

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างและหาคคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 2 จำนวน 3,405 คน จากโรงเรียนทั้งหมด 225 โรงเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 2 จำนวน 557 คน จากโรงเรียนทั้งหมด 47 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) มีรายละเอียดการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและขั้นตอนในการสุ่มกลุ่มตัวอย่างดังนี้

2.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในกรณีที่ทราบจำนวนประชากร (บุญชม ศรีสะอาด. 2554 : 41) ซึ่งมีสูตรดังนี้

$$n = \frac{p(1-p)}{\frac{e^2}{z^2} + \frac{p(1-p)}{N}}$$

เมื่อ	n	แทน	จำนวนสมาชิกกลุ่มตัวอย่าง
	p	แทน	สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยกำหนดจะสุ่ม ในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ .50
	z	แทน	ระดับความมั่นใจกำหนดให้ที่ระดับ 99% เท่ากับ 2.58
	e	แทน	สัดส่วนของความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้น 5% ซึ่งมีค่าเท่ากับ .05
	N	แทน	จำนวนประชากร เท่ากับ 3,405 คน

ผลการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 557 คน สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่กำหนดว่าควรใช้กลุ่มตัวอย่างประมาณ 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์หรือตัวแปรในโมเดล (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 311) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ มีตัวแปรสังเกตได้ 19 ตัวแปร ขนาดกลุ่มตัวอย่างต่ำสุดควรเท่ากับ 380 คน ดังนั้น จึงถือได้ว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้มีความเหมาะสมและมีขนาดที่เพียงพอสำหรับใช้ในการวิจัย

2.2 การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) โดยดำเนินการดังนี้

ขั้นที่ 1 ใช้อำเภอที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 2 เป็นหน่วยการสุ่ม ทำการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มาร้อยละ 50 ได้ 3 อำเภอ ประกอบด้วย อำเภอนาโพธิ์ อำเภอนาคู และอำเภอนาหว้า

ขั้นที่ 2 จำแนกโรงเรียนในแต่ละอำเภอที่สุ่มได้ในขั้นที่ 1 ออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามเกณฑ์ ดังนี้ (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 2. 2557 : เว็บไซต์)

โรงเรียนขนาดเล็ก จำนวนนักเรียนน้อยกว่า 121 คน

โรงเรียนขนาดกลาง จำนวนนักเรียนตั้งแต่ 121 - 300 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวนนักเรียนมากกว่า 300 คน

พบว่า เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 101 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง จำนวน 46 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 9 โรงเรียน

ขั้นที่ 3 ใช้โรงเรียนในแต่ละขนาดของแต่ละอำเภอเป็นหน่วยการสุ่ม ทำการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) มาร้อยละ 30 ได้จำนวนโรงเรียนแยกตามขนาดดังนี้

โรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 30 โรงเรียน

โรงเรียนขนาดกลาง จำนวน 14 โรงเรียน

โรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 3 โรงเรียน

ขั้นที่ 4 ใช้โรงเรียนในแต่ละขนาดของแต่ละอำเภอเป็นหน่วยการสุ่ม ทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยในกรณีที่โรงเรียนมีห้องเรียนจำนวน 2 ห้อง ขึ้นไป สุ่มมา 1 ห้อง และโรงเรียนที่มีห้องเรียนจำนวน 1 ห้อง เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด พบว่า ได้ห้องเรียนทั้งหมด 47 ห้อง ผู้วิจัยเลือกให้นักเรียนในห้องทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 649 คน ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายชื่อโรงเรียน และจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

อำเภอ	ขนาด	ชื่อโรงเรียน	จำนวน กลุ่มตัวอย่าง (คน)
วาปีปทุม	ขนาดเล็ก	1. บ้านดู่	10
		2. บ้านดําแย	6
		3. บ้านกระยอมหนองเต็น	10
		4. บ้านหนองไผ่	8
		5. บ้านหนองตาไก่เผือกใต้วิทยา	15
		6. บ้านมะแซวหนองโจ้ง	16
		7. บ้านแวงนคร (สังขวิทยา)	9
		8. บ้านแคน	8
		9. บ้านกุดนาดีโนนลาน	11
		10. บ้านโนนท่อน	6
	ขนาดกลาง	11. บ้านโคกสูงหนองเสียวหนองชี	22
		12. ชุมชนบ้านโพธิ์สองห้องวิทยา	23
		13. บ้านสนาม	21
		14. บ้านโพธิ์ชัย	16
		15. บ้านเสือไค้	23
	ขนาดใหญ่	16. เมืองวาปีปทุม	33
พยัคฆภูมิพิสัย	ขนาดเล็ก	1. บ้านหนองบัวแก้ว	8
		2. บ้านขี้เหล็ก	11
		3. บ้านหนองแสงพุ่มยาว	7
		4. บ้านโนนแคน	6
		5. บ้านดงเย็น	8
		6. บ้านเม็กน้อยหนองไผ่	9
		7. บ้านตาลอก	8
		8. บ้านหนองนาโน	7
		9. บ้านหนองหว่าเฒ่า	6
		10. บ้านนาค่าย	7
ขนาดกลาง	11. บ้านมะโบ้	37	
	12. ชุมชนนาสีนวล	19	
	13. บ้านเมืองเตา	18	
	14. บ้านเมืองเสือ	23	
	15. บ้านหนองห้าง	13	
ขนาดใหญ่	16. อนุบาลพยัคฆภูมิพิสัย	38	

อำเภอ	ขนาด	ชื่อโรงเรียน	จำนวน กลุ่มตัวอย่าง (คน)
นาทูน	ขนาดเล็ก	1. บ้านยางอีไลดอนก่อ	13
		2. บ้านโพหนอง	11
		3. บ้านหนองโนทับม้า	8
		4. บ้านดอนตูวังบอน	6
		5. บ้านโนนเห็ดโค	7
		6. บ้านสระบัว	7
		7. บ้านร่วมใจ 2	7
		8. บ้านหนองกลางโคก	9
		9. บ้านหนองบัวน้อย	4
		10. บ้านหลุบควันเมืองหงส์	8
	ขนาดกลาง	11. บ้านโกทา	28
		12. ชุมชนบ้านดงบัง	27
		13. บ้านหนองบ้าน	17
		14. บ้านนาฝาย	12
	ขนาดใหญ่	15. อนุบาลนครจัมปาศรี	23
รวมทั้งสิ้น			649

เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเสร็จสิ้น พบว่า ได้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 649 คน ซึ่งมีจำนวนมากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ประมาณไว้ ผู้วิจัยจึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่สุ่มได้ เพื่อป้องกันความผิดพลาดและไม่เพียงพอของข้อมูล ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนไม่ตั้งใจตอบหรือตอบไม่ครบทุกข้อ หลังเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเรียบร้อย และคัดเลือกแบบทดสอบและแบบวัดของนักเรียนที่ตอบได้สมบูรณ์ที่สุด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล จำนวน 557 คน ตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ได้กำหนดไว้

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ชนิด ได้แก่

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

2. แบบวัดปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 60 ข้อ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ๆ ละ 12 ข้อ ดังนี้

ตอนที่ 1 วัดการรับรู้ความสามารถของตนเอง

ตอนที่ 2 วัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์

ตอนที่ 3 วัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

- ตอนที่ 4 วัดการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ปกครอง
ตอนที่ 5 วัดบรรยากาศในชั้นเรียน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอน ดังนี้

1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ของ Polya (1957, อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555 ข : 172-173) เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.3 ศึกษาทฤษฎีและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการสร้างโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้เนื้อหาในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 รายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 โครงสร้างเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เนื้อหา	ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์				จำนวน (ข้อ)
	ทำความเข้าใจปัญหา	วางแผนแก้ปัญหา	ดำเนินการตามแผน	ตรวจสอบผล	
1. จำนวนนับ และการบวก การลบ การคูณ การหาร	3 (2)	3 (2)	3 (2)	3 (2)	12 (8)
2. ตัวประกอบของจำนวนนับ	3 (2)	3 (2)	3 (2)	3 (2)	12 (8)
3. ทศนิยม และการบวก การลบ การคูณ การหาร	3 (2)	3 (2)	3 (2)	3 (2)	12 (8)
4. สมการและการแก้สมการ	3 (2)	3 (2)	3 (2)	3 (2)	12 (8)
5. รูปสี่เหลี่ยม	3 (2)	3 (2)	3 (2)	3 (2)	12 (8)
รวม	15 (10)	15 (10)	15 (10)	15 (10)	60 (40)

หมายเหตุ ตัวเลขนอกวงเล็บ หมายถึงจำนวนข้อสอบที่สร้างขึ้น
 ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึงจำนวนข้อสอบที่ต้องการ

1.4 เขียนข้อสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ และต้องการใช้จริง 40 ข้อ ให้สอดคล้องกับเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละข้อ และองค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.5 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.6 ปรับปรุงแบบทดสอบตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จากนั้นนำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และโครงสร้าง ตลอดจนความชัดเจนของข้อความ และความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้ตามที่นิยามไว้ ผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือ จำนวน 5 ท่าน ดังรายนามต่อไปนี้

1.6.1 ผศ.ดร.ไพศาล วรคำ กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติและการวิจัยทางการศึกษา

1.6.2 อาจารย์ ดร.พงษ์ศร โพธิ์พลศักดิ์ ค.ด. (การศึกษานอกระบบโรงเรียน) อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติและการวิจัยทางการศึกษา

1.6.3 นายบัญชา สุวรรณโท กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา)ศึกษานิเทศก์ วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

1.6.4 นายประพันธ์ ชันโมลี กศ.ม. (การบริหารการศึกษา) ผู้อำนวยการสถานศึกษา วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนมัธยมยางสีสุราช สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

1.6.5 นายสมเพชร มัชปะโม กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) ผู้อำนวยการสถานศึกษา วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านหนองบัวกุดอ้อ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

1.7 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ .60 ถึง 1.00 เป็นข้อสอบที่วัดได้ตรงตามนิยามที่กำหนดไว้ ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อสอบทั้ง 60 ข้อ มีคุณภาพตามเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ .60 ถึง 1.00 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.8 ปรับปรุงแบบทดสอบตามคำแนะนำอื่น ๆ ของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ การปรับสำนวนภาษาให้ชัดเจน และเหมาะสมกับระดับวัยของกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับร่ำงนำไปทดลองสอบ (Try Out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนโรงเรียนบ้านหัวหมู อ.พยัคฆภูมิพิสัย จำนวน 34 คน โรงเรียนกุ้งสำริด อ.นาคนูน จำนวน 19 คน และโรงเรียนบ้านหนองคลองใหม่หัวนาคำ อ.วาปีปทุม จำนวน 20 คน รวมทั้งหมดจำนวน 73 คน แล้วนำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของข้อสอบ

1.9 นำผลการทดลองสอบ (Try Out) มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิด หรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก ในข้อเดียวกัน ได้ 0 คะแนน จากนั้นวิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อของแบบทดสอบ ได้แก่ ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยวิเคราะห์แบบอิงกลุ่ม และพิจารณาคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ .20 ถึง .80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ถึง 1.00 เป็นข้อสอบที่เข้าเกณฑ์ ผลการวิเคราะห์พบว่า ได้ข้อสอบเข้าเกณฑ์ จำนวน 47 ข้อ จึงคัดเลือกไว้จำนวน 40 ข้อ ตามต้องการ โดยมีค่าความยากรายข้อ ตั้งแต่ .33 ถึง .68 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .30 ถึง .80 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค

1.10 นำข้อสอบที่เข้าเกณฑ์และที่ได้คัดเลือกไว้จำนวน 40 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson (ไพศาล วรคำ, 2558 : 287) ผลการวิเคราะห์พบว่า ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .87

1.11 ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง และจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

2. แบบวัดปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบวัดปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 60 ข้อ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ๆ ละ 12 ข้อ ได้แก่ ตอนที่ 1 วัดการรับรู้ความสามารถของตนเอง ตอนที่ 2 วัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ตอนที่ 3 วัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ตอนที่ 4 วัดการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ปกครอง และตอนที่ 5 วัดบรรยากาศในชั้นเรียน ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ความสามารถของตนเอง แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ การส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ปกครอง และบรรยากาศในชั้นเรียน เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดที่ใช้ในการวิจัย

2.2 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยเขียนนิยามเชิงปฏิบัติการตามคุณลักษณะและพฤติกรรมที่ต้องการวัด พร้อมทั้งกำหนดแผนการเขียนข้อคำถามให้มีความครอบคลุมตัวแปรที่ต้องการวัด ดังนี้

ตารางที่ 6 รายละเอียดจำนวนข้อคำถามของแบบวัดที่ใช้ในการวิจัย

ตอนที่	ตัวแปรที่ต้องการวัด	องค์ประกอบของตัวแปร	จำนวนข้อคำถาม (ข้อ)	
			สร้าง	ใช้จริง
1	การรับรู้ความสามารถของตนเอง	ความยากของงาน	6	4
		ความเข้มแข็ง	6	4
		การแผ่ขยายความสามารถ	6	4
2	แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์	ความกระตือรือร้น	6	4
		ความรับผิดชอบต่อการเรียน	6	4
		การคาดการณ์ล่วงหน้า	6	4

ตอนที่	ตัวแปรที่ต้องการวัด	องค์ประกอบของตัวแปร	จำนวนข้อคำถาม (ข้อ)	
			สร้าง	ใช้จริง
3	เจตคติต่อวิชา คณิตศาสตร์	ด้านความรู้เชิงประเมินค่า	6	4
		ด้านความรู้ลึก	6	4
		ด้านแนวโน้มพฤติกรรม	6	4
4	การส่งเสริมการเรียนรู้ของ ผู้ปกครอง	การจัดเตรียมอุปกรณ์	6	4
		การเอาใจใส่การเรียนรู้	6	4
		การเสริมกำลังใจ	6	4
5	บรรยากาศในชั้นเรียน	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน	6	4
		ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน	6	4
		สิ่งแวดล้อมทางกายภาพ	6	4
รวม			90	60

2.3 ดำเนินการสร้างแบบวัดตามแผนที่วางไว้และเขียนข้อคำถามให้สอดคล้องกับ
นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัด โดยสร้างเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ
เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2.4 นำแบบวัดที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณา
ตรวจสอบแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.5 ปรับปรุงแบบวัดตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จากนั้นนำแบบวัด
ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม) เพื่อพิจารณาความ
เที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและโครงสร้าง ตลอดจนความชัดเจนของข้อคำถาม และความถูกต้องเหมาะสม
ของภาษาที่ใช้ตามที่นิยามไว้

2.6 นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยการ
วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ .60
ถึง 1.00 เป็นข้อคำถามที่วัดได้ตรงตามนิยามที่กำหนดไว้ ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อคำถามทั้ง 90 ข้อ
มีคุณภาพตามเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ .60 ถึง 1.00
ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค

2.7 ปรับปรุงแบบวัดตามคำแนะนำอื่น ๆ ของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ การปรับสำนวน
ภาษาให้ชัดเจน และเหมาะสมกับระดับวัยของกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นจัดพิมพ์เป็นแบบวัดฉบับร่าง
นำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 73 คน
(กลุ่มเดิม) แล้วนำผลการทดลองใช้มาหาคุณภาพของแบบวัด

2.8 นำผลการทดลองใช้ (Try Out) มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และ
นำไปวิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อของแบบวัด ได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก (r) ด้วยวิธีการหาความสัมพันธ์
ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
อย่างง่ายของ Pearson (ไพศาล วรคำ, 2558 : 287) แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่
ระดับ .05 เป็นข้อคำถามที่เข้าเกณฑ์ จากนั้นนำข้อคำถามที่เข้าเกณฑ์และที่ได้คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ตามวิธีของ Cronbach (ไพศาล วรคำ. 2558 : 288) ผลการวิเคราะห์ พบว่า ได้ข้อคำถามที่เข้าเกณฑ์และ คัดเลือกไว้จำนวน 60 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .27 ถึง .68 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ .87 เมื่อพิจารณาในแต่ละตอน พบว่า

ตอนที่ 1 วัดการรับรู้ความสามารถของตนเอง คัดเลือกและนำไปใช้ จำนวน 12 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .27 ถึง .67 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .84

ตอนที่ 2 วัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ คัดเลือกและนำไปใช้ จำนวน 12 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .40 ถึง .60 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .84

ตอนที่ 3 วัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ คัดเลือกและนำไปใช้ จำนวน 12 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .33 ถึง .68 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .82

ตอนที่ 4 วัดการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้ปกครอง คัดเลือกและนำไปใช้ จำนวน 12 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .45 ถึง .64 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .87

ตอนที่ 5 วัดบรรยากาศในชั้นเรียน คัดเลือกและนำไปใช้ จำนวน 12 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ .40 ถึง .66 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .83 (ดังรายละเอียดใน ภาคผนวก ค)

2.9 ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง และจัดพิมพ์เป็นแบบวัดฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว ไปดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่าง ตามขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยติดต่อขอรับหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูล จากคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ถึงผู้บริหารสถานศึกษาของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง
2. นำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูล ไปติดต่อผู้บริหารสถานศึกษาของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งแจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อขอความร่วมมือจากทางโรงเรียนในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนัดหมายวัน เวลา ที่จะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. จัดเตรียมแบบทดสอบ กระดาษคำตอบ และแบบวัด ให้พร้อมตามจำนวนนักเรียนที่ต้องการศึกษา และใช้ห้องเรียนปกติของนักเรียนเป็นสถานที่สอบ
4. นำเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ไปเก็บรวบรวมข้อมูลตามเวลาที่ได้นัดหมายไว้ด้วยตนเอง
5. อธิบายให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวิธีการตอบแบบทดสอบและแบบวัด โดยชี้ให้เห็นถึงวัตถุประสงค์และความสำคัญของการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ พร้อมทั้งชี้แจงการตอบแบบทดสอบและแบบวัดของนักเรียนว่าจะไม่มีผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักเรียนแต่อย่างใด เพื่อให้ นักเรียนเกิดความสบายใจและเต็มใจในการทำแบบทดสอบและแบบวัดในครั้งนี้ และขอความร่วมมือ

จากนักเรียนในการทำแบบทดสอบและแบบวัดด้วยความตั้งใจและตรงตามเป็นจริงมากที่สุด โดยใช้ เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที และตอบแบบวัด 20 นาที

6. นำแบบทดสอบและแบบวัดที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง มาตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบ และคัดเลือกเฉพาะเครื่องมือชุดที่สมบูรณ์ที่สุดไว้ ซึ่งได้กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการ วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 557 คน

7. นำข้อมูลที่สมบูรณ์ทั้งหมดมาลงรหัส แล้วนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การตรวจที่ กำหนดไว้ จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าทางสถิติเพื่อทำการทดสอบสมมติฐานและ รายงานผลการวิจัยต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ตาม ระเบียบวิธีทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างจากแบบทดสอบและแบบวัด เพื่อให้ทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่างและลักษณะการแจกแจงของตัวแปรแต่ละตัว สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) เพื่อตรวจสอบว่าชุดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยมีความสัมพันธ์กัน และมีความเหมาะสมที่จะ นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบหรือไม่

3. วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เพื่อตรวจสอบ ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดตัวแปรแฝงแต่ละตัว

4. วิเคราะห์โมเดลปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling) โดย เลือกใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) และ ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการพิจารณา ค่าดัชนีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 สรุปค่าดัชนีและเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลตามสมมติฐาน กับข้อมูลเชิงประจักษ์

ดัชนีที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล	เกณฑ์การพิจารณา
ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square : χ^2)	ค่าไค-สแควร์ ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)
ดัชนีอัตราส่วนไค-สแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-Square Ratio : χ^2/df)	มีค่าน้อยกว่า 2
ค่า GFI (Goodness of Fit Index)	มีค่าตั้งแต่ .90 ขึ้นไป

ดัชนีที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล	เกณฑ์การพิจารณา
ค่า AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index)	มีค่าตั้งแต่ .90 ขึ้นไป
ค่า SRMR (Standardized Root Mean Squared Residual)	มีค่าน้อยกว่า .05
ค่า RMSEA (Root Mean Squared Error of Approximation)	มีค่าน้อยกว่า .05
ค่า CFI (Comparative Fit Index)	มีค่าตั้งแต่ .90 ขึ้นไป

ค่าดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลตามสมมุติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดังแสดงในตารางที่ 7 นั้นใช้พิจารณาโมเดลตามสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ หากค่าดัชนีที่คำนวณได้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องทำการปรับโมเดลใหม่ โดยอาศัยเหตุผลเชิงทฤษฎีและค่าดัชนีดัดแปลงโมเดล (Model Modification Indices) ซึ่งเป็นค่าสถิติเฉพาะของพารามิเตอร์อิสระหรือมีการผ่อนคลายข้อกำหนดเงื่อนไขบังคับของพารามิเตอร์นั้น ข้อมูลที่ได้ก็นำไปใช้ในการปรับโมเดลจนได้โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และได้ค่าดัชนีตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5. วิเคราะห์หาค่าอิทธิพลทางตรง (Direct Effect : DE) อิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect : IE) และอิทธิพลรวม (Total Effect : TE) ของตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย

1.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549 : 237)

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

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 วิเคราะห์ค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549 : 203)

$$p = \frac{H + L}{2N}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก

L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก

N แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

1.3 วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี. 2549 : 203)

$$r = \frac{H-L}{N}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	H	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก
	L	แทน	จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก
	N	แทน	จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

1.4 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson ดังนี้ (ไพศาล วรคำ. 2558 : 287)

$$KR-20 = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum p_i q_i}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	KR-20	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p_i	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อที่ i
	q_i	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อที่ i หรือคือ $1 - p_i$
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนสอบ

1.5 วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบวัดเป็นรายข้อ ด้วยวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation : r_{XY}) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของ Pearson ดังนี้ (ไพศาล วรคำ. 2558 : 303)

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

เมื่อ	r_{XY}	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัด
	X	แทน	คะแนนแต่ละข้อของแต่ละคน
	Y	แทน	คะแนนรวมที่หักคะแนนข้อนั้นออกแล้ว $Y' = Y - X$ เมื่อ Y เป็นคะแนนรวม
	n	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบ

1.6 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดทั้งฉบับ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ตามวิธีของ Cronbach โดยใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรรคํา. 2558 : 288)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ
	k	แทน	จำนวนข้อคำถามของแบบวัด
	S_i^2	แทน	ผลรวมของความแปรปรวนแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

2.1 สถิติพื้นฐาน หาค่าสถิติพื้นฐานดังนี้

2.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรรคํา. 2558 : 323)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	X_i	แทน	คะแนนของแต่ละคน
	n	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

2.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตรดังนี้ (ไพศาล วรรคํา. 2558 : 324)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	X_i	แทน	คะแนนของแต่ละคน
	n	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของ Pearson ดังนี้ (ไพศาล วรคำ. 2558 : 333)

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

เมื่อ	r_{xy}	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน
	X	แทน	คะแนนของข้อมูลชุดแรก
	Y	แทน	คะแนนของข้อมูลชุดหลัง
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.3 สถิติที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood : ML) มีฟังก์ชันเป็นดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 49)

$$F = \log |\Sigma| + \text{tr}(S \Sigma^{-1}) - \log |S| + k$$

เมื่อ	F	แทน	ฟังก์ชันความสอดคล้อง
	S	แทน	เมตริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมจากกลุ่มตัวอย่าง
	Σ	แทน	เมตริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากค่าประมาณพารามิเตอร์
	k	แทน	จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดในโมเดลสมการโครงสร้าง (NX + NY)
	tr	แทน	ผลรวมสมาชิกในแนวทแยงของเมตริกซ์

2.4 การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการวิเคราะห์ค่าสถิติหรือค่าดัชนี ดังนี้

2.4.1 ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square : χ^2) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 56)

$$\chi^2 = (n - 1) F[S, \Sigma(\theta)] ; d = [(k)(k + 1)/2] - t$$

เมื่อ	χ^2	แทน	ค่าไค-สแควร์
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	$F[S, \Sigma(\theta)]$	แทน	ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความสอดคล้องของโมเดลจากพารามิเตอร์ θ

k	แทน	จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้
d	แทน	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
t	แทน	จำนวนพารามิเตอร์อิสระ

2.4.2 ค่าดัชนีอัตราส่วนไค-สแควร์สัมพันธ์ (Relative Chi-Square Ratio) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ และรัชณีกุล ภิญโญภาณุวัฒน์. 2552 : 22)

$$\text{ค่าดัชนีอัตราส่วนไค-สแควร์สัมพันธ์} = \frac{\chi^2}{df}$$

เมื่อ	χ^2	แทน	ค่าไค-สแควร์
	df	แทน	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)

2.4.3 ดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (Goodness of Fit Index : GFI) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 56)

$$GFI = 1 - \frac{F|S, \Sigma(\theta)|}{F|S, \Sigma(0)|}$$

เมื่อ	GFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง
	$F S, \Sigma(\theta) $	แทน	ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความสอดคล้องของโมเดลจากพารามิเตอร์ θ
	$F S, \Sigma(0) $	แทน	ค่า F ของโมเดลที่ไม่มีพารามิเตอร์ในโมเดล

2.4.4 ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index : AGFI) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 56)

$$AGFI = 1 - \{(1/2d)k(k+1)\}(1-GFI)$$

เมื่อ	AGFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้แล้ว
	k	แทน	จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้
	d	แทน	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)

2.4.5 ดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Standardized Root Mean Squared Residual : SRMR) เป็นค่าสรุปของค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standardized Residual) ซึ่งหาได้จากการนำค่าของความคลาดเคลื่อนหารด้วยค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Estimated Standard Error) (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ และรัชณีกุล ภิญโญภาณุวัฒน์. 2552 : 24)

2.4.6 ดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root Mean Squared Error of Approximation : RMSEA) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 56)

$$RMSEA = \sqrt{\frac{\hat{F}_0}{d}}$$

เมื่อ RMSEA แทน ดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า
 \hat{F}_0 แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความสอดคล้องของโมเดล จากพารามิเตอร์ θ
 d แทน องศาอิสระ (Degrees of Freedom)

2.4.7 ดัชนีวัดความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index : CFI) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542 : 56)

$$CFI = 1 - \frac{\tau}{\tau_i}$$

เมื่อ CFI แทน ดัชนีวัดความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ
 τ แทน Max. (nF - d, 0)
 τ_i แทน Max. (nF_i - d_i, nF - d, 0)

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพของโมเดลการวัดตัวแปรแฝงโดยพิจารณาจากค่าต่อไปนี้

2.5.1 ค่าความเชื่อถือได้ของตัวแปรแฝง (Construct Reliability : ρ_c) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (สุภมาส อังสุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ และรัชณีกุล ภิญโญภาณุวัฒน์. 2552 : 26)

$$\rho_c = \frac{(\sum \lambda)^2}{(\sum \lambda)^2 + \sum (\theta)}$$

เมื่อ ρ_c แทน ค่าความเชื่อถือได้ของตัวแปรแฝง
 λ แทน น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน
 θ แทน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
 Σ แทน ผลรวม

2.5.2 ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่ถูกสกัดได้ (Average Variance Extracted : ρ_v)
คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (สุภมาส อังสุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ และรัชณีกุล ภิญโญภาณุวัฒน์. 2552 : 26)

$$\rho_v = \frac{(\sum \lambda^2)}{(\sum \lambda^2) + \sum(\theta)}$$

เมื่อ	ρ_v	แทน	ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่ถูกสกัดได้
	λ	แทน	น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน
	θ	แทน	ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
	Σ	แทน	ผลรวม



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY