักษะพบว่า ผลการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญแสดงค่าความตรงโดยเฉลี่ยแต่ละทักษะ คือ ทักษะการชี้บ่งตัวแปร .797 ทักษะการตั้งสมมติฐาน .761 ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ .776 ทักษะการออกแบบทดลอง .875 ทักษะการตีความหมายข้อมูล .969

2.1.5 ผู้วิจัยนำคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมาประมวล และพิจารณาแก้ไขปรับปรุงสถานการณ์ที่กำหนดในข้อสอบ การเขียนภาพประกอบ และถ้อยคำที่ใช้ให้ชัดเจนขึ้นและจัดพิมพ์ข้อสอบพร้อมคำชี้แจงการตอบเพื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบในค่าสถิติ ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยงต่อไป

2.1.6 ผู้วิจัยนำแบบสอบที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทดลองสอบกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2532 จำนวน 147 คน เพื่อวิเคราะห์ถึงระดับความยาก อำนาจจำแนก และ ความเหมาะสมของภาษาและความสามารถในการลวงของตัวลวงแต่ละตัว

ผลการตอบข้อสอบของนักเรียน นักเรียนสามารถทำข้อสอบได้เสร็จภายในเวลา 50 นาที ได้คะแนนสูงสุด 36 คะแนน คะแนนต่ำสุด 7 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 23.23 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ มีค่าความยากอยู่ในช่วง .13-.86 ความยากเฉลี่ย .58 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง .10-.65 อำนาจจำแนกเฉลี่ย .36 โดยทั่วไปข้อสอบมีค่าความยากและอำนาจจำแนกเหมาะสม คือค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ .20-.80 และอำนาจจำแนกมีค่า .2 ขึ้นไป มีข้อสอบ 2 ข้อ อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างยาก และมีข้อสอบ 6 ข้อ ที่มีอำนาจจำแนกไม่ถึง .2 ซึ่งเนื่องมาจากเป็นข้อที่ค่อนข้างยากและง่ายเกินไป เมื่อพิจารณาตัวลวงแต่ละตัวมีผู้เลือกตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป และมีจำนวน 9 ข้อ ที่มีตัวลวงบางตัวที่มีผู้เลือกตอบร้อยละ 3 ถึง 4

การวิเคราะห์ข้อสอบทั้งฉบับได้ค่าความเที่ยง KR-20 = .83

2.1.7 ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อและคำถามของนักเรียนในระหว่างการสอบที่ไม่ชัดเจนในข้อคำถาม มาปรับปรุง ถ้อยคำ ให้เหมาะสมขึ้น และแก้ไข ตัวลวงบางตัวให้เหมาะสมขึ้น แล้วจึงนำข้อสอบจัดพิมพ์ จัดทำคำชี้แจงในการตอบสำหรับผู้ตอบ กระดาษคำตอบ และคำชี้แจงสำหรับผู้คุมสอบต่อไป

เมื่อพิจารณาคุณภาพของแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญในเรื่องความตรงตามจุดมุ่งหมายของแบบสอบ และผลการตอบของนักเรียนที่มีลักษณะ และ ความสามารถเช่นเดียวกับกลุ่มที่จะนำแบบสอบไปใช้จริง ให้ข้อสรุปถึงคุณภาพของแบบสอบที่เหมาะสมจะนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยนี้ต่อไป

2.2 แบบวัดความสามารถความคิดเชิงเหตุผล

แบบวัดความสามารถความคิดเชิงเหตุผล เป็นแบบวัดงานปฏิบัติการทางความคิดตามทฤษฎีของเพียเจต์ ที่มีชื่อว่า THE GROUP ASSESMENT OF LOGICAL THINKING (GALT) ซึ่งสร้างโดย Vantipa Roadrangka (1985) แบบวัดนี้วัดงานปฏิบัติการทางความคิด 6 งาน คือ การให้เหตุผลด้านการอนุรักษ์ การให้เหตุผลด้านสัดส่วน การให้เหตุผลด้านการแยกและควบคุมตัวแปร การให้เหตุผลด้านความน่าจะเป็น การให้เหตุผลด้านความสัมพันธ์ และการให้เหตุผลด้านการนำมารวมกัน โดยสร้างข้อสอบเริ่มแรกจากการคัดเลือกข้อสอบซึ่งวัดงานปฏิบัติการทางความคิดทั้ง 6 งาน จากแบบวัดของ Burney (1974), Lawson (1978), และ Ankney, and Joce (1974) คำถามแต่ละข้อประกอบด้วยสถานการณ์ที่บุคคลกำลังทำการทดลอง คำถามหลังสถานการณ์ในการทดลองจะเป็นคำตอบที่ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุด และเว้นที่ว่างให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลว่าทำไมจึงเลือกคำตอบนั้น ตรวจสอบภาษาที่ถามแต่ละข้อให้เหมาะสมแล้วจึงนำไปทดสอบกับนักเรียนระดับมัธยมโรงเรียน Clarke ในรัฐจอเจียร์ ตั้งแต่เกรด 6 ถึง เกรด 12 จำนวน 199 คน นำคำอธิบาย

ที่เป็นคำตอบของนักเรียนมาสร้างเป็นตัวเลือกที่เป็นเหลุผลสำหรับแต่ละคำตอบ เพื่อสร้างเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบที่มีทั้งตัวเลือกที่เป็นคำตอบ และตัวเลือกที่เป็นเหตุผลของคำตอบ ซึ่งนักเรียนจะต้องเลือกให้ถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผลจึงจะได้คะแนน นำแบบสอบดังกล่าวไปทดลองกับนักเรียนระดับมัธยมจนถึงมหาวิทยาลัย จำนวน 54 คน พื่อปรับปรุงข้อสอบเป็นรายข้อ ในการหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก นำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงข้อสอบรายข้อ หลังจากการปรับปรุงแล้วได้แบบสอบวัดความสามารถความคิดเชิงเหตุผล ที่มีลักษณะเป็นแบบสอบเลือกตอบ 2 ครั้ง (double multiple choice format) จำนวน 12 ข้อ โดยที่ข้อสอบแต่ละข้อจะให้สถานการณ์ปัญหาซึ่งนำไปสู่คำถามท้ายข้อโดยมีรูปภาพ และคำอธิบายประกอบภาพเพื่อความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา ผู้ตอบต้องเลือกคำตอบที่ตรงกับความคิดของตนเอง พร้อมทั้งเลือกเหตุผลประกอบคำตอบที่เลือกไว้ การตัดสินว่าเป็นผู้มีความสามารถในการให้เหตุผลในงานนั้นผู้ตอบต้องตอบถูกต้องทั้งคำตอบและเหตุผล เมื่อนำแบบสอบไปบริหารการสอบกับนักเรียนระดับมัธยมจนจึงนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยในรัฐจอเจียร์จำนวน 628 คน ผลาารวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบมีค่าความเที่ยงสัมประสิทธิ์อัลฟา .85 ค่าความตรงเมื่อเทียบกับการสัมภาษณ์ตามวิธีของเพียเจต์ .71 ความยากง่ายของภาษาที่ใช้มีค่าความสามารถตั้งแต่ระดับ เกรด 6 ขึ้นไป และใช้เวลาในการบริหารการสอบประมาณ 45 นาที

แบบวัดความสามารถความคิดเชิงเหตุผล (GALT) ได้ผ่านการปรับปรุงและแปลเป็นภาษาไทยโดย วรรณทิพา รอดแรงค้า (2528)ได้นำมาใช้กับนักเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร ในการศึกษาแบบการให้เหตุผลในงานปฏิบัติการทางความคิดขั้นนามธรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาโดย ไพรัตน์ แย้มศาสตร์ (2530) และ นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์แบบการให้เหตุผลด้านสัดส่วนด้านความน่าจะเป็นและด้านความสัมพันธ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยวรรณทิพา รอดแรงค้า (2532) โดยนำไปทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ของนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ในปีการศึกษา 2529 จำนวน 651 คน นอกจากนี้แบบวัดความสามารถความคิดเชิงเหตุผลนี้ Baird และ Borich (1987) ได้นำไปเป็นเครื่องมือหนึ่งในการวิจัยเพื่อหาความตรงระหว่างทักษ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลขั้นนามธรรมโดยทดสอบกับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาจิตวิทยาการศึกษา จำนวน 54 คน พบความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคความสามารถการคิดเชิงเหตุผล (r=.62) มีความสัมพันธ์ของตัวแปรระหว่างชุดย่อย (subscale) อยู่ในช่วง r=.14-.55 เมื่อนำชุดย่อย (subscale) ของแบบสอบทั้งสองชุดมาวิเคราะห์ตัวประกอบได้ตัวประกอบสำคัญ 2 ตัวที่มีความสัมพันธ์กัน ตัวประกอบตัวแรกชุดย่อยของแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีน้ำหนักบนตัวประกอบนี้สูงขณะที่ตัวประกอบตัวที่ 2 ชุดย่อยของแบบสอบความสามารถความคิดเชิงเหตุผลมีน้ำหนักอยู่บนตัวประกอบนี้สูงกว่า

จากการศึกษาคุณภาพของเครื่องมือวัดความสามารถความคิดเชิงเหตุผล (GALT) ดังกล่าว ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือชุดนี้ในการวัดความคิดเชิงเหตุผลที่เป็นตัวแปรเกณฑ์ในการวิจัย ในการศึกษาถึงความตรงตามเกณฑ์ของคะแนนจากสูตรการให้คะแนนต่างๆจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยเหตุผล คือ

1) ตัวแปรที่วัดได้ด้วยแบบวัดความสามารถความคิดเชิงเหตุผล ซึ่งประกอบด้วยการให้เหตุผลด้านการอนุรักษ์ ด้านสัดส่วน ด้านการควบคุมตัวแปร ด้านความน่าจะเป็น ด้านความสัมพันธ์ และด้านการนำมารวมกัน มีความสัมพันธ์เชิงอันดับ (Hierachical relationship) กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทักษะการชี้บ่งตัวแปร ทักษะการให้นิยามปฏิบัติการ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการออกแบบทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูล โดยที่ตัวแปรทั้งคู่มีความสัมพันธ์ในระดับค่อนข้างสูง (r=.52-.71) ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลด้านการรวมกัน การให้เหตุผลด้านความสัมพันธ์ และทักษะการออกแบบทดลอง เป็นความสามารถพื้นฐานที่จะทำให้เกิดทักษะหรือความสามารถขั้นสูงต่อไป และจากการวิเคราะห์งานพบว่าทักษะการชี้บ่งตัวแปร และการให้เหตุผลด้านความสัมพันธ์เป็นความสามารถที่ต้องการทักษะและความคิดเชิงเหตุผลในขั้นพื้นฐานอื่นๆ มาก่อน (Yeany, and 1984 อ้างใน Baird and Borich, 1987)

2) มีงานวิจัยที่แสดงถึงคุณภาพของแบบสอบที่สามารถวัดตัวแปรความคิดเชิงเหตุผลและนำมาใช้ได้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา

3) มีรูปแบบการตอบข้อสอบที่มีลักษณะให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและเลือกเหตุผลประกอบคำตอบด้วย ซึ่งสามารถพิจารณาให้คะแนนทั้งในกรณีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมและการให้คะแนนตามระดับความถูกต้องของเหตุผลได้

อย่างไรก็ตามแบบวัดความสามารถในความคิดเชิงเหตุผล (GALT) นี้ยังไม่เคยได้ศึกษาคุณภาพกับนักเรียนไทยมาก่อนถึงแม้จะนำมาใช้ในงานวิจัยหลายงานแล้วก็ตาม เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และเวลาในการดำเนินการสอบตลอดจนคำชี้แจงในการสอบที่แตกต่างจากแบบสอบเลือกตอบแบบเดิม ที่ต้องการให้ผู้ตอบเลือกตอบ 2 ครั้งทั้งการเลือกคำตอบและเหตุผลประกอบคำตอบ ผู้วิจัยจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2532 จำนวน 108 คน ใช้เวลาในการสอบประมาณ 50 นาที คะแนนจากข้อสอบ 12 ข้อที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยมได้คะแนนสูงสุด 10 คะแนน ต่ำสุด 0 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 5.35 คะแนน การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ มีค่าความยากในช่วง .05-.89 ความยากเฉลี่ย .45 ข้อสอบที่ยากมากมีจำนวน 2 ข้อ เกี่ยวกับการให้เหตุผลด้านความสัมพันธ์ มีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง .20-.60 เฉลี่ย .41 แบบสอบทั้งฉบับมีค่าความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบ .64 แบบ KR-20 .58 เมื่อพิจารณาคุณภาพทั่วไปของแบบสอบนี้แล้วมีคุณภาพเหมาะที่เป็นเครื่องมือในการวิจัยนี้และสำหรับคำชี้แจงการตอบที่เปลี่ยนไป จากการที่ให้ผู้ตอบเลือกคำตอบ แล้วจึงเลือกเหตุผลแทนที่จะลือกตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงครั้งเดียว เมื่อนำไปทดลองพบว่านักเรียนสามารถเข้าใจคำชี้แจงในการตอบนี้ได้ดี จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องฝึกนักเรียนที่เป็นผลวิจัย

3. <u>การกำหนดวิธีการตอบและคำชี้แจงการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วน</u>

เนื่องจากผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้สอบกับวิธีการตอบข้อสอบ ตามคำชี้แจงการตอบที่ให้คะแนนด้วยวิธีต่างๆกันในการวิจัย และกำจัดผลของคำชี้แจงการตอบต่างกันที่จะมีผลต่อคำตอบของผู้เข้าสอบที่มีระดับการเสี่ยงแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวกับความแตกต่างของกลุ่มผู้ตอบและความแตกต่างของคำชี้แจงในการบริหารการสอบ และ วิธีการตอบ โดยการใช้ผู้ตอบกลุ่มเดียวกันได้รับคำชี้แจงการตอบและวิธีการตอบข้อสอบแบบเดียวกัน เพื่อผลการตอบข้อสอบขึ้นอยู่แต่เพียงความสามารถที่วัดได้ของผู้ตอบในตัวแปรที่ต้องการวัด ซึ่งแสดงผลการตอบนั้นด้วยวิธีการให้คะแนนที่แตกต่างกัน

วิธีการตอบข้อสอบที่ผู้วิจัยกำหนดในการวิจัยครั้งนี้ เกิดจากแนวทางในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนของ Coombs and others (1956) ประกอบกับวิธีการวิจัยของ Arnold and Arnold (1970) และ ผลการสัมภาษณ์วิธีการคิดในการเลือกคำตอบข้อสอบแบบเลือกตอบของนักเรียนซึ่งได้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการตอบดังนี้

ในกรณีที่ไม่รู้คำตอบว่าข้อใด ถูกต้องแน่หลังจากอ่านคำถามและเลือกตัวเลือกแล้ว นักเรียนจะใช้ความรู้บางส่วนค่อยๆ ตัดตัวลวงออกไปทีละตัวที่คิดว่าเป็นตัวเลือกที่ไม่ใช่คำตอบ และ เดาสุ่มเอาระหว่างตัวเลือกที่เหลือ การตัดตัวเลือกบางครั้งก็ตัดได้หมด บางครั้งก็สามารถตัดได้บางตัว

ในกรณีที่นักเรียนรู้คำตอบ นักเรียนจะเลือกตัวเลือกที่นักเรียนคิดว่าถูกต้องเลย

ในกรณีที่นักเรียนไม่รู้คำตอบและไม่สามารถตัดตัวลวงใดๆออกได้ นักเรียนจะเว้นไม่ตอบคำถาม หรือ เดาคำตอบในตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง

จึงสามารถสรุปวิธีการตอบ รูปแบบคำตอบ ที่นักเรียนตอบข้อสอบที่จะกำหนดขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ ได้ 5 รูปแบบ สำหรับกรณีที่ข้อสอบ มี 4 ตัวเลือกและมีตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

<u>รูปแบบที่ 1</u> <u>เดาคำตอบ</u> กรณีที่นักเรียนไม่ทราบคำตอบว่าจะเลือกตัวเลือกใดเลยและไม่มีความรู้ที่จะตัดตัวลวงใดๆออกได้ นักเรียนจะใช้การเดาสุ่ม ระหว่างตัวเลือกที่กำหนดในกรณีนี้ ลักษณะรูปแบบคำตอบ ที่นักเรียนจะตอบ เป็นดังนี้

ก	ข	ค	ง
	X		

เมื่อนักเรียนเดาว่าตัวเลือก ข น่าจะเป็นคำตอบ

รูปแบบที่ 2 ตัด 1 ตัว กรณีที่นักเรียนไม่ทราบคำตอบนักเรียนสามารถตัดตัวลวงออกได้ 1 ตัว และเดาสุ่มระหว่างตัวเลือกที่เหลือในกรณีนี้รูปแบบคำตอบ ที่นักเรียนตอบจะเป็น ดังนี้

ก	ข	ค	ง
1	X		

เมื่อนักเรียนตัดตัวลวง ก ออก และเลือก ข ว่าเป็นคำตอบ

รูปแบบที่ 3 ตัด 2 ตัว กรณีที่นักเรียนไม่ทราบคำตอบนักเรียนสามารถตัดตัวลวงออกได้ 2 ตัว และเดาสุ่มระหว่างตัวเลือกที่เหลือ รูปแบบคำตอบ จะเป็นดังนี้

ก	ข	ค	ง
1	X		2

เมื่อนักเรียนตัดตัวลวง ก ออกก่อน แล้วจึงตัดตัวลวง ง ออก โดยเลือกระหว่าง ข และ ค ว่า ข น่าจะเป็นคำตอบ

รูปแบบที่ 4 ตัด 3 ตัว นักเรียนค่อยๆตัดตัวลวงออกทีละตัวจนหมดและเลือกคำตอบที่เหลือว่าเป็นคำตอบที่ถูก รูปแบบคำตอบ จะเป็น ดังนี้

ก	ข	ค	ง
1	X	3	2

นักเรียนตัดตัวลวง ก ออกก่อน แล้วค่อยตัดตัวลวง ง และ ค ตามลำดับ แล้วเลือกตัวเลือก ข ว่าเป็นคำตอบ

รูปแบบที่ 5 แน่ใจคำตอบ ในกรณีที่เมื่อนักเรียนอ่านคำถามแล้วแล้วทราบว่าตัวเลือกที่ถูกคืออะไร นักเรียนก็จะเลือกตัวเลือกนั้นอย่างแน่ใจว่าเป็นคำตอบที่ถูกโดยไม่ต้องตัดตัวลวงใดๆออกก่อน รูปแบบคำตอบจะเป็น ดังนี้

ก	ข	ค	ง
1	X	1	1

กรณีนี้นักเรียนตอบโดยแน่ใจว่าตัวเลือก ข เป็นตัวเลือกที่ถูกต้อง

จากวิธีการตอบและรูปแบบคำตอบในข้อสอบเลือกตอบ ที่กำหนดนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดคำชี้แจงในการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบแก่นักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวกของการวิจัยนี้

4. <u>พลวิจัย</u>

เนื่องจากตัวแปรและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นเครื่องมือที่ออกแบบใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา และตัวแปรทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรที่สำคัญที่มุ่งพัฒนาในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกพลวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นผู้ตอบแบบสอบ โดยใช้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2532 จำนวนทั้งสิ้น 21 ห้องเรียน โดยเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1,2 และ 3 ระดับชั้นละ 7 ห้องเรียนเป็นนักเรียนทั้งสิ้น 731 คน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 391 คน และนักเรียนหญิง 340 คน

เหตุที่ผู้วิจัยเลือกนักเรียนจากโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นพลวิจัยในการศึกษาถึงคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่สร้างขึ้น ก็ด้วยเหตุผลที่สำคัญ 3 ประการ คือ

4.1 ความเหมาะสมของลักษณะนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่มีการกระจายของจำนวนนักเรียนหญิง จำนวนนักเรียนชาย และจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ตลอดจนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีทุกระดับตั้งแต่ระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ดังแสดง ผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในภาคต้นปีการศึกษา 2532 ของพลวิจัยในตารางข้างล่างนี้

ระดับผลการเรียน	จำนวนนักเรียนในแต่ละชั้น			
	ม 1	ม 2	ม 3	รวม
4	45 (18.9)	33 (13.1)	29 (11.9)	107 (14.6)
3	93 (39.2)	114 (45.4)	89 (36.6)	296 (40.5)
2	71 (29.9)	56 (22.3)	79 (32.5)	206 (28.2)
1	20 (8.4)	34 (13.5)	35 (14.4)	89 (12.2)
0	8 (3.3)	14 (5.6)	11 (4.5)	33 (4.5)
รวม	237	251	243	731

แหล่งที่มา:- แบบรายงานผลการเรียนของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาคต้น ปีการศึกษา 2532 (ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับผลการเรียนเมื่อเทียบกับจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับชั้น)

4.2 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน เน้นให้นักเรียนได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาด้วยการดำเนินการทดลองนักเรียนได้รับการฝึกทักษะในการบ่งชี้ปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง บันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และ อภิปรายผลการทดลอง ดังนั้นนักเรียนจึงได้รับการฝึกในการใช้กระบวนการคิดด้วยการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

4.3 นอกจากนี้การที่ผู้วิจัยเลือกนักเรียนเฉพาะโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ก็เพราะกระบวนการตอบแบบสอบในการวิจัยครั้งนี้มีวิธีการที่แตกต่างจากเดิมที่ให้เลือกเฉพาะข้อที่ถูกเท่านั้น เป็นการเลือกตัวเลือกที่เป็นตัวลวงออกมาด้วย เพื่อที่จะวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบ วิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องมีการฝึกหัด และเนื่องจากต้องใช้เวลาในการสอบด้วยแบบสอบ 2 ฉบับ ประกอบกับข้อมูลในการตอบแบบสอบไม่มีผลต่อการพิจารณาการเรียนตามปกติคงใช้ผลในการวิจัย ซึ่งจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือทั้งจากผู้บริหารโรงเรียน ครู และนักเรียนเป็นอย่างยิ่งที่จะให้ความสำคัญต่อการวิจัยในครั้งนี้และให้ความร่วมมือตามแผนของการวิจัย ด้วยผู้วิจัยเป็นอาจารย์ในโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จึงอยู่ในวิสัยที่สามารถชี้แจงให้ผู้บริหารได้ให้เวลาในการทดสอบนักเรียน และ ชี้แจงอาจารย์ที่เกี่ยวข้องได้ช่วยทำความเข้าใจกับนักเรียนที่เป็นพลวิจัย ในการให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบตามความสามารถและดำเนินการฝึกซ้อมวิธีการตอบแบบสอบตามวิธีการวิจัย และชี้แจงให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวิจัยดังกล่าว ซึ่งจะเป็นผลให้ผลการตอบเป็นกระบวนการที่ได้มาจากความสามารถของนักเรียน

5. <u>การฝึกนักเรียนเพื่อให้ตอบข้อสอบตามคำชี้แจงที่ให้แสดงความรู้บางส่วนในการตอบ</u>

5.1 เหตุผลเนื่องจากการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบโดยการให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วน ใช้วิธีการตอบที่แตกต่างไปจากการให้นักเรียนตอบแบบสอบเลือกตอบด้วยวิธีการเดิม (คือการเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว) และ วิธีการตอบเพื่อให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วนนี้ ถึงแม้จะสอดคล้องกับกระบวนการคิดในการตอบข้อสอบเลือกตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ใช้อยู่ก็ตาม แต่มีรูปแบบคำตอบที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจไปรบกวนผลการตอบข้อสอบของนักเรียนที่จะได้แสดงความสามารถที่แท้จริงของเขา จึงจำเป็นต้องฝึกนักเรียนให้ตอบข้อสอบโดยให้แสดงความรู้บางส่วนในการตอบ เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนได้เข้าใจวิธีการตอบข้อสอบนี้ อย่างแท้จริง และวิธีการตอบนี้จะไม่ไปรบกวนต่อผลการตอบของเขา

5.2 การสร้างแบบฝึก

จากปัญหาที่ผู้วิจัยจำเป็นต้องฝึกนักเรียนที่เป็นพลวิจัยพร้อมๆกัน ก่อนที่จะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล.เพื่อตอบคำถามการวิจัย ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องมีสื่อในการฝึกนักเรียนดังกล่าวโดยจัดทำเป็นบทเรียนแบบโปรแกรมเพื่อให้นักเรียนสามารถศึกษาด้วยตนเอง แบบฝึกดังกล่าว มีวัตถุประสงค์สำคัญ 3 ประการ คือ ประการแรก เพื่อแสดงให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์และความสำคัญถึงวิธีการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบที่จะช่วยให้นักเรียนคิดตอบอย่างมีระบบ และ มีโอกาสตอบถูกมากขึ้นแทนการใช้วิธีการเดาสุ่ม ประการที่สอง เพื่อให้นักเรียนบ่งชี้ได้ถึงรูปแบบการตอบแบบต่างๆที่ใช้ในการวิจัย และประการที่สาม เพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับวิธีการตอบ และ รูปแบบคำตอบในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนนี้

แบบฝึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมี 2 ชุด ใช้เวลาการศึกษาแต่ละชุด ประมาณ 15 นาที ดังนี้

แบบฝึกชุดที่ 1 ชื่อว่าแบบฝึกด้วยตนเองเรื่องการแสดงความรู้บางส่วนในการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบ

แบบฝึกชุดนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 6 หน้า ประกอบด้วยตอนที่ สำคัญ 3 ตอน ตอนแรกเป็นคำชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบฝึก และคำอธิบายเกี่ยวกับแบบฝึกและวิธีการใช้แบบฝึก ตอนที่ 2 เป็นบทเรียนแบบโปรแกรมแบ่งเนื้อหาย่อยๆ ออกเป็น 13 ตอน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบ และวิธีการตอบแบบสอบ โดยการแสดงความรู้บางส่วน ในบางตอนจะมีคำถามทิ้งไว้ให้นักเรียนตอบ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนขณะที่ศึกษา โดยจะมีคำตอบให้นักเรียนสามารถตรวจสอบได้ด้วยตนเองในแต่ละตอน จำนวนทั้งสิ้น 10 ข้อ ตอนที่ 3 เป็นแบบฝึกหัด จำนวน 8 ข้อ เกี่ยวกับเครื่องหมายต่างๆ ในการตอบข้อสอบตามที่นักเรียนได้ฝึกมา ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจหลังจากนักเรียนได้ศึกษาวิธีการตอบและรูปแบบคำตอบมาแล้ว

แบบฝึกชุดที่ 2 ชื่อว่าแบบฝึกด้วยตนเองเรื่องคำชี้แจงในการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบโดยการให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วน

แบบฝึกชุดนี้ ประกอบด้วยตอนสำคัญ 3 ตอน ตอนแรก เป็นคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบฝึกและวิธีการใช้แบบฝึกนี้ ตอนที่ 2 เป็นคำชี้แจงในการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบ โดยให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้บางส่วน ซึ่งเป็นคำชี้แจงที่นักเรียนจะได้รับเมื่อจะตอบข้อสอบด้วยวิธีนี้ ตอนที่ 3 เป็นคำถามเพื่อ

ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการตอบและรูปแบบคำตอบและสัญญลักษณ์ต่างๆที่ใช้ในการตอบ โดยมีลักษณะคำถามที่ให้นักเรียนโยงคำตอบกับรูปแบบของการตอบในการแสดงความรู้บางส่วน จำนวน 4 ข้อ และคำถามที่ให้ตอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนจำนวน 3 ข้อ พร้อมกับให้นักเรียนอธิบายรูปแบบคำตอบทั้ง 3 ข้อที่นักเรียนตอบว่าหมายความว่าอย่างไร ในตอนท้ายของแบบฝึกชุดนี้จะมีคำเฉลยและวิธีการตรวจให้คะแนน ทั้งในกรณีที่ให้คะแนนแบบเดิม คือตอบถูกได้ 1 คะแนน และตอบผิด ได้ 0 คะแนน และการให้คะแนนเพื่อแสดงความรู้บางส่วน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจว่าการที่นักเรียนตอบข้อสอบโดยการแสดงความรู้บางส่วนนี้ จะช่วยให้นักเรียนมีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องมากขึ้น และนักเรียนมีโอกาสในการได้คะแนนความรู้บางส่วน อย่างไรก็ตามหากนักเรียนไม่ทราบคำตอบอย่างแท้จริงแต่ตัดตัวเลือกที่คิดว่าเป็นตัวลวงออกไป บางครั้งนักเรียนจะตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบ ซึ่งจะทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนน แบบฝึกชุดนี้เมื่อนำไปใช้กับพลวิจัยผู้วิจัยได้เพิ่มแบบสอบถาม จำนวน 6 ข้อ มีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ช่วงเพื่อถามความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการตอบข้อสอบโดยการแสดงความรู้บางส่วน

5.3 การศึกษาคุณภาพของแบบฝึก

เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบฝึกที่สร้างขึ้น 2 ชุดดังกล่าว ผู้วิจัยสร้างข้อสอบขึ้น 1 ชุด เพื่อวัดผลก่อนการใช้แบบฝึกและหลังการใช้แบบฝึกเกี่ยวกับรูปแบบคำตอบที่นักเรียนได้ใช้ ในการตอบว่าว่าแตกต่างกันอย่างไร ทั้งก่อนและหลังการฝึก โดยข้อสอบทั้งก่อนและหลังการฝึกนี้เป็นข้อสอบชุดเดียวกัน มี 2 ตอน แต่ละตอนเป็นข้อสอบภาษาไทยเกี่ยวกับการเขียนคำในภาษาไทยตอนละ 5 ข้อ แบบสอบชุดก่อนฝึก ตอนแรกคงให้นักเรียนตอบตามคำชี้แจงแบบเดิม คือ ให้เลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว ส่วนตอนที่ 2 จะให้นักเรียนตอบตามคำชี้แจงให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วนในการตอบ ส่วนแบบสอบชุดหลังการฝึกจะเหมือนกับชุดก่อนฝึกแต่สลับให้นักเรียนตอบตามคำชี้แจงที่ให้แสดงความรู้บางส่วนไว้ก่อน การตอบโดยให้ตอบแต่ตัวเลือกถูกแบบเดิม

เพื่อตรวจสอบว่าแบบฝึกที่สร้างขึ้นตลอดจนคำชี้แจงในการตอบข้อสอบมีถ้อยคำ และลำดับขั้นตอนในการอธิบายที่สามารถทำให้นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อ่านแล้วเข้าใจด้วยตนเองจึงนำแบบฝึกดังกล่าวไปให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งเป็นชั้นต่ำสุดจำนวน 2 คน ชาย 1 คน หญิง 1 คนอ่านและทดลองทำเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ความยากในการใช้คำอธิบาย ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนที่อธิบาย และ เวลาในการศึกษาแบบฝึกแต่ละชุด โดยการตรวจผลการตอบ และสัมภาษณ์นักเรียน เพื่อแก้ไขและปรับปรุงถ้อยคำสำนวน พบว่านักเรียนทั้งคู่สามารถเข้าใจได้ง่ายและสามารถตอบคำถามในแบบฝึกเพื่อแสดงความเข้าใจถึงวิธีการตอบ และรูปแบบคำตอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนได้ถูกต้อง และใช้เวลาชุดละประมาณ 15-20 นาที

เพื่อศึกษาถึงคุณภาพของแบบฝึกในการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบโดยให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วน ผู้วิจัยได้นำแบบฝึกที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนสตรีมหาพฤฒาราม จำนวน 24 คนโดยให้ครูประจำชั้นช่วยคัดเลือกนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนระดับต่างๆกัน และสุ่มแยกออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน กลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองได้รับแบบฝึกไปอ่านเพื่อทำวามเข้าใจในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วน และส่วนกลุ่มที่เหลือไม่ได้แบบฝึกเป็นกลุ่มควบคุม ทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับแบบสอบก่อนและหลังการฝึกในเวลาเดียวกัน ซึ่งใช้แผนการทดลอง ดังนี้

		T_1	
R	O_1	X	O_2
R	O_1		O_2

ผลการทดลองการใช้แบบฝึกนักเรียน ให้ผลดังนี้

5.3.1 คะแนนความเข้าใจในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบได้คะแนนร้อยละ 90 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	n	$\bar{X}$	SD	t	p
ทดลอง	12	5.833	1.193	1.09	0.288
ควบคุม	12	5.250	1.422		

5.3.2 นักเรียนในกลุ่มทดลองตอบคำถามในแบบฝึกชุดที่ 1 เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วน นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 90 ได้คะแนนร้อยละ 90 ขึ้นไปโดยมีคะแนนต่าง ๆ ดังนี้

แบบฝึก	คะแนนเต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ชุดที่ 1 ตอนที่ 1	10	10	9	9.917	0.289
ชุดที่ 1 ตอนที่ 2	8	8	2	5.917	1.443
ชุดที่ 2	6	6	4	5.833	0.577

จากการศึกษาคุณภาพของแบบฝึกที่สร้างขึ้น พบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับแบบฝึก และกลุ่มที่ไม่ได้รับแบบฝึกมีความเข้าใจในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนอยู่ในเกณฑ์ดีสามารถตอบคำถามเพื่อแสดงความเข้าใจในการตอบได้ถูกต้องร้อยละ 90 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม ซึ่งพบว่าคะแนนความเข้าใจเข้าใจของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามจากการสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมถึงรูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้ คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนที่ผ่านการฝึกมีความมั่นใจที่จะอธิบายถึงรูปแบบคำตอบที่เขาใช้ตอบข้อสอบมากกว่า และ มีแนวโน้มที่จะเริ่นความสำคัญ และประโยชน์ของการตอบข้อสอบด้วยวิธีการแสดงความรู้บางส่วนในการตอบ นอกจากนี้การที่คะแนนความเข้าใจในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน ก็อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้ คือ

1) ปริมาณข้อคำถามที่ใช้ในการถามมีจำนวนเพียง 6 ข้อ และเป็นคำถามที่ค่อนข้างง่ายจึงทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างความเข้าใจของนักเรียนในทั้ง 2 กลุ่มนี้ได้ชัดเจน

2) จำนวนนักเรียนที่นำมาทดลองกลุ่มละ 12 คน อาจจะน้อยเกินไปที่จะแสดงถึงความแตกต่างในการแสดงความเข้าใจการตอบแบบสอบ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงไม่อาจสรุปได้ว่าแบบฝึกไม่มีผลต่อการสร้างความเข้าใจในการตอบแบบสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วน และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่านักเรียนที่เป็นพลวิจัยจะสามารถเข้าใจถึงวิธีการตอบแบบสอบนี้ ผู้วิจัยจึงนำแบบฝึกดังกล่าวไปใช้กับพลวิจัยเพื่อฝึกการตอบแบบสอบในการแสดงความรู้บางส่วนในการตอบสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาถึงคุณภาพของสูตรการให้คะแนนต่างๆ ต่อไป

5.4 การฝึกนักเรียนที่เป็นพลวิจัยเพื่อให้ตอบข้อสอบแบบเลือกตอบโดยการแสดงความรู้บางส่วน

ผู้วิจัยได้ทำบันทึกถึงอาจารย์ใหญ่โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เพื่อขอใช้เวลาฝึกนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นทุกคนที่จะใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย โดยใช้แบบฝึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และใช้เวลาในชั่วโมงสนทนายามเช้าจำนวน 4 วัน วันละ 20 นาที ภายในช่วง 2 สัปดาห์ก่อนการสอบเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย โดยผู้วิจัยได้รับความร่วมมือจากอาจารย์ประจำชั้นทุกห้อง ในการเป็นผู้ช่วยดำเนินการฝึกนักเรียนในครั้งนี้ จำนวนทั้งสิ้น 21 ห้องเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

5.4.1 ประชุมอาจารย์ประจำชั้นทุกห้องเรียนเพื่ออธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย และความจำเป็นตลอดจนความสำคัญในการฝึกนักเรียนให้ตอบข้อสอบโดยแสดงความรู้บางส่วน ซึ่งจะเป็น

วิธีที่นักเรียนจะใช้ตอบคำถามในการสอบปลายภาค สำหรับแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะเก็บข้อมูลในการวิจัย โดยให้ครูประจำชั้นชี้แจงนักเรียนให้เห็นถึงประโยชน์ของการฝึกในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนเช่นนี้ ซึ่งจะช่วยทำให้นักเรียนคิดตอบคำถามอย่างเป็นระบบและช่วยให้มีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องมากขึ้น ในการประชุมครูประจำชั้นผู้วิจัยได้ทำเอกสารคำชี้แจงที่ครูประจำชั้นจะใช้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ในการฝึกให้กับนักเรียน ขั้นตอนการฝึก และอธิบายถึงแบบฝึกแต่ละฉบับเพื่อครูประจำชั้นจะสามารถอธิบายให้นักเรียนเข้าใจได้ในระหว่างการฝึก

5.4.2 ให้นักเรียนทุกคนในแต่ละห้องทุกระดับชั้นได้ใช้เวลาในช่วงกิจกรรมสนทนายามเช้าจำนวน 4 ครั้ง ๆละ 20 นาที เพื่อให้นักเรียนทำชุดการฝึก ตามลำดับ คือ แบบสอบก่อนฝึกแบบฝึกชุดที่ 1 แบบฝึกชุดที่ 2 และแบบสอบหลังฝึก ในระหว่างการฝึกผู้วิจัยได้ติดตามผลจากอาจารย์ประจำชั้นแต่ละห้องและสังเกตการทำแบบฝึกของนักเรียนในช่วงเวลาฝึก และนำผลการฝึกของนักเรียนมาตรวจสอบ พร้อมติดตามอธิบายนักเรียนเพื่อช่วยเสริมความเข้าใจของนักเรียนให้ชัดเจนขึ้น

5.4.3 ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์เพื่อสอบถามความเข้าใจในการตอบข้อสอบโดยการแสดงความรู้บางส่วนจากนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2 และ 3 ระดับละ 12 คน เป็นชาย 6 คน หญิง 6 คน หลังจากทำแบบสอบก่อนการฝึก 1 ครั้ง และหลังจากทำแบบสอบหลังการฝึก 1 ครั้ง พบว่านักเรียนสามารถตอบความหมายของสัญญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการตอบ และรูปแบบการตอบต่างๆได้ถูกต้อง หลังจากการฝึกแล้ว ส่วนก่อนการฝึกมีนักเรียนบางคนที่ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับรูปแบบคำตอบ การเดาคำตอบและการตอบโดยแน่ใจคำตอบอยู่บ้าง

5.5 ผลการฝึกพลวิจัยให้ตอบข้อสอบแบบเลือกตอบโดยการแสดงความรู้บางส่วน

5.5.1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 80 ขึ้นไป ตอบคำถามท้ายแบบฝึกที่ถามเกี่ยวกับความเข้าใจในการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบโดยการแสดงความรู้บางส่วน ได้คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป โดยที่คะแนนจากแบบฝึกชุดที่ 1 จากคะแนนเต็ม 18 คะแนน นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 15.89 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.73 แสดงรายละเอียดความถี่คะแนนในช่วงต่างๆดังตารางที่ 2
ส่วนคะแนนจากแบบฝึกชุดที่ 2 คะแนนเต็ม 10 คะแนน นักเรียนตอบได้คะแนนเฉลี่ย 8.78 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.63 แสดงรายละเอียดความถี่ของคะแนนในช่วงต่างๆดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนในช่วงคะแนนต่างๆจากแบบฝึกชุดที่ 1

คะแนน	ความถี่	ร้อยละ	คะแนน	ความถี่	ร้อยละ
7	1	.1	13	41	5.6
8	1	.1	14	62	8.5
9	4	.6	15	121	16.6
10	6	.8	16	165	22.6
11	5	.7	17	194	26.5
12	6	.8	18	125	17.1

ตารางที่ 3 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนในช่วงคะแนนต่างๆจากแบบฝึกชุดที่ 2

คะแนน	ความถี่	ร้อยละ	คะแนน	ความถี่	ร้อยละ
3	1	.1	7	74	10.1
4	6	.8	8	74	10.1
5	38	5.2	9	130	17.8
6	39	5.3	10	369	50.6

5.5.2 นักเรียนได้ใช้รูปแบบคำตอบในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนเช่นเดียวกับที่กำหนดไว้ในการฝึกทั้งก่อนการฝึกและหลังการฝึก และรูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้ก่อนการฝึกและหลังการฝึกมีลักษณะไม่แตกต่างกัน คือ โดยทั่วไปจากการตอบข้อสอบก่อนการฝึกและหลังฝึก ด้วยข้อสอบชุดเดียวกัน จำนวน 5 ข้อ นักเรียนจะใช้รูปแบบคำตอบแบบตัดออกหมดทุกตัวลวงคือ 3 ตัว แล้วจึงเลือกคำตอบที่ถูกต้อง กับการตอบอย่างแน่ใจคำตอบสูงสุด ร้อยละ 50 ขึ้นไป รองลงมานักเรียนใช้รูปแบบคำตอบแบบเดาคำตอบ และ การตัดตัวเลือกออก 2 ตัว และรูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้น้อยที่สุดไม่ถึงร้อยละ 5 คือรูปแบบคำตอบที่ตัดตัวเลือกออก 1 ตัว แสดงรายละเอียดรูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้ทั้งก่อนฝึกและหลังการฝึก ด้วยข้อสอบ 5 ข้อ ดังตารางที่ 4

5.5.3 การตอบตามคำชี้แจงที่ให้นักเรียนได้แสดงความรู้บางส่วนช่วยให้นักเรียนมีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องมากขึ้น แสดงได้จากผลการตอบข้อสอบก่อนฝึกและหลังฝึก ด้วยคำชี้แจงให้นักเรียนตอบโดยแสดงความรู้บางส่วน เมื่อเทียบกับผลการตอบข้อสอบที่ให้นักเรียนเลือกแต่ตัวเลือกที่ถูกต้องเท่านั้นซึ่งเป็นวิธีการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบแบบเดิม ด้วยข้อสอบจำนวน 5 ข้อ คะแนนดังแสดงผลในตารางที่ 5 และเมื่อเปรียบเทียบผลการตอบข้อสอบที่ให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วนก่อนการฝึกและหลังการฝึก คะแนนเฉลี่ยคำตอบของนักเรียนไม่แตกต่างกันในขณะที่ผลการฝึกช่วยทำให้คะแนนเฉลี่ยผลการตอบของนักเรียนหลังการฝึกที่ตอบด้วยคำชี้แจงให้เลือกเฉพาะตัวเลือกที่ถูกสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึก ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยผลการตอบข้อสอบที่ให้ตอบเฉพาะตัวเลือกที่ถูกสูงขึ้นนี้เมื่อเทียบกับคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึกที่ให้ตอบโดยการแสดงความรู้บางส่วนไม่แตกต่างกัน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7

ตารางที่ 4 ร้อยละของรูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้ตอบคำถามก่อนฝึกและหลังฝึกจำนวน 5 ข้อ

รูปแบบคำตอบ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	เฉลี่ย
ก่อนฝึก						
ไม่ตอบ	.1	-	-	-	.1	.04
เดาคำตอบ	4.9	10.8	13.3	7.9	9.0	9.18
ตัด 1 ตัว	6.6	5.3	6.3	1.9	3.6	4.74
ตัด 2 ตัว	11.8	12.2	14.1	12.6	12.3	12.60
ตัด 3 ตัว	34.1	35.8	33.5	32.0	35.7	34.22
แน่ใจคำตอบ	42.5	35.8	32.8	45.6	39.3	39.20
หลังฝึก						
ไม่ตอบ	.3	.4	-	-	-	.14
เดาคำตอบ	14.6	23.3	27.5	19.2	23.7	21.66
ตัด 1 ตัว	5.6	3.6	6.8	2.9	3.6	4.50
ตัด 2 ตัว	19.7	19.3	17.2	18.9	19.8	18.98
ตัด 3 ตัว	23.9	25.4	21.6	20.7	21.9	22.7
แน่ใจคำตอบ	35.8	28.0	26.8	38.4	31.1	32.02

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการให้นักเรียนตอบโดยการแสดงความรู้บางส่วน กับการตอบโดยเลือกตัวเลือกเฉพาะตัวที่ถูก ก่อนฝึกและหลังฝึก

ลักษณะคำชี้แจง		$\bar{X}$	SD	n	t	p
ก่อนฝึก	ตอบโดยแสดงความรู้บางส่วน	2.61	1.26	731	4.13	.00
	ตอบโดยเลือกเฉพาะตัวถูก	2.39	0.99	731		
หลังฝึก	ตอบโดยแสดงความรู้บางส่วน	2.67	1.28	731	3.10	.002
	ตอบโดยเลือกเฉพาะตัวถูก	2.50	1.12	731		

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนการฝึกและหลังการฝึกในผลการตอบที่ให้แสดงความรู้บางส่วน และผลการตอบโดยการเลือกเฉพาะตัวถูก

ลักษณะคำชี้แจง		$\bar{X}$	SD	n	t	p
ให้ตอบโดยแสดงความรู้บางส่วน	ก่อนฝึก	2.61	1.26	731	1.3	0.19
	หลังฝึก	2.67	1.28	731		
ให้ตอบโดยเลือกเฉพาะตัวถูก	ก่อนฝึก	2.39	0.99	731	2.7	0.00
	หลังฝึก	2.50	1.12	731		

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการตอบที่ให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วนก่อนการฝึก และ การให้นักเรียนตอบโดยเลือกเฉพาะตัวถูกหลังการฝึก

ลักษณะคำชี้แจง		$\bar{X}$	SD	n	t	p
ให้ตอบโดยแสดงความรู้บางส่วน	ก่อนฝึก	2.61	1.26	731	1.89	.06
ให้ตอบโดยเลือกเฉพาะตัวถูก	หลังฝึก	2.50	1.12	731		

5.5.4 ความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการตอบโดยให้นักเรียนได้แสดงความรู้บางส่วน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยในระดับมากว่าวิธีการตอบข้อสอบเช่นนี้ช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความคิด ในการตอบคำถามอย่างมีระบบ และมีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องมากขึ้น นักเรียนค่อนข้างจะเห็นด้วยว่าวิธีการนี้ยุติธรรม แต่ซับซ้อน และจะใช้วิธีการนี้ในการตอบข้อสอบต่อไป แต่ไม่ค่อยจะเห็นด้วยกับการที่ครูจะใช้วิธีการตอบข้อสอบเช่นนี้ต่อไป ดังแสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการตอบข้อสอบเพื่อให้ผู้ตอบแสดงความรู้บางส่วน

ความคิดเห็นต่อการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วน	ระดับความคิดเห็น						$\bar{X}$	SD
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยมาก	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ไม่ตอบ		
ช่วยให้คิดตอบคำถามอย่างมีระบบ	12	49	302	210	158	-	3.62	.95
มีโอกาสตอบข้อสอบถูกต้องมากขึ้น	11	57	274	218	171	-	3.66	.97
ยุติธรรม	10	60	399	151	107	4	3.39	.88
เป็นเรื่องซับซ้อน	34	238	242	113	103	1	3.02	1.11
จะใช้วิธีนี้ตอบข้อสอบต่อไป	40	158	313	116	103	1	3.11	1.07
อยากให้ครูใช้วิธีนี้ในการตอบข้อสอบ	141	229	219	70	71	1	2.59	1.18

จากผลการฝึกพลวิจัยให้ตอบข้อสอบแบบเลือกตอบโดยการแสดงความรู้บางส่วนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 80 ขึ้นไป สามารถตอบคำถามที่แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบคำตอบและเครื่องหมายต่างๆที่ใช้แสดงในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป และมีแนวโน้มว่าผลการตอบข้อสอบโดยให้นักเรียนแสดงความรู้บางส่วนนี้ได้ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องมากขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับวิธีการตอบข้อสอบเช่นนี้ที่ช่วยให้เขาได้ใช้ความคิดในการตอบข้อสอบอย่างมีระบบ และมีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องมากขึ้น และค่อนข้างที่จะเห็นด้วยว่าวิธีการตอบข้อสอบเช่นนี้ยุติธรรม และจะใช้วิธีการนี้ในการตอบข้อสอบต่อไป ถึงแม้ว่าจะมีนักเรียนบางส่วนที่เห็นว่าวิธีการตอบเช่นนี้ค่อนข้างซับซ้อน ผลการฝึกพลวิจัยและความคิดเห็นโดยทั่วไปของพลวิจัยเกี่ยวกกับการตอบข้อสอบโดยการให้แสดงความรู้บางส่วนนี้ แสดงว่าพลวิจัยมีความเข้าใจในการตอบแบบสอบแบบเลือกตอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วน และเห็นประโยชน์ของวิธีการตอบเช่นนี้จึงพร้อมที่จะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยต่อไป

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำบันทึกเสนออาจารย์ใหญ่โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อขออนุญาตในการจัดเวลาดำเนินการสอบนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หลังจากการดำเนินการฝึกนักเรียนให้ตอบตามคำชี้แจงการสอบแล้ว เมื่อได้รับอนุมัติจากอาจารย์ใหญ่ให้ดำเนินการได้ ผู้วิจัยร่วมกับประธานกรรมการระดับได้วางแผนในการจัดตารางสอบโดยจัดลงในตารางสอบปลายภาคตามปกติของนักเรียนระดับมัธยมต้น และแจ้งให้นักเรียนทราบก่อนการสอบล่วงหน้า โดยถือเป็นการสอบเพื่อวัดความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้จัดการสอบ 3 คาบ สำหรับการสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการสอบความคิดเชิงเหตุผล ซึ่งใช้เวลาฉบับละ 1 คาบ แต่จัดเวลาเหลือไว้เพื่อให้นักเรียนมีเวลาในการคิดได้เต็มที่ และเหลือเวลาในช่วงการบริหารการสอบเพื่อให้คำชี้แจงการแจกข้อสอบ และเก็บข้อสอบ ด้วย

ผู้วิจัยได้ประชุมอาจารย์ที่เป็นผู้ช่วยดำเนินการบริหารการสอบเกี่ยวกับคำชี้แจงในการสอบที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนคำชี้แจงที่จะให้กับนักเรียนเพื่อให้ผู้คุมสอบได้ดำเนินการบริหารการสอบอย่างเป็นมาตรฐาน

จัดการสอบนักเรียนโดยให้ผู้คุมสอบชี้แจงวัตถุประสงค์ในการสอบอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนเข้าใจและเห็นความสำคัญของการทำแบบสอบ แจกข้อสอบพร้อมคำชี้แจงในการสอบและกระดาษคำตอบ

ผู้วิจัยนำกระดาษคำตอบของนักเรียนมาตรวจให้คะแนน ดังนี้

สำหรับแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

(1) ให้คะแนนตามสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม คือให้คะแนน 1 คะแนนสำหรับการกาคำตอบที่ถูกต้อง และ 0 คะแนน สำหรับข้อที่กาคำตอบไม่ถูก นับจำนวนข้อที่นักเรียนตอบถูกในข้อที่นักเรียนกาตรงกับตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องเป็นคะแนนสำหรับแบบสอบทั้งฉบับ

(2) ให้คะแนนตามสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ (A) คือนับตามจำนวนตัวลวงที่นักเรียนกาออกได้ถูกต้องถ้าไม่วงให้ 0 คะแนน ถ้ากาได้ถูกหนึ่งตัวลวงจะได้ 1/9 คะแนน ถ้ากาได้ถูก 2 ตัวลวงจะได้ 1/3 คะแนน ถ้าวงได้ถูก 3 ตัว จะได้ 1 คะแนนในข้อสอบแบบ 4 ตัวเลือก แต่ถ้าวงตัวเลือกที่ถูกต้องจะได้ -1/3 คะแนน คะแนนรวมเกิดจากผลรวมของคะแนนรายข้อเข้าด้วยกัน

(3) ให้คะแนนตามสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน (H) โดยนับตามจำนวนตัวลวงที่นักเรียนกาออกอย่างถูกต้องในแต่ละข้อ สำหรับข้อที่กาตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกจะถือว่าไม่รู้ ผู้ตอบจะได้ค่าความรู้บางส่วนเป็นศูนย์ นำจำนวนตัวลวงที่ผู้ตอบกาออกได้ถูกต้องมารวมกันหาค่าเฉลี่ยจะได้ค่า c ที่เมื่อนำลงไปแทนค่าในสูตรการให้คะแนนของแฮมดานจะได้ค่าประมาณระดับความสามารถของผู้ตอบในตัวแปรที่วัดนั้น

(4) ให้คะแนนตามสูตรที่ประยุกต์มาจากวิธีการของอาร์โนลด์ (AA) โดยการลงโทษผู้รู้ผิดหรือผู้ที่วงตัวเลือกที่ถูกโดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวงซึ่งถือว่าผู้ตอบไม่รู้จึงได้ศูนย์คะแนน เมื่อนักเรียนตัดตัวลวงได้ 1 ตัวจะได้ 1/3 คะแนน และเมื่อตัดได้ 2 ตัวจะได้คะแนน 1/2 คะแนน เมื่อตัดตัวลวงได้หมดทุกตัวจะได้ 1 คะแนน คะแนนแบบสอบเกิดจากการรวมคะแนนรายข้อเข้าด้วยกัน

(5) ให้คะแนนตามสูตรที่ประยุกต์มาจากวิธีการของแฮมดาน (AH) โดยให้คะแนนความรู้บางส่วนเพิ่มขึ้นมาจากคะแนนที่ปราศจากการเดาสุ่ม ซึ่งคะแนนความรู้บางส่วนสามารถคำนวณมาได้จากวิธีการของแฮมดาน ดังนี้ AH = CG + (CG-H)

<u>สำหรับแบบสอบความคิดเชิงเหตุผล</u>

นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน 2 วิธี วิธีแรกให้คะแนนแบบประเพณีนิยมนั่นคือผู้ตอบต้องเลือกคำตอบถูกและเหตุผลถูกด้วยจึงจะได้คะแนน 1 คะแนน นอกนั้นจะได้ 0 คะแนน วิธีให้คะแนนอีกวิธีจะให้ตามระดับความถูกต้องของเหตุผลที่นักเรียนเลือก ถ้าเลือกเหตุผลถูก และ คำตอบถูกจะได้ 4 คะแนน ถ้าเลือกเหตุผลถูกแต่คำตอบผิด จะได้ 3 คะแนน นักเรียนจะได้ 2 และ 1 คะแนนเมื่อระดับของเหตุผลที่นักเรียนมาอธิบายคำตอบแตกต่างออกไป

7 <u>การวิเคราะห์ข้อมูล</u>

7.1 เพื่อตอบคำถามถึงคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่เกี่ยวกับความตรงเชิงทฤษฎีของสูตรการให้คะแนน แผนการวิเคราะห์จะใช้ การวิเคราะห์เมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ โดยวิธี Confirmatory factor analysis model เพื่อวิเคราะห์ถึงความตรงแบบลู่เข้า (convergent validity) และความตรงแบบแยกออก (discriminant validity) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LISREL 7 (Joreskog and Sorbom, 1989) ซึ่งดำเนินการดังนี้

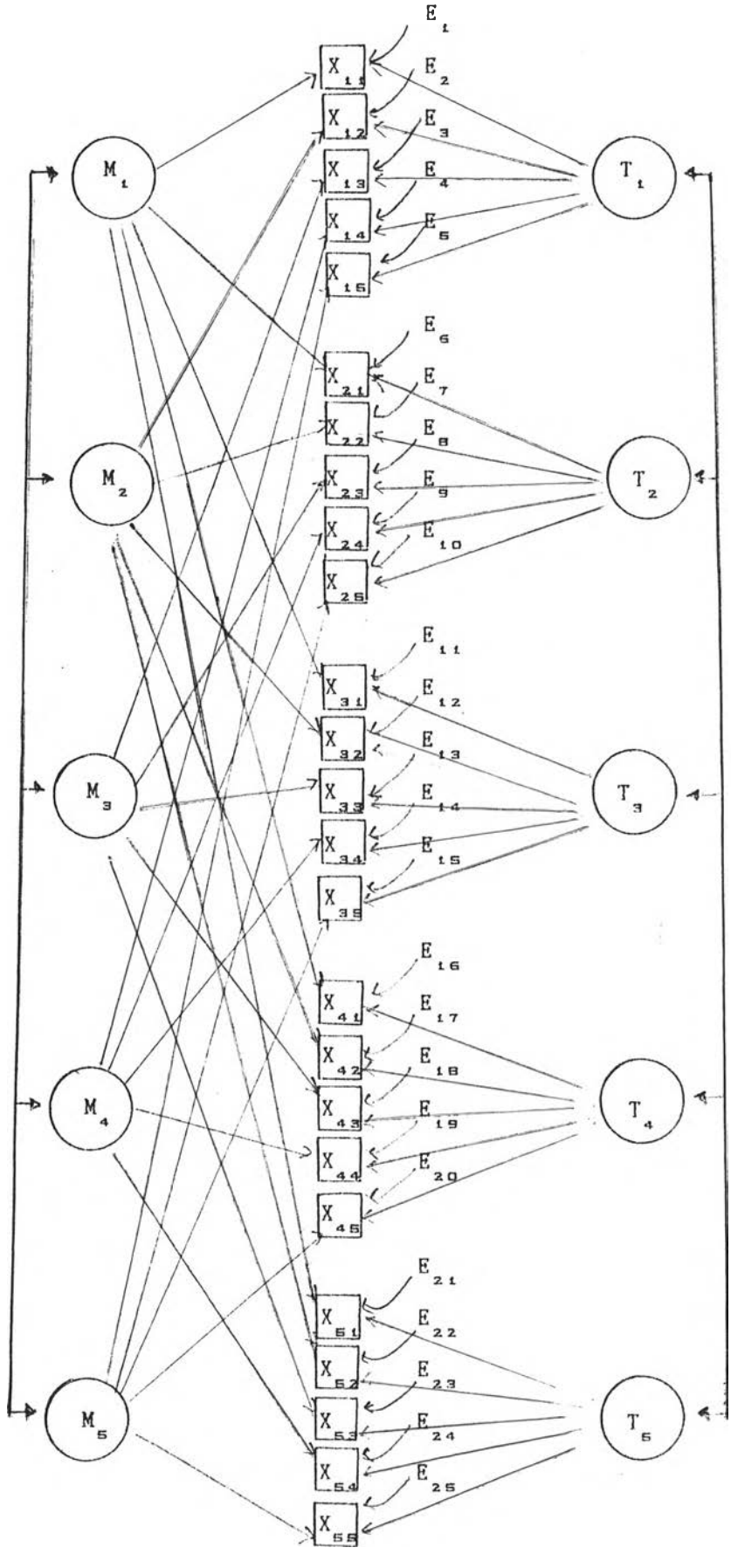
7.1.1 สร้างเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดได้แต่ละตัวซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้

ให้ x_{ij} เป็นตัวแปรที่วัดได้ใน trait ที่ i ด้วยวิธีที่ j ซึ่งในการวิจัยนี้มี i=1,2,3,...5 และ j=1,2,3,...5 ดังนั้นจึงมีตัวแปรที่วัดได้ 25 ตัว นำตัวแปรทั้ง 25 ตัวมาหาค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละคู่ นำค่าสหสัมพันธ์ดังกล่าวมาบรรจุลงในตารางเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุขนาด 25x25

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆในเมตริคซ์ลักษณะพหุวิธีพหุตามเกณฑ์ของ Campbell and fiske (1959) และวิเคราะห์โครงสร้างของตัวแปรด้วยการวิเคราะห์ตัวประกอบ (Exploratory factor analysis) ด้วยการสกัดตัวประกอบด้วยวิธีวิเคราะห์เงา (image analysis) และหมุนแกนตัวประกอบแบบออบลิค

7.1.2 กำหนดโครงสร้างทางทฤษฎีของตัวแปรที่วัดได้ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวใน confirmatory factor model จะประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือองค์ประกอบที่เกี่ยวกับลักษณะที่ต้องการวัด (trait factor) องค์ประกอบที่เกี่ยวกับวิธีที่ใช้วัดลักษณะต่าง ๆ นั้น (method factor) และองค์ประกอบที่เกี่ยวกับความคลาดเคลื่อน (random error factor) โดยโมเดลเต็ม (full model) ที่กำหนดเป็นรูปทั่วไป คือตัวแปรแต่ละตัวที่วัดได้เป็นผลมาจากตัวประกอบลักษณะ (trait factor) และ ตัวประกอบวิธี (method factor) ที่ใช้วัดตัวแปรนั้น ไม่เกี่ยวกับลักษณะและวิธีวัดอื่นตัวประกอบลักษณะ (trait factor) และ ตัวประกอบวิธี (method factor) ไม่มีความสัมพันธ์กัน ตัวประกอบเดี่ยวหรือตัวประกอบที่เกี่ยวกับความคลาดเคลื่อน (inique factor หรือ error factor) จะเกี่ยวเฉพาะกับตัวแปรที่สังเกตได้เฉพาะตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น และไม่สัมพันธ์กับตัวประกอบคลาดเคลื่อน (unique factor) ของตัวแปรอื่นและไม่สัมพันธ์กับตัวประกอบลักษณะ (trait factor) และ ตัวประกอบวิธี (method factor) ด้วย ซึ่งสามารถเขียนเป็นผังภาพแสดงโครงสร้างของตัวแปร 25 ตัวที่วัดด้วยวิธี 5 วิธีในทักษะ 5 ทักษะ ได้ดังนี้

ผังแสดงโครงสร้างของตัวแปรในโมเดลเต็ม (full model)



จากผังโมเดลทางทฤษฎีของตัวแปรที่วัดได้สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่วัดได้ที่เป็นผลมาจากคุณลักษณะและวิธี ได้ดังนี้

$$x_{ij} = \rho_{x_{ij}T_j} T_i + \rho_{x_{ij}M_j} M_j + E_{ij}$$

โดยที่ x_{ij} เป็น ค่าสังเกตที่วัดลักษณะ (trait) ที่ i ด้วยวิธีที่ j

T_j คือ ตัวประกอบลักษณะ (trait factor)

M_j คือ ตัวประกอบวิธี (method factor)

E_{ij} คือ ตัวประกอบคลาดเคลื่อน (random error factor) ของตัวแปรที่ ij

$\rho_{x_{ij}T_i}$ คือ path coefficient ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ ij กับตัวประกอบลักษณะ (trait factor) ที่ i

$\rho_{x_{ij}M_j}$ คือ path coefficient ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ ij กับ method factor ที่ j

7.1.3 กำหนดพารามิเตอร์ต่างๆลงในเมตริคซ์ด้านขวาของ covariance equation ตามโครงสร้างของโมเดลที่กำหนดขึ้นซึ่ง covariance equation สามารถแสดงด้วย

$$\Sigma = \Delta \Phi \Delta' + \Theta$$

Σ คือ population variance covariance matrix

Δ คือ matrix ของ factor loading ของตัวแปรแต่ละตัวที่ load อยู่บน trait factor ที่ต้องการวัดและ method factor ที่ใช้

Φ คือ matrix ของสหสัมพันธ์ระหว่าง trait factor และ method factor ในกรณีที่ trait factor และ method factor ไม่สัมพันธ์กันเมตริคซ์นี้จะเป็น identity matrix

Θ คือ matrix ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนที่เหลือของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งจะไม่สัมพันธ์กับส่วนที่เหลือของตัวแปรอื่นๆ

7.1.4 การทดสอบว่าโมเดลที่กำหนดขึ้นสามารถ identify ได้คือเมื่อประมาณค่าต่างๆของพารามิเตอร์แล้วจะให้ค่าที่ unique โดยที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้คำนวณ information matrix ซึ่งถ้า information matrix เป็น positive definite matrix โมเดลที่กำหนด dentify

7.1.5 ประมาณค่าพารามิเตอร์ในเมตริคซ์ Δ Φ และ Θ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ได้ค่าประมาณ $\hat{\Delta}$ $\hat{\Phi}$ และ $\hat{\Theta}$ ซึ่งเมื่อนำไปแทนค่าสมการด้านขวาของ covariance equation แล้วจะให้ Σ ที่เข้าใกล้ S มากที่สุดโดยการใช้วิธี maximum likelihood และทดสอบความใกล้ที่จะเป็นไปได้ของ Σ และ S ด้วย fitting function

7.1.6 ประเมินความเหมาะสมของโมเดลทั้งหมดด้วย x^2-test และ ทดสอบนัยสำคัญของค่าพารามิเตอร์แต่ละค่าด้วย Z-test

7.1.7 ทดสอบความแตกต่างระหว่างโมเดลเต็ม กับโมเดลที่เกี่ยวข้อง (nest) กับโมเดลเต็ม เพื่อตรวจสอบเกี่ยวกับ ความตรงแบบลู่เข้า ด้วยการเปรียบกับโมเดลที่ไม่มีตัวประกอบลักษณะ (no trait factor model)ตรวจสอบความตรงแบบแยกออกด้วยการเปรียบโมเดลเต็มกับโมเดลที่กำหนดให้ ตัวประกอบลักษณะมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ ตรวจสอบผลของวิธีด้วยการเปรียบโมเดลเต็มกับโมเดลที่ไม่มีตัวประกอบวิธี (no method factor model) การทดสอบความแตกต่างระหว่างโมเดล ด้วยการทดสอบ X^2

7.1.8 วิเคราะห์แยกส่วน (decomposition) ตัวแปรที่วัดได้แต่ละตัวว่าเป็นผลมาจากความแปรปรวนของ trait, method หรือ unique factor อย่างละเท่าใดโดยการยกกำลังสองของloading ที่เกี่ยวกับตัวแปรและองค์ประกอบนั้นเพื่อศึกษาถึงขนาดของความแปรปรวนขององค์ประกอบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่มุ่งวัด

7.1.9 ทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนระหว่างตัวแปรแต่ละตัวที่เกี่ยวข้องกับตัวประกอบลักษณะแต่ละตัว ด้วยสถิติ t (Guilford, and Fruchter, 1973) ดังนี้

$$t = \frac{(S^2_2 - S^2_1)\sqrt{(N-2)}}{2 S_1 S_2 (1 - r^2_{12})}$$

เมื่อ S^2_1 และ S^2_2 คือ ค่าความแปรปรวนระหว่างตัวแปรตัวที่ 1 และ 2 ที่เกี่ยวข้องกับตัวประกอบลักษณะตัวเดียวกัน

S_1 และ S_2 คือ ส่วนเบี่ยงมาตรฐานของตัวแปรตัวที่ 1 และ 2

r คือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัวที่ 1 กับตัวที่ 2

N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

7.2 เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนน ได้คำนวณค่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยคะแนนจากสูตรต่าง ๆ กับตัวแปรเกณฑ์ คือคะแนนที่ได้จากแบบสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผล และทดสอบความแตกต่างค่าความตรงตามเกณฑ์เป็นรายคู่ ด้วยสูตรของ T Hotelling (Guilford, and Fruchter, 1973) ดังนี้

$$t_d = (r_{12} - r_{13}) \sqrt{\frac{(N-3)(1+r_{23})}{2(1-r_{23}^2 - r_{12}^2 - r_{13}^2 + 2 r_{23} r_{12} r_{13})}}$$

$df = N-3$

r_{12} , r_{13} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากสูตรการให้คะแนนที่ 2 และ 3 กับคะแนนของตัวแปรเกณฑ์ที่ 1

r_{23} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนที่ 2 และ 3

7.3 เพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับเรื่องความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนต่างๆได้คำนวณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟา สำหรับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม แบบอาร์โนลด์ และ แบบที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งเป็นการให้คะแนนรายข้อ และคำนวณค่าความเที่ยงแบบแบ่งครึ่งข้อสอบเพื่อคำนวณค่าความเที่ยงจากคะแนนที่ได้จากสูตรการให้คะแนนทุกวิธี ทดสอบความแตกต่างของค่าความเที่ยงที่ให้ด้วยวิธีการให้คะแนนสูตรต่างๆเป็นรายคู่ ด้วยสูตรของ Feldt (1980 อ้างใน Linn, 1989) ดังนี้

$$t = \sqrt{\frac{(N-2)(\hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2)^2}{4(1-\hat{\alpha}_1)(1-\hat{\alpha}_2)(1-\hat{\rho}^2_{x_1 x_2})}}$$

$df = N-2$

ส่วน N คือ จำนวนผู้สอบ

$\hat{\alpha}_1$ และ $\hat{\alpha}_2$ คือ ความเที่ยงแต่ละวิธี

$\rho_{x_1 x_2}$ คือ ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนที่ให้ค่าความเที่ยงแต่ละวิธี

ตรวจสอบประสิทธิ์ภาพในด้านความยาวของแบบสอบเมื่อเทียบจากค่าความเที่ยงของสูตรการให้คะแนนเป็นรายคู่ ด้วยสูตรที่เสนอโดย Coombs et. al. (1956) ดังนี้

$$k = \frac{r_{kk}(1-r_{11})}{r_{11}(1-r_{kk})}$$

k คือ จำนวนเท่าของความยาวของข้อสอบที่มีความเที่ยงแบบ r_{11} ซึ่งจะต้องเพิ่มความยาวขึ้น k เท่า จึงจะมีความเที่ยงเท่ากับ r_{kk}

r_{11} คือ ค่าความเที่ยงของคะแนนค่าน้อย

r_{kk} คือ ค่าความเที่ยงของคะแนนค่ามาก

7.4 สำหรับการตรวจสอบเกี่ยวกับรูปแบบคำตอบที่นักเรียนใช้ได้วิเคราะห์หาความถี่และร้อยละของแต่ละรูปแบบคำตอบ

7.5 สำหรับคะแนนคำตอบจากสูตรการให้คะแนนแต่ละวิธีใช้สถิติบรรยายในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.6 การสรุปผลการวิเคราะห์ถึงคุณภาพของสูตรการให้คะแนน

สูตรการให้คะแนนที่เหมาะสมที่ควรพิจารณาเสนอเพื่อนำไปใช้ในการให้คะแนนแบบสอบแบบเลือกตอบจะพิจารณาได้จากผลการวิเคราะห์ถึงคุณภาพของสูตรการให้คะแนนในประเด็นต่างๆดังนี้

3.6.1 ผลการวิเคราะห์ที่แสดงถึงความตรงเชิงทฤษฎีของคะแนนสูตร ในคำตอบที่แสดงว่าการให้คะแนนที่แตกต่างกันไม่ได้ทำให้สิ่งที่มุ่งวัดเปลี่ยนแปลงไป แต่ยังคงวัดในสิ่งที่ต้องการวัด นั่นคือ สูตรการให้คะแนนต้องแสดงความตรงแบบลู่เข้า และความตรงแบบแยกออก (convergent และ discriminant validity) จากค่าสหสัมพันธ์ตามแนวเส้นทะแยงมุมใน heterotrait-heteromethod blocks ในเมตริคซ์ลักษณะพหุ-วิธีพหุ ซึ่งค่าดังกล่าวได้แสดงถึงสัมประสิทธิ์ความตรง ซึ่งพิจารณาตามเกณฑ์ของ Campbell และ Fiske (1959) จะต้องเป็นค่าที่มีนัยสำคัญและสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ในแถวและคอลัมภ์เดียวกันและมีค่าสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ใน heterotrait - monomethod blocks

การพิจารณาว่าสูตรการให้คะแนนวิธีใดมีคุณภาพเหนือกว่าจากผลการวิเคราะห์ด้วย confirmatory factor analytic model จะใช้เกณฑ์ที่ Kalleberg และ Kluegel (1975) เสนอไว้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

(1) ตัวแปรที่วัดได้ต้องการถูกกระทบด้วยผลของตัวประกอบลักษณะนั้น ด้วยน้ำหนักที่สูงและถูกกระทบมาจากตัวประกอบวิธีและตัวประกอบคลาดเคลื่อนด้วยน้ำหนักที่ต่ำ

(2) ตัวประกอบวิธีที่เกี่ยวข้องกับวิธีวัดที่สนใจควรจะมีสหสัมพันธ์ต่ำสุดหรือไม่มีความสัมพันธ์กับตัวประกอบลักษณะ (trait factor) แต่ละตัว

3.6.2 ผลการวิเคราะห์ที่แสดงถึงความตรงตามเกณฑ์ของสูตรการให้คะแนนที่เหมาะสมควรให้ค่าสหสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่สูงกว่าคะแนนจากสูตรการให้คะแนนสูตรอื่นเมื่อพิจารณาถึงการนำสูตรการให้คะแนนเพื่อไปใช้ในการทำนายเกณฑ์นั้น

3.6.3 ผลการวิเคราะห์ในเรื่องความเที่ยงของสูตรการให้คะแนน สูตรการให้คะแนนที่มีความเที่ยงสูงกว่าควรจะเป็นสูตรการให้คะแนนที่เหมาะสมกว่า

สูตรการให้คะแนนที่แสดงคุณภาพที่เหนือกว่าในทั้ง 3 ประเด็นจะได้รับการสรุปเพื่อเสนอเป็นสูตรการให้คะแนนที่เหมาะสมต่อไป