

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของแบบสอบอิงเกณฑ์ประเภทเลือกตอบและตอบสั้นในการจำแนกระดับความรู้ของนักเรียน วิเคราะห์ผลความคลาดเคลื่อนของแบบสอบอิงเกณฑ์ทั้งสองประเภท เมื่อใช้เทคนิคการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นมาเป็นเกณฑ์ในการจำแนกระดับความรู้ ของแบบสอบทั้งสองประเภทที่ความยาวต่างๆ เทียบกับผลการจำแนกระดับความรู้จากแบบสอบเต็มฉบับ

ผลวิจัย (Subjects)

1. ผลวิจัยที่ใช้ในการทดลองแบบสอบ (Try out) เพื่อหาคุณภาพเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 97 คน ของโรงเรียนวัดรางบัว ปีการศึกษา 2533 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร เป็นโรงเรียนที่ใช้หลักสูตรเดียวกับโรงเรียนที่เป็นผลวิจัยของการศึกษา มีการจัดสภาพการเรียนการสอนใกล้เคียงกันอีกทั้งเป็นโรงเรียนในเขตการศึกษาเดียวกัน ผู้วิจัยจึงเลือกเป็นผลวิจัยเพื่อการทดลองเครื่องมือครั้งนี้

2. ผลวิจัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ม.3) ประจำปีการศึกษา 2533 ของโรงเรียนจันทร์ประดิษฐารามวิทยาคม สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 8 ห้องเรียน รวมจำนวน 358 คน ซึ่งเลือกมาจากห้องที่ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ (ค 312) ให้ความร่วมมือในด้านการเรียนการสอน และสามารถให้ความช่วยเหลือการสอบได้ถึง 2 ครั้ง คือ สอบก่อนเรียน (PRE-TEST) และสอบหลังเรียน (POST-TEST) การสอบทั้ง 2 ครั้ง ใช้คาบเรียนปกติสอบภายในห้อง โดยที่ผู้วิจัยดำเนินการสอบเอง ได้ผลวิจัยที่ให้ข้อมูลสมบูรณ์ คือสอบครบทั้ง 2 ครั้ง จำนวน 312 คน ผู้วิจัยจึงสุ่มแบบสอบเลือกตอบและตอบสั้น ให้แบบสอบแต่ละประเภทมีจำนวนเท่ากันคือ 150 คน

เพื่อให้เห็นผลการเปรียบเทียบที่ชัดเจน

ผลวิจัยทั้งสองกลุ่มได้คะแนนคณิตศาสตร์ รายวิชา ค 312 เมื่อสิ้นภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2533 โรงเรียนจันทร์ประดิษฐารามวิทยาคม ได้เสนอตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนคณิตศาสตร์รายวิชา ค 312 ของผลวิจัย เมื่อสิ้นภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2533

แบบสอบ	คะแนนเต็ม	\bar{X}	SD	t-test
กลุ่ม MC	100	64.29	10.29	0.457
กลุ่ม SA	100	64.46	10.49	

จากตารางที่ 3 ผลวิจัยทั้งสองกลุ่ม ได้คะแนนคณิตศาสตร์รายวิชา ค 312 ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบอิงเกณฑ์ประเภทเลือกตอบ และตอบสั้น ในวิชาคณิตศาสตร์ (ค.312) เรื่อง "สถิติ" ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบสอบดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบสอบ

จุดมุ่งหมายในการสร้างแบบสอบอิงเกณฑ์ครั้งนี้ เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง "สถิติ" สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบอิงเกณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบ

3. ศึกษาหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ รายละเอียดของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ จากคู่มือครูและแบบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค 312) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของกระทรวงศึกษาธิการ

4. วิเคราะห์เนื้อหาแล้วจึงกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการเขียนข้อกระทง ผู้วิจัยได้กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจำนวน 6 ข้อ ดังนี้

1) เมื่อกำหนดคะแนนดิบมาให้ นักเรียนสามารถหาค่าที่ใช้สร้างตารางแจกแจงความถี่ที่มีความกว้างของอันตรภาคชั้นทุกชั้นเท่ากันได้

2) เมื่อกำหนดตารางแจกแจงความถี่มาให้ นักเรียนสามารถหาขอบล่าง ขอบบน ความกว้าง และจุดกึ่งกลางของอันตรภาคชั้นได้

3) เมื่อกำหนดตารางแจกแจงความถี่มาให้ นักเรียนสามารถหาค่าที่ใช้ในการสร้างฮิสโทแกรม และรูปหลายเหลี่ยมของความถี่ได้

4) เมื่อกำหนดคะแนนดิบมาให้ นักเรียนสามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัชฌิมฐาน และฐานนิยมได้

5) เมื่อกำหนดตารางแจกแจงความถี่มาให้ นักเรียนสามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตได้

6) เมื่อกำหนดตารางแจกแจงความถี่มาให้ นักเรียนสามารถหาได้ว่ามัชฌิมฐาน และฐานนิยมอยู่ในอันตรภาคชั้นใด

5. วิเคราะห์ความสำคัญ (จำนวนข้อ) ของแต่ละจุดประสงค์

การกำหนดจำนวนข้อของแต่ละจุดประสงค์ ทำโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 8 ท่าน ซึ่งเลือกจากครูที่กำลังสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดกรมสามัญศึกษาและมีประสบการณ์สอนในรายวิชา ค 312 มาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ปี เป็นผู้กำหนดว่า แต่ละจุดประสงค์ควรใช้ข้อสอบจำนวนเท่าใดจึงจะเพียงพอที่จะวัดความสามารถของนักเรียน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ปรับค่าเฉลี่ย ก็จะได้จำนวนข้อกระทงที่ใช้เป็นแบบสอบรายละเอียดการกำหนดจำนวนข้อได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนข้อกระทงที่วัดแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิ
8 ท่าน กำหนดจำนวนข้อ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อ	ค่าปรับจำนวนข้อ
1. เมื่อกำหนดคะแนนดิบมาให้ นักเรียนสามารถหาค่าที่ใช้ในการสร้างตารางแจกแจงความถี่ที่มีความกว้างของอันตรภาคชั้นทุกชั้นเท่ากันได้	4.6	5
2. เมื่อกำหนดตารางแจกแจงความถี่มาให้ นักเรียนสามารถหา ขอบบน ขอบล่าง ความกว้างและจุดกึ่งกลางของอันตรภาคชั้นได้	5.8	6
3. เมื่อกำหนดตารางแจกแจงความถี่มาให้ นักเรียนสามารถหาค่าที่ใช้ในการสร้างฮิสโทแกรม และรูปหลายเหลี่ยมของความถี่ได้	3.8	4
4. เมื่อกำหนดคะแนนดิบมาให้ นักเรียนสามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัชฌิมฐาน และฐานนิยมได้	8.0	8
5. เมื่อกำหนดตารางแจกแจงความถี่มาให้ นักเรียนสามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตได้	3.0	3
6. เมื่อกำหนดตารางแจกแจงความถี่มาให้ นักเรียนสามารถหาได้ว่ามีมัธยฐาน และฐานนิยมอยู่ในอันตรภาคชั้นใด	3.8	4
รวม		30



6. เขียนข้อกระทงให้ครอบคลุมโดเมนของเนื้อหา และสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด ผู้วิจัยใช้วิธีการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อกระทง (Item Specification) ของ ลงบ ลักษณะ (2525) ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบ 5 ส่วน คือ

1) พฤติกรรมที่ต้องการวัด ส่วนนี้จะระบุพฤติกรรมหลักที่วิเคราะห์ได้จากรายวิชาที่จะสร้างข้อกระทง

2) พฤติกรรมย่อย ส่วนนี้จะระบุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมย่อยที่แตกออกมาจากพฤติกรรมหลัก

3) คำอธิบายและขอบเขต ส่วนนี้จะขยายพฤติกรรมย่อย โดยเขียนในรูปจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่ครอบคลุมสถานการณ์ เจื่อนไขอย่างละเอียดมีพฤติกรรมที่คาดหวังที่สังเกตเห็นได้ รวมทั้งขอบเขตของพฤติกรรม

4) ลักษณะคำถามและคำตอบ ส่วนนี้จะกำหนดรูปแบบของข้อกระทงทั้งส่วนที่เป็นคำถาม และคำตอบ

ส่วนที่เป็นคำถามจะกำหนดสิ่งเร้า สถานการณ์ เจื่อนไข และคำสั่งที่จะให้ผู้ตอบทำ

ส่วนที่เป็นคำตอบจะกำหนดรูปแบบของการตอบ ลักษณะหรือเกณฑ์ของการกำหนดคำตอบถูก วิธีเขียนตัวลวง

5) ข้อกระทงตัวอย่าง ส่วนนี้จะช่วยขยายคำอธิบายให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตัวอย่างการเขียนข้อกระทงจากการกำหนดลักษณะเฉพาะ

พฤติกรรมที่ต้องการวัด

ความสามารถในการหาอันตรภาคชั้นที่ มีฮิสฐาน และฐานนิยมอยู่

พฤติกรรมย่อย

นักเรียนหาได้ว่า มีฮิสฐาน และฐานนิยม อยู่ในอันตรภาคชั้นใด

คำอธิบาย และขอบเขต

กำหนดตารางแจกแจงความถี่ที่มี 5 อันตรภาคชั้นมาให้ นักเรียนสามารถ

หาได้ว่า มีฮิสฐาน และฐานนิยมอยู่ในอันตรภาคชั้นใด

ลักษณะคำถามคำตอบ

ลักษณะคำถาม	ลักษณะคำตอบ
1. กำหนดตารางแจกแจงความถี่ที่มี 5 อันตรภาคชั้นมาให้ 2. โจทย์คำถามเขียนเป็นประโยค "จากตารางแจกแจงความถี่ที่กำหนด ให้ (มัชฎฐาน หรือ ฐานนิยม) ของข้อมูลที่อยู่ในอันตรภาคชั้นใด	1. คำตอบมี 5 ตัวเลือก โดยเรียง จากอันตรภาคชั้นสูงสุดไปชั้นต่ำสุดหรือ จากชั้นต่ำสุดไปชั้นสูงสุด 2. การเขียนตัวถูก และตัวลวง 2.1 มีตัวเลือกที่ถูกเพียง 1 ตัวเลือก 2.2 มีตัวเลือกที่ผิดเนื่องมาจาก อันตรภาคชั้นในตารางที่โจทย์ กำหนด

ตัวอย่างข้อกระทง

ตารางแจกแจงความสูงของนักเรียนชั้น ม. 3 เป็นดังนี้

ความสูง (cm)	จำนวน
130 - 139	4
140 - 149	8
150 - 159	2
160 - 169	3
170 - 179	1

มัชฎฐานของความสูงของนักเรียนอยู่ในอันตรภาคชั้นใด

ก. 130 - 139

(ข.) 140 - 149

ค. 150 - 159

ง. 160 - 169

จ. 170 - 179

การกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อกระทง ต้องกระทำเช่นนี้จนครบทุกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้ง 6 จุดประสงค์ เขียนข้อสอบตามลักษณะเฉพาะของข้อกระทง แต่ละจุดประสงค์จะเขียนข้อกระทงเป็นจำนวน 2 เท่าของค่าที่ปรับจำนวนข้อซึ่งเสนอไว้ในตารางที่ 3 รวมจำนวนข้อกระทงที่สร้างทั้งหมด 60 ข้อ แต่ละข้อกระทงมี 5 ตัวเลือก

คุณภาพของข้อกระทงและการคัดเลือกข้อกระทง

1. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยนำข้อกระทงที่สร้างขึ้น พร้อมลักษณะเฉพาะของข้อกระทงไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 8 ท่าน (กลุ่มเดียวกันกับที่ใช้กำหนดจำนวนข้อในแบบสอบ) ตัดสินว่าลักษณะเฉพาะของข้อกระทงและข้อกระทงแต่ละข้อ วัดได้ตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ และใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อกระทงกับจุดประสงค์ ซึ่งเสนอโดยโรวีเนลลี และ แฮมเบิลตัน (Rovinelli and Hambleton Cited by Hambleton, R.K., 1978) มีสูตรดังนี้

$$IOC = R / N$$

เมื่อ IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อกระทงกับจุดประสงค์
R	คือ	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิ

การให้คะแนนความคิดเห็น

+1	คือ	แน่ใจว่าข้อกระทงนั้นวัดจุดประสงค์นั้น
0	คือ	ไม่แน่ใจว่าข้อกระทงนั้นวัดจุดประสงค์นั้น
-1	คือ	แน่ใจว่าข้อกระทงนั้นไม่ได้วัดจุดประสงค์นั้น

คัดเลือกข้อกระทงที่มีความตรงเชิงเนื้อหา ถ้าดัชนีที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ 50 % แสดงว่า ข้อกระทงนั้นวัดจุดประสงค์ข้อนั้น และถือว่าเป็นคะแนนความคิดเห็นที่ใช้ได้ ถ้าดัชนีที่คำนวณได้น้อยกว่า 50 % แสดงว่าข้อกระทงนั้นไม่ได้วัด หรือไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์นั้น ซึ่งต้องปรับปรุงแก้ไข (บุญเชิด วิทยุโชนันต์พงษ์, 2527)

จากการนำข้อกระทงจำนวน 60 ข้อ ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบ แล้วนำคะแนนความคิดเห็นของแต่ละท่านมาคำนวณค่า IOC จะได้ว่าข้อกระทงทุกข้อมีค่า IOC อยู่ในช่วง 0.75 - 1.00 แสดงว่า ข้อกระทงที่สร้างขึ้นทุกข้อมีความตรงเชิงเนื้อหา

2. นำข้อกระทงที่ได้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจำนวน 60 ข้อ แบ่งเป็น 2 ฉบับๆ ละ 30 ข้อ นี้ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลองแบบสอบจำนวน 97 คน ซึ่งแต่ละคนต้องทำทั้ง 2 ฉบับ โดยทดสอบก่อนเรียน (PRE-TEST) และหลังเรียน (POST-TEST) นำผลการสอบมาวิเคราะห์รายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อกระทงที่มีประสิทธิภาพและปรับปรุงคุณภาพของข้อกระทง ข้อกระทงที่ดีควรเป็นข้อกระทงที่ผู้เรียนรู้แล้ว ควรทำได้มากกว่าผู้ที่ยังไม่ได้เรียน โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความไวและค่าความยาก ข้อกระทงที่มีค่าความไวสูงและเป็นบวกจะแสดงว่าข้อสอบข้อนั้น ๆ สามารถจำแนกผู้ที่เรียนแล้วและผู้ที่ยังไม่ได้เรียนออกจากกัน ข้อกระทงที่ต้องการควรมีค่าดัชนีความไวอยู่ระหว่าง 0.20 - 1.00 และควรมีค่าความยากก่อนสอนน้อยกว่าความยากหลังสอน

2.1 หาค่าดัชนีความไว (Sensitivity Index) จากสูตร (Kryspin and Feldhusen , 1974 อ้างถึงใน โกวิท ประวาทพฤษ และ สมศักดิ์ สินธุเวชญ์, 2523)

$$S = (R_{pos} - R_{pre}) / T$$

เมื่อ R_{pos} คือ จำนวนผู้ตอบถูกหลังเรียน
 R_{pre} คือ จำนวนผู้ตอบถูกก่อนเรียน
 T คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด

2.2 หาค่าความยากของข้อกระทงจากสูตร

$$P = R / T$$

เมื่อ P คือ ค่าความยาก
 R คือ จำนวนผู้ตอบถูก
 T คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด

เกณฑ์ในการคัดเลือกข้อกระทง

ข้อกระทงที่มีค่าดัชนีความไว ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จะคงไว้

ข้อกระทงที่มีค่าดัชนีความไว น้อยกว่า .20 จะคัดทิ้ง

ผลการคัดเลือกข้อกระทงตามเกณฑ์ดังกล่าว จะได้จำนวนข้อกระทงที่คงไว้ของแต่ละจุดประสงค์ดังนี้

จุดประสงค์ที่ 1	จำนวนข้อที่สร้าง	10 ข้อ	จำนวนข้อที่คงไว้	9 ข้อ
จุดประสงค์ที่ 2	จำนวนข้อที่สร้าง	12 ข้อ	จำนวนข้อที่คงไว้	8 ข้อ
จุดประสงค์ที่ 3	จำนวนข้อที่สร้าง	8 ข้อ	จำนวนข้อที่คงไว้	6 ข้อ
จุดประสงค์ที่ 4	จำนวนข้อที่สร้าง	16 ข้อ	จำนวนข้อที่คงไว้	13 ข้อ
จุดประสงค์ที่ 5	จำนวนข้อที่สร้าง	6 ข้อ	จำนวนข้อที่คงไว้	4 ข้อ
จุดประสงค์ที่ 6	จำนวนข้อที่สร้าง	8 ข้อ	จำนวนข้อที่คงไว้	6 ข้อ
รวมข้อกระทงที่คงไว้ทั้งหมดจำนวน			46 ข้อ	

3. จากข้อกระทงจำนวน 46 ข้อคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความไวสูงพร้อมทั้งพิจารณาข้อที่มีความยากก่อนสอนมากกว่าหลังสอนไว้เพียง 30 ข้อ ตามน้ำหนักความสำคัญของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ผู้ทรงคุณวุฒิกำหนดให้ดังตารางที่ 4 การจัดเรียงข้อสอบจะสัมพันธ์เรียงตั้งแต่จุดประสงค์ที่ 1 ถึง จุดประสงค์ที่ 6 โดยที่จุดประสงค์ข้อใดถูกกำหนดให้มีจำนวนข้อมากที่สุด จะได้รับการสัมพันธ์มากที่สุดและให้ทุกความยาวของแบบสอบครอบคลุมทุกจุดประสงค์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ข้อกระทงที่ได้รับการคัดเลือกเป็นแบบสอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ค่าดัชนีความไว และค่าความยาก ดังรายละเอียดตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ค่าดัชนีความไว และ ค่าความยากของแบบสอบที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	จุดประสงค์	ค่า IOC	ค่าดัชนีความไว	ค่าความยากก่อนสอน	ค่าความยากหลังสอน
1	1	1.00	0.63	0.02	0.65
2	2	1.00	0.20	0.18	0.39
3	2	1.00	0.28	0.40	0.69
4	3	1.00	0.22	0.26	0.49
5	4	1.00	0.59	0.31	0.69
6	4	1.00	0.27	0.08	0.35
7	5	1.00	0.24	0.04	0.29

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ข้อที่	จุดประสงค์	ค่าIOC	ค่าดัชนีความไว	ค่าความยากก่อนสอน	ค่าความยากหลังสอน
6	6	1.00	0.37	0.31	0.67
9	1	0.75	0.25	0.51	0.76
10	2	1.00	0.22	0.28	0.51
11	3	1.00	0.38	0.47	0.85
12	4	1.00	0.24	0.20	0.45
13	4	1.00	0.22	0.57	0.80
14	5	1.00	0.22	0.16	0.39
15	6	1.00	0.29	0.23	0.52
16	1	1.00	0.26	0.53	0.80
17	2	0.88	0.45	0.27	0.71
18	3	1.00	0.46	0.27	0.73
19	4	1.00	0.20	0.18	0.38
20	4	1.00	0.35	0.51	0.85
21	5	1.00	0.24	0.14	0.38
22	1	1.00	0.22	0.26	0.49
23	2	1.00	0.20	0.49	0.69
24	3	1.00	0.31	0.02	0.32
25	4	1.00	0.31	0.31	0.61
26	6	1.00	0.20	0.31	0.51
27	1	1.00	0.23	0.56	0.79
28	2	1.00	0.47	0.28	0.76
29	4	1.00	0.57	0.31	0.89
30	6	1.00	0.29	0.12	0.41

4. ปรับข้อกระทงของแบบสอบประเภทเลือกตอบ ให้เป็นแบบสอบอิงเกณฑ์ ประเภทตอบสั้น โดยใช้ข้อความเดิมเพียงตัดตัวเลือกรอกแล้วปรับข้อความให้เหมาะสม ที่จะเป็นประเภทตอบสั้น ดังนั้นจึงได้แบบสอบอิงเกณฑ์ประเภทเลือกตอบและตอบสั้นที่มีความตรงเชิงเนื้อหาเทียบเคียงกันใช้ในการวิจัยครั้งนี้

วิธีดำเนินการรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียน เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และขอความร่วมมือจากครุที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ (ค.312) ในการจัดการเรียนการสอนให้ครบตามเนื้อหาที่ต้องการวัดในแบบสอบ

2. นำแบบสอบอิงเกณฑ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้งสองประเภท เรื่อง "สถิติ" ไปสอบก่อนเรียน ซึ่งมีการบริหารการสอบดังนี้

ผู้วิจัยนำแบบสอบอิงเกณฑ์ประเภทเลือกตอบและตอบสั้นไปสอบกับนักเรียนโรงเรียนจันทร์ประดิษฐารามวิทยาคมที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้จำนวน 8 ห้องเรียน โดยแจกแบบสอบสลับให้นักเรียนทำตามที่นั่งในห้องเรียน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนได้ทำแบบสอบเพียงคนละฉบับเท่านั้น

3. การจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากครุที่สอนประจำวิชาคณิตศาสตร์ ให้ดำเนินการเรียนการสอนให้ครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในคู่มือครุ ทั้งนี้เพื่อให้การเรียนการสอนดำเนินไปตามลำดับขั้นตอน และครอบคลุมเนื้อหา

4. เมื่อครุได้สอนครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้แล้ว ทำการสอบภายหลังการเรียน ซึ่งถ้านักเรียนคนใดสอบครั้งแรกด้วยแบบสอบเลือกตอบ สอบครั้งที่สองก็จะใช้แบบสอบเลือกตอบ และถ้าครั้งแรกสอบด้วยแบบสอบตอบสั้น สอบครั้งที่สองก็จะใช้แบบสอบตอบสั้น เช่นเดียวกัน

อนึ่ง ในการบริหารการสอบทั้งสองครั้ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอบเองและได้รับความร่วมมือจากครุผู้สอน ในการจัดห้องสอบ และช่วยคุมสอบทำให้การสอบดำเนินไปได้ด้วยดี

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำคะแนนที่ได้จากแบบสอบอิงเกณฑ์ประเภทเลือกตอบ และแบบตอบสั้นมาหาค่าสถิติพื้นฐานดังนี้

1.1 ประเมินค่าความเที่ยงของแบบสอบอิงเกณฑ์ โดยใช้สูตรของโลเวตต์

(Lovett, 1978)

$$r_{cc} = 1 - \frac{Ms_p}{Ms_s}$$

$$\text{เมื่อ } Ms_p = \frac{k \sum_{i=1}^n (x_i/k - c)^2}{n}$$

$$Ms_s = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (x_{ij} - c)^2 - n \sum_{j=1}^k (x_j/n - \bar{x}_{.j})^2 - k \sum_{i=1}^n (x_i/k - c)^2}{(n-1)(k-1)}$$

r_{cc} คือ ค่าประมาณความเที่ยงของแบบสอบ

$\bar{x}_{.j}$ คือ ค่าเฉลี่ยรวม

c คือ คะแนนเกณฑ์มาตรฐานหรือจุดตัด ซึ่งผู้วิจัยใช้จุด
เกณฑ์มาตรฐานในการให้ผ่าน เป็นเกณฑ์ในการคำนวณ

k คือ จำนวนข้อสอบ

n คือ จำนวนผู้สอบ

1.2 หาความตรงเชิงจำแนกของแบบสอบแต่ละประเภท โดยการทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน และหลังเรียนของผู้สอบ โดยใช้สูตร (Guilford, 1978)

$$t = \frac{\bar{x}_d}{\frac{\sum x^2 d}{\sqrt{N(N-1)}}$$

เมื่อ	x_i	แทน	คะแนนหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน
	x'_i	แทน	คะแนนก่อนเรียนของนักเรียนแต่ละคน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	d_i	แทน	ผลต่างระหว่าง x_i กับ x'_i
	\bar{X}_d	แทน	ค่าเฉลี่ยของ d_i มีค่าเท่ากับ $\sum d_i / N$
	s_d	แทน	ผลต่างของ d_i กับ \bar{X}_d

1.3 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบความแตกต่างของความยากของแบบสอบเลือกตอบและตอบสั้น ในที่นี้ใช้การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแบบสอบทั้งสองประเภท เมื่อค่าเฉลี่ยของแบบสอบมากก็แสดงว่าแบบสอบชนิดนั้นง่ายเพราะมีผู้สอบได้คะแนนมาก ในทำนองเดียวกัน เมื่อค่าเฉลี่ยของแบบสอบน้อยแบบสอบฉบับนั้นก็ยาก ในการทดสอบใช้ t-test (Guilford, 1978)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

ในที่นี้	\bar{X}_1	=	ค่าเฉลี่ยของคะแนนในแบบสอบชนิดเลือกตอบ
	\bar{X}_2	=	ค่าเฉลี่ยของคะแนนในแบบสอบชนิดเติมคำ
	S_1^2	=	ค่าความแปรปรวนของคะแนนในแบบสอบเลือกตอบ
	S_2^2	=	ค่าความแปรปรวนของคะแนนในแบบสอบเติมคำ
	n_1	=	จำนวนนักเรียนที่สอบแบบสอบชนิดเลือกตอบ
	n_2	=	จำนวนนักเรียนที่สอบแบบสอบชนิดเติมคำ

2. วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน และหาค่าสหสัมพันธ์ในการจำแนกระดับความรอบรู้ ด้วยเกณฑ์จากเทคนิคการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นกับแบบสอบเต็มฉบับประเภทเลือกตอบและตอบสั้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 นำผลการสอบหลังการเรียนของแบบสอบทั้ง 2 ประเภท ไปตรวจให้คะแนน และในแต่ละความยาวก็จะจำแนกระดับความรอบรู้ของนักเรียน โดยอาศัยเกณฑ์ที่ได้จากสมการของเทคนิคการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น ซึ่งต้องกำหนดค่านารามิเตอร์ขึ้น 4 ค่า คือ

- α คือ โอกาสความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจให้ผู้รอบรู้สอบตก
 β คือ โอกาสความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจให้ผู้ไม่รอบรู้สอบผ่าน
 P_0 คือ สัดส่วนข้อสอบที่ยอมให้ผู้สอบทำผิดได้ และถือเป็นผู้รอบรู้
 P_1 คือ สัดส่วนข้อสอบที่ถ้าผู้สอบทำผิดจะถือว่าเป็นผู้ไม่รอบรู้

เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ 4 ค่า ก็จะสามารถนำไปคำนวณค่าต่าง ๆ เพื่อให้ได้เส้นสมการ

$$L_0 = h_0 + ms$$

$$L_1 = h_1 + ms$$

L_0, L_1 คือ ฟังก์ชันแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนข้อที่ทำการทดสอบกับจำนวนข้อที่ผู้สอบทำผิด โดยจะถูกจัดเป็นผู้รอบรู้หรือไม่รอบรู้

m คือ จำนวนข้อที่ทดสอบ

h_0, h_1 คือ จุดตัดกับแกนตั้ง

s คือ ค่าความชันของเส้นกราฟ L_0, L_1

ค่า h_0, h_1 และ s สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$S = \frac{\log \frac{1 - P_0}{1 - P_1}}{\log \frac{P_1}{P_0} - \log \frac{1 - P_1}{1 - P_0}}$$

$$h_0 = \frac{\log \frac{\beta}{1 - \alpha}}{\log \frac{P_1}{P_0} - \log \frac{1 - P_1}{1 - P_0}}$$

$$h_1 = \frac{\log \frac{1 - \beta}{\alpha}}{\log \frac{P_1}{P_0} - \log \frac{1 - P_1}{1 - P_0}}$$

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดค่า $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.10$, $P_0 = 0.25$
และ $P_1 = 0.45$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ค่า } s &= 0.345 \\ h_0 &= -2.507 \\ h_1 &= 3.219 \end{aligned}$$

ดังนั้นจะได้เส้นสมการดังนี้

$$L_0 = -2.507 + .345 M$$

$$L_1 = 3.129 + .345 M$$



ถ้าแทนค่า M ด้วยความยาวของแบบสอบที่กำหนดให้ในการศึกษาครั้งนี้ เช่น แบบสอบที่มีความยาว 8 ข้อ สามารถแทนค่าในสมการได้ผลดังนี้

$$L_0 = -2.507 + .345(8) = 0.153$$

$$L_1 = 3.129 + .345(8) = 5.889$$

ค่าที่ได้จากสมการ L_0 หมายถึง จำนวนข้อสอบที่ยอมให้ผู้สอบทำผิดโดยถือว่าเป็นผู้รอบรู้ ซึ่งในที่นี้มีค่า .153 มีค่าต่างจาก 0 เพียงเล็กน้อย

ค่าที่ได้จากสมการ L_1 หมายถึง จำนวนข้อที่ผู้สอบทำผิด จะถือว่าเป็นผู้ไม่รอบรู้ ซึ่งในที่นี้มีค่า 5.889 ประมาณ 6 ข้อ

ดังนั้น ให้นักเรียนสอบแบบสอบจำนวน 8 ข้อ นักเรียนจะถูกจัดเป็น " ผู้รอบรู้ " ก็ต่อเมื่อ นักเรียนตอบถูกทุกข้อ และจะจัดเป็น " ผู้ไม่รอบรู้ " ก็ต่อเมื่อ นักเรียนตอบผิดตั้งแต่ ๑ ข้อขึ้นไป และถ้าตอบผิดอยู่ในช่วง 1-5 ข้อ จะถูกจัดให้เป็น " ผู้ที่ยังตัดสินใจไม่ได้ "

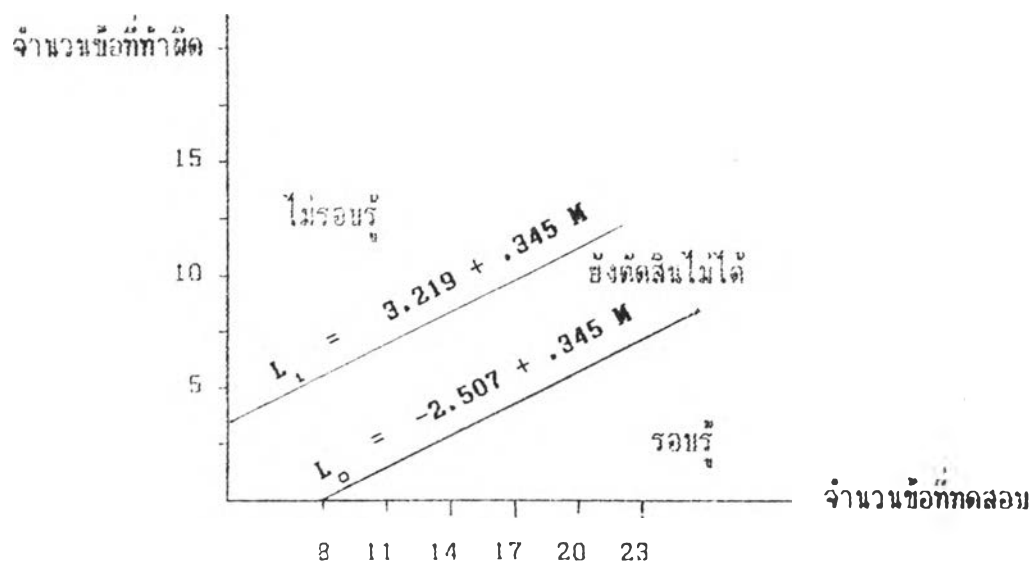
ในความยาวต่าง ๆ ของแบบสอบ ก็สามารถคำนวณจำนวนข้อสอบที่ผู้สอบทำผิดได้ โดยยังถือว่าเป็นผู้รอบรู้ และจำนวนข้อสอบที่ถ้าผู้สอบทำผิด จะถือว่าเป็นผู้ไม่รอบรู้ด้วยการแทนจำนวนข้อที่จะสอบทั้งหมดลงในสมการเช่นเดียวกัน ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอไว้ดังนี้

ตารางที่ 6 จำนวนข้อที่ผู้สอบทำผิดได้ในความยาวต่างๆ ของแบบสอบ และถือว่าเป็นผู้รอบรู้ และจำนวนข้อสอบที่ถ้าผู้สอบทำผิดเกิน จะถือว่าเป็นผู้ไม่รอบรู้ เมื่อกำหนด $P_0 = .25$ $P_1 = .45$ $\alpha = .05$ และ $\beta = .10$

จำนวนข้อที่ทำ การทดสอบ	8	11	14	17	20	23
จำนวนข้อที่ทำผิด โดยยังถือเป็นผู้รอบรู้	0	1	2	3	4	5
จำนวนข้อที่ทำผิด โดยถือเป็นผู้ไม่รอบรู้	6	7	8	9	10	11

จากตารางที่ 6 สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้

แผนภูมิที่ 2 เส้นสมการเพื่อกำหนดเขตการจำแนกระดับความรอบรู้ของนักเรียน
เมื่อกำหนด
 $P_0 = .25$, $P_1 = .45$, $\alpha = .05$ และ $\beta = .10$



การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นครั้งนี้ ถ้าผลการทดสอบยังไม่สามารถวัดระดับความสามารถที่แท้จริงได้ จะได้รับการจัดเป็นกลุ่ม "ยังตัดสินใจไม่ได้" และการจำแนกระดับความรอบรู้จะสิ้นสุดในแต่ละความยาวของแบบสอบที่กำหนดขึ้น แล้วทำการตรวจว่าแต่ละความยาวนั้นจำแนกระดับความรอบรู้ได้สอดคล้อง หรือคลาดเคลื่อนจากแบบสอบเต็มฉบับเท่าใด

2.2 วิเคราะห์ผลการจำแนกระดับความรอบรู้ของนักเรียนจากแบบสอบที่ความยาวต่าง ๆ กับแบบสอบเต็มฉบับ โดยหาค่าความสอดคล้องที่ปรากฏจาก ผลรวมของจำนวนผู้สอบที่มีผลการจำแนกระดับความรอบรู้ของนักเรียน ในความยาวหนึ่ง ๆ ของแบบสอบมีผลตรงกับแบบสอบเต็มฉบับ และหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏจากผลรวมของจำนวนผู้สอบที่มีผลการจำแนกระดับความรอบรู้ของนักเรียนในความยาวหนึ่ง ๆ ของแบบสอบมีผลไม่ตรงกับแบบสอบเต็มฉบับ

การหาค่าความสอดคล้องที่ปรากฏและค่าความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏ สามารถแสดงรายละเอียดให้เห็น ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 วิธีการคำนวณค่าความสอดคล้องที่ปรากฏและความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏ

แบบสอบ ที่ความยาว x_i	แบบสอบเต็มฉบับ	รอบรู้	ยังตัดสินใจไม่ได้	ไม่รอบรู้
รอบรู้		f_{11}	f_{12}	f_{13}
ยังตัดสินใจไม่ได้		f_{21}	f_{22}	f_{23}
ไม่รอบรู้		f_{31}	f_{32}	f_{33}

x_i	คือ	ความยาวต่าง ๆ ของแบบสอบ (ในที่นี้ คือ 8 ข้อ 11 ข้อ 14 ข้อ 17 ข้อ 20 ข้อ และ 23 ข้อ)
f_{ij}	หมายถึง	จำนวนผู้เข้าสอบที่ได้รับจากการจำแนกระดับความรอบรู้ในลักษณะต่าง ๆ
P_{11}	=	$f_{11} + f_{22} + f_{33}$
P_e	=	$f_{12} + f_{13} + f_{21} + f_{23} + f_{31} + f_{32}$
โดยที่ P_{11}	คือ	ค่าความสอดคล้องที่ปรากฏ
P_e	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏ

2.3 การหาจำนวนคนที่ยอมให้เกิดอัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนด ร้อยละ 5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 คำนวณได้จากการทดสอบทวินาม (The Binomial Test) ตามสูตร (Marascuilo and McSweeney, 1977)

$$\sum_{t=0}^n \binom{N}{t} p^t q^{N-t} \approx 0.95$$

เมื่อ N	คือ	จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด
n	คือ	จำนวนคนที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อน
p	คือ	สัดส่วนจำนวนผู้เข้าสอบ ที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อน ในการจำแนกระดับความรอบรู้ของนักเรียน ในที่นี้กำหนดให้มีค่าเป็น 0.05
q	คือ	$1 - p$ ในที่นี้มีค่า $1 - .05 = 0.95$
0.95	คือ	ช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด

จากการคำนวณตามสูตร จะได้ว่า

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน อัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนด 0.05 ช่วงความเชื่อมั่น 0.95 ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อน ในการจำแนกระดับความรอบรู้ของนักเรียนได้ไม่เกิน 12 คน ในการทดสอบทางสถิติ ได้ทดสอบอัตราความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏที่ชัดเจน

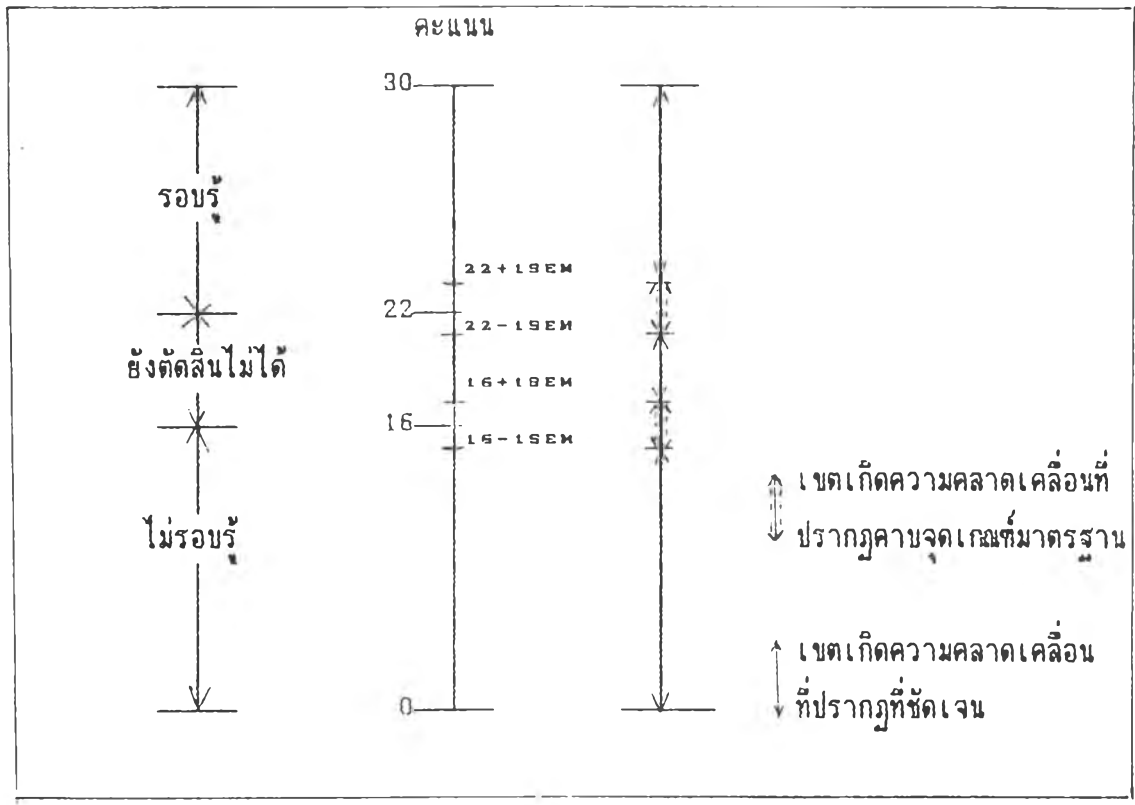
2.4 ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งประเภทความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏ ในการจำแนก ระดับความรอบรู้เป็น 2 ประเภท คือ ความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏคาบจุดเกณฑ์มาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏที่ชัดเจน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏคาบจุดเกณฑ์มาตรฐาน เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการที่ผู้สอบได้คะแนนจากแบบสอบเต็มฉบับ อยู่ในช่วงการตัดสินใจระดับความรอบรู้ ทำให้เกิดการจำแนกระดับความรอบรู้ในความยาวต่างๆ กับแบบสอบเต็มฉบับไม่ตรงกัน จากการกำหนดคะแนนเกณฑ์มาตรฐานให้ผ่านร้อยละ 75 ($P = .25$) และคะแนนเกณฑ์มาตรฐานให้ตก ร้อยละ 55 ($P = .45$) จะได้ว่า ถ้าสอบแบบสอบจำนวน 30 ข้อ นักเรียนจะได้รับการ จำแนกให้เป็น "ผู้รอบรู้" เมื่อได้คะแนนตั้งแต่ 22 คะแนนขึ้นไป และเป็น "ผู้ไม่รอบรู้" เมื่อ ได้คะแนนไม่เกิน 16 คะแนนและเป็น "ผู้ยังตัดสินใจไม่ได้" คือ ผู้ที่ได้คะแนนอยู่ในช่วง 17-21 คะแนน จะเห็นว่าคะแนนที่จำแนกผู้รอบรู้ คือคะแนนที่ 22 และคะแนนที่จำแนกเป็นผู้ไม่รอบรู้ คือ 16 โดยทั่วไปคะแนนที่ได้จากการสอบจะมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด กล่าวคือ คะแนนที่แท้จริงอาจมีค่าสูงหรือต่ำกว่าคะแนนที่สอบได้ ถ้ามีการจำแนกระดับความรอบรู้ผิดใน ช่วงคาบจุดการตัดสินใจระดับความรอบรู้อาจเป็นเพราะว่าคะแนนที่แท้จริงของผู้เข้าสอบอาจมีค่า ต่ำหรือสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เพื่อไม่ให้ช่วงคะแนนที่แท้จริงกว้างเกินไปผู้วิจัยจึง กำหนดช่วงคะแนนจริงของผู้สอบอยู่ในช่วง $X \pm 1SEM$ เมื่อ X คือคะแนนจากแบบสอบเต็มฉบับ ดังนั้น ถ้าผู้สอบมีคะแนนจากแบบสอบเต็มฉบับอยู่ในช่วง $16 \pm 1SEM$ และ $22 \pm 1SEM$ แล้วเกิดการจำแนกระดับความรอบรู้ไม่ตรงกับแบบสอบเต็มฉบับ เช่น ผู้เข้าสอบคนหนึ่งทำ แบบสอบเต็มฉบับได้คะแนน 17 คะแนน เขาจะได้รับการตัดสินใจให้เป็น "ผู้ยังตัดสินใจไม่ได้" แต่ ที่ความยาว 8 ข้อ เขากลับได้รับการตัดสินใจให้เป็น "ผู้ไม่รอบรู้" ความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้ จะถือว่าเป็น "ความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏคาบจุดเกณฑ์มาตรฐาน"

2. ความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏที่ชัดเจน คือ ความคลาดเคลื่อนในการจำแนก ระดับความรอบรู้ผิดในช่วงคะแนนจากแบบสอบเต็มฉบับของผู้สอบนั้นจากเขตความคลาดเคลื่อน มาตรฐาน เช่น ผู้เข้าสอบคนหนึ่งทำแบบสอบเต็มฉบับได้คะแนน 25 คะแนน เขาจะได้รับการตัดสินใจให้เป็น "ผู้รอบรู้" แต่ที่ความยาว 8 ข้อ เขากลับได้รับการตัดสินใจให้เป็น "ผู้ยังตัดสินใจไม่ได้" ความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้จะถือว่าเป็น "ความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏ ที่ชัดเจน" ทั้งนี้เพราะคะแนนจากแบบสอบเต็มฉบับของผู้เข้าสอบดังกล่าวนั้นช่วงคาบจุดการ ตัดสินใจระดับความรอบรู้ถ้ามีการจำแนกผิด ก็น่าจะเป็นเพราะว่าแบบสอบที่ความยาว 8 ข้อ ไม่เหมาะสมที่จะใช้ประเมินความยาวของแบบสอบ ความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้มีความรุนแรง และเสียหายมากกว่าความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏคาบจุดเกณฑ์มาตรฐาน

การกำหนดความคลาดเคลื่อนทั้งสองประเภทนี้ สามารถแสดงให้เห็นชัดได้ด้วยแผนภูมิดังนี้

แผนภูมิที่ 3 ขอบเขตที่แสดงถึงช่วงความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏคาบจุดเกณฑ์มาตรฐานและความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏที่ชัดเจน



2.5 หาความสัมพันธ์ของผลการจัดประเภทบุคคลตามระดับการรอบรู้ เมื่อใช้แบบสอบที่มีความยาวเต็มฉบับ กับแบบสอบที่ความยาวต่าง ๆ ในที่นี้จะใช้การหาความสัมพันธ์เคนดอล ทาวน์ โดยใช้สูตร (Marascuilo and McSweeney, 1979)

$$r = \frac{s}{\sqrt{\left[\begin{matrix} n \\ 2 \end{matrix} \right] - U_1} + \sqrt{\left[\begin{matrix} n \\ 2 \end{matrix} \right] - U_2}}$$

- เมื่อ n คือ จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด
 s คือ ผลรวมของความสอดคล้อง หรือความแตกต่างในการจัดประเภทบุคคลตามระดับความรู้ของผู้สอบแต่ละคนจากแบบสอบที่มีความยาวเต็มฉบับ และแบบสอบที่ความยาวหนึ่ง ๆ

$$U_1 = 1/2 \sum t_j (t_j - 1)$$

- เมื่อ t_j คือ ความถี่ในการจัดประเภทบุคคลในระดับความรู้ที่ซ้ำกันจากแบบสอบเต็มฉบับ

$$U_2 = 1/2 \sum u_j (u_j - 1)$$

- เมื่อ u_j คือ ความถี่ในการจัดประเภทบุคคลในระดับความรู้ที่ซ้ำกันจากแบบสอบที่ความยาวหนึ่ง ๆ
 และตรวจสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จากสูตร

$$Z = \frac{s - 1}{\sigma_s}$$

โดยที่

$$\sigma_s = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} - \frac{1}{18} [\sum t_j (t_j - 1) (2t_j + 5) +$$

$$[\sum u_j (u_j - 1) (2u_j + 5)]] + \frac{1}{9n(n-1)(n-2)}$$

$$[\sum t_j (t_j - 1) (t_j - 2)] [\sum u_j (u_j - 1) (u_j - 2)] +$$

$$\frac{2}{n(n-1)} U_1 U_2$$

3. เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏ และความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏที่ชัดเจนระหว่างแบบสอบเลือกตอบและตอบสั้น ในการจำแนกระดับความรอบรู้ของนักเรียน โดยทดสอบสัดส่วนของจำนวนนักเรียนที่เกิดความคลาดเคลื่อนตามสูตร (Guilford, 1978)

$$Z = \frac{P_1 - P_2}{\sqrt{\bar{p}\bar{q} \left(\frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2} \right)}}$$

$$\bar{p} = \frac{N_1 p_1 + N_2 p_2}{N_1 + N_2}$$

$$\bar{q} = 1 - \bar{p}$$

เมื่อ p_1 คือ สัดส่วนของจำนวนนักเรียนที่เกิดความคลาดเคลื่อนจากแบบสอบเลือกตอบ

p_2 คือ สัดส่วนของจำนวนนักเรียนที่เกิดความคลาดเคลื่อนจากแบบสอบตอบสั้น

N_1, N_2 คือ จำนวนนักเรียนที่สอบแบบสอบเลือกตอบและตอบสั้น