



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสำนักทางด้านจำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กรุงเทพมหานคร และวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของสำนักทางด้านจำนวนและตัวแปรตัดสรร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำผลที่ได้จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น มาประกอบการพิจารณาในการนำเสนอโปรแกรมพัฒนาสำนักทางด้านจำนวน โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังต่อไปนี้

การดำเนินการวิจัยในระยะที่ 1 : ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

การดำเนินการในระยะที่ 1 นี้เป็นการศึกษาสำนักทางด้านจำนวนของนักเรียน และวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของสำนักทางด้านจำนวน และตัวแปรตัดสรร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดของวิธีการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวคิด ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสำนักทางด้านจำนวนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อคัดเลือกตัวแปรตัดสรร
2. ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดของตัวแปรตัดสรรแต่ละตัว
3. กำหนดรูปแบบสมมติฐานการวิจัย
4. กำหนดประชากร และตัวอย่างประชากร
5. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. หาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย
7. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล
8. วิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนที่กำลังเรียนอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2537 สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร โดยมีครูซึ่งทำการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนดังกล่าวเป็นผู้ร่วมให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ด้วย

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2537 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างดังในข้อ 2 ต่อไปนี้

2. ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง

2.1 สํารวจรายชื่อโรงเรียน และจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2537 ทั้งหมด ที่สังกัดกรมสามัญศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานคร จากบัญชีรายชื่อโรงเรียน และจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่หน่วยงานต้นสังกัดได้จัดทำไว้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนประชากรโรงเรียน ในแต่ละกลุ่ม แยกตามขนาดของโรงเรียน

กลุ่มโรงเรียน	ขนาดของโรงเรียน			รวม
	ใหญ่พิเศษ	ใหญ่	กลาง + เล็ก	
1	6	8	-	14
2	* 5	5	1	11
3	10	2	-	12
4	10	3	-	13
5	9	* 6	3	18
6	2	9	4	15
7	5	8	1	14
8	6	4	2	12
รวม	53	45	11	109

หมายเหตุ โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร มีจำนวนทั้งหมด 111 โรงเรียน แต่มี 2 โรงเรียนที่เปิดสอนเฉพาะระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย คือ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา (ปทุมวัน) และ โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษา น้อมเกล้า ดังนั้นจึงมีประชากรโรงเรียนจริงเพียง 109 โรงเรียน เท่านั้นที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ตารางที่ 3 ขนาดประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของแต่ละกลุ่มโรงเรียน แยกตามขนาดของโรงเรียน

กลุ่มโรงเรียน	ขนาดของโรงเรียน			รวม
	ใหญ่พิเศษ	ใหญ่	กลาง + เล็ก	
1	3848	3889	-	7737
2	3610	2539	327	6476
3	7585	1149	-	8734
4	7498	1799	-	9297
5	6674	3526	996	11196
6	1216	4815	1096	7127
7	3385	4858	51	8294
8	4034	2706	840	7580
รวม	37850	25281	3310	66441

หมายเหตุ

1. โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ คือโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 2500 คน ขึ้นไป
2. โรงเรียนขนาดใหญ่ คือ โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียน ตั้งแต่ 1500 - 2499 คน
3. โรงเรียนขนาดกลาง คือ โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียน ตั้งแต่ 500 - 1499 คน
4. โรงเรียนขนาดเล็ก คือ โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียน ต่ำกว่า 500 คน
5. เนื่องจากโรงเรียนขนาดเล็ก มีเพียง 3 โรงเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงรวมไว้ในกลุ่มของโรงเรียนขนาดกลาง

2. โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร ถูกจัดไว้เป็นกลุ่มโรงเรียน ทั้งในแต่ละกลุ่มโรงเรียนประกอบด้วยโรงเรียนต่าง ๆ ที่อยู่ในเขตเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน โดยจัดแยกประเภทตามขนาดของโรงเรียน ไว้ 4 ขนาด ดังนี้

โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีจำนวนนักเรียน ตั้งแต่ 2500 คน ขึ้นไป จำนวน 53 โรงเรียน
 โรงเรียนขนาดใหญ่ มีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 1500-2499 คน จำนวน 45 โรงเรียน
 โรงเรียนขนาดกลาง มีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 500-1499 คน จำนวน 8 โรงเรียน
 โรงเรียนขนาดเล็ก มีจำนวนนักเรียนต่ำกว่า 500 คน จำนวน 3 โรงเรียน

3. เนื่องจากโรงเรียนขนาดเล็กมีจำนวนน้อยเกินไป ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงรวมโรงเรียนขนาดเล็กไว้ในกลุ่มของโรงเรียนขนาดกลาง (ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2) แล้วดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 คำนวณหาขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมของโรงเรียนในแต่ละขนาด โดยใช้สูตรสำหรับคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อประมาณค่าเฉลี่ย (สุวัฒนา สุวรรณเชตนิคม 2533 : 93) ดังนี้

$$n_{\mu} = \frac{NZ^2 \sigma^2_x}{NE^2 + Z^2 \sigma^2_x}$$

เมื่อ n_{μ} แทน ขนาดที่พอดีของกลุ่มตัวอย่างในการประมาณค่า μ

Z แทน ค่าจากโค้งปกติ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใต้โค้งที่หางเท่ากับ $\frac{\alpha}{2}$

σ^2_x แทน ค่าความแปรปรวนในประชากรของตัวแปรที่สนใจ

E แทน ขนาดของความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ผู้วิจัยยอมรับได้

ในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ ผู้วิจัยยอมให้มีขนาดของความคลาดเคลื่อนสูงสุดในการประมาณค่าเฉลี่ย เป็น .1 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ประมาณค่าความแปรปรวนในประชากร เป็น 280.8976¹ และกำหนดความเชื่อมั่น เท่ากับ .95 ($Z = 1.96$) คำนวณหาขนาดตัวอย่างนักเรียนที่มาจากโรงเรียนในแต่ละขนาด ได้ผลดังนี้

$$\text{จากสูตร } n_{ij} = \frac{NZ_i^2 \sigma_x^2}{NE^2 + Z^2 \sigma_x^2}$$

เมื่อ n_{ij} แทน ขนาดพอดีของกลุ่มตัวอย่างที่มาจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ

N แทน ประชากรนักเรียนทั้งหมดที่มาจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ
ซึ่งในกินเท่ากับ 37850 คน

Z แทน ค่าจากโค้งปกติ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใต้โค้งที่มีหางเท่ากับ
 $\frac{\alpha}{2}$ ($\alpha = .05$) ดังนั้น $Z = 1.96$

E แทน ขนาดความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ผู้วิจัยยอมรับได้ ซึ่งเท่ากับ 1.676²

σ^2 แทน ค่าความแปรปรวนในประชากรของตัวแปรที่สนใจ³ ซึ่งเท่ากับ 280.8976

¹ เป็นค่าความแปรปรวนที่ผู้วิจัยนำมาจากผลการวิจัยของ อรวรรณ ณรงค์ศรีศักดิ์ (2534:132) ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับ "ผลของการให้การบ้านที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กรุงเทพมหานคร : เทคนิคการวิเคราะห์โครงสร้าง" โดยพบว่าตัวแปรด้านเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรที่ให้ค่าของความแปรปรวนสูงสุดในบรรดาตัวแปรอื่น ๆ ด้วยกัน

² เป็นค่าที่ได้มาจากการนำเอา $.1 \times 16.76 = 1.676$ (16.76 คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์)

³ ตัวแปรด้านเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งได้จากผลการวิจัยของ อรวรรณ ณรงค์ศรีศักดิ์

แทนค่า

$$n \approx \frac{37850(1.96)^2(280.8976)}{37850(1.676)^2 + (1.96)^2(280.8976)} \approx 380$$

ดังนั้นจะได้ขนาดตัวอย่างนักเรียนที่มาจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ อย่างต่ำ ประมาณ 380 คน และในทำนองเดียวกัน จากประชากรนักเรียนที่มาจากโรงเรียนขนาดใหญ่จำนวน 25281 คน และประชากรนักเรียนที่มาจากโรงเรียนขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวน 3310 คน จะได้ขนาดตัวอย่างนักเรียนที่มาจากโรงเรียนในขนาดดังกล่าวอย่างต่ำ 378 คน และ 344 คน ตามลำดับ

3.2 จากขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้ในข้อ 3.1 นำมาคิดประมาณจำนวนห้องเรียนตามสัดส่วนของขนาดโรงเรียน เพื่อหาจำนวนโรงเรียนที่จะให้สุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.3 จากข้อ 3.2 สุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ และโรงเรียนขนาดใหญ่ มาประมาณ 1 ใน 6 ของจำนวนโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษและโรงเรียนขนาดใหญ่ทั้งหมด ได้โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ และโรงเรียนขนาดใหญ่จำนวน 9 โรงเรียน และ 8 โรงเรียน ตามลำดับ สำหรับโรงเรียนขนาดกลางและโรงเรียนขนาดเล็ก สุ่มมาครึ่งหนึ่งของจำนวนโรงเรียนขนาดกลางและโรงเรียนขนาดเล็กทั้งหมด ได้โรงเรียนขนาดกลางและโรงเรียนขนาดเล็กรวมทั้งสิ้น 5 โรงเรียน

3.4 จากข้อ 3.3 สุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ โรงเรียนขนาดใหญ่ โรงเรียนขนาดกลางและโรงเรียนขนาดเล็ก โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มากลุ่มโรงเรียนละ 1 โรงเรียน ยกเว้นกลุ่มโรงเรียนที่ 1 สุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มาจำนวน 2 โรงเรียน

3.5 จากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษและโรงเรียนขนาดใหญ่ ทั้งหมดที่สุ่มได้ ในข้อ 3.4 ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย สุ่มมาโรงเรียนละ 1 ห้องเรียน ส่วนโรงเรียนขนาดกลางและโรงเรียนขนาดเล็ก สุ่มอย่างง่ายมาโรงเรียนละ 2 ห้องเรียน ยกเว้นบางโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนต่อห้องเรียนมาก ก็สุ่มมาเพียงห้องเดียว

3.6 ให้นักเรียนทั้งหมดจากห้องเรียนที่สุ่มได้ในข้อ 3.5 จะได้ตัวอย่างประชากรนักเรียนจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ โรงเรียนขนาดใหญ่ และโรงเรียนขนาดกลางและขนาดเล็ก จำนวนทั้งสิ้น 463 427 และ 355 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

4. สำหรับผู้ร่วมให้ข้อมูลที่เป็นครูให้ ให้ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ตารางที่ 4 จำนวนประชากรและตัวอย่างประชากร

ขนาดโรงเรียน	จำนวนโรงเรียนทั้งหมด	จำนวนโรงเรียนที่สุ่มได้	จำนวนห้องเรียนที่สุ่มได้	จำนวนนักเรียนที่เห็นตัวอย่าง
ใหญ่พิเศษ	53	9	9	463
ใหญ่	45	8	10	427
กลางและเล็ก	11	5	8	355
รวม	109	22	27	1245

ตารางที่ 5 การสุ่มจำนวนตัวอย่างประชากร

กลุ่มโรงเรียน	จำนวนโรงเรียนทั้งหมด			จำนวนโรงเรียนที่สุ่มได้			จำนวนห้องเรียนที่สุ่มได้			ตัวอย่างประชากร		
	ใหญ่พิเศษ	ใหญ่	กลางเล็ก	ใหญ่พิเศษ	ใหญ่	กลางเล็ก	ใหญ่พิเศษ	ใหญ่	กลางเล็ก	ใหญ่พิเศษ	ใหญ่	กลางเล็ก
	1	6	8	-	1	1	-	1	1	-	51	42
2	5	5	1	2	1	1	2	1	1	113	49	42
3	10	2	-	1	1	-	1	2	-	56	82	-
4	10	3	-	1	1	-	1	2	-	44	80	-
5	9	6	3	1	1	1	1	1	1	54	39	55
6	2	9	4	1	1	2	1	1	4	50	44	161
7	5	8	1	1	1	-	1	1	-	45	47	-
8	6	4	2	1	1	1	1	1	2	50	44	97
รวม	53	45	11	9	8	5	9	10	8	463	427	355

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบวัดสำนักทางด้านจำนวน
2. แบบทดสอบวัดความยืดหยุ่นในการคิด
3. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล
4. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา
5. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านความจำ
6. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูป
7. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน
8. แบบทดสอบวัดแบบการคิดพินิจ / อีสระ
9. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกส่วน / ประกอบชิ้นใหม่
10. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
11. แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานเดิม
12. แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์
13. แบบวัดความสนใจในการเรียน
14. แบบวัดอัตตมโนทัศน์
15. แบบสำรวจนิสัยในการเรียน
16. แบบสอบถามเกี่ยวกับภูมิหลังและคุณลักษณะของครู
17. แบบสังเกตคุณภาพการสอนของครู
18. แบบวัดบรรยากาศในการเรียน
19. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
20. แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเหล่านี้บางฉบับผู้วิจัยไม่ได้สร้างขึ้นเอง แต่ได้ปรับปรุงมาจากแบบทดสอบของต่างประเทศและของผู้อื่นซึ่งได้สร้างขึ้นจากทฤษฎีและแนวคิดของนักจิตวิทยาและนักการศึกษา โดยได้หาค่าความตรงและความเที่ยงของแบบทดสอบไว้แล้ว ดังนั้น เพื่อยืนยันค่าความเที่ยงเดิมของเครื่องมือดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้หาค่าความเที่ยงจากกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจริง สำหรับรายละเอียดของเครื่องมือแต่ละฉบับมีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดสำนักทางด้านจำนวน เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจาก แบบทดสอบวัดสำนักทางด้านจำนวนของสกอตต์ ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดทักษะสำนักทางด้านจำนวน (Number Sense Skills) ของนักเรียนระดับแปด ซึ่งอยู่ในโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน สำหรับแบบทดสอบฉบับนี้ เป็นแบบเติมคำ มีจำนวนทั้งหมด 60 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบฉบับนี้คือ ให้คิดในใจ ไม่อนุญาตให้ทศ ให้เขียนได้เฉพาะคำตอบเท่านั้น และข้อที่มีเครื่องหมาย * (เป็นข้อที่วัดความสามารถในการประมาณค่า และความสามารถในการตัดสินใจเชิงปริมาณ) ถ้าคำตอบของนักเรียนอยู่ในช่วง 10 % ของคำตอบที่ถูกต้อง ถือว่าถูก การให้คะแนน ถ้าตอบถูกให้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน โดยที่คะแนนรวมที่ได้ทั้งหมดคือ คะแนนสำนักทางด้านจำนวนของแต่ละคน

สำหรับการหาคุณภาพของแบบทดสอบนั้น ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา แล้วจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนศรีวิชัย จำนวน 111 คน แล้วนำมาคำนวณหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้เทคนิคของ กรอนลันด์ (Gronlund 1981 : 258 - 259)

พิจารณาเลือกข้อสอบที่มีค่าระดับความยาก (p) ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

คำนวณหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร K-R 20 ของคูเคอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเที่ยง 0.8181

2. แบบทดสอบวัดความยืดหยุ่นในการคิด ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบของ พรณี เดชกำแหง (2515 : 20) ซึ่งได้นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ที่แปลและดัดแปลงมาจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของมินเนโซตา (Minnesota Test of Thinking) ที่ ทอแรนซ์ได้พัฒนาขึ้น แบบทดสอบฉบับนี้ 3 ฉบับ ใช้เวลาสอบ 30 นาที

แบบทดสอบฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบที่ไม่ใช้ภาษา (Non-Verbal Task) มีชื่อว่า การสร้างภาพจากวงกลม และสี่เหลี่ยม (Circle and Squares Task) แบบทดสอบชุดนี้ มี 2 ข้อ ข้อที่ 1 เป็นการสร้างภาพจากวงกลม 40 วง ภายในเวลา 10 นาที ข้อที่ 2 เป็นการสร้างภาพจากสี่เหลี่ยม 35 รูป ภายในเวลา 10 นาที

แบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบที่ใช้ภาษา (Unusual Use) โดยให้บอกประโยชน์ของสิ่งของต่าง ๆ ที่กำหนด ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แบบทดสอบฉบับนี้ 4 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที

แบบทดสอบฉบับที่ 3 เป็นแบบทดสอบที่ใช้ภาษา (Verbal Task) มีชื่อว่า ผลที่จะเกิดขึ้น (Consequences) โดยให้บอกสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาจากเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้ มาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แบบทดสอบฉบับที่ 4 ชื่อ ใช้เวลา 10 นาที

การให้คะแนนความยืดหยุ่นในการคิดจากแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ ดังกล่าว ถือเกณฑ์การนับจำนวนคำตอบ ที่ไม่อยู่ในทิศทางเดียวกัน หรือคำตอบที่อยู่ในประเภทที่แตกต่างกัน โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน และไม่คำนึงว่าคำตอบเหล่านั้นจะไปที่กับคำตอบของคนอื่นหรือไม่

ตัวอย่างการให้คะแนนความยืดหยุ่นในการคิดจากแบบทดสอบฉบับที่ 1 คือ ถ้าให้นักเรียนสร้างภาพจากวงกลม เป็นภาพ ถ้วยชาม จาน กะทะ ดวงจันทร์ ให้ 3 คะแนน เพราะถ้วยชาม และจาน เป็นประเภทเดียวกัน ถือเป็น 1 คะแนน ส่วนการสร้างภาพจากสี่เหลี่ยม ถ้านักเรียนสร้างภาพจากสี่เหลี่ยม เป็นภาพ ทีวี สมุด หนังสือ ก็ให้ 2 คะแนน เพราะ สมุดกับหนังสือ ถือเป็นพวกเดียวกัน เป็นต้น

ตัวอย่างการให้คะแนนความยืดหยุ่นในการคิด จากแบบทดสอบฉบับที่ 2 ซึ่งเป็น การบอกประโยชน์ของสิ่งของ ตัวอย่างเช่น ให้บอกประโยชน์ของหนังสือพิมพ์มาให้มากที่สุด ถ้านักเรียนตอบว่า อ่านได้ความรู้ ห่อของ ใช้ทำถุงกระดาษ ก็ให้คะแนนความยืดหยุ่นในการคิด 2 คะแนน เพราะคำตอบที่ว่า ใช้ห่อของกับทำถุงกระดาษถือว่า เป็นคำตอบที่อยู่ในทิศทางเดียวกัน

ตัวอย่างให้คะแนนความยืดหยุ่นในการคิดจากแบบทดสอบฉบับที่ 3 ซึ่งให้นักเรียนบอกผลที่จะเกิดขึ้นตามมา ตัวอย่างเช่น อะไรจะเกิดขึ้นถ้าคนไม่ตาย ถ้านักเรียนตอบว่า คนไม่กลัวบาป คนไม่กลัวทำผิด คนจะสิ้นโลก ก็ให้คะแนนความยืดหยุ่นในการคิดเป็น 2 คะแนน เป็นต้น คะแนนรวมที่ได้ทั้งหมดจากแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ คือ คะแนนความยืดหยุ่นในการคิดของแต่ละคน

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยสนใจเฉพาะด้านความยืดหยุ่นในการคิดของพรณี เดชกำแหง มาหาค่าความเที่ยงอีกครั้งหนึ่ง เป็นการยืนยันค่าความเที่ยงเดิมของแบบทดสอบฉบับนี้ ซึ่งค่าความเที่ยงเดิม (เฉพาะความยืดหยุ่นในการคิด) ของแบบทดสอบฉบับที่ 1 , ฉบับที่ 2 และ ฉบับที่ 3 เป็น 0.550 0.789 และ 0.657 ตามลำดับ ในการหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบนี้ ผู้วิจัยใช้ สูตรหาสัมประสิทธิ์อัลฟา (Alpha Coefficient) โดยก่อนนำไปใช้จริง ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนเทพศิลา จำนวน 96 คน ค่าความเที่ยงของแบบสอบแต่ละฉบับเป็น 0.5509 0.7283 และ 0.7503 ตามลำดับ

3. แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล ด้านการรับรู้ทางตา และด้านจำนวน เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยนำมาจาก แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมอง ซึ่งสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สร้างขึ้นตามแนวคิดของ เชอร์สโตน โดยแบบทดสอบแต่ละฉบับดังกล่าว ผู้วิจัยขอเสนอในรายละเอียดของสิ่งต่อไปนี้

3.1 แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผล เป็นแบบทดสอบที่วัดความสามารถในการอุปมาอุปไมยภาพมีจำนวนทั้งหมด 40 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที โดยในแต่ละข้อจะกำหนดเป็นชุดของภาพทั้งหมด ทั้งส่วนที่เป็นคำถาม และตัวเลือก นักเรียนจะต้องพิจารณาความสัมพันธ์ในโครงสร้างมโนภาพ ถ้านักเรียนตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน โดยคะแนนรวมทั้งหมดของแต่ละคน คือ คะแนนความสมรรถภาพทางสมองด้านเหตุผลของนักเรียนคนนั้น แบบทดสอบฉบับนี้ มีค่าความเที่ยง 0.7620

3.2 แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวน เป็นแบบทดสอบที่วัดความสามารถด้านตัวเลขเรียงอันดับ มีทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลา 25 นาที ถ้านักเรียนตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน โดยคะแนนรวมทั้งหมดของแต่ละคน คือ คะแนนความสมรรถภาพทางสมองด้านจำนวนของนักเรียนคนนั้น แบบทดสอบฉบับนี้ มีค่าความเที่ยง 0.8063

3.3 แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตา เป็นแบบทดสอบที่วัดความไวของประสาทตา ในการรับรู้ต่อสิ่งเร้า ประกอบด้วย แบบทดสอบ 2 ฉบับ คือ

ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบที่ให้หาภาพ หรือสัญลักษณ์ ที่เหมือนกับภาพ หรือสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ทางซ้ายมือ มีจำนวนทั้งหมด 40 ข้อ ใช้เวลา 25 นาที

ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบที่ให้หาภาพหรือสัญลักษณ์ ที่ต่างไปจาก ภาพหรือสัญลักษณ์ ที่กำหนดให้ทางซ้ายมือ มีจำนวนทั้งหมด 40 ข้อ ให้เวลาทำ 25 นาที

ในการทำแบบทดสอบทั้งสองฉบับ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน โดยคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดจากการทำแบบทดสอบทั้งสองฉบับของนักเรียนแต่ละคน คือคะแนนสมรรถภาพทางสมองด้านการรับรู้ทางตาของนักเรียนคนนั้น

4. แบบทดสอบสมรรถภาพทางสมองด้านความจำ เป็นแบบทดสอบที่วัดความสามารถในการจำสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดให้ แล้วสามารถถ่ายทอดออกมาได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว แบบทดสอบฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองด้านความจำของ ต่าย เชิญฉวี (2519 : 18) ซึ่งมีทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที ถ้านักเรียนตอบถูก

ให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน โดยคะแนนรวมทั้งหมดของแต่ละคน คือ คะแนนสมรรถภาพทางสมองด้านความจำของคนนั้น

ในการหาคุณภาพของเครื่องมือนี้ เพื่อยืนยันค่าความเที่ยงเดิม ผู้วิจัยจึงได้นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนศรีวัฒนา จำนวน 100 คน แล้วคำนวณค่าความเที่ยงได้เท่ากับ 0.7341 ส่วนค่าความเที่ยงเดิมเท่ากับ 0.7118

5. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านการแปลงรูป เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถทางการแปลงรูปที่ผู้วิจัยดัดแปลงมาจาก แบบทดสอบวัดสมรรถภาพสมองทางสัญลักษณ์ด้านการแปลงรูป ที่สมศักดิ์ บุญวิโรจน์ และสฤพร พันทะกุล (2516 : 18-33) และสุเทพ สันติวราณนท์ (2527 : 166-170) ได้สร้างขึ้นตามทฤษฎีโครงสร้างทางสมองของกิลฟอร์ดตามตัวอย่างที่กิลฟอร์ดได้เสนอไว้ แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ มีทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 เป็นการนำเอาตัวอักษรภาษาอังกฤษหรือภาษาไทย มาจัดเรียงเป็นคำใหม่ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีจำนวนทั้งหมด 8 ข้อ ใช้เวลา 5 นาที ตอนที่ 2 เป็นการแปลงสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ ให้เป็นตัวอักษรหรือตัวเลข เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีจำนวนทั้งหมด 15 ข้อ ใช้เวลา 10 นาที และตอนที่ 3 เป็นการวัดความสามารถในการแปลงรูปตัวเลขจากจำนวนที่กำหนดให้ เป็นแบบเติมคำ มีจำนวนทั้งหมด 7 ข้อ ใช้เวลา 5 นาที ในการให้คะแนนถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน โดยคะแนนรวมทั้งหมดของแต่ละคน คือคะแนนสมรรถภาพทางสมองด้านการแปลงรูปของคนนั้น

สำหรับการหาคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบที่ดัดแปลงที่นั้นนี้ ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และความถูกต้อง ตลอดจนความเหมาะสมของการใช้ภาษา แล้วจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนบางกะปิ จำนวน 68 คน แล้วนำผลที่ได้ไปหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้เทคนิคของกรอนลันด์ (Gronlund 1981 : 258-259) โดยพิจารณาเลือกข้อที่มีค่าระดับความยากตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ตลอดจนหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร K-R 20 ของคูดเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบในแต่ละตอน เท่ากับ 0.6646 0.7192 และ 0.8504 ตามลำดับ

6. แบบทดสอบวัดแบบการคิดผังภาพ/อิสระ เป็นแบบทดสอบวัดแบบการคิดผังภาพ/อิสระ ที่ รักวิจิตรกุล (รักวิจิตรกุล 1994 อ้างถึงในภาวิไล รักศักดิ์ศรี 2532 : 19) ที่ได้รับปรับปรุงมาจากแบบทดสอบกลุ่มรูปภาพที่ซ่อน (The Group Embedded Figures Test) ซึ่ง

สร้างขึ้นโดย วิทคิน ออกแมน และราสคิน (Witkin , Oltman and Raskin 1971) แบบทดสอบนี้ ใช้ทดสอบความสามารถของผู้ตอบในการค้นหารูปร่างง่าย บนรูปยาก หรือรูปที่ซับซ้อน แบบทดสอบฉบับนี้ มีทั้งหมด 25 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 มี 7 ข้อ ใช้เวลา 2 นาที ตอนที่ 2 และตอนที่ 3 มีตอนละ 9 ข้อ ใช้เวลาทำทั้งหมด 5 นาที ในการให้คะแนน ถ้าตอบถูกให้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน คะแนนรวมของทุกข้อในทั้ง 3 ตอน จะเป็นคะแนนความสามารถในการคิดแบบพึ่งพา ก็ต่อเมื่อคน ๆ นั้น ได้คะแนนรวมต่ำกว่า 18 คะแนน ลงมา แต่ถ้าได้คะแนนรวมตั้งแต่ 18 คะแนน ขึ้นไป ถือว่าผู้นั้นมีความสามารถในการคิดแบบอิสระ

ในการหาคุณภาพของเครื่องมือนี้ เพื่อยืนยันค่าความเที่ยงเดิม ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบดังกล่าวไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนศรีวิชัย จำนวน 100 คน แล้วคำนวณหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตร K-R 20 ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.8798 โดยมีค่าความเที่ยงเดิมเป็น 0.8542

7. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกออก/ประกอบชิ้นใหม่ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแยกออก และประกอบชิ้นใหม่ ที่ผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกภาพ 2 มิติ ที่กำหนดให้ ออกเป็นส่วนย่อยของภาพนั้น และประกอบภาพจากส่วนย่อยที่กำหนดให้ เป็นภาพ 2 มิติ สำหรับแบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกภาพ เป็นของสุจินต์ สารงาม (2524 : 136) ที่ได้สร้างขึ้นตามแนวคิดของเซอร์สโตน เป็นแบบเลือกตอบ มีทั้งหมด 15 ข้อ ใช้เวลาทำ 7 นาที สำหรับแบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบภาพ 2 มิติ นั้น ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบภาพ ของนิกุล เกตุประดิษฐ์ (2522 : 123) ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ มีทั้งหมด 14 ข้อ ใช้เวลาทำ 7 นาที

สำหรับการหาคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนศรีวิชัย จำนวน 100 คน แล้วคำนวณหาค่าความเที่ยงใหม่ เพื่อยืนยันค่าความเที่ยงเดิม ได้ค่าความเที่ยงใหม่ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกภาพ และประกอบภาพ เท่ากับ 0.7231 และ 0.7642 โดยค่าความเที่ยงเดิมเท่ากับ 0.7012 และ 0.8100 ตามลำดับ

ในการให้คะแนน ถ้าตอบถูกให้ข้อละ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน คะแนนรวมทั้งหมดจากแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ ของแต่ละคน คือ คะแนนความสามารถในการแยกออก/ประกอบชิ้นใหม่ ของแต่ละคน

8. แบบทดสอบวัดความสามารถทางการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่ง จรรยา ภูอดม สร้างขึ้น เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 425 คน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นี้ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ใช้เวลา 50 นาที แบ่งออกเป็น 3 ฉบับ โดยสร้างตามขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของ โพลยา ดังนี้

ฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการตีความ และทำความเข้าใจปัญหาคณิตศาสตร์ จำนวน 16 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที

ฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จำนวน 17 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที

ฉบับที่ 3 เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการหาคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุดของปัญหาคณิตศาสตร์ จำนวน 17 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที

ในการให้คะแนน ถ้าตอบถูกให้ช้อยละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ช้อยละ 0 คะแนน โดยคะแนนรวมที่ได้จากการทำแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ ของนักเรียนแต่ละคน คือ คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

สำหรับการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหานี้ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR - 20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson 20) เพื่อเป็นการยืนยันค่าความเที่ยงเดิม ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ฉบับที่ 1 ฉบับที่ 2 และฉบับที่ 3 เท่ากับ 0.8215 0.8596 และ 0.7549 โดยมีค่าความเที่ยงเดิมเป็น 0.836 0.854 และ 0.812 ตามลำดับ

9. แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานเดิม เป็นแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของนักเรียน โดยผู้วิจัยได้สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ในการออกข้อสอบวัดความรู้พื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์ จากระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ค 101 และ ค 102) จำนวน 40 ข้อ ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิด

เลือกตอบ 5 ตัวเลือก ให้เวลาทำ 50 นาที การให้คะแนน ถ้าตอบถูกจะให้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน คะแนนรวมที่ได้ทั้งหมด เป็นคะแนนความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนคนนั้น

สำหรับการหาคุณภาพของแบบทดสอบ ผู้วิจัยจะได้นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของการใช้ภาษา และความตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 111 คน แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้เทคนิคของ กรอนลันด์ (Gronlund 1958 : 85) แล้วเลือกข้อสอบที่มีค่าระดับความยาก (p) ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ส่วนค่าความเที่ยงของแบบทดสอบนั้น ผู้วิจัยคำนวณโดยใช้สูตรของ คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน 20 (KR - 20) ได้ค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.8245

10. แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เป็นแบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ที่ สุนทรรัตน์ ช่มสวนสวรรค์ (2530 : 126) ได้สร้างขึ้น โดยข้อความในแบบสอบถามจะเป็นความคิดเห็น รวมทั้งลักษณะนิสัยที่ผู้ตอบมักจะกระทำเป็นกิจวัตร ลักษณะของแบบวัดเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ของ ลีเคอร์ท ซึ่งมียั้งข้อความเชิงนิมิตและนิเสธ จำนวน 25 ข้อ และการตรวจให้คะแนนในแต่ละช่วง กำหนดน้ำหนักของคะแนนไว้ ดังนี้

ด้านนิมิต	ถ้าเป็นจริงมากที่สุด	มีค่า	5	คะแนน
	ถ้าเป็นจริงมาก	มีค่า	4	คะแนน
	ถ้าเป็นจริงปานกลาง	มีค่า	3	คะแนน
	ถ้าเป็นจริงน้อย	มีค่า	2	คะแนน
	ถ้าเป็นจริงน้อยที่สุด	มีค่า	1	คะแนน

สำหรับการให้คะแนนด้านนิเสธ จะตรวจให้คะแนนแบบตรงข้ามกับด้านนิมิต และคะแนนรวมในทุกข้อ จะเป็นคะแนนแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนคนนั้น

การหาคุณภาพของแบบวัดนั้น ผู้วิจัยจะได้นำแบบวัดที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

ตามคำแนะนำ จากนั้นก็จะได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนเทพลีลา จำนวน 118 คน แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (α - Coefficient) ได้ค่าความเที่ยงเป็น 0.9399 และหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัด แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (ลัวิน สายยศ และ ถังคณา สายยศ 2528 : 185) โดยใช้การทดสอบค่าที (t - test) แล้วคัดเลือกข้อที่มีอำนาจจำแนกด้วยค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

11. แบบสำรวจความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยใช้แบบสำรวจความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งสุชาติ เจริญนิษฐ์ (2530 : 29 - 34) สร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า ตามวิธีของลิเคอร์ท ซึ่งมีระดับความสนใจ 5 ระดับ คือ สนใจมากที่สุด สนใจมาก สนใจน้อย สนใจปานกลาง และสนใจน้อยที่สุด โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 หัวข้อ คือ ความสนใจในการเรียนการสอนในชั้นเรียนมีจำนวนทั้งหมด 21 ข้อ และความสนใจนอกชั้นเรียนมีจำนวนทั้งหมด 25 ข้อ รวมจำนวนข้อในแบบสำรวจทั้งหมด 46 ข้อ

ในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อ		กำหนดน้ำหนักของคะแนน เป็นต้น		
ถ้าตอบ	มากที่สุด	มีค่า	5	คะแนน
	มาก	มีค่า	4	คะแนน
	ปานกลาง	มีค่า	3	คะแนน
	น้อย	มีค่า	2	คะแนน
	น้อยที่สุด	มีค่า	1	คะแนน

คะแนนรวมของทุกข้อ จะเป็นคะแนนความสนใจ ในการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนคนนั้น

สำหรับในการหาคุณภาพของแบบสำรวจนี้ ผู้วิจัยนำแบบสำรวจความสนใจการเรียนคณิตศาสตร์ดังกล่าว ซึ่งมีค่าความเที่ยงเดิม เป็น 0.95 ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ในทันทีคือ นักเรียนโรงเรียนศรีรัตนฤๅ จำนวน 100 คน แล้วนำผลที่ได้ไปหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha - Coefficient) เพื่อเป็นการยืนยันค่าความเที่ยงเดิม ของแบบสำรวจ ได้ค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.9482

12. แบบสำรวจนิสัยการเรียน ผู้วิจัยใช้แบบสำรวจนิสัยการเรียนของ ชวรสุดา เหล็กเพชร (2522) ได้สร้างขึ้นโดยอาศัยแนวจากแบบสำรวจนิสัย และเจตคติ ในการเรียนของบราวน์ และ โฮล์ทแมน ฟอรั่ม เอช (Brown and Holtman : Survey of Study Habit and Attitude Form H.) แบบสำรวจนี้ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบ ด้านหลีกเลี่ยง การผลัดเวลา (Delay Avoidance) และวิธีการทำงาน (Work Method) ด้านละ 25 ข้อ รวมทั้งหมด 50 ข้อ

ในการให้คะแนน ในเชิงนิมิต ให้โดยน้ำหนักของคะแนน ในข้อ ก, ข, ค, ง และ จ เป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนในเชิงกัมมันต์ ให้คะแนนตรงข้ามกับ ในเชิงนิมิต โดยที่คะแนนรวมของทุก ๆ ข้อ จะเป็นคะแนนนิสัยในการเรียนของนักเรียนคนนั้น ส่วนในเรื่องของคุณภาพของแบบสำรวจนั้น ผู้วิจัยได้นำแบบสำรวจนิสัยในการเรียนของ ชวรสุดา เหล็กเพชร ซึ่งมีค่าความเที่ยงเดิมขององค์ประกอบด้านการหลีกเลี่ยง และการผลัดเวลาและองค์ประกอบด้านวิธีการทำงาน เป็น 0.87 และ 0.89 ตามลำดับ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากโรงเรียนศรีพญา จำนวน 100 คน แล้วคำนวณหาค่าความเที่ยงของแบบสำรวจ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ได้ค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.8542 และ 0.8797 ตามลำดับ

13. แบบวัดอัตตมโนทัศน์ เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยใช้วัดความคิดเกี่ยวกับตนเองของนักเรียนในความสามารถของตนที่จะเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งอรพรรณ ณรงค์ศรีศักดิ์ (2534 : 89-91) ได้สร้างขึ้น โดยข้อความในแบบสอบถามจะเป็นความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้สึกที่นักเรียนมีต่อลักษณะเอง และความถี่ในการปฏิบัติตามสภาพความเป็นจริงของนักเรียน ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 20 ข้อ การตรวจให้คะแนน กำหนดน้ำหนักของคะแนนดังนี้

ถ้า	คิด หรือปฏิบัติบ่อยครั้งที่สุด	ให้	5	คะแนน
	คิด หรือปฏิบัติบ่อยครั้ง	ให้	4	คะแนน
	คิด หรือปฏิบัติค่อนข้างบ่อย	ให้	3	คะแนน
	คิด หรือปฏิบัติน้อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
	ไม่เคยคิดหรือปฏิบัติเลย	ให้	1	คะแนน

คะแนนรวมของทุกข้อ จะเป็นคะแนนอัตตมโนทัศน์ของคนคนนั้น

ในการหาคุณภาพของแบบวัดอัตตมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้นำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากโรงเรียนศรีนพดา จำนวน 100 คน แล้วนำผลที่ได้ไปหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟา (Alpha Coefficient) ได้ค่าความเที่ยงเป็น 0.8021 โดยมีค่าความเที่ยงเดิม เท่ากับ 0.8346

14. แบบสอบถามเกี่ยวกับภูมิหลัง และคุณลักษณะของครู เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับครูผู้สอนคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับภูมิหลังของครูคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับ วุฒิ ประสบการณ์ในการสอน และจำนวนคาบที่สอนต่อสัปดาห์ และตอนที่ 2 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของครู ซึ่งได้แก่ ความสนใจ และความรับผิดชอบในการสอน โดยครูเป็นผู้ตอบแบบสอบถาม

ลักษณะของแบบสอบถามตอนที่ 1 เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) โดยให้เติมข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสภาพของครูลงไปในช่วงว่าง ส่วนตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประเมินค่า แบ่งออกเป็น 5 ช่วง

ในการตรวจให้คะแนน ดำเนินการโดย ให้คะแนนในแต่ละช่วงตามน้ำหนักคะแนนที่กำหนดไว้ นั่นคือ ปฏิบัติมากที่สุด ปฏิบัติมาก ปฏิบัติปานกลาง ปฏิบัติน้อย และปฏิบัติน้อยที่สุด ให้เป็น 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ

ในการหาคุณภาพของแบบสอบถาม ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบดูความถูกต้อง และความเหมาะสมของการใช้ภาษา ตลอดจนความตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Alpha - Coefficient) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.7592

15. แบบวัดบรรยากาศในชั้นเรียน เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัย ได้ดัดแปลงมาจากแบบวัดบรรยากาศในการเรียน ซึ่ง บุญถม ศรีสะอาด (2524 : 86-87) ได้สร้างขึ้นตามทฤษฎีของมูส์ เพื่อวัดบรรยากาศในชั้นเรียน 6 ด้าน ได้แก่ การมีส่วนร่วม การผูกพันฉันทมิตร การสนับสนุนจากครู การเน้นงาน การแข่งขันระเบียบ และการจัดระบบของงาน ในแต่ละด้านดังกล่าวมีด้านละ 10 ข้อ รวมทั้งหมด 60 ข้อ

ในการตรวจให้คะแนน ถ้าตอบในเชิงนิมาน ให้คะแนนตามน้ำหนักของคะแนน
ดังนี้

ถ้าตอบมากที่สุด	ให้	4	คะแนน
มาก	ให้	3	คะแนน
น้อย	ให้	2	คะแนน
น้อยที่สุด	ให้	1	คะแนน

คะแนนรวมของทุก ๆ ข้อ ของทุกด้าน เป็นคะแนนบรรยากาศชั้นเรียนตามการประเมินของนักเรียน แต่ละคน

สำหรับแบบวัดบรรยากาศในชั้นเรียนนั้น ผู้วิจัยได้นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมในการใช้ภาษา และความตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ หลังจากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากโรงเรียนเทศบาล จำนวน 108 คน แล้วนำผลที่ได้ไปหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .7645

16. แบบสังเกตคุณภาพการสอน เป็นแบบสังเกตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยให้ครอบคลุมเนื้อหาในองค์ประกอบของคุณภาพการสอนตามแนวคิดของบลูม (Bloom 1976 : 110-125) ซึ่งได้ระบุถึงองค์ประกอบของคุณภาพการสอนไว้ ได้แก่ การชี้แนะ (cues) ซึ่งหมายถึง การบอกจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน และงานที่จะต้องทำให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน การให้แนวทางในการเรียนและการทำกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งการเสนอทบทวนและการอธิบายเนื้อหาในบทเรียน การจัดลำดับของงานจากง่ายไปหายาก การใช้เทคนิคการสอน และการใช้สื่อประเภทต่าง ๆ ฯลฯ การมีส่วนร่วม (participation) ซึ่งหมายถึง การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน เช่นการให้โอกาสซักถาม แสดงความคิดเห็น ให้ร่วมทำงานเป็นกลุ่ม ฯลฯ การให้การเสริมแรง (reinforcement) ซึ่งหมายถึง การชมเชย ตำหนิ แสดงกิริยา หรือกล่าวข้อความสนับสนุน และการให้ข้อมูลป้อนกลับและแก้ไขข้อบกพร่อง (feedback/corrective) ซึ่งหมายความรวมถึงเทคนิคการตรวจแบบฝึกหัด และการเฉลยแบบฝึกหัด และแก้ไขข้อบกพร่องให้แก่ นักเรียน

สำหรับรูปแบบการสังเกตนั้น ผู้วิจัยได้แนวมาจากแบบสังเกตพฤติกรรมการสอนของครูซึ่งมีผู้สร้างไว้ในหลาย ๆ ลักษณะ โดยนำมาดัดแปลงตามความเหมาะสม เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ และเนื้อหาสาระสำคัญของคุณภาพการสอน ตามแนวคิดของบลูม แบบสังเกตคุณภาพการสอนฉบับนี้ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นการสังเกตพฤติกรรมด้านการที่แนะของครู ซึ่งประกอบด้วย พฤติกรรมการสอนของครูในด้านต่าง ๆ เช่น การบอกเนื้อเรื่องที่จะสอน หรือแจ้งวัตถุประสงค์ให้นักเรียนทราบก่อนสอน การใช้วิธีสอนและเทคนิคการสอน การให้คำอธิบายวิธีทำอย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานที่มอบหมาย การใช้สื่อการเรียนการสอน การจัดลำดับของงานจากง่ายไปหายาก สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียน เป็นต้น มีจำนวน 17 ข้อ 20 คะแนน

ส่วนที่ 2 เป็นการสังเกตพฤติกรรมที่มีส่วนร่วมของนักเรียน ซึ่งได้แก่ พฤติกรรมในด้านต่าง ๆ เช่น การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน การเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น หรือถามคำถาม การจัดให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม โดยครูกำหนดบทบาทให้นักเรียนแต่ละคนมีหน้าที่รับผิดชอบในกลุ่มอย่างชัดเจน การร่วมมือกันระหว่างครูและนักเรียนในการแก้ปัญหาที่ยาก ๆ เป็นต้น มีจำนวน 7 ข้อ 10 คะแนน

ส่วนที่ 3 เป็นการสังเกตพฤติกรรมเกี่ยวกับการให้การเสริมแรงของครู ซึ่งได้แก่การแสดงความยอมรับของครู โดยแสดงอาการหรือให้คำสนับสนุนต่อนักเรียน การให้รางวัลหรือคำชมเชย เป็นต้น มีจำนวน 4 ข้อ 3 คะแนน

ส่วนที่ 4 เป็นการสังเกตพฤติกรรมเกี่ยวกับการให้ข้อมูลป้อนกลับ และการแก้ไขข้อบกพร่อง ซึ่งได้แก่ การตรวจการบ้านและอธิบายข้อผิดพลาด การเฉลยข้อสอบและอธิบายข้อที่นักเรียนส่วนใหญ่ทำผิด เป็นต้น มีจำนวน 6 ข้อ 7 คะแนน

เกณฑ์ในการให้คะแนน มีดังนี้

ถ้าผู้สังเกตพบว่า ในแต่ละคาบเรียนที่ทำการสังเกตนั้น (จำนวนคาบที่ทำการสังเกตทั้งหมดมี 3 คาบ) ถ้าครูมีรายพฤติกรรมตามที่ระบุไว้ให้ให้คะแนนรายพฤติกรรมละ 1 คะแนน ทุกข้อ ยกเว้น รายพฤติกรรมในข้อ 1.5 1.11 1.13 2.2 2.3 2.6 4.4 และ 4.5 ให้ข้อละ 2 คะแนน สำหรับพฤติกรรมในข้อ 3.4 และ 4.6 ไม่มีคะแนน

ถ้าผู้สังเกตพบว่า ในแต่ละคาบเรียนที่สังเกตนั้น ครูไม่มีรายพฤติกรรมตามที่ระบุไว้ ก็ให้ 0 คะแนน

ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการสังเกตทั้ง 3 ครั้ง คือ คะแนนคุณภาพการสอนของครูคณิตศาสตร์

เกณฑ์การประเมินคุณภาพการสอนของครู เป็นดังนี้

จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ถ้าครูมีคะแนนเฉลี่ย ตั้งแต่ 25 ขึ้นไป ถือว่ามีคุณภาพการสอนอยู่ในระดับดี ถ้าครูมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 14-24 ถือว่ามีคุณภาพการสอนในระดับปานกลาง และถ้าครูมีคะแนนเฉลี่ย ตั้งแต่ 13 ลงมา ถือว่ามีคุณภาพการสอนในระดับต่ำ

สำหรับในการหาคุณภาพของแบบสังเกตนั้น ผู้วิจัยหาความตรงของเครื่องมือ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมของรูปแบบของแบบสังเกตที่ใช้ จากนั้นผู้วิจัยจะได้นำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ต่อจากนั้น นำแบบสังเกตที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้สังเกตการสอนของครูคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่างประชากร 1 ครั้ง โดยมีผู้ช่วย 1 คน ซึ่งได้รับการฝึกฝนในการสังเกตจนชำนาญ เป็นผู้สังเกตด้วยอีก 1 คน แล้วนำผลที่ได้จากการสังเกต มาหาค่าความเที่ยงของการสังเกต โดยใช้สูตรการทดสอบความเที่ยงของการสังเกต ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของสกอตต์ (Scott's Coefficient) (ดูในภาคผนวก จ.) ได้ค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.8148

17. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเอง โดยผู้วิจัยได้สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ ในรายวิชา ค 203 และ ค 204 แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ใช้เวลาทำ 50 นาที การให้คะแนน ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน เมื่อตรวจครบ ทุกข้อ รวมคะแนนทั้งหมด คะแนนที่ได้ คือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ด้านความรู้และทักษะ) ของนักเรียนแต่ละคน

การหาคุณภาพของแบบทดสอบ ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (ในรายวิชา ค 203 และ ค 204) ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วนำไปทดลองใช้กับ นักเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่างประชากร จากโรงเรียนบางกะปิ จำนวน 111 คน แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าระดับความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตรของกรอนลันด์ (Gronlund 1978 : 258-259) และหาความเที่ยง โดยใช้สูตรของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson-20) ได้ค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.8632 จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีค่าระดับความยาก ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

18. แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของ เฟนเนมา และ เชอร์แมน (Fennema and Sherman 1976 : 189-372) เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ด้านเจตคติ) แบบวัดฉบับนี้ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ มีทั้งข้อความที่เป็นเชิงนิยาม และนิเสธ รวมทั้งสิ้น 31 ข้อ

การให้คะแนน ด้านนิทาน		เป็นดังนี้		
ถ้าตอบ	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่า	5	คะแนน
	เห็นด้วย	มีค่า	4	คะแนน
	ไม่แน่ใจ	มีค่า	3	คะแนน
	ไม่เห็นด้วย	มีค่า	2	คะแนน
	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	มีค่า	1	คะแนน

สำหรับการให้คะแนนทางด้านนิเทศ จะตรวจการให้คะแนนแบบตรงข้าม รวมคะแนนทุกข้อ เป็นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ด้านเจตคติ) ของนักเรียนแต่ละคน

การหาคุณภาพของแบบวัด ผู้วิจัยได้นำแบบวัดเจตคติดัดแปลงฉบับนี้ ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบดูความถูกต้อง และความเหมาะสมของภาษา แล้วผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากโรงเรียนเทศบาล จำนวน 118 คน แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าความเที่ยงของแบบวัด โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Alpha - Coefficient) ได้ค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.8756 และหาค่าอำนาจจำแนก โดยให้การทดสอบค่าที (t-test) แล้วคัดเลือกข้อที่มีอำนาจจำแนกด้วยค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ มี ดังนี้

3.1 สูตรการหาค่าระดับความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D)

$$P = \frac{R_U + R_L}{T}$$

$$D = \frac{R_U - R_L}{T/2}$$

เมื่อ	P	แทน	ระดับความยากของข้อสอบ
	D	แทน	อำนาจของข้อสอบ
	T	แทน	จำนวนนักเรียนที่นำมาวิเคราะห์
	R_U	แทน	จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
(Gronlund 1981 : 258-259)

3.2 สูตรการหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตรของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน -20
(Kuder Richardson -20)

$$r_{xx} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ r_{xx} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ
 n แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ
 p แทน อัตราส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
 q แทน อัตราส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ
 S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ

(Mehrens and Lehman 1975 : 98)

3.3 สูตรการหาค่าความเที่ยง โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนแบค
(Alpha Coefficient)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum S_x^2}{S^2} \right]$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเที่ยง
 n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
 S_x^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อ
 S^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ

(Mehrens and Lehman 1975 : 99)

3.4 สูตรการหาความเที่ยงของแบบสังเกตด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของสกอต

$$\pi = \frac{P_o - P_e}{1.00 - P_e}$$

- π หมายถึง ค่าความเที่ยงของการสังเกต
- P_0 หมายถึง สัดส่วนของความสอดคล้องของการสังเกตเหตุการณ์ ได้ตรงกันของผู้สังเกต 2 คน หาได้จากผลต่างระหว่าง 1.00 และค่าผลรวมของผลต่างระหว่างจำนวนร้อยละของเหตุการณ์ของผู้สังเกต 2 คน
- P_0 หมายถึง สัดส่วนของความสอดคล้องที่เกิดขึ้น โดยบังเอิญ หาได้จากผลบวกของกำลังสองของ สัดส่วนความถี่ ของเหตุการณ์ที่มีจำนวนความถี่สูงสุดกับสัดส่วนความถี่ของเหตุการณ์ที่มีจำนวนความถี่รองลงมา (เลือกผู้สังเกตคนใดคนหนึ่ง)

3.5 สูตรการหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้การทดสอบค่าที่

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{S_H^2}{N_H} + \frac{S_L^2}{N_L}}}$$

t	แทน อำนาจจำแนกของแบบวัดแต่ละข้อ
\bar{X}_H	แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มสูง
\bar{X}_L	แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มต่ำ
S_H^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มสูง
S_L^2	แทนความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มต่ำ
N_H	แทนจำนวนคนในกลุ่มสูง
N_L	แทนจำนวนคนในกลุ่มต่ำ

คัดเลือกข้อที่มีอำนาจจำแนกด้วยค่านัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ จากโรงเรียนที่มีเป็นกลุ่มตัวอย่างทุกโรงเรียน
2. ผู้วิจัยไปเก็บข้อมูลด้วยตนเองทุกโรงเรียน
3. มีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทุกชนิด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง
4. ตรวจสอบทดสอบ แบบสอบถาม และแบบวัดทุกฉบับด้วยตนเอง ตามวิธีการตรวจให้คะแนนของเครื่องมือแต่ละประเภท

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยมีกระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์เส้นทางโดยมีกระบวนการวิเคราะห์ สรุปพอสังเขป ดังนี้

1. คำนวณค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรทุกตัวที่ใช้ในการวิจัยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ จากสูตรต่อไปนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ \bar{X} คือ มัชฌิมเลขคณิต

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน

N คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ ผลต่างของคะแนนกับมัชฌิมเลขคณิต

N คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

2. กำหนดโมเดลโครงสร้างตามรูปแบบสมมุติฐานการวิจัย
3. วิเคราะห์เส้นทาง หาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของแต่ละตัวแปร โดยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ด้านความรู้และทักษะ) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ด้านเจตคติ) เป็นตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรอื่น ๆ เป็นตัวทำนาย

การวิเคราะห์เส้นทาง มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) ตามรูปแบบที่เสนอในรูปแบบสมมุติฐาน โดยการหาสมการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) ของรูปแบบตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมาตรฐาน (Standardized Regression Coefficient หรือค่า Beta Weight) ที่ได้จากสมการต่าง ๆ คือ ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{jk}) ของรูปแบบ
2. ศึกษาและพิจารณาความหมายของสัมประสิทธิ์เส้นทางโดยพิจารณาจากนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์เส้นทาง ซึ่งในการพิจารณาจะพิจารณาควบคู่กันทั้ง 2 อย่าง คือ ค่านัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) และค่านัยสำคัญทางปฏิบัติ (Practical Significance) สำหรับค่านัยสำคัญทางปฏิบัตินั้น ถ้าค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (P_{jk}) ที่ต่ำกว่า .05 ถือว่าไร้ความหมาย (Kerlinger and Pedhazur 1973 : 318) ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญทั้งทางสถิติ และทางปฏิบัติจะถูกตัดทิ้งไป เพื่อปรับปรุงรูปแบบให้เหมาะสม และกระชับรัดกุม (Parsimonious Model)
3. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficient) ตามรูปแบบของเส้นทางที่ปรับปรุงใหม่ หลังจากตัดเส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และนัยสำคัญทางปฏิบัติทิ้งไป
4. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากรูปแบบ (Reproduced Correlations) ตามรูปแบบของเส้นทางที่ปรับปรุงใหม่
5. นำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้จากข้อ 4 เปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ปรากฏ (Observed Correlations) ซึ่งคำนวณได้จากสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน เพื่อศึกษาถึงความสอดคล้องของรูปแบบที่กำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้มีค่า

ใกล้เคียงกันมาก รูปแบบก็จะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง (Blalock 1964 : 75 อ้างถึงในสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ 2526 : 11) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ค่า .05 เป็นเกณฑ์ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ประจักษ์ เปี่ยมสมบูรณ์ 2527 : 97)

6. ถ้ารูปแบบที่ทดสอบในข้อ 5 มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ก็จะคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตามขั้นที่ 7 ต่อไป แต่ถ้ารูปแบบที่ทดสอบในข้อ 5 ไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ก็จะต้องทำการปรับปรุงรูปแบบใหม่ โดยพิจารณาตัดเส้นทางที่ทำให้คู่สหสัมพันธ์มีผลต่างเกิน .05 แล้วจึงคำนวณในขั้นที่ 7 ต่อไป

7. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แยกส่วนค่าสหสัมพันธ์ (Decomposition of Correlation) ระหว่างตัวแปรสาเหตุ และตัวแปรผล ออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลกระทบทางตรง (Direct Effect) และผลกระทบทางอ้อม (Indirect Effect)

8. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หาคผลรวม (Total Effect) ระหว่างตัวแปรสาเหตุและตัวแปรผล ที่ร่วมกันส่งผลต่อตัวแปรเกณฑ์

ซึ่งในการคำนวณข้อ 7 และข้อ 8 คำนวณโดยใช้วิธีของดันแคน (Duncan 1966 : 1-16 อ้างถึงใน นงราม เศรษฐพานิช 2526 : 7-12)

การดำเนินการวิจัย ระยะที่ 2

การดำเนินการวิจัย ในระยะที่ 2 นี้ เห็น การนำเสนอโปรแกรมในการพัฒนาสำนักทางด้านจำนวน ให้แก่นักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีกระบวนการในการพัฒนา แบ่งออกเป็น สอง ขั้นตอน คือ

- ตอนที่ 1 การสร้างโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน และการทดลองใช้โปรแกรม
- ตอนที่ 2 การประเมินประสิทธิผลของโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน

ตอนที่ 1 การสร้างโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน ประกอบด้วยขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การสร้างโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน
2. ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ และการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของเพียเจต์และกาเย่
3. ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสำนักทางด้านจำนวน ซึ่งได้แก่ ทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลเสนอตามแนวคิดของแอกคินสัน และ ซินฟริน และแนวคิดในการเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative Learning)
4. ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชา ค 203 และ ค 204
5. ศึกษาผลที่ได้จากการวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ในการวิจัยระยะที่ 1 แล้วพิจารณาคัดเลือกตัวแปรที่สามารถจัดกระทำได้บางตัวที่ส่งผล และเอื้อต่อการพัฒนาสำนักทางด้านจำนวน
6. สร้างโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน (Number Sense Program)
6. ประเมินคุณภาพของโปรแกรมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
7. ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

รูปแบบโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน ผู้วิจัยได้แนวคิดมาจากรูปแบบโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวนของมหาวิทยาลัยแห่งรัฐเท็กซัส โปรแกรมสำนักทางด้านจำนวนของ ฮอสฟอร์ดและสกอตต์ (Hosford and Scott 1986) และโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวนของสกอตต์ (Scott 1987)

สำหรับโปรแกรมสำนึกทางด้านจำนวนของฮอว์ฟอร์ด และสกอตต์ ได้ถูกสร้างขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาทวิชี ในการคิดเลขในใจให้กับเด็กชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ ในด้านทักษะการคำนวณ การแก้ปัญหา และการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจน ปลูกฝังเจตคติทางบวกต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในด้านความเชื่อมั่นในตนเองต่อการเรียน วิชาคณิตศาสตร์

ลักษณะของโปรแกรมสำนึกทางด้านจำนวน

โปรแกรมฝึกสำนึกทางด้านจำนวน ประกอบด้วย เอกสารชุดการฝึกสำนึกทางด้านจำนวน ตารางโปรแกรมการฝึกสำนึกทางด้านจำนวน และแนวทางในการดำเนินการในโปรแกรม

การทดลองใช้โปรแกรมสำนึกทางด้านจำนวน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดประชากร และกลุ่มตัวอย่างประชากร

ผู้วิจัยได้เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ สังกัดกรมสามัญศึกษา จำนวน 5 ห้องเรียน จากทั้งหมด 13 ห้องเรียน โดยการเลือกห้องเรียนนั้น นิยามจากห้องเรียนที่นักเรียนมีความสามารถพอ ๆ กัน ตามเกณฑ์การจัดชั้นเรียนของโรงเรียนซึ่งได้จัดให้มีการทดสอบก่อนจัดชั้นเรียน จากนั้นใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มา 2 ห้องเรียน ให้เป็นตัวอย่างประชากร แล้วใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายอีกครั้งหนึ่ง เพื่อจัดนักเรียนในแต่ละห้องเรียนให้เข้าเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมสำนึกทางด้านจำนวนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน 1 ห้องเรียน และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมสำนึกทางด้านจำนวน จำนวน 1 ห้องเรียน สรุปได้นักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองทั้งหมด 56 คน และนักเรียนที่เป็นกลุ่มควบคุม ทั้งหมด 56 คน รวมนักเรียนที่เป็นตัวอย่างทั้งสิ้น 112 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 2.1 แบบทดสอบวัดสำนึกทางด้านจำนวน
- 2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
- 2.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
- 2.4 แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานเดิม

สำหรับแบบทดสอบวัดสำนึกทางด้านจำนวน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานเดิม เป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกันกับที่ใช้ในการวิจัยในระยะที่ 1

3. การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้จัดกระทำกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

3.1 กำหนดให้กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่เรียนตามตามตารางการสอนและฝึกในโปรแกรมสำนึกทางด้านจำนวน เป็นเวลานาน 12 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนและฝึกในคาบกิจกรรมอิสระ ซึ่งมี 2 คาบต่อสัปดาห์ และมีการฝึกพิเศษเพิ่มเติมอีกในช่วง 10 นาทีแรกของชั่วโมงเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปกติ (รายวิชา ค 204 ซึ่งมีเรียน 5 คาบต่อสัปดาห์) สำหรับกลุ่มควบคุมนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนตามแผนการสอนเสริมซึ่งโรงเรียนได้กำหนดไว้ ตามปกติ โดยดำเนินการสอน เป็นเวลานาน 12 สัปดาห์เช่นเดียวกัน

3.2 ก่อนดำเนินการทดลอง ได้มีการประชุมพิเศษสำหรับนักเรียนในกลุ่มทดลองเกี่ยวกับลักษณะของการเรียนการสอนตามตาราง ในโปรแกรมสำนึกทางด้านจำนวน ซึ่งเป็นไปในแนวของการเรียนแบบร่วมมือ โดยได้มีการดำเนินการดังนี้

3.2.1 แบ่งผู้เรียนเป็น 8 กลุ่ม ๆ ละ 7 คน โดยสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มจะถูกกำหนดบทบาทและหน้าที่ของงานที่รับผิดชอบไว้ ดังนี้

3.2.1.1 บทบาทประธานกลุ่ม หรือหัวหน้ากลุ่ม มีหน้าที่ดูแลและจัดการให้สมาชิกในกลุ่มทุกคนได้ทำงานตามหน้าที่ของตนด้วยความเรียบร้อย

3.2.1.2 บทบาทรองประธานกลุ่ม หรือรองหัวหน้ากลุ่ม มีหน้าที่คอยช่วยเหลือแบ่งเบาภาระของประธาน และทำหน้าที่แทนประธานเมื่อประธานไม่อยู่

3.2.1.3 บทบาทเลขากลุ่มหรือผู้จัดบันทึก มีหน้าที่บันทึกงานที่ได้รับมอบหมายเพื่อจัดส่งครู

3.2.1.4 บทบาทผู้รักษาเวลา มีหน้าที่คอยรักษาเวลาให้สมาชิกในกลุ่มทุกคนทำงานตามกำหนด

3.2.1.5 บทบาทผู้จัดอุปกรณ์ มีหน้าที่ รับผิดชอบวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ใบงาน หรือ แบบฝึก

3.2.1.6 บทบาทผู้ส่งงาน มีหน้าที่ ตรวจสอบว่าสมาชิกทุกคนส่งงานครบตามที่ครูสั่งหรือไม่ แล้วรายงานให้ครูทราบ พร้อมทั้งนำงานไปส่ง หรือรับงานคืนจากครู

3.2.1.7 บทบาทตัวแทนกลุ่ม มีหน้าที่ เป็นตัวแทนกลุ่ม ออกไป

รายงานหน้าชั้น หรือเป็นตัวแทนกลุ่มในการไปอภิปรายร่วมกันกับตัวแทนของกลุ่มอื่น

3.2.2 ครูชี้แจงให้นักเรียนทราบว่าสมาชิกแต่ละคนต้องผลิตเปลี่ยนกันในาร
รับบทบาทต่าง ๆ ในกลุ่ม สัปดาห์ละครั้ง

3.2.3 เน้นให้แต่ละกลุ่มตระหนักว่า การเรียนแบบร่วมมือ ทุกคนในกลุ่ม
ต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ความสำเร็จของกลุ่มก็คือความสำเร็จของแต่ละคน

3.3 นำแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานเดิม แบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดสำนักทางด้านจำนวน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาคณิตศาสตร์ มาทำการทดสอบนักเรียนทั้งสองกลุ่มพร้อมกัน ก่อนทำการทดลอง

3.4 ทดลองสอนตามตารางที่กำหนดไว้ในโปรแกรม โดยดำเนินการกับกลุ่มทดลอง
เป็นเวลานาน 12 สัปดาห์

3.5 นำแบบทดสอบวัดสำนักทางด้านจำนวน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ฉบับเดิม มาทดสอบนักเรียนทั้งสองกลุ่มพร้อมกันอีกครั้งหนึ่ง หลังจาก
สิ้นสุดการทดลอง เมื่อเวลาผ่านไป 12 สัปดาห์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบก่อนและหลังการทดลอง ทดฉบับ แล้วบันทึกคะแนน
ที่ได้

4.2 นำคะแนนจากข้อ 4.1 มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยให้ความรู้พื้นฐานเดิม และ/หรือ
ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรร่วม และสำนักทางด้านจำนวน เป็นตัวแปรตาม
ซึ่งกำหนดให้ระดับความมีนัยสำคัญเท่ากับ .05

4.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยให้ความรู้พื้นฐานเดิม และ/หรือ
ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรร่วม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
เป็นตัวแปรตาม ซึ่งกำหนดให้ ระดับความมีนัยสำคัญเท่ากับ .05

4.5 ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบข้อมูลตามลักษณะข้อตกลงเบื้องต้น

4.5.1 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมกับตัวแปรตาม

ค่าสถิติ

$$F = \frac{(SS_{w_{XY}})^2 / SS_{w_X}}{MS_{w_Y}} \quad F_{1, N - J - 1}$$

กฎการตัดสินใจ

จะปฏิเสธ $H_0 : \beta_{YX} = 0$ ถ้า $F > F(1 - \alpha)$
 $1, N - J - 1$

แสดงว่า ตัวแปรร่วม X มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y ดังนั้นสามารถใช้ตัวแปร X มาเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมได้

4.5.2 การทดสอบความเท่ากันของสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มประชากร

สมมติฐาน

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2$$

$$H_1 : \beta_1 \neq \beta_2$$

ค่าสถิติ

$$F = \frac{S_2 / J - 1}{S_1 / J(n - 2)} \quad F(1 - \alpha) \quad (J - 1), J(n - 2)$$

$$\text{เมื่อ } S_1 = SS_{w_Y} - \left[\frac{(\sum_1 X_{1j})(\sum_1 Y_{1j})}{n} \right]$$

$$SS_{w_{XYJ}} = \sum X_{1j} Y_{1j} - \left[\frac{\sum_j (SS_{w_{XYj}})^2}{SS_{w_{Xj}}} \right]$$

$$\text{เมื่อ } S_1 = SS_{wY} - \left[\frac{(\sum_1 X_{1j})(\sum_1 Y_{1j})}{n} \right]$$

$$SS_{wXYJ} = \sum X_{1j} Y_{1j} - \left[\frac{\sum_j (SS_{w_{kYJ}})^2}{SS_{w_{XJ}}} \right]$$

$$SS_{w_{XJ}} = \sum_1 X_{1j}^2 - \left[\frac{(\sum_1 X_{1j})^2}{n} \right]$$

$$S_2 = \left[\frac{\sum_j (SS_{w_{XYJ}})^2}{SS_{w_{XJ}}} \right] - \left[\frac{(SS_{w_{XY}})^2}{SS_{w_X}} \right]$$

กฎการตัดสินใจ

จะปฏิเสธ $H_0 : \beta_1 = \beta_2$ ถ้า $F > F_{(J-1), J(n-2)}$

แสดงว่า สัมประสิทธิ์การถดถอยภายในกลุ่มแตกต่างกัน

5. ประเมินผลการใช้โปรแกรม

ประเมินผลการใช้โปรแกรม จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ในข้อ 4.3 และ 4.4 โดยถ้านักเรียนที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน มีคะแนนเฉลี่ยของสำนักทางด้านจำนวน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูงกว่า นักเรียนที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แล้ว แสดงว่า โปรแกรมสำนักทางด้านจำนวนได้ผล