

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อศึกษาประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแต่ละด้าน เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และเพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแต่ละด้าน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาค่าคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการหาประชากรและกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย ผู้วิจัยได้มีวิธีในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมหาวิทยาลัยนุกุล อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 140 คน

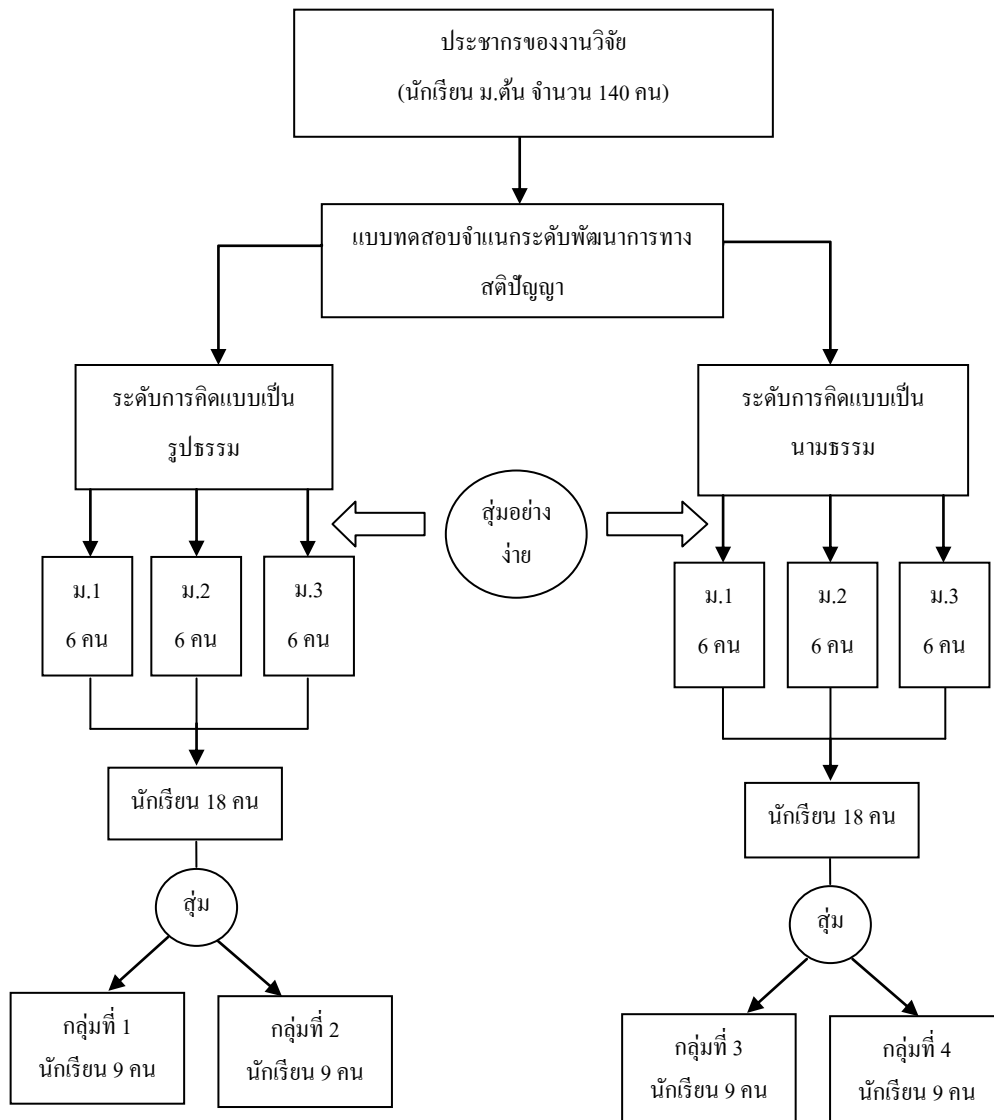
2. กลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 นำแบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา มาทดสอบกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 140 คน เพื่อจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม (Concrete operational state) และระดับการคิดแบบนามธรรม (Formal operational state) โดยทั้งสองระดับนี้ ประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากนั้นสุ่มนักเรียนจากสองระดับ ระดับละ 18 คน ประกอบด้วย การสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 6 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 คน

2.2 สุ่มนักเรียนครั้งที่สอง เพื่อจำแนกนักเรียนแต่ละระดับออกเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่ม ได้มาจากการสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 คน จากทั้งหมด 6 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 คน จากทั้งหมด 6 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 คน จากทั้งหมด 6 คน ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญา 2 ระดับ คือ ระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม และ ระดับการคิดแบบนามธรรม ซึ่งระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 18 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 คน โดยแต่ละกลุ่ม ประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 คน ในทำนองเดียวกัน ระดับการคิดแบบนามธรรม ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 18 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 คน โดยแต่ละกลุ่ม ประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 คน จำนวน 9 คน

2.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้การวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนจำนวน 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 เป็นนักเรียนที่อยู่ระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม ส่วนกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 เป็นนักเรียนที่อยู่ระดับการคิดแบบเป็นนามธรรม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีนักเรียนกลุ่มละ 9 คน ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 คน และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 คน รวมทั้งสิ้น 36 คน ซึ่งอธิบายขั้นตอนการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ได้ตามภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 สรุปขั้นตอนการเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. แบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา

แบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา เป็นแบบทดสอบที่จำแนก ระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน ออกเป็น 2 ระดับ ตามแนวคิดของเพียเจต์ คือ ระดับ

คิดแบบเป็นรูปธรรม และระดับคิดแบบเป็นนามธรรม โดยพัฒนามาจากแบบทดสอบ Longeot's test เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 28 ข้อ

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ ที่มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาพื้นฐาน จำนวน 5 ข้อ และชุดที่ 2 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาซับซ้อน จำนวน 5 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1. แบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา

แบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้จำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน มีวิธีการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาการสร้างแบบทดสอบอัตนัยจากแนวคิดของไพศาล วรคำ (2555 : 236 - 237) และศึกษารอบแนวคิดของแบบทดสอบ Longeot's test ตามแนวคิดของ Sheehan, D. J. (1970 : 1) โดยแบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบที่จำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา ออกเป็น 2 ระดับ ตามแนวคิดของเพียเจต์ คือ ระดับคิดแบบเป็นรูปธรรม และระดับคิดแบบเป็นนามธรรม เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 28 ข้อ

1.2 สร้างแบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา โดยพัฒนามาจากรอบแนวคิดของแบบทดสอบ Longeot's test ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 28 ข้อ แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งกลุ่มหรือการจัดหมู่ (Class inclusion items) จำนวน 5 ข้อ ส่วนที่ 2 เป็นข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตรรกะตามสัดส่วน (Proportional logic items) จำนวน 6 ข้อ ส่วนที่ 3 เป็นข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลตามสัดส่วน (Proportional reasoning items) จำนวน 8 ข้อ และส่วนที่ 4 เป็นข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เชิงการจัด (Combinatorial analysis items) จำนวน 9 ข้อ

1.3 นำแบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่สร้างขึ้น จำนวน 28 ข้อ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อสอบ ความเหมาะสมของข้อสอบ และข้อสอบตรงตามกรอบแนวคิดของแบบทดสอบ Longeot's test

1.4 นำแบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา ที่ผ่านการตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน จะพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบกับกรอบแนวคิดของแบบทดสอบ Longeot's test จากนั้นนำไปหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence : IOC) ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องของปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

-1 หมายถึง	ไม่สอดคล้อง
0 หมายถึง	ไม่แน่ใจ
1 หมายถึง	สอดคล้อง

1.5 จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีค่า IOC สูงกว่า 0.60 ซึ่งมีรายนามผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1.5.1 ผศ. ดร.พูนศักดิ์ ศิริ โสม ปร.ค (สถิติ) ตำแหน่ง ประธานสาขาวิชา สถิติศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติ การวัด และประเมินผล

1.5.2 ดร.เสนห์ หมายถึงจากกลาง ค.ค. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ศึกษานิเทศก์ วิทยฐานะ ชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 31 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยทางคณิตศาสตร์ศึกษา

1.5.3 อาจารย์เครือวัลย์ ลาทอง ศษ.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

1.6 นำแบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จำนวน 30 คน ซึ่งทุกคนได้ผ่านการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมาแล้ว เพื่อดูความเหมาะสมของเวลา และคุณภาพของแบบทดสอบ

1.7 หากคุณภาพของแบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญา โดยจะหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach)

จากผลการทดสอบของนักเรียนนำมาวิเคราะห์ พบว่า ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอยู่ในช่วง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบอยู่ในช่วง 0.5 – 0.8 และได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เท่ากับ 0.91

1.8 จัดทำแบบทดสอบจำแนกระดับพัฒนาการทางสติปัญญาฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ มีวิธีการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

2.1 ศึกษาการสร้างแบบทดสอบอัตนัยตามแนวคิดของไพศาล วรคำ (2555 : 236 -237) และศึกษาเกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการเลือกปัญหาเป็นเรื่องที่ต้องใช้ความละเอียด รอบคอบ และควรเลือกปัญหามาจากหลายแหล่ง การวิจัยนี้จะใช้ปัญหาจากแบบทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (Ordinary National Educational Test : O-NET) ซึ่งเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ที่ออกโดยหน่วยงานภายในประเทศ 2 หน่วยงาน คือ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ปัญหาทั้งหมดที่เลือกจะอยู่ในสาระที่ 4 พีชคณิต กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นอกจากนี้ ปัญหาที่เลือกจะเป็นทั้งสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ปริศนาทางคณิตศาสตร์ และประโยคทางคณิตศาสตร์ ที่สามารถแก้ได้โดยใช้รูปแบบสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวหรือสองตัวแปร ในการเลือกปัญหานั้นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้กับงานวิจัยนี้ได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) ปัญหาที่เลือกมานั้นต้องสามารถจำแนกได้ว่า เป็นปัญหาพื้นฐานหรือเป็นปัญหาซับซ้อน 2) ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะต้องเปลี่ยนจากประโยคภาษาเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ และประโยคทางคณิตศาสตร์นั้นจะต้องมีการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจนในการหาคำตอบ และ 3) ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะต้องเขียนในรูปของประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ (Day, H. C. at el. 1977 : 4)

2.2 เลือกปัญหาจากแบบทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test : O-NET) ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต

2.3 วิเคราะห์หาค่าความยากง่ายของปัญหา (ข้อสอบ) แต่ละข้อ จากนั้นทำการแยกประเภทของปัญหาออกเป็น 2 ประเภทตามค่าความยากง่ายของแต่ละปัญหา คือ ปัญหา

พื้นฐาน (Routine Problems) มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.36 – 0.80 และปัญหาซับซ้อน (Non-routine Problems) มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20 – 0.35 แล้วทำการเลือกปัญหาทั้งสองประเภท ประเภทละ 10 ข้อ ทำให้ได้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด 20 ข้อ

2.4 นำปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 20 ข้อ ที่เลือกไว้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของปัญหา ความเหมาะสมของปัญหา และปัญหาที่เลือกครอบคลุมตามสาระที่ 4 พีชคณิต ของระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2.5 นำปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งสองประเภท ที่ผ่านการตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน จะพิจารณาความสอดคล้องและครอบคลุมเนื้อหาตามสาระที่ 4 พีชคณิต และนิยามศัพท์เฉพาะ จากนั้นนำไปหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence : IOC) ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องของปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

-1 หมายถึง	ไม่สอดคล้อง
0 หมายถึง	ไม่แน่ใจ
1 หมายถึง	สอดคล้อง

จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีค่า IOC สูงกว่า 0.60 ซึ่งมีรายชื่อนามผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

2.5.1 ผศ. ดร.พูนศักดิ์ สิริวิทย์ ปร.ด (สถิติ) ตำแหน่ง ประธานสาขาวิชา สถิติศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติ การวัด และประเมินผล

2.5.2 ดร.เสน่ห์ หมายจากกลาง ค.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ศึกษานิเทศก์ วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 31 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยทางคณิตศาสตร์ศึกษา

2.5.3 อาจารย์เครือวัลย์ ลาทอง ศษ.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนมหาวิชานุกูล ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์

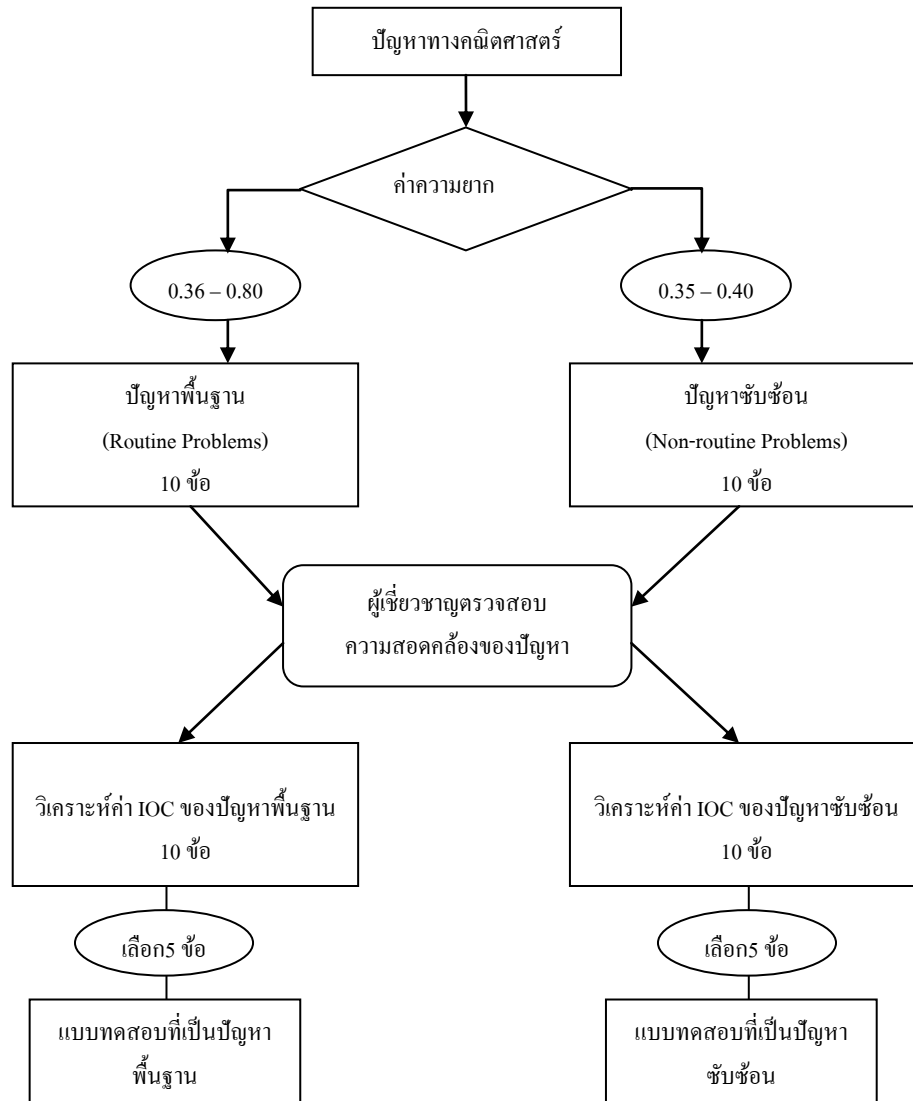
2.6 เลือกปัญหาพื้นฐานมา 5 ข้อ จากปัญหาพื้นฐาน (Routine Problems) ทั้งหมดจำนวน 10 ข้อ และเลือกปัญหาซับซ้อน มา 5 ข้อ จากปัญหาซับซ้อน (Non-routine Problems) ทั้งหมดจำนวน 10 ข้อ โดยเลือกจากข้อที่มีค่า IOC สูงสุด แล้วนำมาสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 แบบทดสอบที่เป็นปัญหา

พื้นฐาน และชุดที่ 2 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาซับซ้อน จากนั้นนำแบบทดสอบทั้งสองชุดไปปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อจัดทำแบบทดสอบ

2.7 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งสองชุดไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมหาวชิราวุธ จำนวน 30 คน ซึ่งทุกคนได้ผ่านการเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมาแล้ว เพื่อดูความเหมาะสมของเวลา และคุณภาพของแบบทดสอบ

2.8 หากคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งสองชุด โดยจะหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) จากผลการทดสอบของนักเรียนนำมาวิเคราะห์ พบว่า ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบชุดที่ 1 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาพื้นฐาน อยู่ในช่วง 0.40 – 0.60 และชุดที่ 2 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาซับซ้อน อยู่ในช่วง 0.20 – 0.45 ค่าอำนาจจำแนกจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบชุดที่ 1 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาพื้นฐาน อยู่ในช่วง 0.65 – 0.82 และชุดที่ 2 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาซับซ้อน อยู่ในช่วง 0.60 – 0.80 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบชุดที่ 1 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาพื้นฐาน เท่ากับ 0.89 และชุดที่ 2 แบบทดสอบที่เป็นปัญหาซับซ้อน เท่ากับ 0.86

2.9 จัดทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งอธิบายขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ตามภาพที่ 3 ดังนี้



แผนภาพที่ 3 สรุปขั้นตอนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบเป็นเครื่องมือ ซึ่งมีแนวปฏิบัติในการนำแบบทดสอบไปใช้ ดังนี้

1. การเก็บข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ จะใช้การทดสอบเป็นรายบุคคลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน ซึ่งจะไม่กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ ในการทดสอบนั้น จะแบ่งออกเป็น 2 รอบ ได้แก่ รอบที่หนึ่ง จะใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ที่เป็นปัญหาพื้นฐาน กับนักเรียนกลุ่มที่ 1 และนักเรียนกลุ่มที่ 3 ที่อยู่ในระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม และระดับการคิดแบบเป็นนามธรรม ตามลำดับ ดังนี้

ครั้งที่ 1 ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 คน ที่อยู่ในระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม

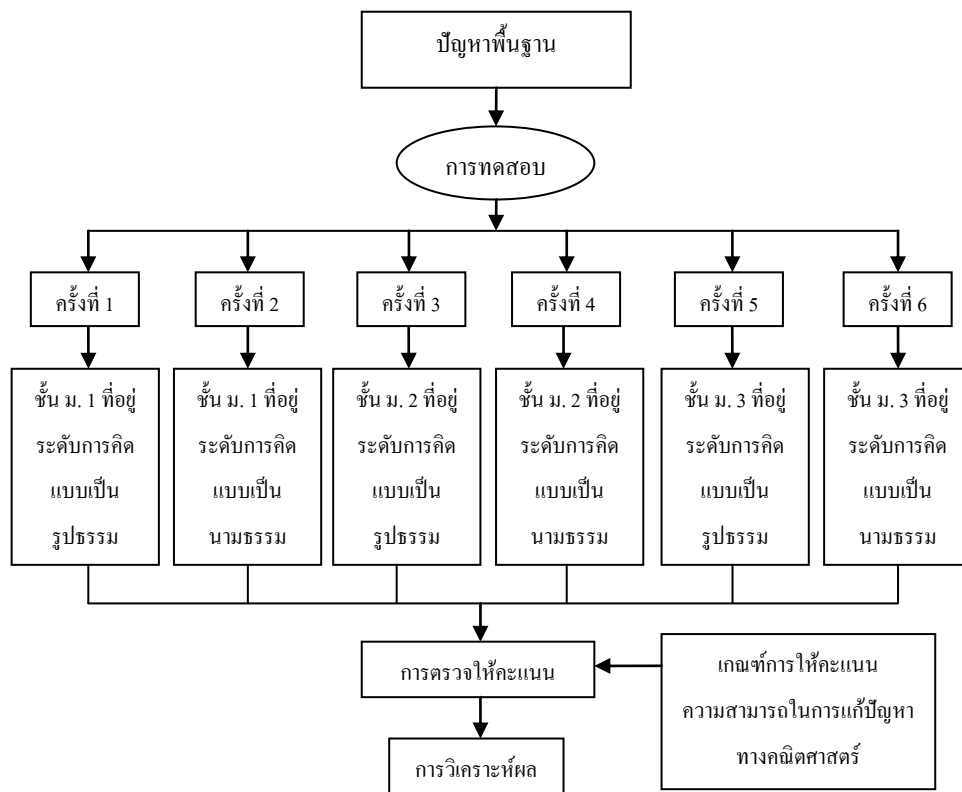
ครั้งที่ 2 ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 คน ที่อยู่ในระดับการคิดแบบเป็นนามธรรม

ครั้งที่ 3 ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 คน ที่อยู่ในระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม

ครั้งที่ 4 ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 คน ที่อยู่ในระดับการคิดแบบเป็นนามธรรม

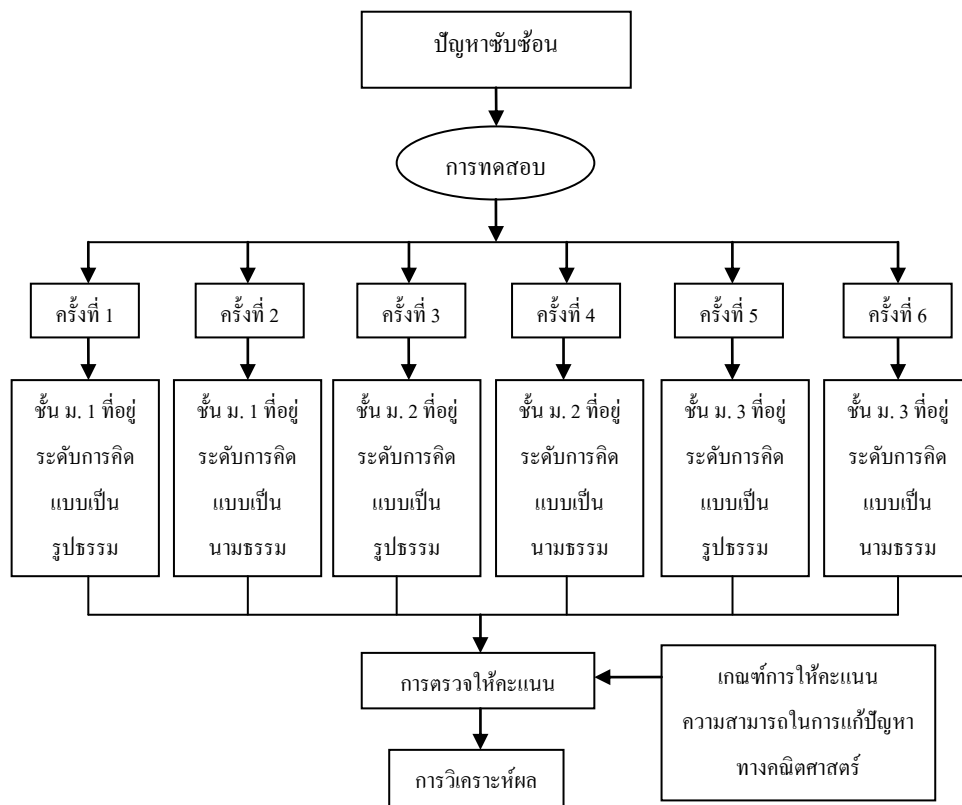
ครั้งที่ 5 ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 คน ที่อยู่ในระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม

ครั้งที่ 6 ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 คน ที่อยู่ในระดับการคิดแบบเป็นนามธรรม ซึ่งแสดงดังแผนภาพที่ 4



แผนภาพที่ 4 วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบที่เป็นปัญหาพื้นฐาน

ในการทำงานเดียวกัน การทดสอบรอบที่สอง จะใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นปัญหาซับซ้อน กับนักเรียนกลุ่มที่ 2 และนักเรียนกลุ่มที่ 4 ที่อยู่ในระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรม และระดับการคิดแบบเป็นนามธรรม ตามลำดับ ในลักษณะเช่นเดียวกับแบบทดสอบที่เป็นปัญหาพื้นฐาน ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงดังภาพที่ 5 ดังนี้



แผนภาพที่ 5 วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบที่เป็นปัญหาซับซ้อน

ในการทำแบบทดสอบนั้น จะให้นักเรียนแสดงแนวคิดหรือกระบวนการคิดที่เน้นการแก้ปัญหาลงในแบบทดสอบอย่างละเอียด โดยมีเงื่อนไขในการทำแบบทดสอบ ดังนี้

- ในการทำข้อสอบจะไม่สามารถย้อนกลับมาทำข้อก่อนหน้านั้นได้
- ผู้วิจัยเป็นผู้สังเกต จับเวลา และถามเกี่ยวกับกระบวนการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในแต่ละข้อ

- นักเรียนคนใดแสดงกระบวนการแก้ปัญหาไม่ชัดเจน ครูหรือ ผู้วิจัยจะนำนักเรียนคนนั้นมาสัมภาษณ์เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้อธิบายกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2. การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งระดับการคิดแบบเป็นรูปธรรมและแบบเป็นนามธรรม โดยภาพรวมและแต่ละด้าน ตามแนวคิดของ Kilpatrick, J. (1967 : 69) ซึ่งประกอบด้วย 7 ด้าน ดังนี้

2.1 กระบวนการทำความเข้าใจ ประกอบด้วย การอ่าน การทบทวน และการจำแนก

2.2 กระบวนการดำเนินการ ประกอบด้วย การดำเนินการจริงหรือการลงมือปฏิบัติ การเขียนแผนภาพ และการใช้เครื่องหมายช่วยในการจำ

2.3 กระบวนการจำ ประกอบด้วย การจำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา การจำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสาระสำคัญ และการจำวิธีการหรือผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2.4 กระบวนการได้มาซึ่งผลลัพธ์ ประกอบด้วย การอนุมานด้วยเหตุผล ใช้การประมาณเป็นลำดับ และการประมาณ

2.5 กระบวนการประเมินผล ประกอบด้วย การตรวจสอบการดำเนินการจริงหรือการลงมือปฏิบัติ การตรวจสอบเงื่อนไข และการตรวจสอบโดยขั้นตอนการทำย้อนกลับ

2.6 ยุทธวิธี ประกอบด้วย การใช้วิธีการในแก้ปัญหาได้ถูกต้องแสดงเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน การใช้วิธีการลองผิดลองถูกอย่างเป็นระบบ และวิธีการลองผิดลองถูกแบบสุ่มเดา

2.7 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา หมายถึง เวลาที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล ออกเป็น 3 ส่วน คือ การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์ประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Kilpatrick, J. (1967 : 79 - 85) ซึ่งเป็นแบบรูบริก (Scoring Rubric) จะให้คะแนนตั้งแต่ 0 - 2 คะแนน ตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 แสดงรูปแบบของเกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการและยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	องค์ประกอบ	คะแนน	เหตุผล
1. กระบวนการทำความเข้าใจ (Understanding process)	การอ่าน	0 คะแนน	ไม่เข้าใจในปัญหา
		1 คะแนน	เข้าใจปัญหา แต่มีข้อผิดพลาด
		2 คะแนน	เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	การทบทวน	0 คะแนน	ไม่สามารถบอกเงื่อนไขของโจทย์ได้
		1 คะแนน	บอกเงื่อนไขของโจทย์ได้บางส่วน
		2 คะแนน	บอกเงื่อนไขของโจทย์ได้ถูกต้องชัดเจน
	การจำแนก	0 คะแนน	ไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้
		1 คะแนน	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้แต่ไม่ครบ
		2 คะแนน	บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องครบถ้วน
2. กระบวนการดำเนินการ (Representation process)	การดำเนินการจริงหรือการลงมือปฏิบัติจริง	0 คะแนน	ไม่สามารถแสดงการแก้ปัญหาได้
		1 คะแนน	ไม่สามารถแสดงการแก้ปัญหาได้แต่มีร่องรอยการคิด
		2 คะแนน	สามารถแสดงการแก้ปัญหาได้ชัดเจน
	การเขียนแผนภาพ	0 คะแนน	ไม่สามารถใช้การเขียนแผนภาพช่วยแก้ปัญหาได้
		1 คะแนน	ใช้การเขียนแผนภาพช่วยแก้ปัญหาได้บางส่วน
		2 คะแนน	ใช้การเขียนแผนภาพช่วยแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
	การใช้เครื่องหมายช่วยในการจำ	0 คะแนน	ไม่สามารถใช้เครื่องหมายช่วยแก้ปัญหาได้

ความสามารถในการ แก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์	องค์ประกอบ	คะแนน	เหตุผล
		1 คะแนน	สามารถใช้เครื่องหมายช่วยแก้ปัญหา ได้บางส่วน
		2 คะแนน	สามารถใช้เครื่องหมายช่วยแก้ปัญหา ได้
3. กระบวนการจำ (Recall process)	การจำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	0 คะแนน	ไม่สามารถจำสิ่งที่เกี่ยวข้องมา แก้ปัญหาได้
		1 คะแนน	สามารถจำสิ่งที่เกี่ยวข้องมาแก้ปัญหา ได้ แต่ไม่ถูกต้อง
		2 คะแนน	สามารถจำสิ่งที่เกี่ยวข้องมาแก้ปัญหา ได้ถูกต้อง
	การจำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับ สาระสำคัญ	0 คะแนน	ไม่สามารถนำสาระสำคัญมาใช้ แก้ปัญหาได้
		1 คะแนน	สามารถนำสาระสำคัญมาใช้แก้ปัญหา ได้ แต่ไม่ครบ
		2 คะแนน	สามารถนำสาระสำคัญมาใช้แก้ปัญหา ได้ถูกต้อง
	การจำวิธีการหรือผลลัพธ์ที่ เกี่ยวข้องกับปัญหา	0 คะแนน	ไม่นำวิธีการที่เคยใช้ในการแก้ปัญหา มาแก้ปัญหาได้
		1 คะแนน	นำวิธีการที่เคยใช้ในการแก้ปัญหา มา แก้ปัญหา แต่ไม่ถูกต้อง
		2 คะแนน	นำวิธีการที่เคยใช้ในการแก้ปัญหา มา แก้ปัญหาได้ถูกต้อง
4. กระบวนการได้มาซึ่ง ผลลัพธ์ (Production process)	การอนุมานด้วยเหตุผล	0 คะแนน	ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้
		1 คะแนน	สามารถหาผลลัพธ์ได้ แต่ไม่ถูกต้อง
		2 คะแนน	สามารถหาผลลัพธ์ได้ ถูกต้อง
	การประมาณเป็นลำดับ	0 คะแนน	ไม่สามารถประมาณผลลัพธ์ได้
		1 คะแนน	สามารถประมาณผลลัพธ์ได้ แต่ไม่ ถูกต้อง
		2 คะแนน	สามารถประมาณผลลัพธ์ได้ถูกต้อง
	การประมาณ	0 คะแนน	คาดเดาคำตอบไม่ถูกต้อง
		1 คะแนน	คาดเดาคำตอบได้ใกล้เคียง
		2 คะแนน	คาดเดาคำตอบได้ถูกต้อง
5. กระบวนการ ประเมินผล (Evaluation process)	การตรวจสอบการดำเนินการ จริงหรือการลงมือปฏิบัติจริง	0 คะแนน	ไม่มีการดำเนินการ
		1 คะแนน	การดำเนินการผิด แต่มีร่องรอย
		2 คะแนน	การดำเนินการถูกต้อง

ความสามารถในการ แก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์	องค์ประกอบ	คะแนน	เหตุผล
	การตรวจสอบเงื่อนไข	0 คะแนน	เงื่อนไขคิด
		1 คะแนน	เงื่อนไขถูกต้อง แต่ไม่ครบ
		2 คะแนน	เงื่อนไขถูกต้อง ครบถ้วน
	การตรวจสอบโดยขั้นตอนการ ทำย้อนกลับ	0 คะแนน	ตรวจสอบแล้วผิด
		1 คะแนน	ตรวจสอบแล้วถูกต้อง แต่ไม่เป็น ระเบียบ
		2 คะแนน	ตรวจสอบแล้วถูกต้อง เป็นระเบียบ
6. ยุทธวิธี (Strategy)	การเลือกวิธีในการแก้ปัญหา	0 คะแนน	เลือกยุทธวิธีไม่เหมาะสม และ แก้ปัญหาไม่ได้
		1 คะแนน	เลือกยุทธวิธีไม่เหมาะสม แต่ แก้ปัญหาได้
		2 คะแนน	เลือกยุทธวิธีเหมาะสม และแก้ปัญหา ได้
	การลองผิดลองถูกอย่างเป็น ระบบ	0 คะแนน	ไม่สามารถใช้การลองผิดลองถูก แก้ปัญหาได้
		1 คะแนน	ใช้การลองผิดลองถูกแก้ปัญหาได้ แต่ ไม่ชัดเจน
		2 คะแนน	ใช้การลองผิดลองถูกแก้ปัญหาได้
	การลองผิดลองถูก	0 คะแนน	ใช้วิธีการแล้วคิดและแก้ปัญหาไม่ได้
		1 คะแนน	ใช้วิธีการแล้วคิดแต่แก้ปัญหาได้
		2 คะแนน	ใช้วิธีการแล้วถูกและแก้ปัญหาได้

1.1 เกณฑ์การให้คะแนน กระบวนการทำความเข้าใจ กระบวนการ

ดำเนินการ กระบวนการจำ กระบวนการได้มาซึ่งผลลัพธ์ กระบวนการประเมินผล และยุทธวิธี จะใช้ผลรวมทั้งหมดขององค์ประกอบที่กำหนดขึ้น ตัวอย่างเช่น การให้คะแนนกระบวนการทำความเข้าใจ หาได้จาก ผลรวมของคะแนนของการอ่าน การทบทวน และการจำแนก

1.2 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จะพิจารณาจากการนับจำนวนกระบวนการคิดหรือวิธีการคิดของนักเรียนที่ถูกลำมาใช้ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น ปัญหาพื้นฐานได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 6 คะแนน หมายความว่า นักเรียนสามารถนำ 6 กระบวนการคิดหรือวิธีการคิดที่แตกต่างกัน มาใช้ในการแก้ปัญหาพื้นฐาน ทั้ง 5 ข้อ ได้

1.3 เกณฑ์ในการให้คะแนนเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา จะพิจารณาจากเวลาเฉลี่ยที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา ทั้ง 5 ข้อ ตัวอย่างเช่น ปัญหาพื้นฐาน ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาเท่ากับ 20 หมายความว่า นักเรียนใช้เวลาในการแก้ปัญหาพื้นฐานทั้ง 5 ข้อ เป็นเวลา 20 นาที

2. การกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมและแต่ละด้าน ดังนี้

2.1 เกณฑ์ในการแปลความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านกระบวนการทำความเข้าใจ กระบวนการดำเนินการ กระบวนการจำ กระบวนการประเมินผล กระบวนการได้มาซึ่งผลลัพธ์ และยุทธวิธี ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายมาจากบุญชม ศรีสะอาด (2545 : 102) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 : 122) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 3.99 - 6.00	หมายถึง อยู่ในระดับสูง
คะแนนเฉลี่ย 1.99 - 3.99	หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 0.00 - 1.99	หมายถึง อยู่ในระดับต่ำ

2.2 เกณฑ์ในการแปลความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายมาจากบุญชม ศรีสะอาด (2545 : 102) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 : 122) แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 19.99 - 30.00	หมายถึง อยู่ในระดับต่ำ
คะแนนเฉลี่ย 9.99 - 19.99	หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 0.00 - 9.99	หมายถึง อยู่ในระดับสูง

3. การวิเคราะห์ประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

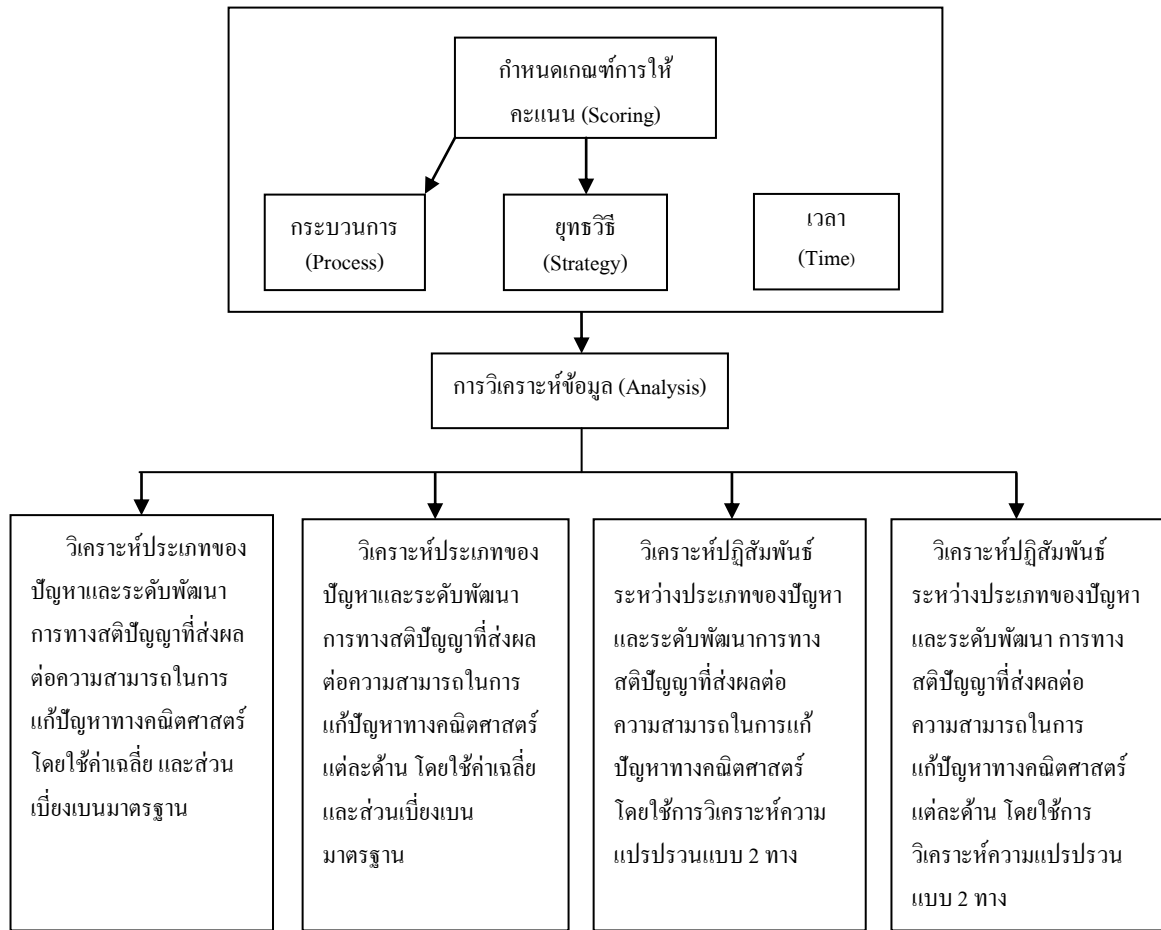
การวิเคราะห์ประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 วิเคราะห์ประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3.2 วิเคราะห์ประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 7 ด้าน ประกอบด้วย กระบวนการทำความเข้าใจ กระบวนการดำเนินการ กระบวนการจำ กระบวนการที่จะได้มาซึ่งผลลัพธ์ กระบวนการประเมินผล ยุทธวิธี และเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3.3 วิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบ 2 ทาง (2×2 Factorial design Analysis of variance)

3.4 วิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างประเภทของปัญหาและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 7 ด้าน ประกอบด้วย กระบวนการทำความเข้าใจ กระบวนการดำเนินการ กระบวนการจำ กระบวนการที่จะได้มาซึ่งผลลัพธ์ กระบวนการประเมินผล ยุทธวิธี และเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบ 2 ทาง (2×2 Factorial design Analysis of variance) ดังแสดงตามภาพที่ 6 ดังนี้



แผนภาพที่ 6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนที่ได้จากการแก้ปัญหาในแบบทดสอบ

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยสถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ดังนี้

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ หาได้จากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2558 : 195) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับความรู้ที่เชิงจำนวน

$\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมิน

1.2 ความยากง่ายของแบบทดสอบปรนัย หาได้จากสูตร (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2558 : 207) ดังนี้

$$p = \frac{R}{N}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

R แทน จำนวนคนตอบถูก

N แทน จำนวนคนสอบ

1.3 ความยากง่ายของแบบทดสอบอัตนัย หาได้จากสูตรของวิทนีและซาเบอร์ส (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2558 : 208) ดังนี้

$$p = \frac{S_H + S_L - 2NX_{\min}}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่าย

S_H แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{\max} แทน คะแนนสูงสุดที่ได้

X_{\min} แทน คะแนนต่ำสุดที่ได้

N แทน จำนวนคนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

1.4 อำนาจจำแนกของแบบทดสอบ หาได้จากสูตร (ไพศาล วรคำ. 2555 : 287) ดังนี้

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ D แทน อำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูงในแต่ละข้อ

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำในแต่ละข้อ

X_{\max} แทน คะแนนสูงสุดที่ได้

X_{\min} แทน คะแนนต่ำสุดที่ได้

N แทน จำนวนคนสอบ

1.5 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบที่ฉบับหาได้จากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) มีสูตรดังนี้ (พรรณี ลีกิจวัฒน์. 2558 : 203)

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

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อในแบบทดสอบ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ i

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง ดังนี้

2.1 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) หาได้จากสูตร (ไพศาล วรคำ. 2555 : 309) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X_i$ แทน ผลรวมคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียน

2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S. D.) หาได้จากสูตร (ไพศาล วรคำ. 2555 :

311) ดังนี้

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

เมื่อ S. D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
 $\sum(X_i - \bar{X})^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของผลต่างคะแนน
 n แทน จำนวนนักเรียน

2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA)

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง จะใช้รูปแบบการวิเคราะห์แฟกทอเรียลสองตัวแปร (2×2 Factorial design) ซึ่งผู้วิจัยแสดงสูตรอย่างละเอียดในภาคผนวก ก แต่มีสูตรที่สำคัญ ดังนี้

ตารางที่ 5 สูตรในการคำนวณสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง

แหล่งความแปรผัน	df	SS	MS	F
Factor A	r-1	SS_A	$MS_A = SS_A / r - 1$	MS_A / MS_E
factor B	c-1	SS_B	$MS_B = SS_B / c - 1$	MS_B / MS_E
AB	(r-1)(c-1)	SS_{AB}	$MS_{AB} = SS_{AB} / (r-1)(c-1)$	MS_{AB} / MS_E
Error	rc(n-1)	SS_E	$MS_E = SS_E / rc(n-1)$	
รวม	rcn-1	SS_i		