

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสานระหว่างระเบียบวิธีเชิงปริมาณและระเบียบวิธีเชิงคุณภาพ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาเอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
3. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

#### 1. การศึกษาเอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยศึกษาเอกสารวิชาการ ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของนักเรียน ข้อบกพร่องและสาเหตุของความบกพร่องในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ตลอดจนศึกษาระเบียบวิธีการวิจัยทางการศึกษา วิธีการวัดและประเมินผลทางการศึกษา ความรู้ด้านหลักการและแนวทางการสร้างแบบวัดพุทธิพิสัย การประเมินคุณภาพของข้อสอบ รายชื่อและแบบสอบทั้งฉบับ และศึกษาเนื้อหาคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 จากหนังสือแบบเรียนของสภาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และหนังสือแบบเรียนของสภาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Mayer อันประกอบด้วยทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์จำนวน 4 ทักษะย่อย ได้แก่ ทักษะการแปลความโจทย์ปัญหา ทักษะการบูรณาการข้อมูลจากโจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา และทักษะการดำเนินการตามแผน

#### 2. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัยนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39 จังหวัดอุดรดิตถ์ จำนวน 19 โรงเรียน โดยมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในปีการศึกษา 2555 รวมทั้งสิ้น 3,089 คน (อ้างอิงจากเว็บไซต์ของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39 หรือ [www.secondary39.go.th](http://www.secondary39.go.th))

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39 จังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งสุ่มมาจาก 14 โรงเรียน โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ Taro Yamane (1973, อ้างถึงใน ดวงกลม ไตรวิจิตรคุณ, 2552: 114 - 115) ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ  $n$  = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง  
 $N$  = จำนวนประชากร  
 $e$  = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น ( $e = 0.05$ )

เมื่อกำหนดตามสูตรของ Taro Yamane จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนประชากรนักเรียนชั้นต่ำสุดจำนวน 354 คน ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

1. แบ่งโรงเรียนที่ต้องการสุ่มกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มตามเกณฑ์ซึ่งผู้วิจัยประยุกต์จากเกณฑ์การแบ่งขนาดโรงเรียนตามจำนวนนักเรียนของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งได้แบ่งขนาดโรงเรียนดังแสดงตามตาราง

ตารางแสดงเกณฑ์การแบ่งขนาดโรงเรียนตามจำนวนนักเรียน  
จากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ขนาดที่	จำนวนนักเรียน (คน)	ขนาด
1	1 - 120	เล็ก
2	121 - 200	เล็ก
3	201 - 300	เล็ก
4	301 - 499	เล็ก
5	500 - 1,499	กลาง
6	1,500 - 2,499	ใหญ่
7	2,500 คนขึ้นไป	ใหญ่พิเศษ

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้เกณฑ์ดังกล่าวในการแบ่งโรงเรียนออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่

- 1) กลุ่มโรงเรียนขนาดเล็กและขนาดกลาง หมายถึง โรงเรียนขนาดที่ 1 - 5 หรือโรงเรียนที่มีนักเรียนจำนวน 1 - 1,499 คน
- 2) กลุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดใหญพิเศษ หมายถึง โรงเรียนขนาดที่ 6 - 7 หรือโรงเรียนที่มีนักเรียนจำนวน 1,500 คนขึ้นไป

โดยเหตุผลของการแบ่งโรงเรียนออกเป็น 2 กลุ่มนั้น เพื่อสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling) โดยใช้ขนาดโรงเรียนเป็นเกณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่จะสุ่มจากกลุ่มโรงเรียนขนาดเล็กและขนาดกลางโรงเรียนละ 1 ห้องเรียน และกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากกลุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดใหญ่พิเศษโรงเรียนละ 2 ห้องเรียน

ฉะนั้น ด้วยวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนทั้งสิ้น 567 คน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนกลุ่มตัวอย่างนักเรียนทั้งหมดจาก 14 โรงเรียน

โรงเรียน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่สุ่มได้		
	ชาย(คน)	หญิง(คน)	รวม(คน)
1. โรงเรียนอุตรดิตถ์	69	10	79 (2 ห้องเรียน)
2. โรงเรียนอุตรดิตถ์ครุณี	5	65	70 (2 ห้องเรียน)
3. โรงเรียนทุ่งกะโล่	12	10	22
4. โรงเรียนแสนตอวิทยา	10	12	22
5. โรงเรียนวังกะพืดพิทยาคม	17	20	37
6. โรงเรียนตรอนศรีสินธุ์	7	29	36
7. โรงเรียนลับแลศรีวิทยา	12	7	19
8. โรงเรียนด่านแม่คำมันพิทยาคม	7	15	22
9. โรงเรียนพิชัย	34	56	90 (2 ห้องเรียน)
10. โรงเรียนบ้านโคกพิทยา	19	17	36
11. โรงเรียนดาราพิทยาคม	11	11	22
12. โรงเรียนน้ำปาดชนูปถัมภ์	9	31	40
13. โรงเรียนพากท่าวิทยา	13	20	33
14. โรงเรียนบ้านโคกพิทยาคม	13	26	39
รวม	238	329	567

2. แบ่งกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่ทำแบบวัดทั้งหมดออกเป็น 2 ประเภท เพื่อคัดเลือกเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบวัดโดยสมบูรณ์มาวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยกำหนดให้

ก. นักเรียนที่ทำแบบวัดโดยสมบูรณ์ หมายถึง นักเรียนที่ทำข้อสอบของโจทย์คณิตศาสตร์อย่างน้อย 1 โจทย์ได้ครบถ้วนทุกข้อ ทั้งในส่วนของข้อสอบปรนัยและข้อสอบอัตนัยแสดงวิธีทำ โดยมีร่องรอยของการพยายามแสดงวิธีทำเพื่อแก้ปัญหา หรือร่องรอยการทดเลขและการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาปรากฏอยู่

ข. นักเรียนที่ทำแบบวัดไม่สมบูรณ์ หมายถึง นักเรียนที่แสดงพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

- 1) นักเรียนที่ไม่ได้ทำข้อสอบของโจทย์คณิตศาสตร์ใดเลย
- 2) นักเรียนที่ทำข้อสอบปรนัยเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีร่องรอยของความพยายามแสดงวิธีทำกระทำการคำนวณหรือทดเลขใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาปรากฏในทุกโจทย์ปัญหา
- 3) นักเรียนที่พบว่าลอกการแสดงวิธีทำจากเพื่อนอย่างชัดเจน โดยสังเกตจากการใช้ภาษาเขียนที่เหมือนกันทุกตัวอักษร การคำนวณตัวเลขที่ผิดพลาดเหมือนกัน และไม่ปรากฏว่านักเรียนมีการทดเลขใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา รวมถึงการมีนักเรียนที่แสดงวิธีทำเหมือนกันทุกประการ ตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป
- 4) นักเรียนที่ลอกประโยคข้อความในโจทย์ปัญหามาเขียนในส่วนของ การแสดงวิธีทำเพียงอย่างเดียว
- 5) นักเรียนที่ลอกขั้นตอนการแก้ปัญหาที่เลือกไว้ในข้อสอบก่อนหน้ามาเขียนในส่วนของ การแสดงวิธีทำ แต่ไม่ปรากฏการแสดงวิธีทำเพื่อแก้ปัญหตามขั้นตอนการแก้ปัญหาที่เลือกไว้
- 6) นักเรียนที่เขียนเฉพาะคำตอบแต่ไม่ปรากฏร่องรอยของการแสดงวิธีทำหรือการคำนวณหรือทดเลขใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา
- 7) นักเรียนที่ทำแบบวัดไม่ถูกต้องตามคำสั่งเพราะมีความเข้าใจคำสั่งผิดพลาด เช่น นักเรียนที่กากบาทเฉพาะตารางระบุความมั่นใจในการเลือกตอบ แต่ไม่ได้กากบาทเลือกตัวเลือกใด

เมื่อแบ่งนักเรียนที่ทำแบบวัดทั้งหมดออกเป็น 2 ประเภทดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์จำนวน 413 คน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนนักเรียนที่ทำแบบวัดโดยสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์

โรงเรียน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่สุ่มได้		รวม(คน)
	นักเรียนที่ทำแบบวัด โดยสมบูรณ์(คน)	นักเรียนที่ทำแบบวัด ไม่สมบูรณ์(คน)	
1. โรงเรียนอุตรดิตถ์	72	7	79
2. โรงเรียนอุตรดิตถ์ตรุณี	64	6	70
3. โรงเรียนทุ่งกะโล่	15	7	22
4. โรงเรียนแสนตอวิทยา	12	10	22
5. โรงเรียนวังกะพี้พิทยาคม	8	29	37
6. โรงเรียนตรอนตรีสินธุ์	17	19	36
7. โรงเรียนลับแลศรีวิทยา	17	2	19
8. โรงเรียนด่านแม่คำมันพิทยาคม	17	5	22
9. โรงเรียนพิชัย	72	18	90
10. โรงเรียนบ้านโคกพิทยา	17	19	36
11. โรงเรียนดาราพิทยาคม	15	7	22
12. โรงเรียนน้ำปาดชมพูปลั่ง	36	4	40
13. โรงเรียนพากท่าวิทยา	16	17	33
14. โรงเรียนบ้านโคกพิทยาคม	35	4	39
<b>รวม</b>	<b>413</b>	<b>154</b>	<b>567</b>

3. ผู้วิจัยจำแนกกลุ่มตัวอย่างนักเรียนโดยใช้คะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเกณฑ์ในการจำแนก โดยมีได้ใช้ระดับผลการเรียนหรือเกรดวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งมาจากต่างโรงเรียนเป็นเกณฑ์ในการจำแนกด้วยสาเหตุสองประการคือ ประการที่หนึ่ง วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ของแต่ละโรงเรียนย่อมมีความแตกต่างกันออกไป เนื่องจากการวัดและประเมินผลของโรงเรียนแต่ละแห่งต้องตัดสินผ่านวิธีการประเมินแบบอิงกลุ่มร่วมด้วย ซึ่งหมายความว่าผลการตัดสินระดับการเรียนหรือเกรดวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ในเชิงเปรียบเทียบของระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่อยู่ภายในโรงเรียนเดียวกันได้เท่านั้น จึงไม่อาจนำเกรดวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนสองคนใดๆ ซึ่งมาจากต่างโรงเรียนมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง ประการ

ที่สอง แม้ผู้วิจัยจะนำเกรตวิชาคณิตศาสตร์จากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ แต่เกรดที่ได้มาก็เป็นผลจากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนเฉพาะเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนในภาคเรียนที่ผ่านมา ซึ่งไม่ตรงกับจุดประสงค์ของงานวิจัยที่ต้องการวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ในมวลเนื้อหาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาเท่านั้น

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยจึงใช้คะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเกณฑ์ในการจำแนกกลุ่มนักเรียน โดยนำกลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกแล้วจำนวน 413 คนแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มนักเรียนที่ใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้สูงหรือกลุ่มสูง กลุ่มนักเรียนที่ใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้ปานกลางหรือกลุ่มปานกลาง และกลุ่มนักเรียนที่ใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้ต่ำหรือกลุ่มต่ำ ตามร้อยละของคะแนนที่นักเรียนสามารถทำแบบวัดได้ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ ตามร้อยละของคะแนนที่ทำแบบวัดได้

ร้อยละของคะแนนที่ทำได้	กลุ่มนักเรียน
นักเรียนที่ทำคะแนนได้ตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป	กลุ่มสูง
นักเรียนที่ทำคะแนนได้ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป แต่ไม่ถึงร้อยละ 75	กลุ่มปานกลาง
นักเรียนที่ทำคะแนนได้ต่ำกว่าร้อยละ 50	กลุ่มต่ำ

ดังนั้นเมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 3 จะได้จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ดังรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักเรียน(คน)	ร้อยละ
กลุ่มสูง	67	16.22
กลุ่มปานกลาง	72	17.43
กลุ่มต่ำ	274	66.35
รวม	413	100.00

### 3. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการพัฒนาเครื่องมือดังต่อไปนี้

1) ศึกษาความหมาย แนวคิด ทฤษฎีจากตำรา เอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะและการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ตลอดจนวิธีและหลักการสร้างแบบวัด การทดสอบประสิทธิภาพของข้อสอบรายข้อและแบบวัดทั้งฉบับ และศึกษาเนื้อหาคณิตศาสตร์ของระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2) ออกแบบลักษณะโจทย์คณิตศาสตร์ที่เหมาะสมและสอดคล้องต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะโจทย์คณิตศาสตร์ที่เหมาะสมและสอดคล้องต่อวัตถุประสงค์การวิจัย

คุณลักษณะที่คัดสรร	ลักษณะโจทย์คณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อนำมาสร้างแบบวัด
1. แหล่งที่พบ	- ไม่ค่อยพบในหนังสือแบบเรียน
2. ความคุ้นเคยในการแก้ปัญหา	- ส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคย
3. การตัดสินใจเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา	- ยังไม่ทราบวิธีการแก้ปัญหาทันทีอย่างชัดเจน ผู้แก้ปัญหาจึงต้องพยายามคิดสร้างกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเอง
4. วิธีในการแก้ปัญหา	- มีหลายวิธีในการหาคำตอบ หรือมีหลากหลายกลยุทธ์ในการหาคำตอบ
5. จำนวนขั้นตอนการแก้ปัญหา	- ตั้งแต่ 2 ขั้นตอนขึ้นไป
6. ระดับพุทธิพิสัย	- ระดับการนำไปใช้ และการวิเคราะห์

3) ออกแบบเนื้อหาคณิตศาสตร์เพื่อสร้างโจทย์คณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์อัตราส่วนของชั่วโมงการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 5 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัดสาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต และสาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น เพื่อหาความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาคณิตศาสตร์ของแต่ละสาระการเรียนรู้สำหรับออกแบบโจทย์คณิตศาสตร์ทั้งหมดของแบบวัด

4) ออกแบบลักษณะของข้อสอบให้สอดคล้องต่อทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์แต่ละทักษะย่อย และพฤติกรรมต่างๆ ที่คัดเลือกมาออกแบบการสร้างข้อสอบในแบบวัด ดังแสดงในตารางต่อไปนี้ (สามารถดูการคัดเลือกพฤติกรรมที่ปรากฏในทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เพื่อนำมาออกแบบแบบวัดได้ในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 6 แสดงพฤติกรรมของทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ที่นำมาออกแบบข้อสอบ

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์	พฤติกรรมที่คัดเลือกมาออกแบบข้อสอบ
<p><b>1. ทักษะการแปลความโจทย์คณิตศาสตร์ (Problem translation skill)</b></p> <p>หมายถึง ความสามารถในการแปลความ โจทย์คณิตศาสตร์และทำความเข้าใจ สถานการณ์ปัญหาของโจทย์ซึ่งบรรยายอยู่ใน รูปของประโยคภาษา กราฟ แผนภูมิ ตารางข้อมูลหรือรูปภาพ เพื่อที่จะทราบว่า โจทย์ได้ให้ข้อมูลอะไรมาบ้างและโจทย์ต้องการ หาสิ่งใด</p>	<p><u>พฤติกรรม 1-1 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้</li> </ul> <p><u>พฤติกรรม 1-2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>บอกเป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือบอกสิ่งที่ โจทย์ต้องการหาได้</li> </ul> <p><u>พฤติกรรม 1-3 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>บอกข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ เช่น ความรู้ เกี่ยวกับมาตรา และหน่วยของปริมาณต่างๆ รวมถึงความหมายหรือนิยามของคำศัพท์ทาง คณิตศาสตร์ที่ปรากฏในโจทย์ปัญหาได้</li> </ul>
<p><b>2. ทักษะการบูรณาการข้อมูลจากโจทย์ ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Problem integration skill)</b></p> <p>หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้คัดเลือกข้อมูล จากโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและประมวล ข้อมูลดังกล่าวเพื่อนำมาสร้างตัวแทนทาง ความคิดของปัญหา โดยการจัดวางข้อมูลให้ เชื่อมโยงสัมพันธ์กันตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และมีความสอดคล้องตามหลักคณิตศาสตร์</p>	<p><u>พฤติกรรม 2-6 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>สร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหาเพื่อเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของข้อมูลตามเงื่อนไขที่โจทย์ กำหนดและสอดคล้องตามหลักคณิตศาสตร์ โดยใช้การวาดรูปเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือการนำข้อมูลมาสร้างเป็นแผนภูมิ ตารางข้อมูล แผนภาพ หรือสมการคณิตศาสตร์ เป็นต้น</li> </ul>
<p><b>3. ทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา (Solution planning and monitoring skill)</b></p> <p>หมายถึง ความสามารถในการบูรณาการ ความรู้ทางคณิตศาสตร์กับตัวแทนทางความคิด ของปัญหาเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การหาสิ่งที่โจทย์ ต้องการ โดยมีการแบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหา ลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาและเลือกกลวิธีใน การแก้ปัญหา พร้อมทั้งกำกับความคิดเพื่อ ตรวจสอบการวางแผนกระบวนการแก้ปัญหา ในแต่ละขั้นตอนว่ามีความสำคัญอย่างไรและ ถูกต้องเหมาะสมแล้วหรือไม่</p>	<p><u>พฤติกรรม 3-1 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>แบ่งขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา ลำดับขั้นตอน การแก้ปัญหา และเลือกกลวิธีในการแก้ปัญหา โดยบอกได้ว่าแต่ละขั้นตอนที่ใช้แก้ปัญหามี ความสำคัญอย่างไร เหตุใดจึงเลือกทำเช่นนั้น <i>หรือ</i></li> <li>บอกข้อมูลสำคัญที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาก่อนไปสู่ การหาสิ่งที่โจทย์ต้องการ ซึ่งเป็นข้อมูลที่โจทย์ ไม่ได้กำหนดมาให้ได้</li> </ul> <p><u>พฤติกรรม 3-2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>บอกวิธีการคำนวณหรือสูตร กฎ หลักการ ที่ต้อง ใช้ในการดำเนินการของขั้นตอนการแก้ปัญหา แต่ละขั้นตอนได้</li> </ul>

ตารางที่ 6 แสดงพฤติกรรมของทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ที่นำมาออกแบบข้อสอบ (ต่อ)

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา โจทย์คณิตศาสตร์	พฤติกรรมที่คัดเลือกมาออกแบบข้อสอบ
<p>4. ทักษะการดำเนินการตามแผน (Solution execution skill)</p> <p>หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาตามกลวิธีที่ได้วางแผนไว้ และการคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบในสิ่งที่โจทย์ต้องการ</p>	<p><u>พฤติกรรม 4-1 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการหรือกลวิธีที่กำหนดไว้ อย่างมีเหตุผล</li> </ul> <p><u>พฤติกรรม 4-2 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>คิดคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทักษะทางเลขคณิต พีชคณิต เรขาคณิต และการใช้ตรรกศาสตร์เบื้องต้นอย่างเหมาะสม</li> </ul>

5) สร้างเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบแต่ละข้อให้เหมาะสมต่อระดับพุทธิพิสัยที่ข้อสอบวัด โดยการหาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมกับระดับพุทธิพิสัยของ Wilson จากการเทียบเคียงพฤติกรรมที่ข้อสอบวัดว่าอยู่ในพุทธิพิสัยระดับใด ทั้งนี้เพื่อหาความเหมาะสมของระดับคะแนนประจำของแต่ละทักษะ ซึ่งกำหนดให้คะแนนของพฤติกรรมเท่ากับระดับพุทธิพิสัยของ Wilson ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่นำไปเทียบเคียงนั้น โดยผู้วิจัยกำหนดให้พฤติกรรมที่สอดคล้องกับระดับพุทธิพิสัยของ Wilson ในแต่ละระดับ มีคะแนนประจำทักษะดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงการกำหนดคะแนนประจำพฤติกรรมที่สอดคล้องกับพุทธิพิสัยของ Wilson ระดับต่างๆ

ระดับพุทธิพิสัยของ Wilson	คะแนนประจำพฤติกรรมที่สอดคล้องกับพุทธิพิสัยในระดับต่างๆ
ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ (Computation)	1 คะแนน
ความเข้าใจ (Comprehension)	2 คะแนน
การนำไปใช้ (Application)	3 คะแนน
การวิเคราะห์ (Analysis)	4 คะแนน

เนื่องจากการทดสอบทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ เป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์แต่ละทักษะ ฉะนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้คะแนนประจำทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์แต่ละทักษะย่อย เท่ากับผลรวมของ

คะแนนประจำพฤติกรรมของทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์นั้น (ดูวิธีสร้างเกณฑ์การให้คะแนนทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้ในภาคผนวก ค)

6) สร้างแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ครั้งที่ 1 โดยเป็นแบบวัดชนิดอัตนัยแสดงวิธีทำและแบบตอบสั้น แบบวัดแยกเป็น 2 ฉบับคือ ฉบับที่เป็นโจทย์คณิตศาสตร์ล้วนกับฉบับที่เป็นตัวข้อสอบหรือข้อความซึ่งนักเรียนต้องเขียนคำตอบลงในฉบับนี้ แบบวัดประกอบด้วยโจทย์คณิตศาสตร์จำนวน 10 โจทย์ แต่ละโจทย์มีข้อสอบหรือข้อความย่อยลักษณะเดียวกัน 8 - 9 ข้อ แต่ละข้อคำถามมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบพฤติกรรมของทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่อหนึ่งทักษะ

7) นำแบบวัดและเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาลัยนรินทร์และผู้ทรงคุณวุฒิ 4 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาความตรงหรือความสอดคล้องของข้อสอบกับนิยามของทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์และพฤติกรรมที่ต้องการตรวจสอบ ความชัดเจนในการสื่อความหมายของภาษาที่ใช้ในโจทย์คณิตศาสตร์และข้อความหรือข้อสอบ ความเหมาะสมของการลำดับข้อสอบของโจทย์คณิตศาสตร์แต่ละโจทย์ ความสอดคล้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์และพฤติกรรม หรือความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบย่อยแต่ละข้อ และความยากของเนื้อหาคณิตศาสตร์หรือความเหมาะสมของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างโจทย์คณิตศาสตร์ต่อระดับของผู้รับการทดสอบ เพื่อนำข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข

8) นำแบบวัดที่ปรับปรุงแล้วแบ่งเป็น 4 ชุด แต่ละชุดมีโจทย์คณิตศาสตร์ 4 โจทย์ (บางชุดจะมีโจทย์คณิตศาสตร์ที่ซ้ำกัน) ไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า อุดรดิตต์ จำนวน 78 คน นักเรียนแต่ละคนได้แบบวัดชุดใดชุดหนึ่งเพียงหนึ่งชุดโดยการสุ่ม ใช้เวลาในการทดสอบ 100 นาที ผลการทดลองใช้แบบวัดครั้งที่ 1 พบว่า ไม่มีนักเรียนคนใดสามารถทำแบบวัดได้ครบทุกโจทย์คณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนมากตอบคำถามไม่ตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือตอบไม่ตรงคำถาม และนักเรียนบางคนมีความเข้าใจคำถามที่คลาดเคลื่อน

จากผลการทดลองใช้แบบวัดที่สร้างขึ้นครั้งที่ 1 สรุปว่า แบบวัดครั้งที่ 1 ยังไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ในงานวิจัย โดยผู้วิจัยคาดว่าเป็นเพราะลักษณะของแบบวัดที่เป็นชนิดอัตนัยแสดงวิธีทำและแบบตอบสั้นทั้งหมด ซึ่งนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับการทำแบบวัดลักษณะนี้ โดยเฉพาะการตอบข้อสอบแบบตอบสั้นที่นักเรียนส่วนมากไม่เข้าใจว่าต้องเขียนตอบอย่างไรหรือเขียนลักษณะใด ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงคิดปรับเปลี่ยนข้อสอบเป็นแบบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยยังคงใช้ข้อความเดิม แต่มีตัวเลือกที่เป็นลักษณะของพฤติกรรมที่ต้องการวัด(หรือลักษณะของคำตอบ)มาให้นักเรียนพิจารณาเลือกตอบว่าพฤติกรรมใดในตัวเลือกที่กำหนดให้เป็นพฤติกรรมที่ถูกต้องที่สุด

9) นำแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ครั้งที่ 1 ไปปรับปรุงใหม่ โดยใช้โจทย์คณิตศาสตร์เดิมและยังคงข้อความของข้อสอบไว้เหมือนเดิม แต่เปลี่ยนรูปแบบข้อสอบบางข้อเป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คงไว้เฉพาะข้อสอบแบบอัตนัยแสดงวิธีทำ และข้อสอบที่วัดพฤติกรรมทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา (เนื่องจากต้องการให้นักเรียนเขียนอธิบายว่าจะดำเนินการแก้ปัญหาอย่างไร และใช้วิธีการคำนวณอย่างไรในการแก้ปัญหาของแต่ละขั้นตอน) จากนั้นแบ่งแบบวัดออกเป็น 4 ชุดเช่นเดิม แล้วนำไปทดลองกับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนลับแลพิทยาคม จำนวน

52 คน นักเรียนแต่ละคนได้รับแบบวัดชุดใดชุดหนึ่งเพียงหนึ่งชุดโดยการสุ่ม ใช้เวลาทดสอบ 2 ชั่วโมง ผลการทดลองใช้แบบวัดครั้งที่ 2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ทำข้อสอบเฉพาะส่วนที่เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีเพียงส่วนน้อยที่นักเรียนเขียนอธิบายในส่วนของข้อสอบที่ต้องเขียนตอบ แต่ทว่าเป็นการเขียนอธิบายที่ไม่เข้าใจ จึงไม่อาจสื่อสารได้ตรงกันระหว่างนักเรียนกับผู้วิจัยว่าสิ่งที่นักเรียนเขียนวางแผนนั้นต้องการทำอะไร อีกทั้งการแสดงวิธีทำของนักเรียนบางคนไม่สามารถระบุได้ว่านักเรียนกำลังดำเนินการแก้ปัญหาเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่

จากอุปสรรคที่เกิดขึ้นดังกล่าวจึงสรุปว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นเพื่อทดลองใช้ครั้งที่ 2 ยังไม่เหมาะสมเพียงพอต่อการนำมาใช้ในงานวิจัย ผู้วิจัยจึงสันนิษฐานว่า โจทย์คณิตศาสตร์ในแบบวัดอาจมีความยากมากเกินไปที่จะให้นักเรียนทำได้ครบหมดทุกโจทย์ภายในเวลาที่กำหนด ประกอบกับผลการสอบถามนักเรียนหลังจากทดลองใช้เครื่องมือเสร็จแล้วพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่รู้สึกท้อและไม่อยากลงมือแก้ปัญหาเมื่อเห็นว่าโจทย์คณิตศาสตร์แต่ละโจทย์มีความยาวมาก ทั้งยังมีจำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบย่อยของแต่ละโจทย์ที่ค่อนข้างมาก ฉะนั้นผู้วิจัยจึงตัดสินใจที่จะปรับแบบวัดเพื่อลดปัญหาดังกล่าวซึ่งอาจเป็นตัวแปรสอดแทรกอันส่งผลกระทบต่องานวิจัย

10) ผู้วิจัยปรับปรุงโจทย์คณิตศาสตร์ใหม่ให้มีความยากลดลงและตัดโจทย์คณิตศาสตร์บางโจทย์ที่เห็นได้ชัดจากการทดลองใช้สองครั้งที่ผ่านมาว่านักเรียนมีความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาของโจทย์ที่คลาดเคลื่อน หรือไม่เข้าใจสถานการณ์ปัญหา ซึ่งอาจเป็นเพราะภาษาหรือคำศัพท์บางคำที่ใช้ในโจทย์ไม่เหมาะสมต่อนักเรียนในวัยนี้ หรือสถานการณ์ปัญหาในโจทย์เป็นสิ่งที่นักเรียนไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อนหรือเป็นสิ่งที่เกินแก่การนึกคิดเพื่อสร้างมโนภาพได้ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเพิ่มโจทย์คณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นใหม่เพื่อแทนโจทย์เก่าที่ตัดทิ้งไป และปรับให้แต่ละโจทย์มีข้อสอบย่อยลดลงจากเดิม โดยเหลือข้อสอบชนิดปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเพียง 2 ข้อ แต่ละข้อมีตารางให้นักเรียนระบุระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ 5 ระดับ ตามมโนทัศน์เกี่ยวกับวิธีการตอบและการให้คะแนนความรู้บางส่วนด้วยวิธีการแสดงความมั่นใจของข้อสอบแบบเลือกตอบ (Confidence marking) ซึ่งประยุกต์ตามแนวคิดของ รุจิรา ชาวสะอาด (2543, 113; อ้างถึงใน รัตนา ไชยตรี, 2549: 10, 63-64) นั่นคือ เมื่อนักเรียนตอบถูกจะให้คะแนนตามระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ แต่ถ้านักเรียนตอบผิดจะให้ 0 คะแนนเท่ากัน

ตัวอย่างการให้คะแนนตามระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ

ระดับความมั่นใจ ในการเลือกตอบ	คะแนนที่ได้ (คะแนนเต็ม 1 คะแนน)	
	เมื่อตอบถูก	เมื่อตอบผิด
มากที่สุด	1	0
มาก	0.8	0
ปานกลาง	0.6	0
น้อย	0.4	0
น้อยที่สุด	0.2	0

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงให้ข้อสอบย่อยเดิมบางข้อเป็นข้อสอบชนิดปรนัยแบบถูกผิดจำนวน 8 ข้อ และสร้างรูปแบบของข้อสอบวัดทักษะการวางแผนการแก้ปัญหาใหม่ให้เป็นข้อสอบชนิดปรนัยที่มีตัวเลือก 7 ตัวเลือก โดยมีตัวเลือกที่ถูกมากกว่า 1 ตัวเลือก และมีตัวเลือกที่ผิดหรือตัวลวงปนอยู่ด้วย ซึ่งการตอบข้อสอบในส่วนนี้ นักเรียนจะต้องเลือกตัวเลือกที่ถูก (หรือขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ถูก) มาให้ครบและเพียงพอต่อการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเรียงลำดับตัวเลือกที่เลือกมาให้ถูกต้องต่อการแก้ปัญหา (สามารถดูวิธีการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนและวิธีให้คะแนนของข้อสอบส่วนนี้ได้ ในภาคผนวก จ) และยังคงข้อสอบชนิดอัตนัยแสดงวิธีทำไว้เช่นเดิม

ดังนั้นแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ครั้งที่ 3 จึงมีลักษณะของข้อสอบแตกต่างจากแบบวัดในครั้งที่ผ่านมา แต่ยังคงโครงสร้างของการวัดพฤติกรรมไว้เช่นเดิม และได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์และพฤติกรรมของแต่ละทักษะย่อยดังนี้ (สามารถดูวิธีสร้างเกณฑ์การให้คะแนนทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้ในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 8 ตารางสรุปคะแนนประจำพฤติกรรมที่ต้องการทดสอบ และคะแนนประจำทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์แต่ละทักษะย่อย

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา	พฤติกรรมของแต่ละทักษะย่อย	คะแนนประจำพฤติกรรม	คะแนนประจำทักษะ
<b>ทักษะย่อยที่ 1 :</b> ทักษะการแปลความโจทย์คณิตศาสตร์	พฤติกรรม 1.1	1.5	2.5
	พฤติกรรม 1.2	1	
<b>ทักษะย่อยที่ 2 :</b> ทักษะการบูรณาการข้อมูลจากโจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์	พฤติกรรม 2.1	2	4
	พฤติกรรม 2.2	2	
<b>ทักษะย่อยที่ 3 :</b> ทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา	พฤติกรรม 3.1	2.5	5
	พฤติกรรม 3.2	2.5	
<b>ทักษะย่อยที่ 4 :</b> ทักษะการดำเนินการตามแผน	พฤติกรรม 4.1	2	3.5
	พฤติกรรม 4.2	1.5	
คะแนนเต็ม (ต่อหนึ่งโจทย์คณิตศาสตร์)			15 คะแนน

แบ่งแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ครั้งที่ 3 ออกเป็น 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยโจทย์คณิตศาสตร์ 6 โจทย์ โดยแบบวัดหนึ่งชุดมี 2 ฉบับเช่นเดิมคือ ฉบับที่เป็นส่วนของกระดาษคำตอบกับฉบับที่เป็นส่วนของโจทย์คณิตศาสตร์และข้อสอบ จากนั้นนำแบบวัดที่ปรับปรุงแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 1 ท่านซึ่งไม่ใช่ผู้ทรงคุณวุฒิท่านเดิม ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาในด้านต่างๆ เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

11) นำแบบวัดที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนน้ำริดวิทยา จำนวน 76 คน นักเรียนแต่ละคนได้แบบวัดชุดใดชุดหนึ่งเพียงหนึ่งชุดโดยการสุ่ม ใช้เวลาทดสอบ 2 ชั่วโมง ผลการทดลองใช้แบบวัดครั้งที่ 3 พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในการทำแบบวัดและสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น สำหรับข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกซึ่งนักเรียนต้องบอกระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ และข้อสอบวัดทักษะการวางแผนการแก้ปัญหาซึ่งเป็นข้อสอบชนิดปรนัยรูปแบบใหม่ที่นักเรียนไม่เคยพบมาก่อนนั้น นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจในวิธีการตอบข้อสอบรูปแบบใหม่ทั้งสองรูปแบบ มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ยังสับสนในการวิธีการตอบ อย่างไรก็ตามยังไม่มีนักเรียนคนใดสามารถแสดงวิธีทำได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 โจทย์ปัญหา และผู้วิจัยสังเกตพบว่า จากการทดลองเครื่องมือวิจัยทั้งสามครั้งที่ผ่านมา นักเรียนไม่สะดวกในการทำแบบวัดที่แยกส่วนของข้อสอบกับส่วนของกระดาษคำตอบออกจากกันเป็นสองฉบับ

12) ปรับปรุงแบบวัดที่ทดลองใช้ในครั้งที่ 3 อีกครั้ง โดยให้โจทย์คณิตศาสตร์ ข้อสอบ และกระดาษคำตอบอยู่ภายในฉบับเดียวกัน จากนั้นนำแบบวัดไปทดลองใช้ครั้งที่ 4 กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนท่าปลาประชาอุทิศ จำนวน 49 คน นักเรียนแต่ละคนได้แบบวัดชุดใดชุดหนึ่งเพียงหนึ่งชุดโดยการสุ่ม ใช้เวลาทดสอบ 2 ชั่วโมง 30 นาที ผลการทดลองใช้แบบวัดครั้งที่ 4 พบว่า นักเรียนมีการตอบสนองต่อแบบวัดที่ดีขึ้น โดยมีนักเรียนเกินครึ่งหนึ่งที่ทำข้อสอบในส่วนใหญ่ให้แสดงวิธีทำ และมีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงจำนวน 3 - 4 คน สามารถทำแบบวัดได้ถูกต้องเกือบทุกโจทย์

ผู้วิจัยนำแบบวัดมาคำนวณหาค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการทำแบบวัดทั้ง 2 ชุดกับคะแนนผลการทดสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนขณะเรียนอยู่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า คะแนนจากการทำแบบวัดชุดที่ 1 กับคะแนนผลการทดสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.534 และคะแนนจากการทำแบบวัดชุดที่ 2 กับคะแนนผลการทดสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.474 เมื่อหาความตรงร่วมสมัยหรือความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการทำแบบวัดทั้ง 2 ชุดกับระดับผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หรือเกรดวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในภาคเรียนที่ผ่านมาพบว่า คะแนนจากการทำแบบวัดชุดที่ 1 กับระดับผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.444 และคะแนนจากการทำแบบวัดชุดที่ 2 กับระดับผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวก อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.450 และหาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดทั้ง 2 ชุด โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

(Cronbach's Alpha coefficient) พบว่า แบบวัดชุดที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.900 และแบบวัดชุดที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคเท่ากับ 0.859

อย่างไรก็ตาม โกวิท ประवालพฤษ์ และ สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2527: 83) ได้กล่าวถึงข้อเสียประการหนึ่งของข้อสอบปรนัยแบบถูกผิดไว้ว่า ข้อสอบชนิดนี้จะให้ค่าอำนาจการจำแนกต่ำกว่าข้อสอบแบบเลือกตอบ ขณะที่ชวลิต ชูกำแหง (2551: 99) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดข้อหนึ่งของข้อสอบถูกผิดไว้ว่า นักเรียนจะมีโอกาสเดาถูกได้ง่ายเพราะข้อสอบมีลักษณะการเลือกแบบหนึ่งในสอง ผู้วิจัยจึงสันนิษฐานว่า เหตุที่แบบวัดมีค่าความตรงไม่สูงนักอาจเป็นเพราะจุดด้อยของข้อสอบประเภทนี้

13) ปรับปรุงแบบวัดที่ทดลองใช้ในครั้งที่ 4 อีกครั้ง โดยพิจารณาคัดเลือกโจทย์คณิตศาสตร์จากแบบวัดทั้ง 2 ชุดมาชุดละ 2 โจทย์ ให้มีอัตราส่วนของมวลเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้สร้างโจทย์ใกล้เคียงกับอัตราส่วนที่กำหนดไว้มากที่สุด และเป็นโจทย์ที่ผู้วิจัยเห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจสถานการณ์ในปัญหาถูกต้อง หรือมีการลงมือแสดงวิธีทำเพื่อแก้ปัญหา (ไม่คำนึงว่านักเรียนจะแสดงวิธีทำผิดหรือถูก) อันแสดงให้เห็นว่าโจทย์คณิตศาสตร์นั้นสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนให้รู้สึกอยากแก้ปัญหาได้ ส่วนโจทย์คณิตศาสตร์ที่นักเรียนเว้นว่างไว้มาก รวมถึงโจทย์คณิตศาสตร์ที่ยากและง่ายเกินไปอย่างเห็นได้ชัด ผู้วิจัยได้ตัดทิ้งและไม่นำมาสร้างแบบวัด ฉะนั้นแบบวัดที่ทดลองใช้ครั้งที่ 5 จึงเหลือโจทย์คณิตศาสตร์เพียง 4 โจทย์ ซึ่งผู้วิจัยคำนวณจากการทดลองใช้เครื่องมือทั้งสี่ครั้งที่ผ่านมาแล้วว่า เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการเก็บข้อมูลตามโรงเรียนต่างๆ เป็นเวลา 2 คาบ หรือประมาณ 1 ชั่วโมง 40 นาที (เนื่องจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า โรงเรียนส่วนใหญ่สละเวลาให้ผู้วิจัยไปเก็บข้อมูลได้มากที่สุดประมาณ 2 คาบการเรียนการสอนเท่านั้น) และได้เปลี่ยนข้อสอบปรนัยแบบถูกผิดจำนวน 8 ข้อ ให้เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 2 ข้อ โดยการประยุกต์ข้อสอบแบบถูกผิดนั้นเองมาสร้างเป็นตัวเลือกของข้อสอบ และให้ข้อสอบแต่ละข้อมีตารางให้นักเรียนระบุความมั่นใจในการเลือกตอบอีกเช่นกัน โดยอ้างข้อสนับสนุนจากโกวิท ประवालพฤษ์ และ สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2527: 83) ที่กล่าวถึงข้อดีของข้อสอบแบบถูกผิดไว้ว่า ช่วยให้สามารถนำคำตอบผิดจากข้อสอบประเภทนี้มาดัดแปลงใช้สร้างข้อสอบแบบเลือกตอบได้ นอกจากนั้นแล้วผู้วิจัยได้เพิ่มการทดสอบความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ไว้ในแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วย โดยความรู้พื้นฐานที่ทดสอบดังกล่าวเป็นความรู้ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ทั้งสี่โจทย์ ยกเว้นความรู้ด้านการคิดคำนวณที่ไม่อาจใช้ตัวเลขจากโจทย์ปัญหาได้ เพื่อป้องกันการคาดเดาแนวทางการแก้ปัญหาออกของนักเรียน อย่างไรก็ตามคะแนนที่ได้จากการทดสอบความรู้พื้นฐานในส่วนนี้จะไม่นำมารวมเป็นคะแนนทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ทว่าจะใช้เป็นสารสนเทศในการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดในการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนั้นแบบวัดที่จะนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 5 จึงมีส่วนประกอบดังนี้

**ส่วนที่ 1 :** คำชี้แจง เป็นส่วนของการอธิบายลักษณะของแบบวัดอย่างคร่าวๆ และระเบียบในการทำแบบวัด

**ส่วนที่ 2 :** แบบวัดที่ 1 เป็นส่วนของแบบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

**ส่วนที่ 3 :** แบบวัดที่ 2 เป็นส่วนของแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วยโจทย์คณิตศาสตร์จำนวน 4 โจทย์ แต่ละโจทย์มีข้อสอบย่อยหรือข้อคำถามย่อยจำนวน 6 ข้อ แต่ละข้อวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เพียงหนึ่งทักษะย่อย โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงลักษณะข้อสอบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนน

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา	พฤติกรรมที่ทดสอบ	ข้อสอบที่	ลักษณะของข้อสอบ	คะแนนเต็ม	เกณฑ์การให้คะแนน
<b>ทักษะย่อยที่ 1 :</b> ทักษะการแปลความโจทย์ คณิตศาสตร์	<b>พฤติกรรม 1.1:</b> การแปลความประโยค ภาษา <ul style="list-style-type: none"> <li>แปลความหมายของข้อมูลที่กำหนดให้ เพื่อแยกแยะว่าข้อมูลใดมาจากโจทย์ ปัญหาและข้อมูลใดไม่ใช่ข้อมูลที่โจทย์ กำหนดให้ได้ รวมถึงสามารถบอกสิ่งที่ โจทย์ต้องการหาได้ถูกต้อง</li> </ul>	1	ข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และให้นักเรียนบอก ระดับความมั่นใจในการ เลือกตอบ ว่ามั่นใจเพียงใดว่า คำตอบที่เลือกจะเป็นคำตอบที่ ถูกต้อง	1.5 คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน คือ กรณีที่นักเรียนเลือกคำตอบถูก จะให้ คะแนนตามระดับความมั่นใจในดังนี้ 1.5 คะแนน - มีความมั่นใจมากที่สุด 1.2 คะแนน - มีความมั่นใจมาก 0.9 คะแนน - มีความมั่นใจปานกลาง 0.6 คะแนน - มีความมั่นใจน้อย 0.3 คะแนน - มีความมั่นใจน้อยที่สุด กรณีที่นักเรียนเลือกคำตอบผิดจะให้ 0 คะแนน
	<b>พฤติกรรม 1.2:</b> การแปลความข้อเท็จจริง ทางคณิตศาสตร์ <ul style="list-style-type: none"> <li>บอกข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ เช่น ความรู้เกี่ยวกับมาตราและหน่วยของ ปริมาณต่างๆ นิยามหรือความหมายของ ศัพท์ทางคณิตศาสตร์ และประโยคภาษา ที่เป็นข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ที่ ปรากฏในโจทย์ปัญหาได้</li> </ul>	2	ข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และให้นักเรียนบอกระดับความ มั่นใจในการเลือกตอบ	1 คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน คือ กรณีที่นักเรียนเลือกคำตอบถูก จะให้ คะแนนตามระดับความมั่นใจในดังนี้ 1 คะแนน - มีความมั่นใจมากที่สุด 0.8 คะแนน - มีความมั่นใจมาก 0.6 คะแนน - มีความมั่นใจปานกลาง 0.4 คะแนน - มีความมั่นใจน้อย 0.2 คะแนน - มีความมั่นใจน้อยที่สุด กรณีที่นักเรียนเลือกคำตอบผิด จะให้ 0 คะแนน

ตารางที่ 9 แสดงลักษณะข้อสอบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนน (ต่อ)

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา	พฤติกรรมที่ทดสอบ	ข้อสอบที่	ลักษณะของข้อสอบ	คะแนนเต็ม	เกณฑ์การให้คะแนน
<b>ทักษะย่อยที่ 2 :</b> ทักษะการบูรณาการข้อมูลจาก โจทย์คณิตศาสตร์โดยใช้ความรู้ ทางคณิตศาสตร์	<b>พฤติกรรม 2.1:</b> การพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูล <ul style="list-style-type: none"> <li>ตีความโจทย์ปัญหาเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ให้ได้ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์</li> </ul>	3	ข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และให้นักเรียนบอกระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ ว่ามั่นใจเพียงใดว่าคำตอบที่เลือกจะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง	2 คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน คือ กรณีที่นักเรียนเลือกคำตอบถูก จะให้คะแนนตามระดับความมั่นใจในดังนี้ 2 คะแนน - มีความมั่นใจมากที่สุด 1.6 คะแนน - มีความมั่นใจมาก 1.2 คะแนน - มีความมั่นใจปานกลาง 0.8 คะแนน - มีความมั่นใจน้อย 0.4 คะแนน - มีความมั่นใจน้อยที่สุด กรณีที่นักเรียนเลือกคำตอบผิดจะให้ 0 คะแนน
	<b>พฤติกรรม 2.2:</b> การสร้างสมการคณิตศาสตร์ <ul style="list-style-type: none"> <li>สร้างตัวแทนทางความคิดของปัญหาในรูปของสมการคณิตศาสตร์ ได้ถูกต้องตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และตามหลักของคณิตศาสตร์</li> </ul>	4	ข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และให้นักเรียนบอกระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ ว่ามั่นใจเพียงใดว่าคำตอบที่เลือกจะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง	2 คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน คือ กรณีที่นักเรียนเลือกคำตอบถูก จะให้คะแนนตามระดับความมั่นใจในดังนี้ 2 คะแนน - มีความมั่นใจมากที่สุด 1.6 คะแนน - มีความมั่นใจมาก 1.2 คะแนน - มีความมั่นใจปานกลาง 0.8 คะแนน - มีความมั่นใจน้อย 0.4 คะแนน - มีความมั่นใจน้อยที่สุด กรณีที่นักเรียนเลือกคำตอบผิดจะให้ 0 คะแนน

ตารางที่ 9 แสดงลักษณะข้อสอบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนน (ต่อ)

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา	พฤติกรรมที่ทดสอบ	ข้อสอบที่	ลักษณะของข้อสอบ	คะแนนเต็ม	เกณฑ์การให้คะแนน
<b>ทักษะย่อยที่ 3 :</b> ทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา	<b>พฤติกรรม 3.1:</b> การเลือกและจัดลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา <ul style="list-style-type: none"> <li>คัดเลือกขั้นตอนการแก้ปัญหา และจัดเรียงลำดับของขั้นตอนการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง</li> </ul>	5	ข้อสอบปรนัยที่มีตัวเลือกให้นักเรียนเลือกตอบ 7 ตัวเลือก (ขั้นตอน) ซึ่งมีตัวเลือกที่ถูกมากกว่า 1 ตัวเลือก และมีตัวเลือกที่ผิดปะปนอยู่ด้วย	2.5 คะแนน	การพิจารณาให้คะแนนทักษะนี้ จะแบ่งการให้คะแนนเป็นสองครั้ง ครั้งแรกเป็นการให้คะแนนการวางแผนแก้ปัญหา ก่อนเริ่มลงมือแก้ปัญหา และครั้งที่สองเป็นการให้คะแนนการวางแผนแก้ปัญหาขณะดำเนินการแก้ปัญหา โดยเกณฑ์การให้คะแนนทักษะนี้ในแต่ละครั้ง จะมีการพิจารณาเพื่อให้คะแนนเหมือนกัน ซึ่งแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ความสามารถด้านการเลือกขั้นตอนการแก้ปัญหา ส่วนที่ 2 ความสามารถด้านการเรียงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา (ดูวิธีการให้คะแนนทักษะนี้ได้ในภาคผนวก จ)
	<b>พฤติกรรม 3.2:</b> การเลือกกลวิธีในการแก้ปัญหา <ul style="list-style-type: none"> <li>เลือกใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยสูตร กฎ หรือหลักการ เพื่อหาข้อมูลสำคัญของแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง</li> </ul>	6	ข้อสอบแบบอัตนัย (แสดงวิธีทำ)	2.5 คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมนี้จะเฉลี่ยคะแนนเต็ม 2.5 คะแนนตามจำนวนขั้นตอนการแก้ปัญหาหลักของแต่ละโจทย์ปัญหา โดยพิจารณาความถูกต้องของการเลือกใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ สูตร หรือกฎที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาข้อมูลในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้ คะแนนเต็มเฉลี่ยที่แล้วในแต่ละขั้นตอน <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนเลือกใช้การดำเนินการ สูตร กฎ ได้ถูกต้อง ครั้งหนึ่งของคะแนนเต็มที่เฉลี่ยแล้วในแต่ละขั้นตอน</li> <li>- มีข้อผิดพลาดอันเกิดจากการจำสูตรผิด</li> </ul> 0 คะแนน <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนเลือกใช้การดำเนินการ สูตร กฎ ไม่ถูกต้อง</li> </ul>

ตารางที่ 9 แสดงลักษณะข้อสอบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนน (ต่อ)

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา	พฤติกรรมที่ทดสอบ	ข้อสอบที่	ลักษณะของข้อสอบ	คะแนนเต็ม	เกณฑ์การให้คะแนน
ทักษะย่อยที่ 4 : ทักษะการดำเนินการตามแผน	<b>พฤติกรรม 4.1:</b> การดำเนินการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุมีผล <ul style="list-style-type: none"> <li>ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการหรือกลวิธีที่กำหนดไว้ได้ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์</li> </ul>	6	ข้อสอบแบบอัตนัย (แสดงวิธีทำ)	2 คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมนี้จะเฉลี่ยคะแนนเต็ม 2 คะแนนตามจำนวนขั้นตอนการแก้ปัญหาหลักของโจทย์ปัญหาแต่ละโจทย์ โดยพิจารณาความถูกต้องของการอธิบายเหตุผลในการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้ คะแนนเต็มที่ได้เฉลี่ยแล้วในแต่ละขั้นตอน <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนอธิบายเหตุผลในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มที่ได้เฉลี่ยแล้วในแต่ละขั้นตอน</li> <li>- อธิบายเหตุผลคลุมเครือ แต่มีการแสดงวิธีทำถูกต้อง 0 คะแนน - นักเรียนอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องเลย</li> </ul>
	<b>ทักษะ 4.2:</b> การคิดคำนวณ <ul style="list-style-type: none"> <li>คิดคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ได้วางแผนไว้ในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง</li> </ul>	6	ข้อสอบแบบอัตนัย (แสดงวิธีทำ)	1.5 คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมนี้จะเฉลี่ยคะแนนเต็ม 1.5 คะแนนตามจำนวนขั้นตอนการแก้ปัญหาหลักของโจทย์ปัญหาแต่ละโจทย์ โดยพิจารณาความถูกต้องของการคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังนี้ คะแนนเต็มที่ได้เฉลี่ยแล้วในแต่ละขั้นตอน <ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนเลือกใช้ได้ถูกต้องครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มที่ได้เฉลี่ยแล้วในแต่ละขั้นตอน</li> <li>- นักเรียนขาดความระมัดระวังในการคิดคำนวณ 0 คะแนน - นักเรียนคำนวณไม่ถูกต้องตามหลักเลขคณิตหรือหลักการของกระบวนการคิดคำนวณ</li> </ul>

14) นำแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ครั้งที่ 5 กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนทองแสนขันวิทยา จำนวน 33 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำแบบวัดมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) ความตรงร่วมสมัย (Concurrent validity) และความเที่ยง (Reliability) ด้วยวิธีเดียวกันกับแบบวัดที่ทดลองใช้ครั้งที่ 4 ผลปรากฏว่า ได้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์เท่ากับ 0.583 ค่าความตรงตามสภาพเท่ากับ 0.571 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.877 ซึ่งจะเห็นว่าแบบวัดฉบับนี้มีค่าความตรงมากกว่าแบบวัดที่ทดลองใช้ครั้งที่ 4

15) ตรวจสอบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการให้คะแนนการตอบข้อสอบชนิดปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกตามระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ กับการให้คะแนนการตอบข้อสอบชนิดปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกด้วยวิธีดั้งเดิมคือ ตอบถูกได้คะแนนเต็ม ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยการทดสอบสมมติฐาน โดยเริ่มจากนำแบบวัดทั้งหมดมาตรวจให้คะแนนแบบดั้งเดิมแล้วหาค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ค่าความตรงร่วมสมัย และค่าความเที่ยง ด้วยวิธีเดียวกันกับการตรวจสอบที่ผ่านมา ปรากฏว่าได้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์เท่ากับ 0.570 ค่าความตรงร่วมสมัยเท่ากับ 0.535 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.852 ซึ่งจะเห็นว่าค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ค่าความตรงร่วมสมัย และค่าความเที่ยงของการให้คะแนนข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกโดยวิธีดั้งเดิม มีค่าน้อยกว่าวิธีให้คะแนนโดยระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ และเมื่อนำคะแนนที่ได้จากทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนโดยการทดสอบ t-test dependent ผลปรากฏว่า คะแนนที่ได้จากการให้คะแนนโดยระดับความมั่นใจในการเลือกตอบกับคะแนนที่ได้จากการให้คะแนนโดยวิธีดั้งเดิมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จึงเป็นเครื่องบ่งชี้ว่า การให้คะแนนข้อสอบชนิดปรนัยแบบเลือกตอบโดยระดับความมั่นใจในการเลือกตอบ ให้ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์และความตรงตามสภาพสูงกว่าการให้คะแนนข้อสอบแบบเลือกตอบโดยวิธีดั้งเดิม

16) ในการวิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ผู้วิจัยคำนวณโดยใช้สูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers) สำหรับข้อสอบทุกข้อ ทั้งข้อสอบชนิดปรนัยและข้อสอบอัตนัยแสดงวิธีทำ เหตุเพราะสูตรสำหรับหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีระบบการให้คะแนนแบบดั้งเดิม (0-1) ไม่ได้มีการคำนวณค่าที่เป็นผลมาจากการระบุความมั่นใจในการเลือกตอบของผู้สอบ ซึ่งขัดแย้งกับจุดประสงค์ของแบบวัดที่จำเป็นต้องใช้ค่าที่ได้จากการตัดสินระดับความมั่นใจในการเลือกตอบมาเป็นเกณฑ์ในการจำแนกกลุ่มนักเรียนด้วย เพราะสูตรที่ใช้หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบชนิดปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกที่มีการให้คะแนนด้วยวิธีดั้งเดิม ใช้จำนวนผู้ที่ตอบถูกหรือก็คือความถี่ของข้อสอบข้อหนึ่งๆ ที่นักเรียนตอบถูกเท่านั้นในการคำนวณ โดยมีได้มีตัวแปรใดในสูตรที่คำนึงถึงผลของการระบุความมั่นใจในการเลือกตอบข้อสอบของนักเรียน กล่าวอีกนัยคือสูตรนั้นมิได้ใช้คะแนนที่ได้จากการตัดสินตามระดับความมั่นใจในการเลือกตอบของนักเรียนร่วมในการหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก หรือสนใจแต่เพียงนักเรียนตอบข้อสอบถูกหรือผิดจำนวนเท่าใดเท่านั้น

ด้วยเหตุนี้การคำนวณค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบทั้งหมดในแบบวัดนี้ จึงคำนวณตามสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers) ซึ่งได้ผลการคำนวณดังแสดงตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อจากการทดลองใช้ครั้งที่ 5

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา โจทย์คณิตศาสตร์	ข้อสอบที่/(พฤติกรรม)	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
ทักษะย่อยที่ 1 : การแปลความโจทย์คณิตศาสตร์	1 / (พฤติกรรม 1.1)	0.08 – 0.65	-0.16 – 0.51
	2 / (พฤติกรรม 1.2)	0.25 – 0.54	-0.18 – 0.35
ทักษะย่อยที่ 2 : การบูรณาการข้อมูลจากโจทย์โดยใช้ ความรู้ทางคณิตศาสตร์	3 / (พฤติกรรม 2.1)	0.19 – 0.50	-0.02 – 0.45
	4 / (พฤติกรรม 2.2)	0.15 – 0.38	-0.27 – 0.62
ทักษะย่อยที่ 3 : การวางแผนการแก้ปัญหา	5 / (พฤติกรรม 3.1)	0.40 – 0.54	0.48 – 0.71
	6 / (พฤติกรรม 3.2)	0.14 – 0.23	0.29 – 0.45
ทักษะย่อยที่ 4 : การดำเนินการตามแผน	6 / (พฤติกรรม 4.1)	0.14 – 0.22	0.27 – 0.44
	6 / (พฤติกรรม 4.2)	0.14 – 0.26	0.27 – 0.52

จากผลการหาค่าความยากและอำนาจจำแนกที่ได้พบว่า ข้อสอบมีความยากค่อนข้างมาก และมีอำนาจจำแนกไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งโกวิท ประวาลพฤกษ์ และสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2527: 276) ได้ให้ข้อสังเกตถึงสาเหตุของข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกติดลบไว้ว่า อาจเนื่องมาจากคำถามมีลักษณะเป็นสองแง่ ผู้เฉลยเฉลยคำตอบผิด ผู้ตรวจตรวจผิด พิมพ์มีตำหนิชวนให้เดา พิมพ์ตกหล่น หรืออาจเป็นผลมาจาก ตัวลวงเหมือนกัน ซ้อนกัน มีคำตอบถูกสองข้อ หรือข้อสอบยากมาก ผู้ตอบเลยเดาสุ่ม ดังนั้นเมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ของข้อสังเกตดังกล่าว ประกอบกับข้อมูลจากการสอบถามคุณครูภายในโรงเรียนแล้วพบว่า นักเรียนที่ผู้วิจัยทดลองใช้แบบวัดในครั้งนี้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางและค่อนข้างต่ำ ผู้วิจัยจึงสันนิษฐานว่าสาเหตุที่ทำให้ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกติดลบอาจเป็นเพราะนักเรียนที่ใช้ในการทดลองเครื่องมือวิจัยครั้งนี้ไม่ได้เป็นตัวแทนของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตาม แม้ผลการตรวจสอบค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบบางข้อจะไม่ดีเท่าที่ควร แต่ข้อสอบเหล่านี้ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาที่วัดกับระดับความสามารถของนักเรียนแล้วว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (มีค่า IOC มากกว่า 0) ฉะนั้นผู้วิจัยจึงต้องทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยอีกครั้ง หลังจากนำแบบวัดไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เพื่อให้ได้คะแนนจากกลุ่มตัวอย่างที่มีการกระจายมากขึ้น หรือเพื่อให้ได้คะแนนจากกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

17) เมื่อนำแบบวัดไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยคำนวณหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกอีกครั้งโดยใช้คะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏว่าได้ผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อในแบบวัด

ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหา โจทย์คณิตศาสตร์	ข้อสอบที่/(พฤติกรรม)	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
ทักษะย่อยที่ 1 : การแปลความโจทย์คณิตศาสตร์	1 / (พฤติกรรม 1.1)	0.37 – 0.84	0.23 – 0.58
	2 / (พฤติกรรม 1.2)	0.47 – 0.73	0.27 – 0.56
ทักษะย่อยที่ 2 : การบูรณาการข้อมูลจากโจทย์โดยใช้ ความรู้ทางคณิตศาสตร์	3 / (พฤติกรรม 2.1)	0.30 – 0.70	0.37 – 0.62
	4 / (พฤติกรรม 2.2)	0.27 – 0.51	0.35 – 0.52
ทักษะย่อยที่ 3 : การวางแผนการแก้ปัญหา	5 / (พฤติกรรม 3.1)	0.48 – 0.58	0.67 – 0.81
	6 / (พฤติกรรม 3.2)	0.34 – 0.46	0.64 – 0.88
ทักษะย่อยที่ 4 : การดำเนินการตามแผน	6 / (พฤติกรรม 4.1)	0.33 – 0.45	0.63 – 0.87
	6 / (พฤติกรรม 4.2)	0.31 – 0.42	0.57 – 0.81

จากตารางที่ 11 จะเห็นว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมคือ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ดังนั้นจึงถือว่าแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพเหมาะสมเพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณต่อไป

#### 4. การดำเนินการทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถแบ่งออกเป็นขั้นเตรียมการและขั้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละขั้นดังนี้

##### 4.1 ขั้นเตรียมการ

4.1.1 ในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยสุ่มโรงเรียนจำนวน 5 โรงเรียน และทำการติดต่อผู้อำนวยการโรงเรียนเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำจดหมายขอความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่งถึงผู้อำนวยการโรงเรียนทางไปรษณีย์ และดำเนินการติดต่อทางโทรศัพท์ เพื่อนัดหมายวันเวลาในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยตามกำหนดการที่ยื่นเรื่อง

4.1.2 ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยติดต่อผู้อำนวยการโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง และไม่ใช้โรงเรียนที่ผู้วิจัยทดลองใช้เครื่องมือวิจัย เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1-2 ห้องเรียนเพื่อใช้ในการวิจัย โดยส่งจดหมายขออนุญาตดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่

เป็นกลุ่มตัวอย่างทางไปรษณีย์ และดำเนินการติดต่อทางโทรศัพท์เพื่อนัดหมายวันเวลาในการเก็บข้อมูลของนักเรียนตามกำหนดการที่ยื่นเรื่อง

#### 4.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.1 ผู้วิจัยนำแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดสอบด้วยตนเองทั้งหมด โดยใช้เวลาในการทดสอบ 90 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 30 นาที

4.2.2 ก่อนเริ่มดำเนินการสอบ ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ของการทำแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ให้นักเรียนเข้าใจถึงความสำคัญของการทำแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ จากนั้นอธิบายคำสั่งและวิธีการตอบข้อสอบให้นักเรียนทุกคนเข้าใจ และเปิดโอกาสให้นักเรียนที่สงสัยในการทดสอบได้ซักถามจนเป็นที่เข้าใจก่อนลงมือทดสอบจริง เมื่อเห็นว่านักเรียนทุกคนเข้าใจวิธีการทำแบบวัดตรงกันแล้ว จึงเริ่มจับเวลาและให้นักเรียนทุกคนทำแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์โดยพร้อมกันจนกระทั่งหมดเวลาสอบ เมื่อดำเนินการทดสอบจนครบตามระยะเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยเก็บรวบรวมแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของนักเรียนทุกคนเพื่อนำมาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์ผลการวิจัยต่อไป

### 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 จำแนกนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับคะแนนทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ ซึ่งได้แก่ กลุ่มนักเรียนที่ใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้สูงหรือกลุ่มสูง กลุ่มนักเรียนที่ใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้ปานกลางหรือกลุ่มปานกลาง และกลุ่มนักเรียนที่ใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ได้ต่ำหรือกลุ่มต่ำ เพื่อนำผลคะแนนของแต่ละกลุ่มไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5.2 หาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และร้อยละของค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$ ) ของคะแนนทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ทั้งสี่ทักษะย่อยโดยภาพรวมและแยกตามแต่ละทักษะย่อย ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และจำแนกตามกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ

5.3 ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มสูง ปานกลางและต่ำในแต่ละทักษะ หรือเปรียบเทียบการใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์แต่ละทักษะของนักเรียนกลุ่มสูง ปานกลางและต่ำ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว One-way Analysis of Variance (One-way ANOVA) ถ้าพบว่ามี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หรือ 0.01 จะทำการทดสอบเป็นรายคู่เพื่อตรวจสอบว่าคะแนนเฉลี่ยระหว่างนักเรียนสองกลุ่มใดที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหากพบว่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการทดสอบเป็นรายคู่ด้วย F-test ตามวิธีของเชฟเฟ (Scheffe' test for all possible comparisons) แต่ถ้าพบว่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการทดสอบเป็นรายคู่โดยเลือกการทดสอบ Tamhane's T2 (อ้างอิงจาก ยุทธ ไกยวรรณ, 2553: 245 - 246)

5.4 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้านลักษณะพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนที่มีความสามารถในการใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาและนักเรียนที่ด้อยความสามารถในการใช้ทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยวิธีคณิตศาสตร์ในรูปของความเรียงพร้อมภาพประกอบตัวอย่าง

## 6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

### 6.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบวัด

6.1.1 หาค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) จากการหาค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างคะแนนทักษะการแก้ปัญหา (หรือคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัด) กับผลคะแนนการทดสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์เมื่อนักเรียนอยู่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และค่าความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) จากการหาค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างคะแนนทักษะการแก้ปัญหา (หรือคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัด) กับระดับผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หรือเกรดวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) ดังนี้

$$r_{xy} = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ	$r_{xy}$	คือค่าสัมประสิทธิ์ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์
	X	คือคะแนนที่ได้จากแบบสอบที่ต้องการหาความตรง
	Y	คือคะแนนจากเกณฑ์

(เยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี, 2553: 131 - 132)

6.1.2 หาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยวิธีคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	$\alpha$	แทน	ค่าความเที่ยงของแบบสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อในแบบสอบ
	$S_i^2$	แทน	ความแปรปรวนของข้อสอบในแต่ละข้อ
	$S_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งหมด

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2538: 128)

6.1.3 หาค่าความยาก (p) ของข้อสอบทุกข้อในแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ได้แก่ ข้อสอบชนิดปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกโดยระบุความมั่นใจในการเลือกตอบ ข้อสอบชนิดปรนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และข้อสอบอัตนัยแสดงวิธีทำ โดยใช้สูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers) ดังนี้

$$\text{ค่าความยาก : Index of Difficulty, } p = \frac{S_h + S_l - (n_t)X_{\min}}{n_t(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	$S_h$	แทน	ผลรวม fx ของคะแนนกลุ่มสูง
	$S_l$	แทน	ผลรวม fx ของคะแนนกลุ่มต่ำ
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
	$n_t$	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2538: 147 - 148)

6.1.4 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบทุกข้อในแบบวัดทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ทั้งข้อสอบชนิดปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกโดยระบุความมั่นใจในการเลือกตอบ ข้อสอบชนิดปรนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และข้อสอบอัตนัยแสดงวิธีทำ โดยใช้สูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers) ดังนี้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก : Index of Discrimination, } r = \frac{S_h - S_l}{n_h(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	$S_h$	แทน	ผลรวม fx ของคะแนนกลุ่มสูง
	$S_l$	แทน	ผลรวม fx ของคะแนนกลุ่มต่ำ
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนสูงสุดที่ได้
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนต่ำสุดที่ได้
	$n_h$	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูง

(พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2538: 147 - 148)

## 6.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัย

ผู้วิจัยคำนวณหาความถี่ (Frequency) ค่ามัชฌิมเลขคณิต ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่ามัชฌิมเลขคณิตร้อยละ ( $\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$ ) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว One-way Analysis of Variance (One-way ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for Social Science: SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูล