



การพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2
โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

A DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL THINKING TEST FOR MATHAYOMSUKSA 6
STUDENTS IN THE SECONDARY EDUCATION SERVICE AREA OFFICE 2

อิสระ สระแก้ว

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

การพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2
โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด



ปฏิญานีพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

A DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL THINKING TEST FOR MATHAYOMSUKSA 6
STUDENTS IN THE SECONDARY EDUCATION SERVICE AREA OFFICE 2
BY APPLYING GENERALIZABILITY THEORY



ITSARA SAKEAW

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Educational Measurement, Evaluation, and Research)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2
โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

ของ

อิสระ สระแก้ว

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวิกา ตั้งประภา) (รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยวิจิต เตียรชนะ)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ มีชาญ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด
ผู้วิจัย	อิสระ สระแก้ว
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวีกา ตั้งประภา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัชย์ มีชาญ

การวิจัยมีความมุ่งหมายเพื่อ 1. สร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และ 3. ศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 120 คนโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือวิเคราะห์ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ผลวิจัยพบว่า 1. แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีข้อสอบจำนวน 6 ข้อเป็นข้อสอบอัตนัยประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลและการนำเสนอตัวแทนความคิด มีเกณฑ์ให้คะแนนแยกส่วนตามองค์ประกอบ 2. แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยมีค่า IOC 0.6-1.00 ความยากง่ายมีค่า 0.40-0.76 อำนาจจำแนกมีค่า 0.46-0.78 และความเชื่อมั่นมีค่า 0.97 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินมีค่า 0.75 – 0.88 3. ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงโดยมีผู้ตรวจจำนวน 1,2,3,4 และ 5 คน สำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์เป็น 0.809,0.895,0.927,0.944 และ 0.955 ตามลำดับ สำหรับการตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ 0.780,0.877,0.914,0.934 และ 0.947 ตามลำดับ

คำสำคัญ : การคิดเชิงคณิตศาสตร์, ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

Title	A DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL THINKING TEST FOR MATHAYOMSUKSA 6 STUDENTS IN THE SECONDARY EDUCATION SERVICE AREA OFFICE 2 BY APPLYING GENERALIZABILITY THEORY
Author	ITSARA SAKEAW
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Taviga Tungprapa
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Surachai Meechan

The aims of this research study are as follows: (1) to create a Secondary School Mathematical Thinking Assessment Form Six under the authority of the Office of Secondary Education, Area Two; (2) to examine the quality of Mathematical Thinking scale; and (3) to study the generalizability coefficient of measurement results with a different number of raters. The sample consisted of 120 Grade Six students, using multi-stage randomization. The statistics used for data analysis were analysis of difficulty, discrimination, reliability, rater agreement index, and the generalizability coefficient. The results of the research were as follows: (1) the results of creating a mathematical thinking test is that there were six exams, subjective exams for measuring each situation, each consisting of three components: problem-solving, reasoning, and representation; (2) the quality in examination of the mathematical thinking test, the content validity had a IOC value of 0.6-1.00, difficulty values of 0.40-0.76, discrimination of 0.46-0.78, and a reliability of 0.97. The rater agreement index between assessors was between 0.75-0.88. 3. The generalizability Coefficient for by number of raters 1, 2, 3, 4 and 5 Creative Decisions of 0.809,0.895,0.927,0.944 and 0.955 and Absolute Decisions for 0.780,0.877, 0.914, 0.934 and 0.947.

Keyword : Mathematical thinking, Generalizability theory

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อย่างดียิ่งมาโดยตลอดจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวิกา ตั้งประกาศา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ มีชาญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้วิจัยรู้สึกทราบบ้างในความกรุณาและความเป็นแบบอย่างของครูที่ดีของท่านเป็นอย่างมาก ด้วยความรักและเคารพ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์.ดร.ชัยวิชิต เขียวชนะ ประธานสอบปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.พินิตา ศกุนตนาค กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ที่กรุณาได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ในการศึกษาจากภาควิชาการวัดผล ประเมินผล และวิจัยการศึกษาตลอดจนประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่มีคุณค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านที่ให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่องอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบพระคุณผู้ตรวจข้อสอบทั้ง 2 ท่านที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจแบบวัดให้กับผู้วิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารคณะครูโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคุณพ่อสม สระแก้ว น้องชาย และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจกำลังกายอย่างดีเยี่ยมตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำวิจัย

ท้ายที่สุดขอขอบคุณคุณนุ่น เอ็ม นก กวางดาว ใจ์ สีน เฟิร์น แก้ว และเพื่อน ๆ พี่ ๆ ปริญญาโท และปริญญาเอกสาขาการวัดผล ประเมินผลและวิจัยการศึกษาทุกท่านที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจทำให้ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นและมีความพยายามจนทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

คุณความดีทั้งหลายอันเกิดจากการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยขออุทิศแด่คุณแม่वास สระแก้ว ผู้เป็นแรงบันดาลใจและเป็นที่ยกย่องของผู้วิจัย

อิสระ สระแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
คำถามการวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายการวิจัย.....	6
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตของการวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
กรอบแนวคิดของงานวิจัย.....	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
1. การคิด	14
1.1 การคิด.....	14
1.2 ลำดับขั้นการเรียนรู้.....	14
1.3 แบบการรู้คิด.....	16
2. การคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	17
2.1 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	17

2.2 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์	18
2.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	23
2.4 ความสามารถทางการคิดตามระยะการพัฒนา	31
3. ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด(Generalizability theory: G theory) .	32
3.1 ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง	32
3.2 ที่มาทฤษฎี G theory.....	33
3.3 หลักการของ G theory	34
3.4 แนวคิดสำคัญและข้อตกลงเบื้องต้น.....	35
3.5 แหล่งความคลาดเคลื่อนที่มีโอกาสเกิดขึ้นภายใต้วิธีการวัด.....	36
3.6 คำศัพท์ที่สำคัญสำหรับทฤษฎี G – Theory.....	37
4. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551	42
4.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้.....	43
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหา.....	43
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45
5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์	45
5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือ ของผลการวัด	48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	59
ระยะที่ 1 การสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพฯ.....	61
ระยะที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพฯ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด	67

<p>ระยะที่ 3 การศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัดการ คิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนความยาวและจำนวนผู้ตรวจต่างกัน</p>	73
<p>บทที่ 4</p>	81
<p>การวิเคราะห์ข้อมูล</p>	81
<p>ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2</p>	82
<p>ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบ คุณภาพเครื่องมือของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2</p>	87
<p>ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ของแบบวัดการ คิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่มีจำนวน ผู้ตรวจต่างกัน.....</p>	92
<p>บทที่ 5</p>	94
<p>สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</p>	94
<p> สรุปผลการวิจัย</p>	94
<p> อภิปรายผลการวิจัย</p>	96
<p> ข้อเสนอแนะ</p>	102
<p>บรรณานุกรม</p>	104
<p>ภาคผนวก.....</p>	110
<p>ภาคผนวก ก รายงานผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย</p>	111
<p>ภาคผนวก ข รายงานผู้ตรวจข้อสอบ</p>	113
<p>ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Edug6.1</p>	115
<p>ภาคผนวก ง ตัวอย่างการทำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน</p>	118
<p>ภาคผนวก จ ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ</p>	125

ภาคผนวก ฉ หนังสือยืนยันยกเว้นการรับรองคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัย ที่ทำในมนุษย์.....	129
ประวัติผู้เขียน.....	131



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 องค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ ครีกลเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004	28
ตาราง 2 แสดงองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์กับความสามารถในการเรียนรู้	30
ตาราง 3 องค์ประกอบการ คิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ ครีกลเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004) ได้ดังนี้	62
ตาราง 4 ตารางโครงสร้างข้อสอบแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551(ฉบับปรับปรุง 2560)	64
ตาราง 5 โครงสร้างข้อสอบแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์	66
ตาราง 6 แสดงกลุ่มตัวอย่างจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	69
ตาราง 7 แสดงการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	77
ตาราง 8 แสดง G-Study สำหรับ p x r design	78
ตาราง 9 การสร้างจำนวนแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2	82
ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา	85
ตาราง 11 เกณฑ์การตรวจให้ คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผล	86
ตาราง 12 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้าน การนำเสนอตัวแทนความคิด	87
ตาราง 13 แบบตรวจสอบคุณภาพของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระหว่างข้อสอบ สถานการณ์กับ มาตรฐานและตัวชี้วัด มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดจากการ พิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ	88
ตาราง 14 ผลจากการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญจากแบบตรวจสอบความเหมาะสม ของเกณฑ์การ ให้คะแนนของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเหมาะสมสอดคล้อง กับนิยามศัพท์ที่กำหนด	89

ตาราง 15 สรุปผลค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 6 สถานการณ์จากการทดลองครั้งที่ 1 .90

ตาราง 16 ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของ
นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้(Try out
) ครั้งที่ 2..... 91

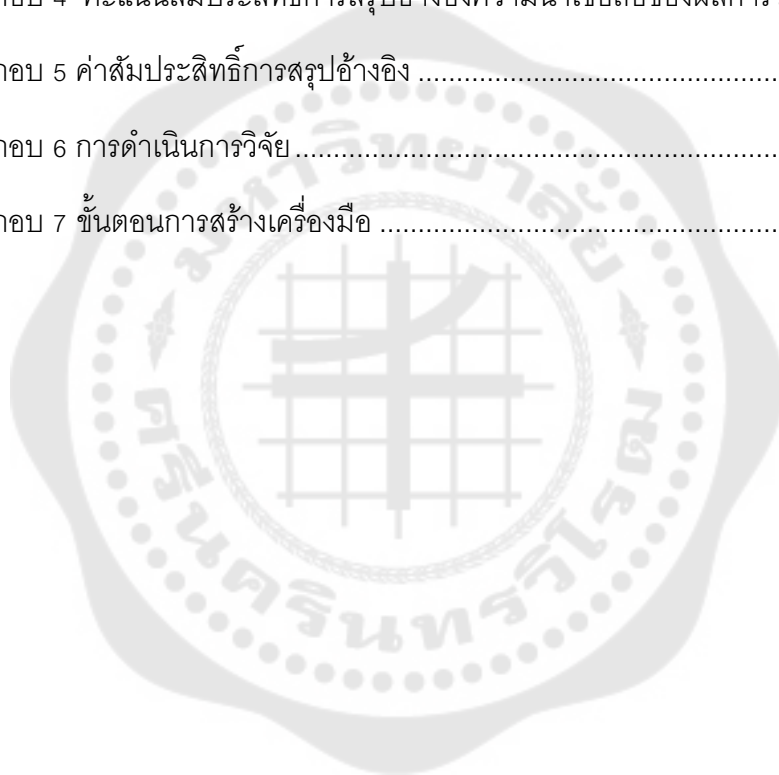
ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจาก G-Study (p x r) ของแบบวัดการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจำนวนข้อสอบ 6 ข้อ 92

ตาราง 18 ตาราง G-Study สำหรับ p x r design 93



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย	12
ภาพประกอบ 2 แหล่งความแปรปรวน	39
ภาพประกอบ 3 แสดงการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบความแปรปรวน	40
ภาพประกอบ 4 คะแนนสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด	41
ภาพประกอบ 5 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง	41
ภาพประกอบ 6 การดำเนินการวิจัย	60
ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	61



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการศึกษาเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความเจริญก้าวหน้า เพื่อแก้ไขปัญหาของคนในสังคม และเป็นกระบวนการที่ช่วยให้คนได้พัฒนาตนเองในด้านต่าง ๆ ให้มีศักยภาพและขีดความสามารถในการใช้ชีวิต และประกอบอาชีพให้มีความสุข รู้เท่าทันการพัฒนาของสังคมและเป็นพลังสร้างสรรค์ของการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนได้ ดังนั้นแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ จึงเน้นให้คนเป็นศูนย์กลางพัฒนา โดยมุ่งเน้นให้ทุกคนมีการพัฒนาอย่างเต็มตามศักยภาพ ทั้งด้านสติปัญญา ร่างกาย และจิตใจ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานหลักในการสร้างครอบครัว ชุมชน และสังคมที่จะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศต่อไป (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2540)

ปัจจุบันการคิดและการสอนเกี่ยวกับการคิดนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญของการจัดการศึกษา ซึ่งประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกหันมาสนใจ (ทิสนา แคมมณี, 2550) นอกจากนี้แนวทางจัดการศึกษาที่กำหนดในพ.ร.บ.การศึกษา พ.ศ. 2542 มาตรา 24(2) ซึ่งได้มีการระบุว่าให้โรงเรียนต้องมีการจัดการเรียนรู้โดยการฝึกทักษะ ฝึกกระบวนการในการคิด ฝึกการจัดการ ฝึกฝนในการเผชิญสถานการณ์และการประยุกต์ความรู้ที่นำไปใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา จึงแสดงว่ากระบวนการคิดดังกล่าวเป็นทักษะในการเรียนรู้และเป็นจุดที่เน้นเกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (เบญจมาศ ฉิมมาลี, 2550)

นอกจากนี้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้กำหนดวิสัยทัศน์ในการพัฒนาประเทศ โดยเปิดโอกาสให้คนไทยทุกคนสามารถ มีความคิดเป็น เป็นผู้มีเหตุผล และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ที่มีจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาในการมีทักษะและกระบวนการโดยเฉพาะทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ทักษะการคิด การสร้างปัญญาและทักษะในการดำเนินชีวิต (แผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ, 2560-2564)

การที่ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบ การคิดเชิงวิเคราะห์ การคิดเชิงเหตุผล การคิดในการแก้ปัญหาและการคิดตัดสินใจ ซึ่งการคิดต่าง ๆ ล้วนแล้วต้องมีพื้นฐานอันสำคัญมาจากการเรียนรู้ในเรื่องของคณิตศาสตร์ (รุ่งทิวา นามารุง, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ยูพิน พิพิธกุล (2545) ได้กล่าวว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับความคิด กระบวนการและเหตุผล คณิตศาสตร์ฝึกให้คนคิดเป็น คิดอย่างมีระเบียบและเป็นรากฐานของหลาย ๆ สาขาวิชา ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ก็ล้วนแต่ต้องอาศัย

คณิตศาสตร์ทั้งสิ้น หลักสูตรของทุกชาติจึงให้ความสำคัญกับวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งกล่าวได้ว่า ชาติใดมีคนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ชาตินั้นจะมีพลังความคิดสูงตามไปด้วย (รุ่งทิวา นานา บำรุง, 2550)คณิตศาสตร์จึงมีส่วนสำคัญในการพัฒนาการคิดของคนในชาติ

การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) เป็นกระบวนการทางสมองที่บุคคลจะเชื่อมโยงความรู้ เชื่อมโยงทักษะทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการคิดและทำความเข้าใจปัญหาเกี่ยวกับปริมาณหรือจำนวนตัวเลข การให้เหตุผล การใช้ความรู้ ทักษะและวิธีการที่หลากหลายทางคณิตศาสตร์ในการทำความเข้าใจเพื่อค้นหาคำตอบ สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ให้บุคคลอื่นรับรู้ได้ โดยในการคิดจะเน้นกระบวนการคิดมากกว่าผลลัพธ์ แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์(แพรวไหม สามารถ, 2556)

ผลจากการประเมินในระดับนานาชาติในด้านการรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตามโครงการ PISA ขององค์การความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจหรือที่รู้จักกันในนาม OECD ปรากฏว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคะแนนที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD และจากการวิเคราะห์จำแนกตามสังกัด จะพบว่านักเรียนโรงเรียนสาธิตเป็นกลุ่มเดียวที่มีสมรรถนะทั้งสองด้านคือด้านการรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เทียบเท่ากับนักเรียนของประเทศ OECD นอกจากนั้นทุกสังกัดต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจากผลการประเมิน PISA สิ่งสำคัญที่สังคมไทยจะต้องเร่งเสริมสร้างและพัฒนาให้ผู้ที่มีความคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ซึ่งถ้าหากนำแบบทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์มาฝึกประเมินวัดผลให้นักเรียนฝึกคิดอย่างสม่ำเสมอจะทำให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตสามารถจัดการกับสิ่งต่าง ๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมทัน่วงที (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โครงการ Pisa Thailand, 2554)

การทดสอบระดับนานาชาติ ได้กำหนดกรอบแนวคิด เรื่องคณิตศาสตร์ ที่เน้นการใช้ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ ในชีวิตจริงที่เชื่อมโยงกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งการสื่อความหมายและการแสดงเหตุผลประกอบสถานการณ์และแบบจำลองต่าง ๆ โดยแสดงผลการสอบที่แสดงการจัดอันดับ (ranking) ของประเทศ แต่การทดสอบระดับสถานศึกษาและระดับชาติ (O-NET) เป็นการทดสอบตามมาตรฐานหลักสูตร ซึ่งมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาความสามารถของนักเรียนตามเกณฑ์ของแต่ละระดับ ดังนั้นสถานศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการทำแบบทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรอาจบกพร่องใน ด้าน

กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องมีเครื่องมือวัดทักษะเหล่านี้อย่างต่อเนื่อง (ฉวีวรรณ แก้ว ไทระ และ บุญทอง บุญทวี, 2559) สมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ยังชี้บอกว่าผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าของนานาชาติ (รุ่งทิภา นานำรุ่ง, 2550)

การวัดผลและประเมินผลเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้สอนได้ใช้ในการวางแผนเพื่อการตัดสินใจในขั้นตอนต่าง ๆ ของการสอนอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ ก่อนสอน ระหว่างสอน และหลังการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลและประเมินผลแต่ละขั้นตอนจะช่วยให้ผู้สอนได้เก็บรวบรวมข้อมูล สังเคราะห์ข้อมูล และการแปลความข้อมูล เช่น เครื่องมือการวัดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ก่อนการสอน (before instruction) ช่วยผู้สอนเกี่ยวกับการกำหนดจุดประสงค์ของการเรียน การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม เครื่องมือการวัดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ระหว่างสอน (during instruction) ช่วยผู้สอนเกี่ยวกับวิธีการและเวลาที่ใช้ในการถ่ายทอดความรู้ การควบคุมสมรรถนะของผู้เรียน การสร้างความสนใจ การจัดลำดับ และขอบข่ายของกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือวัดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์หลังการสอน (after instruction) จะช่วยให้ผู้สอนได้ประเมินผลของการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อการพัฒนาผู้เรียน การตัดสินใจ และการประเมินหลักสูตร(ฉวีวรรณ แก้ว ไทระ และ บุญทอง บุญทวี, 2559)

สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ช่วยให้การวัดผลมีประสิทธิภาพคือ เครื่องมือวัด เพราะถ้าเครื่องมือดีมีคุณภาพก็ทำให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือ (สมคิด เทียรพิสุทธิ์, 2550) ข้อสอบอัตนัยเป็นเครื่องมือวัดผลที่มีคุณค่ามากชนิดหนึ่ง สามารถวัดพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิดระดับสูงได้ดี อาจจะใช้คำถาม โจทย์ โดยกำหนดเป็นสถานการณ์ หรือปัญหาในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งอย่างกลาง ๆ หรือเฉพาะเจาะจงเพื่อให้ผู้ตอบข้อสอบได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็น ทักษะคติ ได้อย่างไม่จำกัด การตอบข้อสอบอัตนัยจึงมีลักษณะจัดระเบียบคำตอบในเวลาที่กำหนด ใช้สำนวนภาษาและแบบฉบับของตนเองเขียนตอบให้ครอบคลุมอย่างสมบูรณ์ ผู้ตรวจให้คะแนนต้องเป็นบุคคลที่มีความรู้ในเนื้อหาสาระที่ต้องตรวจ โดยการให้คะแนนต้องอาศัยทักษะและความพยายามในการอ่าน ผู้ตรวจต้องทำใจให้บริสุทธิ์ โดยยึดคุณธรรมในการให้คะแนน (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2527) แต่ข้อสอบอัตนัยอาจมีปัญหาเรื่องจำนวนนักเรียนมากทำให้ผู้ตรวจไม่สามารถอ่านคำตอบของนักเรียนได้อย่างรอบคอบจึงมักมีจุดอ่อนในเรื่องความยุติธรรมของการให้คะแนนของผู้ตรวจ (สมคิด เทียรพิสุทธิ์, 2550) จากจุดอ่อนด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ นักวัดผลได้พยายามปรับปรุงและแก้ไขเพื่อให้ผลของการวัดมีคุณภาพ มี

ประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นในการสร้างข้อสอบที่เป็นแบบสอบอัตนัย จึงพัฒนาวิธีการตรวจให้คะแนนแบบควบคู่กัน โดยต้องตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นจากการตรวจให้คะแนนด้วย

นักวัดผลหลายท่านได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวข้องกับวิธีการในการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้ผลการวัดและประเมินคำถามปลายเปิดมีความถูกต้อง มีความแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะเรนส์และลีแมน (1972) กล่าวว่าหากต้องการให้การตรวจคำถามปลายเปิดนั้นมีความเชื่อมั่นเพิ่มมากขึ้น ผู้ตรวจข้อสอบควรจะต้องมีวิธีการตรวจให้คะแนนที่เหมาะสม และต้องใช้เกณฑ์การตรวจ ต้องมีการออกแบบเกณฑ์การให้คะแนน มีการฝึกหรืออบรมผู้ตรวจ อีกทั้งต้องมีการควบคุมแหล่งความคลาดเคลื่อนของข้อสอบและผู้ตรวจไว้ล่วงหน้า เช่น ใช้ผู้ตรวจจำนวนมากขึ้นในการตรวจข้อสอบแล้วจึงทำการหาค่าเฉลี่ยของคะแนน (Uebersax, 2003) จากผลการวิจัยพบว่า เมื่อมีการเพิ่มจำนวนผู้ตรวจจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นของคะแนนมีค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่จำนวนผู้ตรวจข้อสอบที่เหมาะสมนั้นยังไม่สามารถดำเนินการสรุปได้แน่นอนเนื่องจากผลการศึกษายังพบความแตกต่างกันทำให้ยังคงต้องการคำตอบว่าจำนวนผู้ตรวจควรเป็นมีจำนวนกี่คนจึงจะทำให้คะแนนที่ได้มีความน่าเชื่อถือ (Sudweeks; Reeve; & Bradshaw, 2005:240)

จากการศึกษาความเชื่อมั่นของแบบสอบหรือแบบวัดตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมที่นิยมยังใช้กันอยู่นั้นเป็นการประมาณค่าของค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบที่ใช้กับกลุ่มผู้เข้าสอบภายใต้เงื่อนไขของการทดสอบที่เฉพาะ ได้แก่ การทดสอบที่ผู้เข้าสอบทุกคนต้องทำข้อสอบเหมือนกันในทุกข้อ ผลการตอบได้รับการให้คะแนนโดยใช้ผู้ตรวจคนเดียว และแบบสอบถามที่ใช้ตั้งอยู่บนข้อตกลงเงื่อนไขเบื้องต้นของความเป็นคู่ขนานระหว่างแบบสอบ ถ้าสถานการณ์ของการทดสอบแตกต่างไปจากที่ศึกษามา เทคนิควิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมจะไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ เช่น กรณีการสอบของแบบสอบที่มีรูปแบบความยาวของข้อสอบและจำนวนครั้งของการทดสอบแตกต่างกัน (ยศอารีย์ รวยธนพานิช, 2534)

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) เป็นการศึกษาวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัด หรือความเชื่อมั่นในสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่แตกต่างกันของการวัด ทำให้ทราบแหล่งความคลาดเคลื่อนและสามารถควบคุมแหล่งความคลาดเคลื่อนได้ตรงประเด็นเพื่อให้ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือหรือมีความค่าเชื่อมั่นถึงระดับที่ต้องการ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) ซึ่งสามารถนำผลค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไปใช้ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดเป็นทฤษฎีที่ Cronbach, Gleser and Rajaratnam เป็นผู้เสนอในปี 1963 และต่อมาในปี 1972 ได้มีการนำทฤษฎีดังกล่าวมาพัฒนา ให้ทฤษฎีมีความชัดเจนและ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ สถานการณ์จริงในทางปฏิบัติ เป็นการเพิ่มความแม่นยำในการแปลความหมายของผลการวัด โดยมีจุดประสงค์ที่ต้องการสรุปอ้างอิงคะแนนจากการทดสอบไปสู่เอกภพของคะแนน (Hussain Alkharusi, 2012, p.188, อ้างอิงจาก Crocker Algin, 1986, Shavelson Webb, 1991)

จากทฤษฎีการเรียนรู้ของเพียเจต์ ในขั้นพัฒนาการของขั้นความคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรมของนักเรียนจะเริ่มขึ้นในช่วงอายุ 12 ปีเป็นต้นไป โดยที่นักเรียนเกิดความคิดเองได้โดยไม่ต้องใช้อะไรในการเป็นสื่อช่วยคิดเหมือนขั้นการคิดแรก ๆ ลักษณะสำคัญในวิธีการขั้นนี้ก็คือ นักเรียนจะเกิดการคิดแบบรวบยอดได้ด้วยการใช้ความสามารถตนเอง รู้จักคิดในเชิงวิเคราะห์ สังเคราะห์ตีความหมาย กำหนดสมมติฐาน และดำเนินการให้เป็นไปตามสมมติฐานการคิดได้ (ลักษณะ สรีวิวัฒน์, 2544) ดังนั้นจากแนวคิดทฤษฎีพัฒนาการการเรียนรู้ของเพียเจต์ จะเห็นได้ว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในช่วงวัยของลำดับขั้นของการได้รับแนวคิดและวิธีการที่จะสามารถแสดงการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้ อีกทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 เป็นนักเรียนที่มีความพร้อมในด้านการเรียนและสภาพแวดล้อมและการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่จะต้องนำไปใช้ในการเรียนในระดับที่สูงขึ้นและความจำเป็นที่จะต้องประเมินเพื่อใช้ในการพัฒนานักเรียนทั้งการประเมินเพื่อการพัฒนาและการประเมินเพื่อสรุปผลการเรียนอีกทั้งเพื่อการประเมินเข้าสู่ระดับมหาวิทยาลัยที่จะต้องใช้เวลาที่มีลักษณะแตกต่างจากการวัดผลสัมฤทธิ์ในห้องเรียน เพื่อจะได้นำผลและข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา ให้เหตุผล และนำเสนอตัวแทนความคิดได้

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยที่ปฏิบัติหน้าที่ในเป็นครูรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้มีความสนใจในการที่จะสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อเป็นการสร้างให้นักเรียน มีความคิดและ หาแนวทางที่จะสร้างให้นักเรียนมีองค์ความรู้ มีความเข้าใจในความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง และมีหลักการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำ แล้วสามารถนำองค์ความรู้ ความเข้าใจในหลักการด้านนั้น ๆ มาดำเนินการพัฒนาและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในคณิตศาสตร์ และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ที่เป็นศาสตร์ทำให้เกิดสาขาแขนงอื่น ๆ ตามมา ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญและเร่งสนับสนุนให้เกิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากความสำคัญทั้งหมดที่กล่าวมา จึงจำเป็นต้องมีแบบวัดที่มีคุณภาพเพื่อที่จะใช้วัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อจะสะท้อนให้นักเรียนได้คิดและแสดงกระบวนการวิธีซึ่งจะทำให้เกิดองค์ความรู้ที่ถูกต้อง สามารถมีความเข้าใจใน

ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ และมีหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องแม่นยำ แล้วนำองค์ความรู้ ความเข้าใจในหลักการทางคณิตศาสตร์นั้น มาพัฒนาผู้เรียนและใช้แก้ปัญหาโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในการเรียนรู้ในห้องเรียนได้จริง

การศึกษาวิจัยงานในครั้งนี้ผู้วิจัย มุ่งสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์และประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยนำไปใช้ในการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนและนำผลข้อมูลที่ได้จากการวัดไปเป็นแนวทางในการพัฒนาการสร้างเครื่องมือแบบวัด เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้สามารถพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับบริบทของนักเรียนไทย

คำถามการวิจัย

1. แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 มีลักษณะเป็นอย่างไร
2. แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 มีคุณภาพเป็นอย่างไร
3. แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกันมีสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดอย่างไร

ความมุ่งหมายการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2
3. เพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ครูบุคลากรทางการศึกษาและผู้ทีสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์สามารถนำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดที่

พัฒนาขึ้นไปใช้ในการทดสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยสามารถนำผลการวัดไปใช้เป็นสารสนเทศ ในการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้มีความเหมาะสมกับบริบทนักเรียนของตนเองได้ เพื่อจะได้สารสนเทศของการวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์จากนักเรียนของตนเองนั้น ไปวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการเตรียมความพร้อมและการพัฒนานักเรียนในส่วนที่ยังบกพร่องและส่งเสริมในส่วนที่นักเรียนมีอยู่แล้วให้สามารถพัฒนาได้ดียิ่งขึ้น

2. นักเรียนสามารถ นำผลจากการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้เกิดความคิดรวบยอด ในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ครบองค์ประกอบ ทั้ง 3 องค์ประกอบ โดยเป็นไปตามบริบทตามความสามารถของตนเอง ให้เกิดผลอย่างมีคุณภาพสูงสุด

3. ผู้ปกครองสามารถนำผลจากการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปเป็นแนวทางในการส่งเสริมการเรียนรู้และมีส่วนร่วมในการพัฒนาการเรียนรู้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของบุตรหลานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามระยะดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

ขอบเขตเนื้อหา

แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในรูปสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่อิงเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6) ตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 ประกอบไปด้วย 3 สาระการเรียนรู้ คือ สาระการเรียนรู้จำนวนและพีชคณิต สาระการเรียนรู้การวัดและเรขาคณิต และสาระการเรียนรู้สถิติและความน่าจะเป็น

ระยะที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

ประชากร

1. ประชากรที่ใช้สำหรับในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร มีจำนวน 52 โรงเรียน เป็นนักเรียนทั้งหมด 17,724 คน

กลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับในการวิจัยสำหรับการทดลองใช้ครั้งที่ 1 คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 20 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับในการวิจัยสำหรับการทดลองใช้ครั้งที่ 2 คือ กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 60 คน ได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน(Two-stage Random Sampling)

ระยะที่ 3 การศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน

ประชากร

1. ประชากรที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพฯ มีจำนวนโรงเรียนทั้งหมด 52 โรงเรียน ประกอบด้วยนักเรียน 17,724 คน

กลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 120 คน (Smit, 1978) ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน(Two-stage Random Sampling)
2. กลุ่มผู้ตรวจให้คะแนน คือ ครูผู้สอนในวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีประสบการณ์ในการสอนอย่างน้อย 5 ปี หรือดำรงตำแหน่งครูชำนาญการ (คศ.2) ขึ้นไป จำนวนทั้งหมด 3 ท่าน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การคิดเชิงคณิตศาสตร์(Mathematical Thinking) หมายถึง กระบวนการทางสมองที่บุคคลจะสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปใช้สำหรับการคิดและทำความเข้าใจในปัญหาของข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณตัวเลข หรือจำนวน การให้เหตุผล การใช้ความรู้ และทักษะหรือวิธีการที่หลากหลายในทางคณิตศาสตร์เพื่อการทำความเข้าใจ ค้นคว้าหาคำตอบ

สื่อสารความหมายในทางคณิตศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจหรือรับรู้ แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์

1.1 การแก้ปัญหา หมายถึง การวิเคราะห์ถึงปัญหา โดยสามารถระบุได้ว่าสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบคืออะไร สิ่งที่เป็นปัญหากำหนดให้คืออะไร และสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา โดยสามารถประยุกต์ใช้ เปลี่ยนแปลงวิธีการแก้ปัญหาด้วยความหลากหลาย

1.2 การให้เหตุผล หมายถึง การนำองค์ความรู้รวมถึงข้อมูลทั้งหมดเพื่อแสดงออกให้รับรู้ แสดงออกให้เห็นถึงความเข้าใจในทางคณิตศาสตร์โดยสามารถอธิบายเหตุผลของปรากฏการณ์ทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นด้วยการใช้เหตุผล และสามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบได้

1.3 การนำเสนอตัวแทนความคิด หมายถึง การสร้างและนำเสนอสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา สามารถใช้ตัวแทนความคิดเพื่อแสดงกระบวนการวิธีการเกี่ยวกับการแก้ปัญหา โดยสามารถเลือกตัวแทนความคิดเพื่อแสดงการสรุปของคำตอบที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยสามารถใช้การอธิบายข้อความ แสดงการวาดภาพ หรือสามารถใช้สัญลักษณ์โดยการขีด สัญลักษณ์โดยการเขียน วาดภาพวงกลมในข้อความที่โจทย์กำหนดให้ กำหนดตัวแปร เขียนแผนภาพ ตาราง กราฟ หรือตัวแทนทางเรขาคณิต

2. แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือในการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยวัดจากการแสดงวิธีแก้ปัญหา วิธีการให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิด ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยแบบเขียนตอบตามสถานการณ์แบบปลายเปิดที่มุ่งวัดกระบวนการเชิงพฤติกรรมที่มุ่งหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหามทางคณิตศาสตร์โดยสามารถให้นักเรียนเขียนอธิบาย แสดงเหตุผล หรือแสดงกระบวนการหาคำตอบที่มีกระบวนการหรือขั้นตอนที่ชัดเจน หลากหลาย เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6) โดยมีเนื้อหา 3 สาระการเรียนรู้ คือ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต และสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น โดยข้อคำถามสร้างตามแนวคิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของ kriegler (kriegler,2004)

3. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา หมายถึง คุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงการตรวจสอบข้อคำถาม ว่าสามารถวัดได้ตรงตามนิยามปฏิบัติการ และสามารถวัดได้ตามเนื้อหาที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์(Index of Item Objective Conguence : IOC)

4. ความเชื่อมั่น หมายถึง คุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสอดคล้องของผลการวัดโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค

5. ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน หมายถึง คุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสอดคล้อง จากผลการตรวจให้คะแนนจากผู้ประเมินเมื่อกำหนดให้มีผู้ให้คะแนนหรือผู้ประเมินจำนวน 3 คน โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ (Rater Agreement Index : RAI)

6. ความยากง่ายของข้อสอบ หมายถึง คุณสมบัติของข้อคำถามในแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากสัดส่วนของความแตกต่างของผู้ที่ทำคะแนนข้อนั้นได้สูงกับผู้ที่ทำคะแนนต่ำสุด คำนวณได้โดยเลือกสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ ใช้เทคนิค 25% ในการแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ

7. อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง คุณสมบัติของข้อคำถามในแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ที่มีความสามารถสูงและความสามารถต่ำ แยกออกจากกันได้ คำนวณหาจากค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์

8. การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) หมายถึง การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของคะแนนที่สังเกตได้ จากแบบวัดที่ทำการวัดในเงื่อนไขหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ของการทดสอบไปยังคะแนนจริง การวิจัยครั้งนี้กำหนดเป็น One-Facet แบบ pxr โดยมีฟาเซต คือจำนวนผู้ตรวจ โดยศึกษาการสรุปการอ้างอิงความน่าเชื่อถือของคะแนนที่สังเกตได้จากแบบสอบการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปยังคะแนนจริง โดยประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษา G-Study หมายถึง การกำหนดเป้าหมายของการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือจากคะแนนที่ได้ไปยังเงื่อนไขรูปแบบการวัดที่ศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวนของแหล่งความคลาดเคลื่อนที่สนใจ 1 แหล่ง คือ จำนวนผู้ตรวจ

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษา D-Study หมายถึง การตัดสินใจผลจากการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของคะแนนที่ได้จากเครื่องมือไปยังเงื่อนไขเป้าหมายของการวัด เพื่อนำเครื่องมือไปใช้วัดในเงื่อนไขที่ทำให้ได้ความน่าเชื่อถือในระดับที่พึงประสงค์ นำไปสู่การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient) โดยใช้สำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์และสำหรับการใช้ในการตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์

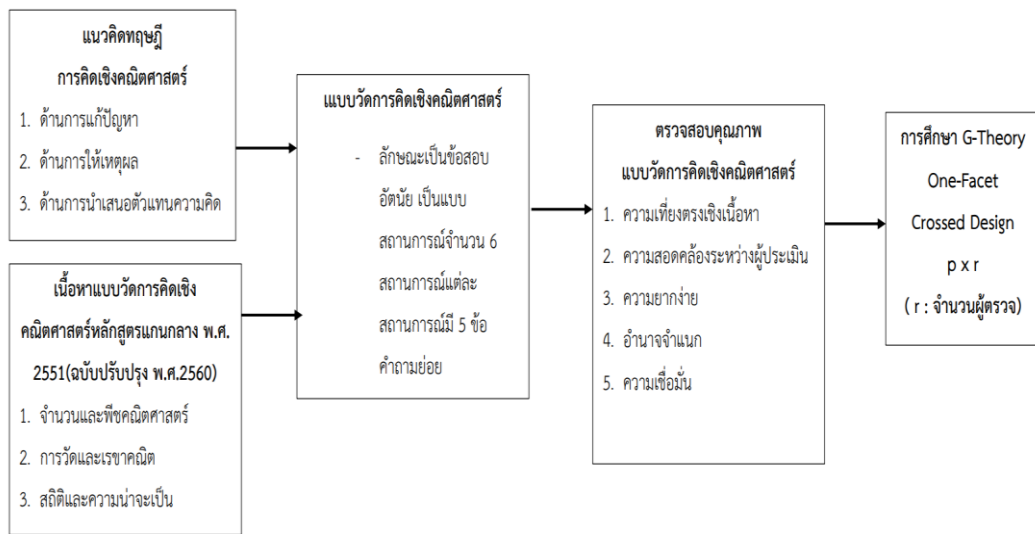
8.1 เอกภพ (Universe) หมายถึง เงื่อนไขการวัดองค์ประกอบทั้งหมดของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีจำนวนผู้ตรวจของแบบวัดต่างกันจำนวน 1 , 2 , 3, 4 และ 5 คน ตามลำดับ

8.2 ฟาเซท (Facet) หมายถึง กลุ่มเงื่อนไขจากการวัดที่ต้องศึกษา โดยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีจำนวน 1 ฟาเซท คือจำนวนของผู้ตรวจให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

8.3 ผู้ตรวจ หมายถึง ครูผู้ตรวจให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นผู้จบวุฒิต่างทางการศึกษาดั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไปทางด้านสาขาวิชาคณิตศาสตร์ หรือเป็นผู้มีประสบการณ์ตรงจากในการสอนสาขาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ไม่น้อยกว่า 5 ปี และได้รับการอบรมชี้แจงวิธีการตรวจและกฎเกณฑ์การให้คะแนนจนมีความเข้าใจตรงกัน

กรอบแนวคิดของงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ ครีกเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004) ซึ่งแบ่งองค์ประกอบออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการแก้ปัญหา ด้านการให้เหตุผล และด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด โดยมีขอบเขตของเนื้อหาในการสร้างแบบวัดตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับชั้นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6) 3 สาระการเรียนรู้ ได้แก่ สาระจำนวนและพีชคณิต สาระการวัดและเรขาคณิต สาระสถิติและความน่าจะเป็น โดยจัดทำข้อสอบจำนวนอัตนัยลักษณะเป็นข้อสอบสถานการณ์ แล้วนำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ไปใช้และตรวจสอบหาค่าคุณภาพของเครื่องมือประกอบด้วย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายในโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินและความน่าเชื่อถือของผลจากการวัดโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์จากการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด เพื่อต้องการได้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์อย่างที่เป็นแบบวัดคุณภาพอย่างดี และสามารถนำไปเพื่อใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดดังแสดงในภาพประกอบ



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ดำเนินงานวิจัยได้ศึกษาเอกสารรวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้นำเสนอประเด็นตามหัวข้อที่ได้ศึกษา ต่อไปนี้

1. การคิด

1.1 การคิด

1.2 ลำดับขั้นการเรียนรู้

1.3 แบบการรู้คิด

2. การคิดเชิงคณิตศาสตร์

2.1 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

2.2 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

2.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

2.4 วิธีการศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์

3. ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

3.1 ความหมาย

3.2 ความเป็นมา

3.3 หลักการของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

3.4 แนวคิดสำคัญและข้อตกลงเบื้องต้น

3.5 แหล่งความคลาดเคลื่อนที่สามารถเกิดขึ้นในกระบวนการวัด

3.6 คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับ G-theory

4. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551

4.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหา

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง

ความน่าเชื่อถือของผลการวัด

1. การคิด

1.1 การคิด

การคิด เป็นลักษณะเฉพาะของมนุษย์ซึ่งเป็นกระบวนการวิธิดำเนินการที่เกิดขึ้นภายในสมองของแต่ละบุคคล (Cognitive Process) มีแนวทางที่ชัดเจนจนแน่นอนแล้ว โดยอาศัยสารสนเทศ ข้อมูลที่แวดล้อม ประสบการณ์จากสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่ผ่านเข้ามาจากทางอวัยวะของการรับรู้ข้อมูล การรับสัมผัสต่างๆ จากการรู้สึกได้ และจากระบบความทรงจำของแต่ละบุคคล ที่ผ่านมาสัมพันธ์ต่อบุคคลนั้นและมีต่อสิ่งเร้า ต่อสภาพแวดล้อม แล้วสามารถวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบข้อมูล สังเคราะห์ข้อมูล พร้อมทั้งมีการประเมินแบบอย่างมีระบบ มีเหตุผล เพื่อให้ได้เป็นแนวทางจากการเข้าถึงปัญหาอย่างที่เหมาะสม รวมทั้งสร้างสรรค์ข้อมูลสิ่งใหม่ วิธีการแก้ระบบปัญหานี้จึงต้องอาศัย หลักการนามธรรม รวมถึงสัญลักษณ์ที่เป็นข้อมูลส่วนใหญ่ การคิดแบบนี้จึงค่อนข้างที่จะจบลงจากการสรุปข้อมูลและให้ผลในขั้นท้ายสุด (กันยา สุวรรณแสง, 2550)

ทิตนา แชมมณี (2550) ได้กล่าวถึงทักษะวิธีการคิดว่าเป็นศัพท์ที่แสดงออกด้วยการคิดที่มีพฤติกรรมลักษณะเป็นรูปธรรมที่สามารถทำให้มองเห็น ลักษณะพฤติกรรม/วิธีการทำให้ชัดเจนของการคิดนั้น ๆ

Gersten Russell (2008) กล่าวว่า การคิดเป็นกระบวนการ การคิดสามารถแสดงออกอาจจะเริ่มจากการเริ่มต้นจากบางสิ่ง ไปสู่สิ่งของบางอย่างแล้วผ่านไปสู่วิธีการสรุป ความสัมพันธ์ แล้วนำไปยังจุดมุ่งหมายเพื่อไปหาวิธีการสรุป วิธีจัดการเรียนรู้จึงมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการคิดรูปแบบที่แตกต่างเสมอ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545) กล่าวว่า การคิด เป็นวิธีการที่บุคคลจะพยายามได้ แสดงพลังออกทางสมองในตนเองโดยมีวิธีการนำเอาสิ่งได้จากการเรียนรู้ ประสบการณ์ความทรงจำต่าง ๆ โดยรอบตนเอง นำมาผ่านกระบวนการกลั่นกรองอย่างเหมาะสม เพื่อเป็นคำตอบสุดท้ายในการเลือกวางแผนเลือกสิ่งที่ดี วางแผนตัดสินใจสิ่งที่เป็นที่สนใจในชีวิต เป็นต้น

จากการรวบรวมการอธิบาย การคิด เพื่อให้ได้ ข้อสรุปของการคิด สรุปได้ว่า การคิด หมายถึง กระบวนการวิธิดำเนินการที่เกิดขึ้นอยู่ภายใต้สมองของมนุษย์โดยการอาศัยข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้คำตอบสุดท้ายในการเลือกวางแผน คัดเลือกให้ได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด

1.2 ลำดับชั้นการเรียนรู้

Bloom Benjamin Samuel (1964) ได้แสดงวิธีการลำดับชั้นการเรียนรู้หรือจัดลำดับชั้นการคิด (Bloom's Taxonomy) เป็น 6 ชั้น คือ ด้านความรู้ ด้านความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า

มาร์ซาโน (Marzano R J, 2001) อธิบายวิธีการจัดลำดับกระบวนการเรียนรู้ผู้คล้ายกับของบลูม โดยเรียกชื่อว่า New Taxonomy of Educational Objectives New Taxonomy ได้มีวิธีการอธิบายสิ่งที่ตัวแปรเกี่ยวกับกระบวนการภายใต้สมองของแต่ละบุคคล โดยกล่าวถึงภายในสมองมี 3 ระบบ คือระบบที่เกี่ยวข้องกับตนเอง ระบบวิธีการควบคุมการรู้ความคิดของตัวเอง และ ระบบที่แสดงออกทางด้านการรู้ความคิด โดยทั้ง 3 ระบบ จะมีวิธีใช้งานคือการเก็บรวบรวมและสะสมองค์ความรู้ที่มีอยู่ในแต่ละองค์ประกอบที่ 4 ของ องค์ประกอบแบบจำลองพฤติกรรม แสดงดังรายละเอียดแต่ละระบบต่อไปนี้

ระบบของตนเอง (the Self-System) เป็นระบบตัวตัดสินใจการเข้าสู่ภาระงานแบบใหม่ ถ้าแบบภาระงาน ที่มีความสำคัญ แล้วได้มีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จอย่างมาก และมีความรู้สึกในทางดี ๆ ที่จะเข้าไปมีสัมพันธกับส่วนร่วมกับภาระงานของ บุคคลนั้นก็จะเข้าไปพัวพันกับภาระงานนั้น แต่ถ้าภาระของงานชิ้นใหม่ถูกให้ได้รับการประเมินใน ลักษณะแบบตรงกันข้าม แรงกระตุ้นที่จะเข้าไปพัวพันกับภาระงานนั้นก็จะถูกประเมินให้ต่ำ

ระบบการควบคุมการรู้คิดของตนเอง (the Meta-Cognitive System) เป็นการรู้ถึงการแสดงความคิดเห็นของตนเองในการกระทำบางอย่างที่เกี่ยวข้องอะไรอย่างใดแบบอย่างหนึ่ง หรือเป็นการถูกประเมินความคิดด้วยการคิดของตนเองมีการ ใช้ความรู้นั้นเกี่ยวกับการควบคุมหรือไปปรับการทำงานบางอย่างเกี่ยวกับตัวตนเอง โดยในการคิดของลักษณะนี้จะถูกครอบคลุมถึงการจัดการวางแผน การถูกควบคุมการกำกับการกระทำของตนเอง การตรวจสอบรูปแบบความก้าวหน้ารวมทั้งวิธีการประเมินผลตนเอง ผู้คนที่ตระหนักถึงได้ว่าการควบคุมวิธีการรู้คิดของตนเองโดยสามารถปรับปรุงวิธีการและกระบวนการ คิดของตัวผู้ถูกควบคุมให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ สามารถส่งผลต่อความสามารถในการคิดของบุคคลนั้นทั้งภาพรวมตลอดจน ถ้ามีภาระงานใหม่ถูกเลือก ระบบรูปแบบควบคุมการรู้คิดของตนเองซึ่งสามารถถูกนำไปเชื่อมโยง คนที่มีภาระงานเริ่มต้นแบบภาระงานโดยใช้ระบบการถูกควบคุมวิธีการรู้คิดของตนเองจะตั้งจุดมุ่งหมายที่สัมพันธ์กับภาระงานใหม่ ดังนั้น บุคคลนั้นจึงมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายหรือตามวิธีการ โดยกำหนดซึ่งระบบรูปแบบการควบคุมซึ่งการรู้คิดของตนเองโดยมีปฏิสัมพันธ์เชื่อมประสานเป็นแนวทางเดียวกันกับระบบรูปแบบทางด้านการรู้คิด

ระบบการรู้คิด (the Cognitive System) เป็นรูปแบบวิธีการคิดที่มีผลต้องดำเนินไปตามเป็นลำดับขั้นตอนของการจะช่วยให้การคิดนั้นประสบผลลัพท์และสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของวิธีการคิดแบบนั้น ๆ ซึ่งในแต่ละลำดับขั้นตอนจะมีการอาจต้องอาศัยทักษะการคิดและรูปแบบ

ลักษณะการคิดจำนวนมากหลายมากอีกทั้งยังต้องเกี่ยวข้องกับรูปแบบการวิเคราะห์ เช่น ทำการอ้างอิง เปรียบเทียบ จำแนกประเภท และประมาณ

ระบบการรับความรู้ (Knowledge) จะเป็นความสัมพันธ์โดยตรงกับภาระงานใหม่ การที่ผู้คนจะประสบความสำเร็จได้อย่างดีและมีชีวิตไปในทิศทางสูงขึ้น จะขึ้นอยู่กับองค์ความรู้ที่แต่ละบุคคลจะมีสอดคล้องกับภาระงานใหม่นั้น โดยความรู้มีองค์ประกอบ ที่ประกอบด้วยตัวแปร 3 ด้าน ได้แก่ ด้านข้อมูล ด้านกระบวนการทางสมอง สุดท้ายคือด้านกระบวนการและวิธีการทางกายภาพ

1.3 แบบการรู้คิด

แบบการรู้คิด (Cognitive Styles) เปรียบเสมือนวัตถุที่เป็นตัวบ่อนของการแก้ปัญหา เพราะอุปสรรคทุกอย่างจะต้องอาศัยสิ่งสมประกอบและวิธีการเฉพาะเป็นอย่างไร ไป นอกจากนี้ Suchman, J R ; & Spaulding, R (1970) มีความคิดเห็นว่า แบบการรู้คิดมีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในทางสมองหลากหลายเหตุผล โดยเฉพาะเขาเน้นให้รู้ว่าวิธีการเห็นว่าการรับรู้ (Perception) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้ผู้คนมีความคิดไปต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และมโนทัศน์ของบุคคลนั้น เช่นเดียวกับที่เคแกน และมอสส์ ซีเกลและฮูเปอร์ ได้จำแนกแบบการรู้คิดออกเป็น 3 แบบ คือ (Kagan & Moss, 1962; Sigel & Hooper, 1968 : 172)

1. การคิดแบบวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive-Analytical Styles) เป็นการคิดโดยวิธีการรวบรวมสิ่งของเข้าเป็นพวกเดียวกัน โดยตัดสินจากความคล้ายคลึงความเหมือนของส่วนต่าง ๆ ที่แสดงดังตัวอย่าง การอธิบายเหตุผลในการจับภาพคู่ 2 ภาพ จากภาพ 3 ภาพที่เป็นการกำหนดไว้ให้ ซึ่งมีภาพบุคคล ภาพไม้บรรทัด ภาพนาฬิกาโดยการเลือกจับภาพ ของนาฬิกา กับภาพของไม้บรรทัด จากเหตุผลดังกล่าวเพราะทั้งภาพทั้งคู่แสดงตัวเลขเหมือนกัน

2. การคิดแบบใช้การอนุมานเพื่อแยกประเภท (Categorical-Inferential Styles) แสดงการคิดรวบรวมข้อมูล สารสนเทศของข้อมูลเข้าเป็นสิ่งเดียวกันโดยอาศัยการอนุมานจากความรู้ที่ตนเคยได้รับ จากตัวอย่างที่แสดงการให้เหตุผลในการเลือกจับภาพคู่ แสดงเหตุผลว่าเมื่อกำหนดภาพผู้คน ภาพไม้บรรทัด ภาพนาฬิกา จะแสดงการจับภาพนาฬิกา กับไม้บรรทัด เพราะเหตุผลดังกล่าวเพราะต่างก็เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมีชีวิตเหมือนกัน

3. การคิดแบบโยงความสัมพันธ์ (Relational Styles) เป็นการคิดที่จัดรวบรวมสิ่งของเข้าเป็นพวกของประเภทหมวดหมู่ที่คล้ายกัน โดยอาศัยประสบการณ์การยึดถือหน้าที่ที่สัมพันธ์กันของสิ่งของในสถานการณ์ลักษณะอันใดอันหนึ่ง แสดงตัวอย่าง ให้เห็นจากการให้

เหตุผลในการจับคู่ภาพ คือเมื่อกำหนดภาพของคน ภาพไม้บรรทัด ภาพนาฬิกา โดยการเลือกจับคู่คนกับนาฬิกา ด้วยเหตุผลที่แสดงว่าเพราะคนต้องสวมใส่หรือใช้นาฬิกาในการดูเวลา

กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า การแบ่งแบบการรู้คิดตามแนวของ เคแกน มอสส์ และ ซีเกล มีที่มาจากสิ่งที่เป็นความเชื่อความคิดจากกิจกรรมทางสมองที่จะต้องประกอบด้วยวิธีการและกระบวนการต่าง ๆ 3 กระบวนการ คือ การใช้ข้อมูลที่มีจากการอาศัยข้อมูลภายนอก การใช้ข้อมูลที่อาศัยข้อมูลจากภายในที่ได้สัมผัสไว้ ประการสุดท้ายคือการผสมผสานรวบรวมเกี่ยวโยงข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ กระบวนการทั้ง 3 กระบวนการนี้จะอยู่ภายใต้ลักษณะของลักษณะอิทธิพลที่มีปัญหาที่แต่ละบุคคลจะได้พบเจอและสัมผัส ซึ่งเป็นแนวทางเดียวกันกับแบบการรู้คิดทั้ง 3 แบบตามลำดับ ความแตกต่างของแบบการรู้คิดจะมีการรับรู้เป็นสื่อที่สำคัญมากที่ทำให้แต่ละบุคคลคิดแตกต่างกันไปต่าง ๆ กัน (Suchman, & Spaulding, 1970 : 1-2) การคิดแบบวิเคราะห์เป็นการรับรู้และรับสัมผัสกับส่วนย่อยต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมมากกว่ารับรู้ส่วนใหญ่ของทั้งหมด การคิดแบบโยงความสัมพันธ์เป็นการโยงรูปแบบการคิดหรือการรับรู้กับรูปแบบการคิดหรือการรับรู้ด้วยวิธีการอื่น ๆ โดยอาศัยความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงที่บุคคลมีได้รับจากประสบการณ์ รวมทั้งการคิดในรูปแบบจำแนกประเภทเป็นการรวบรวมข้อมูลกลุ่มในสิ่งที่รับรู้ให้เข้ามาในระบบหรือรูปแบบของการรู้คิดอีกรูปแบบหนึ่ง

2. การคิดเชิงคณิตศาสตร์

2.1 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ความสำคัญของการคิดทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็นหลายด้านเกี่ยวกับการพัฒนาทางด้านคณิตศาสตร์ ได้แก่

1 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ส่งผลต่อเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษา(Goal of schooling)

2 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ส่งผลที่มีต่อแนวทางในวิธีเรียนรู้คณิตศาสตร์(way of learning mathematics)

3 ความสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีต่อวิธีสอนคณิตศาสตร์(teaching mathematics) การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อพัฒนาการทางด้านคณิตศาสตร์ สามารถกล่าวได้ดังต่อไปนี้ วิธีการจัดการหรือรูปแบบการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการใช้การคิดในวิชาคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ของโจทย์ปัญหานั้นด้วยตัวของนักเรียนเอง

จากการศึกษาความสำคัญของวิธีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความสำคัญต่อพัฒนาการด้านคณิตศาสตร์ได้แก่ การจัดการรูปแบบวิธีการศึกษา การจัดการรูปแบบวิธีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และการพัฒนาส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยความสามารถของตัวเอง

2.2 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

จากความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่นักการศึกษาได้อธิบายถึงความหมายไว้อย่างหลากหลายท่านดังแสดงไว้ ในงานวิจัยทางด้านคณิตศาสตร์ ได้กล่าวถึงการคิดเชิงคณิตศาสตร์ใน 2 รูปแบบ ได้แก่

1. การคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (mathematical process) และ
2. การคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ พัฒนาการเชิงความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (conceptual development)

Devlin (2011) กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นวิธีหรือรูปแบบของการศึกษาเชิงจำนวน โครงสร้าง ตรรกเหตุผล และการวิเคราะห์รูปแบบพื้นฐานของคณิตศาสตร์

ซอเอ็นเฟลด์ (1992) ได้อธิบายการเรียนรู้ไว้ โดยให้ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง (ก) การพัฒนาแง่ความคิดเกี่ยวข้องกับศาสตร์ในด้านคณิตศาสตร์โดยมองถึงความสำคัญของการที่ต้องคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ รวมถึงการต้องค้นคว้าหาวิธีการหรือหลักการ และมีความรู้สึกชอบจะได้ประยุกต์ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนนี้ (ข) การพัฒนารูปแบบวิธีการความสามารถโดยมีเครื่องมือรองรับในสิ่งที่สำคัญและจำเป็น รวมทั้งจะต้องรู้จักใช้เครื่องมือช่วยสิ่งนั้นไปให้ถึงจุดหมายหรือเป้าหมาย ผลลัพธ์สุดท้ายคือการสร้างการรับรู้และทำความเข้าใจในแนวทางของวิชาคณิตศาสตร์

คาลิน (2007) ได้อธิบายให้ข้อสรุปเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ว่าเป็นแนวทางและวิธีการทางด้านคณิตศาสตร์ซึ่งสอดคล้องเกี่ยวข้องกับรูปแบบวิธีการคิดโดยการคิดเชิงคณิตศาสตร์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับ อธิบายวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาในชีวิตปัจจุบันอีกทั้งยังสามารถนำการคิดเชิงคณิตศาสตร์นี้มาใช้แก้ปัญหาโจทย์ปัญหาสำหรับที่เกิดขึ้นภายใต้ห้องเรียน โดยวิธีการคิดเชิงคณิตศาสตร์รูปแบบนี้ สามารถนิยามเป็นข้อสรุปที่ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นการใช้เทคนิคมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิด มโนทัศน์ที่ถูกต้อง รวมทั้งเพื่อให้เกิดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์เป็นการนำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้องของการแก้ปัญหา

เยี่ยพ (2007) ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ถือว่าการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสะท้อนให้นักเรียนได้ใช้เมื่อนักเรียนต้องการแก้ปัญหาในด้านวิชาคณิตศาสตร์ โดยยังกล่าวอีกว่า หลักสูตรการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศสิงคโปร์ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือ การวิธีการและกระบวนการจัดทำข้อมูลเพื่อเรียงข้อมูลของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สะท้อนออกมาในรูปแบบของมโนทัศน์และกระบวนการที่จะเกิดขึ้นเป็นการเตรียมพร้อมเผชิญหน้าเมื่อมีสถานการณ์ใหม่เกิดขึ้น

Lim Hwa-Ja Lee and Watson Dorothy J (1993) ได้สรุปความหมายของ การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็น รูปแบบการดำเนินการและวิธีการทางการคิดโดยต้องอาศัยการใช้ความรู้ในทางคณิตศาสตร์และอรรถศาสตร์เป็นการหาคำตอบเพื่อสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยมีวิธีการประกอบไปด้วย เป็นยุทธวิธีหรือรูปแบบจัดการทางการคิด และ มีผลจากการได้รับการสะท้อนอิทธิพลอย่างสูงหรือความคิดความเชื่อจากนักคิดสะท้อนให้เห็นถึงการแสดงออกและตระหนักถึงการคิด องค์ประกอบสุดท้าย ความรู้ที่เกิดขึ้นได้รับความรู้จากการมีกิจกรรมที่เกิดขึ้น

คาตาทิรี (2007) ให้ความหมายของ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ไว้โดยอธิบายถึงว่า องค์ความรู้และทักษะกระบวนการเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเป็นองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยที่เมื่อนักเรียนหรือผู้ใดกำลังเจอปัญหา การคิดเชิงคณิตศาสตร์จะทำให้ผู้นั้นสามารถดำเนินการคิดและตัดสินใจที่จะสามารถผ่านปัญหานั้นได้โดยการใช้องค์ความรู้และทักษะเชิงคณิตศาสตร์นั่นเองในการแก้ปัญหา

เมสัน เบอร์ดัน และสเตซี (2010) ได้อธิบายสรุปความรู้เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยอธิบายถึงการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ว่ากระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นหลักการพื้นฐาน คือ การพิจารณารูปแบบกรณีเฉพาะ (specializing) รูปแบบการสร้างกรณีทั่วไป (generalizing) รูปแบบการสร้างข้อความเพื่อคาดการณ์ (conjecturing) และรูปแบบการสร้าง ความเชื่อมั่น (convincing) โดยรูปแบบกระบวนการในทางด้านคณิตศาสตร์นี้เป็นรูปแบบที่เป็นพลวัตโดยที่ไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องหรือเชื่อมโยงโดยตรงในคณิตศาสตร์ด้านสาขาใดสาขาหนึ่ง ซึ่งรูปแบบการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะได้รับการพัฒนาก็ต่อเมื่อมีการแก้ปัญหาด้วยการมีสติไตร่ตรองอย่างดี ด้วยการนึกย้อนไปเกี่ยวข้องกับการประสบการณ์ของการหาวิธีการแก้ปัญหา มีการเชื่อมโยงในระหว่างการแก้ปัญหาจากความรู้สึกไปถึงเหตุการณ์และการกระทำควบคู่ไปกับหาวิธีการศึกษาด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาไปสู่คำตอบ

สเตเฟน ครูลิก และเจสเส เอ รุดนิก อธิบายถึงการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ว่ามีขั้นตอนที่สามารถอธิบายกระบวนการจากการสรุปข้อเท็จจริงได้อย่างเที่ยงตรง โดยอาศัยชุดของข้อมูลมา

ประกอบ ซึ่งต้องสร้างข้อาคาดเดา (สมมติฐาน) ค้นหาวิธีการ ศึกษาหาความรู้ การทดลอง เพื่อแก้ปัญหาหรือเพื่อสรุปเป็นสมบัติหรือกฎเกณฑ์ แล้วตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพื่อยืนยันการสรุป ข้อสรุปเหล่านี้จะหลอมรวมกันเป็นแนวคิดใหม่ ซึ่งการอธิบายถึงเหตุผลจะเป็นแนวทางส่วนหนึ่งจากวิธีการของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

สเตเฟน ครูลิก และเจสเส เอ รุดนิก แห่งมหาวิทยาลัยเทมเปิล สหรัฐอเมริกา ได้แบ่งลำดับขั้นโดยจากการคิดทางคณิตศาสตร์ออกถึง 4 รูปแบบ คือ ขั้นระลึกได้ (recall) ขั้นการคิดขั้นพื้นฐาน (basic thinking) ขั้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) และขั้นการคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) โดยที่ทุกลำดับขั้นตอนจะใช้ทักษะที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าประกอบด้วย กล่าวคือ การคิดในระดับสูงจะมีปฏิสัมพันธ์อย่างมากระหว่างการคิดย้อนหลังและการคิดก้าวต่อไป

ริคการ์ท (รุ่งทิวา นานำรุ่ง, 2550, น.17, อ้างอิงจาก Rickart, 1996) ได้อธิบายความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ว่ามีรูปแบบเป็นเพียงลักษณะส่วนหนึ่งจากหลายส่วนจากการคิดโดยใช้รูปแบบทั่วไปในการคิด โดยเป็นการคิดในด้านของเชิงคิดคำนวณ การคิดเพื่อแก้ปัญหา การให้อธิบายถึงเหตุผล การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยสามารถที่จะสื่อสาร มีความสามารถที่จะสื่อถึงความหมายในทางด้านคณิตศาสตร์ให้ผู้อื่นได้รู้และได้รับการสื่อสารที่ถูกต้อง จากนั้นทั้งสามสามารถที่จะบูรณาการโยงเอาความเข้าใจ การรับรู้ในสูตรและหลักการต่าง ๆ ของทางด้านคณิตศาสตร์มาโยงเข้ารวมกันเป็นสิ่งเดียวกัน เพื่อสุดท้ายจะมีความสามารถบูรณาการความรู้ในศาสตร์ของคณิตศาสตร์และความรู้ของศาสตร์ในด้านอื่นๆ

มานูชีฮรี (2551) ได้อธิบายความหมายของ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการ นำเอาเครื่องมือในทางด้านคณิตศาสตร์เพื่อนำมาสร้างความเข้าใจในสิ่งแวดล้อมต่างๆที่มีข้อมูลอยู่อย่างหลากหลายรอบๆตัว โดยกระบวนการนี้ที่จะต้องสร้างความเข้าใจในสิ่งนี้ เป็นสิ่งที่เรียกว่าไม่ได้ใช้ศาสตร์ทางด้านความรู้ของคณิตศาสตร์ โดยเป็นความสามารถในด้านการคิดเกี่ยวข้องในทางด้านคณิตศาสตร์ อีกทั้งการดำเนินวิธีการที่เพื่อหาให้ได้ว่าคำตอบนั้นเป็นกระบวนการที่ใช้ในวิธีการดำเนินแก้ปัญหาในทางด้านคณิตศาสตร์ โดยมีเครื่องมือเป็นสิ่งที่ช่วยในทางด้านคณิตศาสตร์ให้มองเห็นสิ่งลักษณะที่ของเป็นนามธรรม ลักษณะสัญลักษณ์ การนำเสนอตัวแทนในด้านของความคิด รวมทั้งวิธีการดำเนินการสร้างสิ่งที่เป็นลักษณะทางด้านสัญลักษณ์คณิตศาสตร์ โดยมีเครื่องมือของการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ที่มีองค์ประกอบได้แก่ การหาวิธีดำเนินการแก้ปัญหา การนำเสนอตัวแทนความคิด และการอธิบายการให้เหตุผล

ปิยพร สีสันต์ (2555) ได้ศึกษางานวิจัย และ ได้สรุปความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์จากงานวิจัย พบว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ อธิบายถึงว่าเป็นวิธีในการคิดของแต่ละบุคคลในทางศาสตร์ด้านคณิตศาสตร์มีรูปแบบเน้นเข้าถึงวิธีการนำเอาความรู้มาใช้จากความรู้ต่างๆ ในสิ่งที่เคยได้ศึกษามาด้วยวิธีการที่มีระบบโดยจะต้องสะท้อนสิ่งที่ต้องการหาให้ได้มาซึ่งคำตอบในการแก้ปัญหาจากโจทย์ปัญหาที่เป็นลักษณะสถานการณ์การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ ให้มีความถูกต้องชัดเจน โดยทันต่อเวลา โดยใช้ กระบวนการที่เรียกว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณรวมทั้งจะต้องให้เกิดความรอบคอบของการคิดเพื่อหาคำตอบของข้อที่จะต้องสรุปได้อย่างถูกต้อง

อิทธิเทพ นวาระสุจิตร์ (2548) ได้ศึกษางานวิจัย และ ได้สรุปความหมายจากงานวิจัย ที่สรุปว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีแนวความคิดที่สะท้อนถึงกรอบการคิดในด้านที่เป็น การคิดของด้านมโนทัศน์ (concept) รวมทั้งเป็นกระบวนการคิดที่เน้นด้านกระบวนการ (process) ประกอบด้วยรายละเอียดที่อธิบายความคิดและกระบวนการ ได้แก่

1. วิธีการคิดด้านมโนทัศน์ กล่าวถึง ความคิดรวบยอดที่เชื่อมโยงสอดคล้องในการสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ด้านต่าง ๆ ของทางด้านศาสตร์คณิตศาสตร์ โดยมีการดำเนินวิธีการ (operation) มีรูปแบบของความสัมพันธ์ (relation) ในความเชื่อมโยงมโนทัศน์ต่าง ๆ ระหว่างการคิด อีกทั้งมีการปฏิบัติตามที่เรียกว่าขั้นตอนวิธี (algorithm) เป็นไปด้วยความยืดหยุ่นแม่นยำถูกต้อง มีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ได้และมีประสิทธิภาพที่เหมาะสม

2. วิธีการคิดด้านกระบวนการ กล่าวถึง ว่าเป็นวิธีการคิดสอดคล้องเกี่ยวกับการให้อธิบายเหตุผล การดำเนินการแก้ปัญหา การดำเนินการสื่อสาร อีกทั้งต้องมีการนำเสนอตัวแทนความคิดที่ถูกต้อง และการบูรณาการที่ต้องเชื่อมประสานความรู้และโยงเอาความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในด้านกระบวนการ

Duncan (2551) ได้สรุปความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่ให้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นลักษณะของกระบวนการสร้างและอธิบายถึงความเข้าใจของทางด้านวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีกระบวนการที่ต้องเน้นเข้าถึงวิธีการนำเอาความรู้มาใช้จากความรู้ต่าง ๆ ที่มีมากมายหลากหลายจากแหล่งให้ความรู้หรือการศึกษาที่ผ่านมา โดยกระบวนการนี้จะทำให้การเข้าถึงองค์ความรู้ที่จะนำทางกับนักเรียนเพื่อให้ทราบถึงจุดประสงค์ของทางวิชาคณิตศาสตร์ อีกทั้งจะช่วยดำเนินการทำให้นักเรียนสามารถได้รับความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ต้องมีการฝึกโดยต้องเกี่ยวข้องในการฝึกฝนองค์ความรู้ในทางด้านคณิตศาสตร์มากกว่าที่จะต้องมีการการแบ่งปันความสามารถของนักเรียน โดยที่นักเรียนต้องดำเนินการสร้างข้อตกลงที่ต้องสอดคล้องและเกี่ยวข้องและเป็นไปตามบริบทของทางด้านวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้น สิ่งที่ต้องเน้นย้ำว่าเป็นสิ่ง

สำคัญที่ต้องผ่านกระบวนการวิธีต่างๆ โดยนักเรียนมีโอกาสที่จะได้สิ่งที่มีมากกว่าความรู้ในศาสตร์ทางด้านคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการวิธีดำเนินการซึ่งแตกต่างตามบริบทกันออกไป มีรายละเอียดองค์ประกอบความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 5 องค์ประกอบด้วยกันได้แก่

1. การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์
2. การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์
3. การสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์
4. การเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์
5. การนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์

จากนิยามการคิดเชิงคณิตศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) คือ กระบวนการหรือวิธีการทางสมองโดยที่บุคคลจะสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ ตลอดจนถึงทักษะทางคณิตศาสตร์นำมาใช้สำหรับในการคิดและทำความเข้าใจในปัญหาที่สอดคล้องเกี่ยวข้องในเรื่องของปริมาณตัวเลข และจำนวน การให้อธิบายเหตุผล การนำเอาความรู้มาใช้เพื่อสร้างความรู้ ทักษะกระบวนการรวมทั้งวิธีการอย่างหลากหลายในทางศาสตร์สาขาวิชาคณิตศาสตร์เพื่อการสร้างทำความเข้าใจปัญหา เพื่อการค้นหาแนวทางของคำตอบ โดยสามารถที่จะสื่อสารเอาความหมายทางด้านศาสตร์สาขาวิชาคณิตศาสตร์จากการแก้ปัญหา นำออกมาให้บุคคลอื่นได้มองเห็นและรับรู้ว่าเป็นการสื่อสารทางความคิด โดยในการคิดจะเน้นกระบวนการคิดมากกว่าผลลัพธ์

2.2.1 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานและระดับอุดมศึกษา

จากแนวคิดของ Zazkis and Zazkis (2013) มีการอธิบายเกี่ยวกับระดับในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ออกเป็น 6 ระดับ โดยเป็นลำดับ(hierarchy) ไล่เรียงจากระดับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นต่ำสุดจนถึงสู่การคิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูงสุด มีรายการได้แก่

1. เป็นความสามารถของวิธีการจดจำและความสามารถในการคำนวณที่มีรูปแบบแน่นอน รวมทั้งความสามารถเฉพาะในการใช้กระบวนการและวิธีดำเนินการดังกล่าวเป็นการแสดงวิธีการแก้ปัญหาด้วยขั้นตอนคำนวณค่าแล้วต้องการสรุปคำตอบ
2. เป็นความสามารถของวิธีการสร้างความเข้าใจกฎและหลักการของการคำนวณ และสามารถนำหลักการและกฎดังกล่าวไปเป็นการแสดงกระบวนการคำนวณโดยสรุปคำตอบให้ได้อย่างถูกต้องและเข้าใจ
3. เป็นความสามารถของวิธีการสร้างความเข้าใจของความหมายของวิธีการดำเนินแนวทางแต่ละรูปแบบการดำเนินการมีวิธีรวมถึงสามารถตัดสินใจได้ว่าการดำเนินการใดที่

เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาโดยกำลังเผชิญเหตุการณ์ปัญหาอยู่นั้นแต่มีความสามารถที่จะแสดงวิธีการดำเนินการดังกล่าวเพื่อแสดงกระบวนการที่ใช้แก้ปัญหาของเหตุการณ์นั้น ๆ ได้

4. เป็นความสามารถในการพิจารณาแนวทางในการคำนวณหาคำตอบแนวทางต่างๆ เพื่อค้นหาและเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

5. เป็นความสามารถในการสร้างปัญหาจากตนเองจากการเปลี่ยนเงื่อนไขในสถานการณ์ปัญหาหรือการสร้างกระบวนการนามธรรมของสถานการณ์นั้น ๆ ได้

6. เป็นความสามารถในการสร้างปัญหาจากตนเองอย่างสร้างสรรค์ และมีความสามารถที่จะแสดงวิธีแก้ไขปัญหาดังที่เผชิญอยู่ได้อย่างสร้างสรรค์

2.3 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่จะกล่าวถึงนี้ เป็นองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นถึงลักษณะกระบวนการคิดโดยสอดคล้องเกี่ยวข้องกับศาสตร์ของคณิตศาสตร์ กระบวนการคิดดังกล่าวสามารถทำให้นักคณิตศาสตร์มีทักษะนำองค์ความรู้ในทางคณิตศาสตร์เพื่อไปใช้สำหรับการหาวิธีเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพอย่างดีที่สุด (สสวท.) โดยมีผู้มีองค์ความรู้ในด้านการศึกษาค้นคว้าได้จัด องค์ประกอบในด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ อย่างหลากหลายซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมและนำเสนอต่อไป ได้แก่

ไอโซดะและคาตาคิริ (2012) มีการอธิบายถึงการแบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็น 3 แนวทางหลักๆ ได้แก่

1. เจตคติทางคณิตศาสตร์ (mathematical attitudes) เจตคติทางคณิตศาสตร์มี 4 หัวข้อที่จะอธิบายดังต่อไปนี้

1.1 การสร้างความพยายามในการที่จะสร้างความเข้าใจในปัญหาด้วยตนเอง

1.1.1 ความพยายามในการจะต้องการตั้งคำถาม

1.1.2 ความพยายามในการสร้างความตระหนักในการรับรู้ถึงปัญหา

1.1.3 การพยายามสร้างวิธีการในความเข้าใจที่จะรับรู้ถึงปัญหาจากทางด้านคณิตศาสตร์ในโจทย์ลักษณะที่เป็นแบบสถานการณ์

1.2 การสร้างความพยายามโดยมีการจะให้อธิบายเหตุผลในเชิงตรรกะ

1.2.1 การสร้างความพยายามหาวิธีดำเนินการให้เป็นแบบความสัมพันธ์ที่ตรงเป้าหมาย

1.2.2 การสร้างความพยายามในการจะหาวิธีการพิสูจน์ลักษณะของ
มูมมอ

1.2.3 การพยายามสร้างวิธีการคิดโดยมีองค์ความรู้ขั้นพื้นฐานโดยมี
ข้อมูลเพื่อสามารถนำมาใช้ได้ ที่ได้มาจากการวิธีการเรียนรู้ทั้งก่อนหน้ารวมทั้งการออกแบบให้มี
ตั้งสมมติฐาน

1.3 ความพยายามในการจะนำเสนอให้ชัดเจนและง่าย

1.3.1 พยายามที่จะบันทึก แสดงปัญหา และผลลัพธ์ที่ง่ายและชัดเจน

1.3.2 ความพยายามในการแบ่งกลุ่มเพื่อจัดประเภทรายการของ
วัตถุประสงค์ที่เมื่อต้องการนำเสนอของข้อมูล

1.4 ความพยายามในการจะค้นหาแนวทางวิธีการโดยพยายามหาแนวคิดที่
ดีมากกว่า

1.4.1 ความพยายามในการจะเพิ่มระดับจากการคิดประเด็น
วัตถุประสงค์เพื่อไปสู่แนวทางเป็นการดำเนินวิธีการ

1.4.2 ความพยายามในการดำเนินวิธีจะประเมินค่ารูปแบบกระบวนการ
วิธีความคิดในสิ่งที่เป็นรูปธรรมรวมทั้งในสิ่งที่เป็นนามธรรมจากวิธีการของตนเอง

1.4.3 ความพยายามในการสร้างความคิดรวมทั้งสร้างแรงงานให้ได้อย่างมี
ความคุ้มค่า

2. วิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (mathematical methods) วิธีดำเนินการทาง
คณิตศาสตร์ มีด้วยกันถึง 11 วิธีการ ได้แก่

2.1 การดำเนินการวิธีคิดแบบอุปนัย

2.2 การดำเนินการวิธีการคิดแบบอนุมาน

2.3 การดำเนินการคิดแบบนิรนัย

2.4 การคิดเชิงบูรณาการ

2.5 การดำเนินการคิดในรูปแบบการคิดให้เป็นเชิงพัฒนาการ

2.6 วิธีการคิดให้เป็นเชิงนามธรรม

2.7 วิธีการสร้างความคิดให้ง่ายขึ้น

2.8 วิธีการดำเนินรูปแบบสร้างเฉพาะกรณีเป็นแบบทั่วไป

2.9 วิธีการดำเนินรูปแบบพิจารณาเป็นกรณีเฉพาะ

2.10 วิธีดำเนินการสร้างรูปแบบสัญลักษณ์(symbolizing)

2.11 วิธีการออกแบบรูปแบบนำเสนอตัวแทนด้วยจำนวน ตัวเลข และรูปภาพ

3. แนวคิดในทางด้านคณิตศาสตร์(mathematical ideas)

จากการศึกษาแนวคิดในทางด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่เป็นในส่วนของเนื้อหาและสาระของแนวคิดคณิตศาสตร์ โดยมีแนวคิดจากรายวิชาคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย เนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องของเรื่องของเซต การนำเสนอตัวแทนของความคิด วิธีการดำเนินแนวทางด้านในของวิชาคณิตศาสตร์ การเรียนรู้กระบวนการในการแก้ปัญหา วิธีการหาค่าประมาณ การหาค่าจาก การใช้สูตร ใช้กฎ รวมทั้งการใช้สมบัติต่างๆ วิธีการแก้สมการ การนำเอาความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องของตัวแปร ตลอดจนการใช้ตัวแทนเพื่อเสนอความคิดรวมทั้งการสื่อสารความหมายข้อมูลสารสนเทศ เป็นต้น

ลิ้มและฮวา (2007) ได้กล่าวถึง การจำแนกองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ได้เป็น 3 แนวทาง ได้แก่

1. ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical knowledge) คือ การมีองค์ความรู้ของเนื้อหาและสาระของวิชา และการมีมโนทัศน์ในทางด้านคณิตศาสตร์รวมด้วกับการมีความรู้ที่เกี่ยวข้องของกระบวนการวิธี

2. วิธีการดำเนินการทางความคิด(mental operations) ประกอบไปด้วย ในเรื่องของยุทธวิธีที่เกี่ยวข้องในเรื่องของการคิด ทักษะกระบวนการของการคิดตลอดจนอภิปัญญาในแต่ละบุคคลที่จะต้องมีการดำเนินการแก้ไขปัญห

3. อัจฉริยภาพ (disposition) เป็นวิธีการที่มี ลักษณะนิสัยที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนโดยสามารถเห็นได้จากวิธีการทำงานการส่งงานจากนักเรียน วิธีการที่เป็นความมั่นใจ ตั้งใจในการจะสำรวจในทางเลือก การสร้างความขยันหมั่นเพียร การสร้างความมุ่งมั่น รวมทั้งการหาความสนใจ โดยมีแนวโน้มเป็นวิธีการสะท้อนให้มองเห็นถึงกระบวนการความคิดของนักเรียน

ซอเอ็นเฟลด์(1998) ได้กล่าวถึง การนำเสนอองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบ โดยองค์ประกอบสำคัญและเกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์รวมทั้งการแก้ปัญหา ได้แก่

1. การสร้างฐานของความรู้ (Knowledge base)
2. การสร้างยุทธวิธีและวิธีการแก้ปัญหา (problem solving strategies)
3. ใช้การตรวจสอบและใช้วิธีการควบคุม (monitoring and control)
4. การใช้ความเชื่อตลอดจนการใช้ความรู้สึก(beliefs and affects)
5. วิธีการฝึกฝน (practices)

NCTM (2000) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของ กระบวนการการคิดเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งมีส่วนสำคัญ 5 ส่วนที่สำคัญ คือ

1. กระบวนการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์
2. กระบวนการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์
3. กระบวนการสื่อสารความคิดเชิงคณิตศาสตร์
4. กระบวนการเชื่อมโยงสาระหลักเชิงคณิตศาสตร์
5. กระบวนการนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์

กรองทอง ไครวี (2548) มีการศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบทั้ง 5 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์นั้น เป็นสิ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยสามารถระบุได้ว่า วิธีการที่จะดำเนินการแก้ปัญหาก็กับนักเรียนต้องดำเนินการใช้ความสามารถในด้านการสำรวจ (Explore) อีกทั้งมีการคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา รวมทั้งการใช้เหตุผลในเพื่อประกอบการหาคำตอบของปัญหาในรูปแบบธรรมดา (Routine Problem) อีกทั้งเป็นปัญหามีความแปลกใหม่ (NonRoutine Problem) ผู้วิจัยที่ศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบสามารถอธิบายได้ว่ามีนักเรียนที่ใช้เหตุผลรวมทั้งนักเรียนที่ใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ในรูปแบบของกระบวนการดำเนินการแก้ปัญหาซึ่งจะพบว่านักเรียนชอบแสดงออกถึงพฤติกรรมต่างๆ ได้แก่ พฤติกรรม ที่มีส่วนในการสังเกตอย่างรอบคอบเพื่อค้นหาแบบ รูป โครงสร้าง รวมทั้งในสิ่งที่ไม่สามารถเป็นไปตามธรรมชาติจากเหตุการณ์หรือสภาพการณ์ปัญหาของนักเรียนในวิถีชีวิตจริง อีกทั้งสถานการณ์หรือปัญหาที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ การตั้งคำถามด้วยตนเองเพื่อแสดงว่าแบบรูปข้อมูลทั้งหมดนี้ มีโอกาสเกิดขึ้นด้วยความบังเอิญหรือว่าเหตุการณ์มีโอกาสเกิดขึ้นได้อย่างมีความสมเหตุสมผล นักเรียนมีพฤติกรรมการสร้างข้อคาดการณ์โดยมีการพิสูจน์ข้อคาดการณ์ของตนเอง จากกิจกรรมวิธีดำเนินการแก้ปัญหา กิจกรรมนี้สามารถทำให้นักเรียนเกิดทักษะในทางภาษารวมทั้งทักษะทางด้านสังคม มีทักษะในการทำงานร่วมกันเป็นทีม รวมทั้งมีทักษะที่เรียกว่า ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์สามารถแสดงออกมากขึ้น จะเห็นได้ว่าเนื่องจากทักษะการสื่อสารเป็นวิธีการของเฉพาะตัวของแต่ละคน มีทักษะการแลกเปลี่ยน ความคิดของกันและกัน ตลอดจนมีพฤติกรรมการทำความเข้าใจในแนวคิด (Ideas) โดยแนวคิดต่างๆ คือสิ่งที่สะท้อนองค์ความรู้ สะท้อนความเข้าใจของนักเรียนแต่ละบุคคล มีพฤติกรรมการอภิปรายโต้แย้งและถกเถียงที่เป็นประเด็นหลักๆและสำคัญโดยได้นำไปสู่ วิธีการปรับปรุงหรือแก้ไขของปัญหาให้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น อีกประเด็นคือการนำเสนอตัวแทนความคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์ของกระบวนการรวมทั้ง

ผลผลิตจากการคิดโดยสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยกระบวนการภายนอกรวมทั้งสามารถมี
โอกาสเกิดขึ้นทั้งภายในสมองของนักเรียนโดยกำลังฝึกหัดโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Kriegler Shelley (2004) ได้กล่าวถึง การแบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การแก้ปัญหา (Problem Solving) การนำเสนอตัวแทนความคิด
(Representation) และการให้เหตุผล (Reasoning) สะท้อนถึงเครื่องมือในการช่วยให้การ
พัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยมีความสอดคล้องกับของ
Manouchehri (2005) ที่ได้กล่าวว่าเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนช่วยในการสร้างความเข้าใจ
ถึงสิ่งต่างๆ ภายนอกตัว ได้แก่ 1) การแก้ปัญหา 2) การนำเสนอตัวแทนความคิดในวิธีการมอง
รูปแบบที่มองเห็นได้ และ 3) การให้เหตุผล โดยนักเรียนที่มีเครื่องมือเกี่ยวกับการแก้ปัญหา จะ
สามารถดำเนินวิธีการแก้ปัญหาได้โดยนักเรียนจะเข้าใจว่าตัวนักเรียนเองต้องทำอะไรอย่างไร การ
ที่นักเรียนได้ใช้โอกาสพบเจอปัญหาในทางด้านคณิตศาสตร์โดยมีประเด็นวิธีการที่ใช้อย่าง
หลากหลาย หรือให้นักเรียนได้เผชิญหรือพบปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยโจทย์ปัญหามีคำตอบ
หลายคำตอบ จะสร้างนักเรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ดีและยังเป็นการสร้างให้นักเรียนเกิด
องค์ความรู้ควบคู่กับประสบการณ์ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์อีกด้วย ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์สามารถแสดงออกได้อย่างหลากหลายวิธี รวมทั้งในส่วนรูปการมองเห็น ในรูปตัวเลข
ในรูปสัญลักษณ์และในรูปของคำพูด ซึ่งการนำเสนอตัวแทนความคิดในแต่ละแบบนี้จะสามารถ
ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดจากการสื่อออกมาและสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วย
ให้เกิดความเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้ในส่วนของการคิดเพื่อ
แก้ปัญหานั้น เมื่อถึงขั้นตอนในการวางแผน ซึ่งถือว่าเป็นขั้นสำคัญ นักเรียนจะได้นำกระบวนการ
พิเศษและวิธีการต่างๆ มาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา และวิธีการที่ถูกนำมาใช้มากที่สุด
คือ การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย การเลือกกระบวนการดำเนินการทางด้านคณิตศาสตร์การ
วาดภาพรวมทั้งการสร้างตาราง (McNeil ,1974, Sonnabend, 1993)

Kriegler Shelley (2004) ได้กล่าวถึง การแบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ออกเป็น 3 องค์ประกอบได้แก่

1. ด้านการแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นความสามารถในการวิเคราะห์
ปัญหา โดยที่สามารถระบุได้ว่าสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบคืออะไร สิ่งที่ปัญหากำหนดให้คืออะไร
และสามารถเลือกใช้กลยุทธ์มาใช้ดำเนินการแก้ปัญหา เช่น การสร้างตาราง การสร้างสมการ
การวาดภาพ การลองผิดลองถูก นอกจากนี้ยังสามารถสรุปคำตอบที่ได้สอดคล้องกับปัญหา

2. ด้านการให้เหตุผล (Reasoning) เป็นความสามารถในการใช้องค์ความรู้และข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ สามารถอธิบายเหตุผลของการเลือกใช้กลยุทธ์ได้หรือสามารถอธิบายเหตุผลของการใช้ตัวแทนความคิดในการแก้ปัญหา รวมทั้งสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของคำตอบ

3. ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด (Representation) เป็นความสามารถของการใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสร้างความเข้าใจและทำความเข้าใจกับปัญหา โดยสามารถแสดงตัวแทนความคิดเพื่อแสดงกระบวนการแก้ปัญหา รวมทั้งสามารถใช้ตัวแทนความคิดเป็นการแสดงการสรุปข้อความคำตอบของการแก้ปัญหาโดยอาจมีวิธีการใช้การเขียนข้อความ การเลือกวาดภาพ หรือการเลือกใช้สัญลักษณ์ ในการใช้การขีดเขียนหรือวงกลม ในข้อความในข้อของโจทย์ สามารถกำหนดตัวแปรเขียนแผนภาพ สร้างตาราง เขียนกราฟ และสร้างตัวแบบทางเรขาคณิต จากลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ดังที่ ครีกเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004)สรุปไว้ ได้นำไปใช้เป็นกรอบแนวคิดเพื่อทำงานวิจัย การพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นไปตามตาราง

ตาราง 1 องค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ ครีกเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004)

ได้ดังนี้

องค์ประกอบ	1. การแก้ปัญหา	2. การให้เหตุผล	3. การนำเสนอตัวแทนความคิด
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	1. การวิเคราะห์ปัญหา (P1)	1. การอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (R1)	1. การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (Re1)
	2. การดำเนินการแก้ปัญหา (P2)	2. การอธิบายเหตุผลของการแก้ปัญหา (R2)	2. การใช้ตัวแทนความคิดในการแก้ปัญหา (Re2)
	3. การสรุปคำตอบของปัญหา (P3)	3. การอธิบายเหตุผลความสัมพันธ์ของคำตอบ (R3)	3. การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา (Re3)

ลักษณะขององค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ ครีกริเกลอร์ (Kriegler Shelley, 2004) ได้ดังนี้

1. การการแก้ปัญหา

1.1 การวิเคราะห์ปัญหา (P1)

1.1.1 ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการได้(สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ)

1.1.2 ระบุสิ่งที่โจทย์ถามได้

1.1.3 การเลือกใช้กลยุทธ์ ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในเรื่องใด หรือสูตรใด

มาใช้ในการแก้ปัญหา

1.2 การแก้ปัญหา (P2)

1. แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย

1.3 การสรุปคำตอบของปัญหา (P3)

1. สรุปคำตอบได้สอดคล้องกับปัญหา

2. การแสดงออกของการให้เหตุผล

2.1 การอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (R1)

1. บอกได้ถึงความสอดคล้องของสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบกับเงื่อนไขของปัญหาและความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง

2.2 การอธิบายเหตุผลของการแก้ปัญหา(R2)

1. อธิบายเหตุผลของการดำเนินวิธีในการแสดงการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล

2.3 การอธิบายเหตุผลของการตรวจสอบคำตอบได้แบบมีสมเหตุสมผลของคำตอบ (R3)

1. นำคำตอบที่ได้ไปตรวจสอบกับเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องหรือระบุได้ว่าความสอดคล้องระหว่างคำตอบหรือเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง

3. การนำเสนอตัวแทนความคิด

1. การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (Re1)

1. เขียนแผนภาพ ข้อความ หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์จากโจทย์ปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาได้อย่างเหมาะสม สามารถสื่อความหมายของปัญหาได้

2. การใช้ตัวแทนความคิดในการแก้ปัญหา (Re2)

1 นำแผนภาพ ข้อความ หรือสัญลักษณ์ รูปภาพ กราฟ มาแสดงการดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสามารถสื่อความหมายได้

3. การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา (Re3)

1. นำแผนภาพ ข้อความ หรือสัญลักษณ์ รูปภาพ กราฟ มาใช้สรุปคำตอบได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้

แพรวไหม สามารถ (2556) ได้ศึกษาแนวทางในการวัดผลและประเมินผล การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ขึ้น โดยมีการกำหนดองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ ครีกเลอร์ (Kriegler, 2004) โดยองค์ประกอบ ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิด และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน ตามนิยามเชิงปฏิบัติการในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งจะได้เกณฑ์การให้คะแนน 3 ด้านคือ เกณฑ์การให้คะแนนด้านการแก้ปัญหา เกณฑ์การให้คะแนนด้านการให้เหตุผล และเกณฑ์การให้คะแนนด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด

จากที่ได้ศึกษาองค์ประกอบแนวคิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเกณฑ์เพื่อใช้วัดผลแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดความสามารถในการเรียนรู้ตามองค์ประกอบวิธีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของครีกเลอร์ (Kriegler, 2004) ดังตาราง

ตาราง 2 แสดงองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์กับความสามารถในการเรียนรู้

องค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์	ความสามารถในการเรียนรู้
การแก้ปัญหา (P)	<p>การทำความเข้าใจปัญหา (P1)</p> <p>การดำเนินการแก้ปัญหา (P2)</p> <p>การสรุปคำตอบของปัญหา (P3)</p>
การให้เหตุผล (R)	<p>การอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้เพื่อทำความเข้าใจปัญหา(R1)</p> <p>การอธิบายเหตุผลของการดำเนินการแก้ปัญหา(R2)</p> <p>การอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหา(R3)</p>
การนำเสนอตัวแทนความคิด(Re)	<p>การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจปัญหา(Re1)</p> <p>การใช้ตัวแทนความคิดในการดำเนินการแก้ปัญหา(Re2)</p> <p>การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา(Re3)</p>

การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของหลักสูตรดัชนีปี 2015 กล่าวว่างค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. การแก้ปัญหา (Problem solving)
2. การสร้างแบบจำลอง (Modeling)
3. การสรุป (Abstracting)

จากข้อค้นพบด้วยทฤษฎีวิเคราะห์ หลักสูตรการคิดเชิงคณิตศาสตร์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนักการศึกษาหลากหลายคน พบว่า องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่สรุปได้ว่า งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้กำหนดแนวทางขององค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้มีองค์ประกอบตามแนวคิดของครีกเลอร์ (Kriegler,2004) 3 องค์ประกอบได้แก่ 1. การแก้ปัญหา 2. การให้เหตุผล และ 3. การนำเสนอตัวแทนความคิด

2.4 ความสามารถทางการคิดตามระยะการพัฒนา

บรูเนอร์ได้อธิบายแนวคิดให้ไว้ดังนี้คือ คนเรานั้นแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้และคิดเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ได้โดยตลอด จากนั้นบรูเนอร์ได้ทำการแบ่งด้านการพัฒนาการ ด้านสมองและทางด้านความคิดของคน โดยแบ่งได้จำนวน 3 ระยะอันได้แก่

1. การมีประสบการณ์โดยตรงที่สามารถสัมผัส

มนุษย์มักมีการแสดงความรู้สึกนึกคิดออกมาจากการปฏิบัติของตนเอง เป็นการถ่ายทอดประสบการณ์ด้วยการกระทำ นับได้ว่าเป็นการสัมผัสกับสิ่งที่เป็นรูปธรรม และการทำแบบนี้จะถูกใช้ไปในการใช้ชีวิตต่อไปจนตลอดชีวิตโดยไม่มีวันที่สามารถเลิกกระทำได้

2. การมองภาพเป็นสื่อช่วยในการมองเห็น

บรูเนอร์ได้อธิบายถึงพัฒนาการในด้านการมองภาพเป็นสื่อช่วยในการมองเห็น ซึ่งทางด้านความคิดในระยะนี้เป็นไปตามการมองเห็นของมนุษย์ และการสร้างภาพขึ้นในใจ รวมไปถึงการใช้ระบบประสาทสัมผัสทุกส่วน ซึ่งมนุษย์จะบันทึกประสบการณ์ในด้านต่าง ๆ ด้วยการใช้ภาพที่แทนในใจ โดยมนุษย์ที่อายุมากขึ้นก็จะสร้างภาพไว้ในใจได้มากเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แสดงว่ามนุษย์เห็นการมีความรู้และความเข้าใจจะมีการพัฒนาเพิ่มตามอายุขึ้นไป โดยจะส่งผลทำให้เมื่อมนุษย์ยิ่งเจริญเติบโตมากขึ้นก็จะยิ่งรู้จักการสร้างประสบการณ์ให้ออกมาเป็นสัญลักษณ์ได้ดียิ่งขึ้น

3. การสร้างสัมพันธ์และใช้สัญลักษณ์

บรูเนอร์ได้อธิบายถึงการสร้างสัมพันธ์และใช้สัญลักษณ์ โดยเป็นระดับที่ผู้คนจะสามารถลงมือขีดเขียนสัญลักษณ์ต่างๆ แทนวัตถุที่เห็นในระดับที่สอง ส่วนระยะของการใช้ภาพเป็นสื่อช่วยในการมองเห็น โดยสิ่งที่คุณสัมผัสอยู่ระดับที่หนึ่งคือ ระยะของการที่มีประสบการณ์ตรงและมีการสัมผัสในระยะนี้ ระยะนี้ถือเป็นระยะที่สูงที่สุดของการพัฒนาองค์ความรู้และพัฒนาการสร้างความรู้ความเข้าใจ เนื่องจากภาษาเป็นสิ่งบ่งบอกแสดงออกถึงความคิด ทักษะคิด ที่มนุษย์จะสามารถคิดหาเหตุผลและเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ รวมทั้งสามารถที่จะคิดแก้ไขปัญหาด้วย ซึ่งบรูเนอร์เชื่อว่าความรู้ความคิดรวมทั้งภาษาสามารถมีพัฒนาการให้ขึ้นมาพร้อมกันได้ทั้งหมด

จากการศึกษาความสามารถทางการคิดตามระยะการพัฒนา สรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของบรูเนอร์แบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ และระยะที่สามารถแสดงการคิดแก้ปัญหาและหาเหตุผลและเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมซึ่งเป็นระยะที่สูงที่สุดของพัฒนาการทางความรู้และความเข้าใจ คือระยะที่ 3 ซึ่งระยะนี้จึงเหมาะสมควรกับการเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่สามารถจะคิดแก้ปัญหา ให้เหตุผล และแสดงสิ่งที่เป็นนามธรรมออกมาเป็นสัญลักษณ์และความสัมพันธ์ได้

3. ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory: G theory)

เพื่อให้เป็นวิธีการที่จะเข้าใจในทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ผู้วิจัยขอแนะนำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ตามลำดับ คือ ความหมาย ความเป็นมาของทฤษฎี หลักการของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดตามแนวคิดของลอร์ด แนวคิดและข้อตกลงเบื้องต้น แหล่งความคลาดเคลื่อนที่สามารถเกิดขึ้นได้ในกระบวนการวัด คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับ G-Theory ซึ่งมีข้อมูลที่จะนำเสนอในแต่ละประเด็น คือ รายการต่อไปนี้

3.1 ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory: G theory) คือ ทฤษฎีการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยการมองถึงความสำคัญกับการออกแบบการวัด (measurement design) โดยมีการหาค่าแหล่งความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่ง โดยระดับผลความน่าเชื่อถือของผลการวัดจะมีชื่อโดยเฉพาะ คือ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (generalizability coefficient) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550)

3.2 ที่มาทฤษฎี G theory

ครอนบาค และคณะ (Cronbach et al.1972; อ้างอิงจาก ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, น.12) มีการนำเสนอทฤษฎีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือของผลการวัดของพฤติกรรม (dependability of behavioral measurement) สำหรับใช้ในเหตุการณ์ของการทดสอบในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการวัดผล โดยปัจจุบันมีชื่อเรียกว่า ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory) หรือ G theory ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดเป็นทฤษฎีที่ขยายแนวคิดจากทฤษฎีการทดสอบแบบเก่าหรือแบบเดิม (classical test theory) โดยเป็นทฤษฎีมองเห็นความจำเป็นในการทดสอบโดยมีการระบุจำนวนของแหล่งความคลาดเคลื่อนจากทดสอบหรือการวัดที่มีผลทำให้เกิดความไม่คงที่ของคะแนนสังเกตได้ (inconsistencies in observed scores) (Brennan ,2011) จากโมเดลการวัดตามแนวคิดทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม คือ

$$X = T + E$$

X แทน คะแนนสังเกตได้

T แทน คะแนนจริง

E แทน คะแนนคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

โมเดลการวัดดังกล่าวมีข้อควรพิจารณา 2 ประการ คือ

1. คะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง หากต้องการใช้โมเดลนี้จะต้องมีข้อตกลงที่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นเพิ่มเติมดังนี้

1.1 หากระบุค่าคะแนนจริงเสมือนกับเป็นค่าคาดหวังของคะแนนสังเกตได้ จะเป็นเงื่อนไขให้ค่าคาดหวังของคะแนนคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์

1.2 หากระบุค่าคาดหวังของคะแนนคลาดเคลื่อนเสมือนกับมีค่าเป็นศูนย์ จะเป็นเงื่อนไขให้คะแนนจริงเป็นค่าคาดหวังของคะแนนสังเกตได้ข้อสังเกตจากข้อตกลงเบื้องต้นเพิ่มเติม

จากข้อ 1.1-1.2 ดังนั้น สิ่งที่เกิดขึ้นในข้อตกลงเบื้องต้นเพิ่มเติมทั้ง 2 ข้อได้ผลเหมือนกัน คะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อนมีความเชื่อมโยงกัน

2. คะแนนจริงเป็นคะแนนที่ไม่สามารถบอกค่าที่แท้จริง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) จากการศึกษาว่าด้วยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมโดยมีการมุ่งที่จะแสดงความไม่คงเส้นคงวาจากการทดสอบโดยการพิจารณาจากแหล่งความคลาดเคลื่อนเพียงแหล่งเดียวสำหรับการวัดในแต่ละครั้ง เช่น

1) ความคลาดเคลื่อนมาจากการทิ้งช่วงระยะเวลาของการสอบซ้ำจะสามารถประมาณค่าของความเชื่อมั่นเป็นแบบ วิธีทดสอบซ้ำ(test-retest method)

2) ความคลาดเคลื่อนมาจากจำนวนชุดของแบบทดสอบคู่ขนานจะสามารถประมาณค่าของความเชื่อมั่นเป็นแบบ วิธีแบบทดสอบสมมูล (equivalence forms method)

3) ความคลาดเคลื่อนมาจากความยาวของแบบทดสอบจะสามารถประมาณค่าความเชื่อมั่น เป็นแบบ วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบและปรับเป็นค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วยสูตรของสเปียร์แมน(Spearman formula) เป็นต้น โดยที่ G- theory ได้พิจารณาถึงแหล่งความคลาดเคลื่อนพหุ (multiplesources of error) ที่สามารถวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากหลายแหล่งพร้อมกันไป ซึ่งสามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

3.3 หลักการของ G theory

สำหรับหลักการของ G theory จะประกอบด้วย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดตามแนวคิดของลอร์ดแนวคิดที่สำคัญโดยเป็นข้อตกลงที่ได้จากเบื้องต้น และแหล่งความคลาดเคลื่อนที่สามารถเกิดขึ้นในกระบวนการวัด

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดตามแนวคิดของลอร์ด (Lord's Standard Error of Measurement)

การวิเคราะห์ตาม G theory สามารถวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากหลายแหล่งด้วยการวิเคราะห์ไปด้วยกันได้ Brennan (2011) อธิบายว่า หลักการของการวิเคราะห์ของ G- theory นำมาประยุกต์ใช้ในหลักการแบบการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานตามการวัดตามแนวคิดของลอร์ด ในปี ค.ศ. 1955 รวมทั้งจากในปี 1957 ลอร์ดมีการเสนอแนวคิดในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดด้วยการพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนของคะแนนสังเกตของผู้สอบโดยที่คะแนนสังเกตนั้นเกิดจากนักเรียนที่เป็นผู้สอบทำข้อสอบจำนวน k ข้อโดยสุ่มแบบเป็นไปไม่ได้ทั้งหมดจากเอกภพของข้อสอบ (universe of items) จะเห็นได้ว่าแนวคิดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของลอร์ดเป็นที่มาตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด สามารถสรุปที่มาของแนวคิดได้ 2 ประเด็น คือ

1. ลอร์ดใช้กระบวนการสุ่มเพื่อประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมากกว่าการใช้ความเป็นคู่ขนานของแบบทดสอบตามแนวคิดของสเปียร์แมน

2. ลอร์ดได้มีวิธีการออกแบบการทดสอบโดยยังคงมีการหาค่าความแปรปรวนภายในของบุคคล

การศึกษาสาระสำคัญ แสดงให้เห็นว่าทฤษฎี G theory หรือการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดใช้แนวคิดของลอร์ดโดยมีการเน้นการประมาณค่าของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน ส่วนทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิมเน้นที่ความเป็นคู่ขนานของแบบทดสอบ (parallelism assumption) โดย G theory ได้มีการออกแบบการทดสอบแตกต่างจากวิธีการทดสอบแบบดั้งเดิม แสดงว่าการออกแบบการวัดตามทฤษฎี G theory หรือการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด มีแหล่งที่ต้องศึกษาดังต่อไปนี้

1) การแสดงถึงแหล่งความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่ง โดยต้องมีเรียกชื่อเฉพาะว่า เงื่อนไขในการวัด (facet) จำแนกเป็น เงื่อนไขของการวัด 1 เงื่อนไข (one facet design) และมากกว่า 1 เงื่อนไข (multifaceted designs)

2) นำเงื่อนไขการวัดที่ระบุไว้มาออกแบบการวัดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาสรุปเชิงอ้างอิง (generalizability study) โดยที่การศึกษารูปเชิงอ้างอิงเป็นการศึกษาและวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อน จำแนกเป็น แบบไขว้ (crossed design) แบบแฝงเต็มรูป (fully nested design) และแบบแฝงบางส่วน (partially nested design)

ดังนั้นผลการวิเคราะห์มีค่าโดยตรงจากการออกแบบการวัดขั้นต้น ซึ่ง ผลการศึกษาเชิงสรุปอ้างอิงของผู้วิจัยสามารถนำไปใช้สำหรับวางแผนเพื่อตัดสินใจว่าสถานการณ์ของการวัดในลักษณะใดควรถูกนำไปใช้เพื่อให้เกิดค่าความน่าเชื่อถือของผลการวัด ที่เรียกว่า การศึกษาเชิงตัดสินใจ (decision study)

3.4 แนวคิดสำคัญและข้อตกลงเบื้องต้น

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) จากการศึกษาแนวคิดของ การศึกษาความน่าเชื่อถือตามผลการวัดตามแนว G theory ตั้งอยู่บนพื้นฐานตามข้อตกลงเบื้องต้น มีรายละเอียดคือ

1. คุณลักษณะของการอยากมุ่งวัดตามบุคคลไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ หรือด้านทัศนคติ และด้านคุณลักษณะแนวทางอื่น ๆ โดยมีเป้าหมายของการวัด เป็นค่าที่อยู่ในสภาวะคงที่ (steady state)

2. ผู้สอบคนเดียวมีคะแนนแตกต่างกันจากในการวัดของแต่ละสถานการณ์ โดยภายใต้เงื่อนไขในการวัด เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่งโดย

คุณลักษณะด้านวุฒิภาวะรวมทั้งด้านการเรียนรู้ในระหว่างการวัดไม่ถือว่าเป็นแหล่งความคลาดเคลื่อนของคะแนนที่ได้จากการวัด

3. เมื่อพิจารณาผู้สอบทั้งกลุ่ม ความแปรปรวนของคะแนนสังเกตได้ประกอบด้วยความแปรปรวนของคะแนนที่แท้จริงโดยมีค่าที่เป็นความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างบุคคลและ ค่าความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่งและความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสุ่ม

3.5 แหล่งความคลาดเคลื่อนที่มีโอกาสเกิดขึ้นภายใต้วิธีการวัด

1. การปล่อยทิ้งในช่วงระยะเวลาที่มีการทดสอบซ้ำของข้อมูล อาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ภายใต้ระยะเวลามีโอกาสส่งผลให้เกิดความไม่คงที่ของผลการวัดได้

2. จำนวนของข้อจากแบบทดสอบหรือแบบวัดคุณลักษณะ โดยมีการตัดลดความยาวของข้อสอบที่เป็นเครื่องมือวัดโดยจะมีผลส่งผลให้มีค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบลดลงไปด้วย

3. จำนวนผู้ตรวจสำหรับการให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัย แบบทดสอบวัดคุณลักษณะทางการศึกษาหรือการสัมภาษณ์เพื่อสอบคัดเลือกบุคคลเข้าทำงาน จำเป็นต้องอาศัยผู้ตรวจหรือผู้สัมภาษณ์ที่ต้องมีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในการประเมินคุณลักษณะนั้น ๆ การออกแบบการวัดที่มีจำนวนผู้ตรวจหรือผู้ประเมินที่ไม่เหมาะสมจะทำให้มีผลต่อค่าความน่าเชื่อถือของผลการวัดที่เป็นไปในด้านคุณภาพลดลง

4. อิทธิพลจากอันดับในการจัดเรียงข้อสอบตามค่าความยากง่าย หรือการจัดเรียงอันดับของข้อคำถามที่เกิดขึ้นตามลักษณะวิธีของกระบวนการคิดที่นำมาใช้สำหรับเพื่อเป็นวิธีการแก้ไขปัญหิต่างๆ หากมีการจัดเรียงข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องและไม่เหมาะสมจะทำให้ความน่าเชื่อถือของผลการวัดเกิดผลที่ได้ไม่มีคุณภาพตามมา

5. คุณลักษณะหรือคุณสมบัติจำเป็นโดยที่ควรเป็นผู้ตรวจให้คะแนน เช่น ความเข้มงวด ใจดีของผู้ตรวจ หากลดอิทธิพลของผู้ให้คะแนนแบบเข้มงวดมากเกินไป บางทีใจดีเกินไป จากการต้องมีคุณลักษณะที่ชัดเจนของจำนวนผู้ตรวจให้มีคุณลักษณะหรือคุณสมบัติที่เป็นกลางโดยจะต้องระบุจำนวนของผู้ที่ต้องการตรวจให้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมจะทำให้ผลของค่าความน่าเชื่อถือของผลการวัดตามแนวคิดของ G theory คะแนนที่จะได้จากการวัดภายใต้สถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขของการวัดเดียวกันด้วยแบบทดสอบชุดเดียวกัน และจัดการสอบครั้งเดียว คะแนนที่ได้ไม่อาจสามารถเชื่อถือได้อย่างเต็มที่เพราะคะแนนที่ได้ไม่เป็นตัวแทนที่ดีของคะแนนจริงซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ย โดยได้รับคะแนนจากการทดสอบในข้อสอบที่มีสถานการณ์จำนวนมากโดยใช้แบบทดสอบที่มีจำนวนมากกว่า 1 ชุด และดำเนินการทดสอบที่มากกว่า 1 ครั้ง ดังนั้น

จากโมเดลของ G theory จึงต้องดำเนินการออกแบบการวัด โดยต้องการทำการศึกษาและวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจริงและคะแนนคลาดเคลื่อน ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถนำไปใช้เพื่อการวางแผนสำหรับให้มีการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (generalizability coefficient) ซึ่งเหมือนกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (reliability coefficient) ของแบบวัดภายใต้เงื่อนไขการสอบ นำมาสู่ผู้ดำเนินการวิจัยที่ต้องเลือก และมีความต้องการเลือกเงื่อนไขการวัดของค่าเป็นไปได้อย่างมีความเชื่อมั่นตามความสนใจที่ผู้ดำเนินการวิจัยอยากได้

3.6 คำศัพท์สำหรับทฤษฎี G – Theory

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด มีคำศัพท์เฉพาะต่อไปนี้(ศิริชัย กาญจนวาสี ,2550)

1. ประชากร และเอกภาพ

1.1 ประชากร คือ ข้อมูลที่ต้องการวัดทั้งหมด ในสถานการณ์ทั่วไปสิ่งที่ต้องการวัดได้แก่ ผู้คนหรือผู้ทดสอบ

1.2 เอกภาพ คือ องค์ประกอบ กลุ่มเงื่อนไขของการวัดที่สนใจทั้งหมดกลุ่มเงื่อนไขของการวัด หรือ ฟาเซท ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่จะมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการวัด จากการออกแบบจำนวนฟาเซท(องค์ประกอบ) และจำนวนเงื่อนไข(ระดับการวัด) ของแต่ละองค์ประกอบแล้ว การวัดที่ครอบคลุมเงื่อนไขที่สนใจทั้งหมด เรียกว่า เอกภาพของการสรุปอ้างอิง ซึ่งเป็นเงื่อนไขของการวัดทั้งหมดที่เป็นตัวหลักของการสรุปอ้างอิงคุณภาพของแบบสอบ โดยต้องแสดงวิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสอบจากกลุ่มของประชากรที่ทดสอบภายใต้เงื่อนไขของการวัดที่สนใจทั้งหมด คือ เอกภาพของค่าที่ได้จากการสังเกตทั้งหมด

1.3 ฟาเซท คือเงื่อนไขในการต้องการอยากที่จะศึกษาจะเป็นองค์ประกอบส่วนรวมทั้งอาจเป็นองค์ประกอบเจาะจงก็ได้ ถ้าเงื่อนไขภายใต้การวัดถูกเลือกมาอย่างเจาะจงจากองค์ประกอบที่ศึกษาแสดงว่าผู้ศึกษาสามารถที่จะสรุปอ้างอิงค่าของความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบไปสะท้อนค่าขององค์ประกอบเฉพาะระดับของเงื่อนไขที่เลือกศึกษาเท่านั้น ดังนั้นเงื่อนไขการวัดได้รับการสุ่มที่เป็นตัวแทนองค์ประกอบที่ศึกษา แสดงว่าผู้ที่จะศึกษาจะสรุปอ้างอิงความเชื่อมั่นจากแบบทดสอบไปสู่ระดับต่าง ๆ ของตัวแทนองค์ประกอบที่ต้องศึกษา

2. การศึกษา G (G - Study) และ D (D - Study)

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือ มีขั้นตอนของการดำเนินการวิเคราะห์ และศึกษาเฉพาะอย่างสำคัญประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ วิธีการศึกษาเชิงสรุปอ้างอิงความ

นำเชื่อถือของผลการวัด หรือการศึกษา G (Generalizability Study) และการศึกษาเชิงตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์และการศึกษาตัดสินใจเชิงสมบูรณ์ ที่เรียกว่าการศึกษา D (Decision Study)

2.1 การศึกษา G (Generalizability Study) หมายถึงการสรุปอ้างอิงผลความน่าเชื่อถือของผลการวัดโดยการวิเคราะห์ค่าตัวอย่างของการทดสอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขตามสนใจของผู้ต้องการทดสอบ เป็นคะแนนความแปรปรวนจากแหล่งความคลาดเคลื่อนจากแหล่งความคลาดเคลื่อนหลายแหล่ง ดำเนินการสรุปอ้างอิงไปสู่ข้อมูลในเอกภพของการทดสอบ

2.2 การศึกษา D (Decision Study) คือการใช้ข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนจากการศึกษา G (Generalizability Study) ที่มีความเชื่อมโยงกับเป้าประสงค์เฉพาะในการเลือกขั้นตอนการตัดสินใจในการทำแบบสอบที่ใช้ในการวัดคุณลักษณะต่างๆที่ผู้ตัดสินใจเป็นคนเลือก

3. ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์และสัมพัทธ์ (Absolute and Relative Error Variance)

จากทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม คะแนนจริงจากที่ได้มาเป็นคะแนนผู้สอบคือค่าเฉลี่ยของคะแนนจากทดสอบซ้ำ ๆ โดยแบบทดสอบคู่ขนาน คะแนนความแปรปรวนของคะแนนจริง จึงเป็นความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการสอบนั้น และคะแนนความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ เป็นผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

$$X_{pi} = T_{pi} + E_{pi}$$

$$\sigma^2_{X_p} = \sigma^2_{\mu p} + \sigma^2_{e_p}$$

สำหรับ G – Theory คะแนนของเอกภพ คือค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบซ้ำหลายครั้ง ตามเงื่อนไขการทดสอบในเอกภพจากการสรุปอ้างอิง โดยความคลาดเคลื่อนของการวัด E_{pi} ถูกจำแนกออกเป็นความคลาดเคลื่อนจากฟาสเซท หรือกลุ่มเงื่อนไขของการวัด E_i และความคลาดเคลื่อนจากแหล่งที่เหลืออื่น ๆ (e_{pi}) ส่วนความแปรปรวนของค่าคาดหวังของคะแนนที่สังเกตได้ เป็นผลรวมของค่าคะแนนแปรปรวน $\sigma^2_{\mu p}$ กับค่าแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจากฟาสเซท จากองค์ประกอบต่าง ๆ จากการวัด $\sigma^2_{e_p}$ มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนจากแหล่งอื่น ๆ $\sigma^2_{e_p}$ ดังนี้

$$X_{pi} = T_{pi} + E_{pi}$$

$$\sigma^2_{X_p} = \sigma^2_{\mu p} + \sigma^2_{e_p}$$

ถ้าผู้สอบทุกคนในประชากรทำแบบสอบถามที่ประกอบด้วยแบบทดสอบทุก
ระดับความยาวเอกภาพ จะได้ คะแนนที่สังเกตได้ของคนแต่ละคน X_{pi} ซึ่งแสดงแยกได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 X_{pi} &= \mu && \text{(ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยทั้งหมด)} \\
 &+ \mu_p - \mu && \text{(อิทธิพลของบุคคล)} \\
 &+ \mu_i - \mu && \text{(อิทธิพลของข้อสอบ)} \\
 X_{pi} &= -\mu_p - \mu_i - \mu && \text{(ส่วนที่เหลือ หรือ } E_{pi} \text{)}
 \end{aligned}$$

เมื่อ สัญลักษณ์ต่าง ๆ แทนค่าดังต่อไปนี้

μ ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมดจากประชากรในเอกภาพ

μ_p คะแนนเอกภาพของแต่ละคน

μ_i คะแนนเฉลี่ยรายข้อ

ให้จัด X_{pi} ในรูปของคะแนนเบี่ยงเบนจาก μ

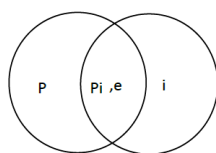
$$X_{pi} - \mu = (\mu_p - \mu) + (\mu_i - \mu) + e_{pi}$$

ดังนั้น $\sigma^2_{X_p} = \sigma^2_{\mu_p} + \sigma^2_{e_p}$

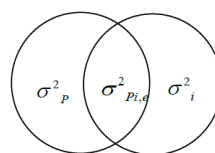
ความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ใน 1 facet crossed design จึงประกอบด้วย 4 องค์ประกอบคือ

1. ความแตกต่างของระหว่างบุคคลกับสิ่งที่ต้องการวัด
2. ความแตกต่างระหว่างความยากของข้อสอบ
3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับข้อสอบ
4. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม

ความแปรปรวนจากแหล่งที่ 3 และ 4 ไม่มีโอกาสที่คะแนนความแปรปรวนจะถูกแยกให้ออกจากกันได้ จึงเป็นที่มาของความแปรปรวนที่มีแหล่งความแปรปรวนเดียวกัน ดังภาพ



ก. แหล่งของความผันแปร
(source of variation)



ข. องค์ประกอบของความแปรปรวน
(variance component)

ภาพประกอบ 2 แหล่งความแปรปรวน

$$\text{ดังนั้น} \quad \sigma^2_{x_p} = \sigma^2_p + \sigma_i^2 + \sigma_e^2$$

การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน(ANOVA) จากวิธีการประมาณค่าที่ได้จากองค์ประกอบของคะแนนความแปรปรวนใน (G - Study) เราสามารถประยุกต์การศึกษาวเคราะห์ค่าความแปรปรวน โดยวิเคราะห์ 2 way ANOVA หรือ p x i design แสดงตามตาราง

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Squares	Expected Mean Squares
Person (p)	SS_p	$n_p - 1$	$MS_p = SS_p / df_p$	$E(MS_p) = \sigma_{pi,e}^2 + n_i \sigma_p^2$
Item (i)	SS_i	$n_i - 1$	$MS_i = SS_i / df_i$	$E(MS_i) = \sigma_{pi,e}^2 + n_p \sigma_i^2$
pi,e	$SS_{pi,e}$	$(n_p - 1)(n_i - 1)$	$MS_{pi,e} = SS_{pi,e} / df_{pi,e}$	$E(MS_{pi,e}) = \sigma_{pi,e}^2$

ภาพประกอบ 3 แสดงการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน

สำหรับความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่มีองค์ประกอบต่าง ๆ จากการวัดโดยแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

3.1 ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ คือ ความแปรปรวนซึ่งหาได้จากผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจากแหล่งต่าง ๆ ยกเว้น $\sigma^2_{x_p}$ หรือ σ^2_p

3.2 ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ คือ ความแปรปรวนของ $\mu_p - X_p$ ซึ่งหาได้จากผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอบ(p)

4. สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G -Coefficient)

จากทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม สัมประสิทธิ์ค่าความเชื่อมั่น จากแบบทดสอบวัดเป็นอัตราส่วนระหว่างคะแนนความแปรปรวนของคะแนนจริงกับคะแนนที่สังเกตได้

$$\begin{aligned} \text{Reliability} &= \frac{\sigma^2_I}{\sigma^2_X} \\ &= 1 - \frac{\sigma^2_E}{\sigma^2_X} \\ &= \rho^2_{XT} \\ &= \rho^2_{XX'} \end{aligned}$$

ภาพประกอบ 4 คะแนนสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

สำหรับ G – Theory มีสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G -Coefficient) เป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพกับความแปรปรวนของค่าคาดหวังของคะแนนที่สังเกตได้ ดังนี้

$$G - coefficient = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + ErrorVariance}$$

ภาพประกอบ 5 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

เนื่องจากค่าแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนขององค์ประกอบ ของการทดสอบมี 2 ประเภทส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงได้ 2 ประเภท คือ

4.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของการสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ คะแนนความคลาดเคลื่อนเป็นความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ สัมประสิทธิ์จะแสดงค่าความเที่ยงแบบสอบ ของสถานการณ์จากการตัดสินใจโดยขึ้นอยู่กับคะแนนของผู้ทดสอบเพียงคนเดียวไม่มีเปรียบเทียบจากภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

4.2 สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์ คือคะแนนความคลาดเคลื่อนเป็นความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ สัมประสิทธิ์จะบอกความเที่ยงแบบสอบ จากสถานการณ์ของการตัดสินใจโดยมีการเปรียบเทียบคะแนนระของผู้ทดสอบ

5. รูปแบบสัมพัทธ์ระหว่างองค์ประกอบ คือ องค์ประกอบจากการแสดงแหล่งความแปรปรวนของรูปแบบการวัดในแบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวน รูปแบบความสัมพัทธ์นี้มี 3 ประเภทดังนี้

5.1 ประเภทสัมพัทธ์แบบไขว้ เป็น ความสัมพันธ์ของลักษณะแต่ละระดับในสิ่งต้องถูกวัด จากได้เงื่อนไขเพียงสิ่งเดียวกันโดยสามารถทำการกำหนดตัวแปร คือ x อ่านว่า crossed with ตัวอย่างคือ กำหนดแบบรูปของความสัมพัทธ์ในระหว่างองค์ประกอบให้มีตัวแปร คือ $p \times i \times r$ โดยที่นักเรียนกำหนดตัวแปร คือ (p) จำนวนข้อสอบกำหนดตัวแปรคือ (i) ทุกข้อรวมทั้งการมีผู้ตรวจกำหนดตัวแปรคือ (r) มีการกำหนดเงื่อนไขตรวจข้อสอบให้นักเรียนทุกคนโดยต้องตรวจข้อสอบให้ทุกข้อ

5.2 ประเภทความสัมพัทธ์แบบแฝง เป็น ความสัมพันธ์ของลักษณะที่เป็นข้อมูลแต่ละระดับจากสิ่งที่จะถูกวัดนั้นโดยจะวัดภายใต้เงื่อนไขแบบที่ต่าง สัมมูลลักษณะ คือ :

ให้มีคำอ่านว่า nested within คือ กำหนดแบบรูปความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเป็น $i : r$ ที่ผู้ตรวจ (r) ตรวจข้อสอบ (i) ในลักษณะข้อสอบไม่เหมือนกัน

5.3 ประเภทความสัมพันธ์แบบผสม เป็น ความสัมพันธ์ของลักษณะที่มีความสัมพันธ์แบบไขว้และความสัมพันธ์แบบแฝงผสมกันอยู่ เช่นตัวอย่างของการ กำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคือ $p \times (i : t)$ โดยที่นักเรียนตัวแปรคือ (p) ทำข้อสอบตัวแปรคือ (i) บางข้อที่อยู่ในแบบสอบ (t)

โดยการศึกษาทฤษฎีของการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory) คือสิ่งการศึกษาที่บ่งบอกถึงระดับของค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ได้โดยการวัดผล โดยให้ค่าคะแนนความคลาดเคลื่อนมีหลายค่า จึงส่งผลให้การสรุปของค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจากการวัดให้ค่าคะแนนความชัดเจน โดยวิธีการนี้สามารถสรุปอ้างอิงจากผลของการวัดได้อย่างครอบคลุมและหลากหลายมิติ สามารถวิเคราะห์ไปถึงอิทธิพลตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อค่าของความเชื่อมั่นของการทดสอบ สามารถส่งผลให้การดำเนินการปรับปรุงหรือดำเนินการแก้ไขจากการทดสอบการวัดสามารถดำเนินการได้โดยตรงเกิดข้อผิดพลาดน้อย โดยการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้ศึกษาวิจัยสนใจที่อยากต้องการใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability theory) โดยศึกษาวิเคราะห์ในการดูผลของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G -Coefficient) นำผลที่ได้มาสรุปค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน โดยนำเสนอค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G -Coefficient) 2 ประเภท ได้แก่ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ และสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์

4. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2552)มีคำสั่งให้โรงเรียนดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นหลักสูตรแกนกลางที่มีลักษณะเป็นแนวทางการจัดการศึกษาพัฒนาผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายหลักสูตรโดยกำหนดให้มีมาตรฐาน กำหนดให้มีตัวชี้วัดและกำหนดให้มีสาระการเรียนรู้แกนกลาง 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ในการศึกษาหลักสูตรของผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับสาระการเรียนรู้ มาตรฐาน ตัวชี้วัด ต่อไปนี้

4.1 สารและมาตรฐานการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ได้กำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนดังนี้

1. สาระการเรียนรู้ของจำนวนaและพีชคณิต

1. สาระการเรียนรู้ของจำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และการนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับ และอนุกรม และนำไปใช้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

2. การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีทางเรขาคณิต และนำไปใช้

3. สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้ในการศึกษาหลักสูตรแกนกลางของกระทรวงศึกษาธิการซึ่งเป็นหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551(ฉบับปรับปรุงแก้ไข พ.ศ. 2560) ได้กำหนดให้มีสาระการเรียนรู้มาตรฐานและตัวชี้วัดที่สำคัญไว้คือ 3 สาระประกอบไปด้วยสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต และสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น โดยผู้วิจัยมีการดำเนินการศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุงแก้ไข พ.ศ.2560) เพื่อสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหา

1. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

วิธีการใช้วัดและประเมินผลการเรียนรู้การแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาในทางด้าน วิชาคณิตศาสตร์ เพื่อให้ทราบผลการเรียนรู้ที่แท้จริงของนักเรียน ดังนั้น การตรวจสอบคุณภาพ เครื่องมือ ได้แก่ ความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรง และความเป็นปรนัย ควรตรวจสอบให้ชัดเจน ตรง ตามความสามารถของผู้เรียน เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ศึกษาการ หาคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้ กรมวิชาการ(2539) ให้ความหมายของการตรวจสอบคุณภาพ เครื่องมือในการประเมินผลการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. ค่าความเชื่อมั่น คือ ความสามารถในการตรวจให้คะแนนให้คงที่ ถึงแม้ จะต้องทดสอบด้วยจำนวนทั้งหมดไม่จำกัดครั้งด้วยข้อสอบชุดเดิมโดยอาจเป็นข้อสอบที่เป็น ข้อสอบคู่ขนาน ส่วนการวัดผลการประเมินจากการแสดงออกของนักเรียน ผู้ตรวจจะให้คำแนะนำ ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงวิธีการให้คะแนนอยู่เสมอสอดคล้องกับ ล้วน สายยศ (2543) ที่อธิบายความ เชื่อมั่นว่า หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการสอบนักเรียนคนเดียวกันหลายครั้งโดยใช้ แบบทดสอบชุดเดิม โดยผู้วิจัยหาความเชื่อมั่นโดยใช้ความสอดคล้องภายใน ซึ่งเป็นการหาความ เชื่อมั่นจากการทดสอบเพียงครั้งเดียว ด้วยวิธีของครอนบาคในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา ซึ่งเหมาะสม กับแบบทดสอบที่มีการให้คะแนนมากกว่า 0 และ 1

2. ความเที่ยงตรง หมายถึง คุณภาพของแบบวัดเครื่องมือในการวัดได้ตรงกับ จุดประสงค์ของการวัด (สุนันท์ ,น.287) สอดคล้องกับ ไพศาล วรคำ (2559) กล่าวว่า ความ เที่ยงตรงคือคุณภาพของเครื่องมือในการวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการวัด และความถูกต้อง แม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด

3. ความเป็นปรนัย หมายถึง ความสามารถของข้อคำถามในการประเมิน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แน่นอนปราศจากอคติและความรู้สึกของบุคคล (ล้วน สายยศ, 2543)

ดังนั้น การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือจากพัฒนาแบบวัดการคิดเชิง คณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยต้องการที่จะตรวจสอบความเที่ยงตรง ตามเนื้อหา เพื่อตรวจสอบว่าแบบทดสอบสามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหา และจุดประสงค์ที่ต้องการ วัดหรือไม่ โดยใช้วิธีการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบที่สร้างขึ้นกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ตามมาตรฐานและตัวชี้วัด รวมทั้งการหาความเชื่อมั่นโดยใช้ความสอดคล้องภายในด้วยวิธีครอน บาคในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

Schielack (2000) ได้ศึกษาวิจัย เรื่องการออกแบบคำถามเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยมีการกำหนดคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนหาหนทางที่จะใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมต่างๆ มีการแนะนำที่จะสรุป การอภิปรายเพื่อหาเหตุผลรวมถึง การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน การจัดประสบการณ์จะเน้นคำถามที่ใช้กระบวนการในการหาคำตอบ ซึ่งผลการศึกษาพบว่านักเรียนสามารถพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้

Cai J (2003) ได้ศึกษาวิจัย การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนในสิงคโปร์ในระดับเกรด 4-6 ในการแก้ปัญหาและตั้งปัญหา ซึ่งผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสิงคโปร์ระดับเกรด 4-6 ส่วนใหญ่สามารถเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และเลือกใช้ตัวแทนความคิดแสดงกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อสื่อสารการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม นักเรียนสิงคโปร์ส่วนใหญ่สามารถตั้งปัญหาแบบรูปในแบบรูปเริ่มต้นได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ในงานชิ้นที่ 4 นักเรียนเกรด 4-6 มีการแสดงคำตอบที่ถูกต้องแตกต่างกัน โดยนักเรียนเกรด 5 มีการแสดงคำตอบที่ถูกต้องสูงกว่านักเรียนเกรด 4 และนักเรียนเกรด 5 และเกรด 6 มีการแสดงคำตอบที่ถูกต้องไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของจีน พบว่านักเรียนสิงคโปร์มีลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์คล้ายกับนักเรียนจีน

Kashei et al (2012) ได้ศึกษาวิจัย การส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักศึกษา ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ในการเรียนฟังก์ชันสองตัวแปรด้วยการเรียนรู้แบบผสมผสาน ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้แบบผสมผสานส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักศึกษา และช่วยให้นักศึกษาเอาชนะอุปสรรคในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการขาดความรู้พื้นฐานในเรื่องฟังก์ชันตัวแปรเดียวและการดำเนินการทางพีชคณิตยังเป็นเหตุผลหลักที่เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ฟังก์ชันสองตัวแปรของนักศึกษา

Ferri Rita Borromeo (2014) ได้ศึกษาวิจัย การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็ก อายุ 15 - 16 ปี โดยศึกษาในรูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพและกำเนิดทฤษฎีใหม่เป็นทฤษฎีฐานราก (Grounded Theory) เพื่อทำความเข้าใจในส่วนของกระบวนการวิธีคิด และวิธีการแก้ปัญหาของเด็กนักเรียน ผลจากการศึกษาวิจัยได้เสนอความเห็นว่าการบวนวิธีของการแก้ปัญหาสามารถจำแนกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการสร้างความคิดแบบจินตนาการภายใน (Internal Imagination) โดยมีการสร้างความคิดจินตนาการอยู่ภายในของแต่ละบุคคลในขณะที่จะพยายามจะหากระบวนการแก้ปัญหา ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิดภายนอก (External Representation)

เป็นการนำเสนอภายนอกตัวบุคคลสอดคล้องกับข้อเท็จจริงในทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอจากตัวบุคคล ด้านการวิเคราะห์ภาพรวม (Wholist-Analyst) เป็นวิถีทางของการคิดและกลยุทธ์วิธี และด้านการสร้างภาพในทางสาขาวิชาคณิตศาสตร์ (Image of Mathematics) เป็นการสร้างภาพทางคณิตศาสตร์ ตามที่ยืนยันสอดคล้องค่าความคงทนของการทำให้มีส่วนเป็นความชอบในทางสาขาวิชาคณิตศาสตร์

รุ่งทิภา นานำรุ่ง (2550) ได้ศึกษาวิจัย เพื่ออธิบายถึงวิธีการศึกษาวิถีธรรมชาติของการคิดเชิงคณิตศาสตร์เรื่องการคูณและการหารของเด็กเล็กอายุตั้งแต่ 7-10 ปีได้ข้อสรุปจากการศึกษาว่า เมื่อเด็กเจอโจทย์ปัญหาในลักษณะที่ไม่มีความคุ้นเคยในเรื่องของการคูณและการหารจำนวนนับ เด็กสามารถแสดงความคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างหลากหลายวิธีตามธรรมชาติของนักเรียนโดยนักเรียนมีส่วนร่วมมากมีการสื่อสารด้วยการนับเป็นวิธีดำเนินการแก้ปัญหามากที่สุด ส่วนวิธีการแก้ปัญหานักเรียนใช้อีกคือการใช้การบวกการลบ และการใช้ตัวแบบ เป็นต้น อีกทั้งเด็กที่มีอายุตั้งแต่ 7-10 ปี มีลักษณะรูปแบบการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นส่วนเฉพาะของตนเองโดยอาศัยการหยั่งรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง ซึ่งถือเป็นการนำความรู้เชิงสหัญญาณ ทักษะและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่เคยมีประสบการณ์มาก่อนมาเลือกทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่ค่อนข้างแปลกใหม่ เพื่อแสดงวิธีการค้นหาคำตอบจากปัญหาที่ต้องการถาม อีกส่วนที่พบนี้ยังพบว่าการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กนักเรียนในระดับอายุนี้อาจมีหลายระดับเริ่มตั้งแต่ระดับต่ำจนถึงระดับสูง โดยจะแสดงออกผ่านการเลือกรูปแบบในการแก้ปัญหา อาทิเช่น เด็กที่มีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับสูง จะเลือกการใช้ตัวแบบในการแก้ปัญหายังน้อย 2 รูปแบบในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อน โดยนักเรียนอาจจะเลือกการใช้ภาพเป็นสื่อประกอบในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยการนับในขั้นแรก และใช้การสร้างสัญลักษณ์ในขั้นที่ 2 เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ดังกล่าว เป็นต้น

ปิยพร สีสันต์ (2555) ได้ศึกษาวิจัย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณของตัวแปรปัจจัย ซึ่งมี 5 ปัจจัย พบว่า เป็นความสัมพันธ์การอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และให้ค่าน้ำหนักความสำคัญ ส่วนตัวของกลุ่มตัวแปรที่เป็นปัจจัย อันเป็นตัวส่งผลให้มีความสามารถด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่า การเป็นผู้มีความสามารถแก้ปัญหาได้ เป็นผู้มีความสามารถสื่อสารความคิดได้ การได้รับการสนับสนุนจากการมีสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ การได้รับการดูแลเอาใจใส่จากผู้ปกครอง ทั้งหมดเป็นตัวส่งผลให้มีความสำคัญทางสถิติเป็น .05 ส่วนด้านการมีเหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ และ ความสามารถทางด้านภาษา มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

.05 ซึ่งทั้งหมดคือการพิจารณางานวิจัย เรื่อง ปัจจัยบางประการที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

แพรวไหม สยามารถ (2556) ได้ศึกษาวิจัย จากนักเรียนที่ได้เรียนรู้การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็นช่วงเวลา ก่อน ระหว่าง และหลังของการเรียน มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นว่าช่วงหลังเรียน ดีกว่าก่อนเรียน ช่วงหลังเรียนดีกว่าระหว่างเรียน ทำยสุดคือระหว่างเรียนดีกว่าก่อนเรียน อย่างมีค่าสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นรายด้านพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการใช้การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ของการแก้ปัญหา นำเสนอตัวแทนความคิด ทั้ง 3 ช่วงเวลา มีค่าแตกต่างกัน โดยช่วงหลังเรียนดีกว่าก่อนเรียน ระหว่างเรียนดีกว่าเรียน หลังเรียนไม่แตกต่างกับระหว่างเรียน อย่างมีค่าสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังพบว่า ผู้เรียนที่ใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ มีการให้เหตุผล ของ ช่วงก่อนเรียน ระหว่างเรียน หลังเรียนไม่มีความแตกต่างกันเลย อย่างมีค่าสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยข้อสุดท้ายเสนอว่า ผู้เรียนที่เรียนโดยการใช้การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ มีความสามารถและมีพัฒนาการ ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เมื่อเปรียบเทียบกับทั้งช่วง 3 ระยะเวลาของการเรียน ซึ่งเป็นไปตามเรื่องคือ การพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยเลือกใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์

สุนันท์ บุญพัฒนาภรณ์ (2559) ได้ศึกษาวิจัย การพัฒนาหลักสูตรที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้น ม. 4 ผู้วิจัยศึกษาค่าประสิทธิผลของหลักสูตรด้วยวิธีการพัฒนาหลักสูตร โดยใช้แนวความคิดของไทเลอร์และทาบา ประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษา 4 ขั้นตอน คือ การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน การพัฒนาหลักสูตรการทดลองใช้หลักสูตร การประเมินผลและปรับปรุงหลักสูตร ผลการวิจัยพบว่า การประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรได้ผล กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนด้วยหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรในทุกด้าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อีกทั้งพัฒนาการการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้นทุกด้าน เป็นไปตามจุดประสงค์ที่หลักสูตรกำหนด

ศุภาไชย ทักษะสิทธิ์ (2560) ได้ศึกษาวิจัย การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง ชื่อเรื่องคือ การประยุกต์ตรีโกณมิติ ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย พิษณุโลก จำนวน 24 คน ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการใช้รูปแบบเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ของห้องเรียนตามวงจร PAOR ทั้งหมด 3 วงจร โดยมีเครื่องมือสำหรับที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ

ด้วยวิธีแนะแนวทาง มีใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยมีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาพร้อมตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าสรุปผลของการวิจัยที่ได้พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้ ความสำคัญกับการเตรียมความรู้ของนักเรียนที่จำเป็นต่อการค้นพบ การเลือกปัญหาที่นักเรียนสนใจ การให้โอกาสกับนักเรียนต้องการแสดงความคิดเห็นการแนะแนวทางการแก้ปัญหาด้วยการใช้คำถาม การสรุปสิ่งที่ค้นพบด้วยตัวนักเรียนเอง และการทดสอบข้อสรุปที่ค้นพบด้วยสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาเป็นโจทย์ลักษณะคล้ายกัน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดีมาก

ปัทมา อนันต์ (2561) ได้ศึกษาวิจัย การเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเป็นการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์กับกลุ่มที่เรียนโดยใช้ กระบวนการเรียนการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเขาสมิงวิทยาคม “จงจินตวิจิตรวงศ์อุปถัมภ์” สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 17 จังหวัดตราด จำนวน 68 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้กระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยรวมและรายองค์ประกอบสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้กระบวนการเรียน การสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 5 องค์ประกอบ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับการ คิดเชิงคณิตศาสตร์พบว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ สามารถศึกษา พัฒนาผ่านกระบวนการที่หลากหลาย วิธีการประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์จึงสามารถทำได้หลากหลายวิธีเช่นเดียวกัน อาทิเช่น การทดสอบหรือการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้วยแบบทดสอบหรือแบบวัด การสัมภาษณ์ด้วยแบบสัมภาษณ์ และ การสังเกตพฤติกรรมด้วยแบบบันทึกการสังเกต โดยในงานวิจัยที่ ผู้วิจัยสนใจการพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยการสร้างเครื่องมือแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้เครื่องมือการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้ได้สามารถวัดตรงตามความสามารถและมีประสิทธิภาพ

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

Brennan (1995) ได้ศึกษาวิจัย การศึกษาโดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงในการวิเคราะห์ แบบวัดทักษะการฟังและทักษะการเขียน มีผู้เข้าร่วมทดลองจำนวน 50 คน ต้องการ

กำหนด ผู้ประเมินชุดละ 3 คน เป็นผู้ประเมินทักษะในการพูด และ ทักษะการเขียนซึ่ง ทักษะนั้น เป็นคนละชุดกัน และมีข้อค้นพบเพิ่มเติมอีกว่า การศึกษา ปัจจัยซึ่งมีอิทธิพลต่อความเชื่อมั่น และความถูกต้องแม่นยำของการวัด โดยทดลองวัดด้วยข้อสอบจำนวน 12 ข้อ แล้วกำหนดให้มี จำนวนผู้ตรวจ 3 คน กำหนดวิธีการ คือ ให้ผู้สอบฟังเทปที่ละข้อ และให้บันทึกประเมินทักษะการ ฟัง และประเมินทักษะการเขียน คะแนนการฟังพิจารณาได้จากความถูกต้อง และการมีความ สมบูรณ์ของสารสนเทศที่ได้ ส่วนทักษะการเขียนใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนนรวม พบว่า ค่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของทักษะในการฟัง และทักษะในการเขียนมีค่าน้อยมาก มีความสัมพันธ์กับค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวน การเพิ่มผู้ตรวจที่มีจำนวนมากกว่า 1 คน ซึ่งมีความแม่นยำของการวัดที่มากขึ้นและใช้จำนวนคำถามน้อยกว่า 12 ข้อ และใน การศึกษา D-Study พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนผู้ตรวจขึ้นจาก 1 คน มาเป็นผู้ตรวจจำนวน 2 คน มี ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์และแบบสัมพัทธ์มีเปอร์เซ็นต์ลดลงกว่าการ เพิ่มจำนวนผู้ตรวจจากจำนวน 2 คน เป็น จำนวน 3 คน โดยถ้าหากมีความต้องการความแม่นยำ ของการวัดต้องใช้ผู้ตรวจตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปดีกว่าการใช้ผู้ตรวจเพียง 1 คน

Lane Suzanne et al (1996) ได้ศึกษาวิจัย แหล่งความคลาดเคลื่อนจากผู้ตรวจจะมี ค่าต่ำ เป็นเพราะการแสดงรายละเอียดเกี่ยวข้องกับกฎเกณฑ์การให้คะแนนและตัวอย่างการตอบ ข้อสอบของนักเรียน รวมทั้งการตรวจให้คะแนนกับ คนที่รับหน้าที่เป็นคนให้คะแนนต้องให้คะแนน อย่างแม่นยำถูกต้อง เมื่อให้มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 350 คน เป็นผู้การเข้าร่วมจะ แสดงค่าความ เชื่อมั่นที่ได้จากการศึกษา D Study แบบสัมบูรณ์ นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์ตั้งแต่ 0.80 –0.97 จากนั้น ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดตรวจสอบความสอดคล้องภายใน ข้อสอบและภายในผู้ตรวจ โดยมีแบบแผนการวิจัย 3 รูปแบบ คือ 1. $p \times t$ ผู้สอบทำข้อสอบทุกข้อ 2. $p \times t \times r$ ผู้สอบทำข้อสอบทุกข้อและผู้ตรวจตรวจข้อสอบทุกข้อ และ 3. $(p : s) \times r$ ผู้สอบที่แบ่ง อยู่ในแต่ละโรงเรียนทำข้อสอบทุกข้อ โดยใช้โปรแกรม GENOVA

Swartz (1999) ได้ศึกษาวิจัย ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงในการประมาณค่าความเชื่อมั่น สำหรับคะแนนงานเขียนซึ่งได้จากวิธีการตรวจสอบให้คะแนนแบบรวม และแบบย่อย ของ แบบทดสอบมาตรฐาน และแบบทดสอบที่ไม่ใช่มาตรฐานที่ครูใช้ในการวัดประเมินในห้องเรียนของ ตนเอง เพื่อดูอิทธิพลที่เกิดขึ้นสำหรับจำนวนผู้ตรวจและอิทธิพลชนิดในการที่ตัดสินใจซึ่งมีผลต่อใน ความเชื่อมั่นของคะแนน แสดงว่า ค่าที่เกิดขึ้นของความเชื่อมั่นมีค่าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อจำนวนผู้ตรวจ โดยต้องใช้จำนวนผู้ตรวจจำนวนสี่คน จึงจะทำให้ค่าของความเชื่อมั่น นั้นได้อยู่ในระดับที่ยอมรับ ได้ เมื่อทำการพิจารณาสำหรับความเชื่อมั่นการตัดสินใจในเชิงสัมพัทธ์ของผู้ตรวจสามคน ของ

วิธีการตรวจแบบมีค่าเป็น 0.94 และวิธีการตรวจแบบย่อยมีค่าระหว่าง 0.71 – 0.97 ซึ่งการให้ผู้ตรวจที่มีจำนวนน้อยกว่าสามคนจะทำให้เกิดค่าความเชื่อมั่นต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และค่าของความเชื่อมั่นในการที่จะตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์มีความสอดคล้องกันกับค่าของความเชื่อมั่นในการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์

Wright Fred K (2014) ได้ศึกษาวิจัย วิธีการแก้ปัญหาทางวิชาคณิตศาสตร์ในห้องเรียนระดับชั้นเกรด 2 ในโรงเรียนแถวเมืองคูในรัฐอิลลินอยส์ โดยทำการวิเคราะห์ในผลของเนื้อหาวิชาที่ใช้กับเด็กโดยดูจากพฤติกรรม และเจตคติต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นนักเรียนเกรด 2 จำนวน 6 ห้องเรียน โดยใช้ทั้งเนื้อหาวิชาและเพลงเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ใช้เวลาในการศึกษาวิจัยทั้งหมด 7 สัปดาห์รวมทั้งทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และการสำรวจเจตคติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่อยู่ในทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนหลังเรียนดีขึ้นจากการใช้เพลงในการสอนเนื้อหาวิชาแทน กลุ่มควบคุมแม้เริ่มต้นจะมีคะแนนก่อนเรียนต่ำกว่ากลุ่มทดลอง แต่ก็สามารถแก้ปัญหาได้ดี ซึ่งคะแนนหลังเรียนใกล้เคียงกับกลุ่มทดลองสำหรับด้านเจตคติแม้จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จากรายงานของครูทำให้ทราบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความสุขกับการใช้ศิลปะด้านภาษาในหลักสูตรคณิตศาสตร์ และจากผลการศึกษาพบว่า ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้ตรวจมีน้อยมาก ค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากการศึกษา D-Study แบบสัมบูรณ์พบว่า เมื่อจำนวนนักเรียนเท่ากับ 350 คน ค่าสัมประสิทธิ์อยู่ระหว่าง 0.80-0.97 ขึ้นอยู่กับชุดข้อสอบ

แดง กลางท่าไค่ (2531) ได้ศึกษาวิจัย แหล่งความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวนที่มีส่งผลต่อ การประมาณค่าความเชื่อมั่น แหล่งความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวนของข้อสอบ ความแปรปรวนของคนตรวจ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบกับโรงเรียนขนาดกลุ่มตัวอย่างที่จะเป็นสมาชิกทั้งหมดในเอกภพขององค์ประกอบ ได้แก่ ข้อสอบ 9 ข้อ และคนตรวจ 9 คนต่อโรงเรียน โดยใช้เทคนิควิธีการสุ่มมาจากโรงเรียนอย่างน้อย 7 โรงเรียน ถึงสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ให้ผลเป็น 0.80 โดยอาศัย เทคนิคของการสรุปอ้างอิงในการหา ค่าความเชื่อมั่น ของการประเมินความตรง ของข้อสอบ ทุกข้อว่าวัดตรงกับจุดประสงค์เพียงใด รูปแบบการศึกษาคือ $i \times (r:s)$ โดยให้คนตรวจทุกคน ประเมินข้อสอบทุกข้อ คนตรวจถูกสุ่มมาจากโรงเรียน แต่ละโรงเรียนจำนวนเท่า ๆ กัน แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่ผู้วิจัยนำมาใช้ทดสอบกับนักเรียน ใช้มาตรประเมิน 5 มาตรวัด

อุษณีย์ บัณฑิตวิพันธุ์ (2543) ได้ศึกษาวิจัย สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง จากแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ที่คนตรวจคะแนนเป็นคนตรวจให้คะแนนแบบต่างกัน จะเห็นว่า

จำนวนคนที่เป็นคนตรวจเท่ากัน เห็นผลอย่างแตกต่างกันอย่างมีค่าสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าสัมประสิทธิ์ของการสรุปอ้างอิง คະแนนจากการตรวจแบบทดสอบรายวิชาคณิตศาสตร์ กรณีคนตรวจต้องมีประสบการณ์ในการตรวจหรือประสบการณ์ในการทำงานที่ต้องแตกต่างกัน แต่เป็นวิธีการที่ตรวจแล้วแสดงความสอดคล้องกันจากการคะแนนของคนตรวจ มีค่าสำคัญทางสถิติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับชื่อเรื่องของงานวิจัย คือ เปรียบเทียบ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ โดยวิธีการตรวจ จำนวนคนตรวจ และประสบการณ์ของคนตรวจที่จำเป็นต้องต่างกัน ซึ่งจากการใช้แบบทดสอบคณิตศาสตร์ ได้มีการตรวจโดยให้คะแนนต่างกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

พรณี เจียมสุบุตร (2543) ได้ศึกษาวิจัย ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถ ที่เป็นการแก้โจทย์ปัญหา รายวิชาคณิตศาสตร์ แสดงผลเป็น 0.92 และ 0.96 ตามลำดับ โดยเป็นการตรวจ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ ที่มีจำนวนผู้ตรวจสองและสามคน โดยมีค่าแตกต่างกัน อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังมีข้อค้นพบอีก คือ ในการตรวจข้อสอบให้คะแนนด้วยวิธีรวมที่มีจำนวนผู้ตรวจสองและสามคน มีค่าเป็น 0.97 และ 0.98 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีการตรวจแบบวิธีรวมและวิธีวิเคราะห์ของผู้ตรวจให้คะแนนจำนวนสองคนมีค่าเป็น 0.97 และ 0.92 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในส่วนของแบบทดสอบที่ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนวิธีรวมและวิธีวิเคราะห์ของผู้ตรวจจำนวนสองคน ค่าความเชื่อมั่นมีค่า 0.98 และ 0.96 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งงานวิจัยนี้มีชื่อวิจัย การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีจำนวนผู้ตรวจและวิธีการตรวจต่างกัน

นิศารัตน์ คงสวัสดิ์ (2544) ได้ศึกษาวิจัย การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของผู้ตรวจแบบทดสอบความเรียง ที่มีจำนวนผู้ตรวจและวิธีการตรวจต่างกัน การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของผู้ตรวจแบบทดสอบความเรียงที่มีผู้ตรวจต่างกัน คือ สองคน สามคน และสี่คน เมื่อใช้วิธีการตรวจเดียวกัน และใช้การตรวจต่างวิธีกัน คือการตรวจวิธีวิเคราะห์ย่อย และการตรวจวิธีประเมินรวม เมื่อมีผู้ตรวจจำนวนเท่ากัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการเอกชน จำนวน 60 คน และ ผู้ตรวจแบบทดสอบความเรียงเป็นครูผู้สอนวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการเอกชน จำนวน 4 คน

ตรวจแบบทดสอบความเรียงจำนวน 5 ข้อ ทั้ง 4 คนหาค่าความเชื่อมั่นของผู้ตรวจโดยวิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน พบว่า 1. การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเชื่อมั่นของผู้ตรวจแบบทดสอบความเรียงที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน คือ 2 , 3 และ 4 คนโดยใช้วิธีการตรวจเดียวกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งการตรวจวิธีวิเคราะห์ห้อยกับการตรวจวิธีประเมินรวม 2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเชื่อมั่นของผู้ตรวจแบบทดสอบความเรียง ที่มีจำนวนผู้ตรวจเท่ากัน เมื่อใช้วิธีการตรวจต่างวิธีกัน คือ การตรวจวิธีวิเคราะห์ห้อย และการตรวจวิธีประเมินรวม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งสามกรณี คือ เมื่อมีผู้ตรวจจำนวน 2 , 3 และ 4 คนตามลำดับ

น้ำผึ้ง อินทะเนตร (2554) ได้ศึกษาวิจัย การวิเคราะห์ด้วยโมเดลการสรุปอ้างอิงโดยใช้รูปแบบการตรวจให้คะแนนเดียวกันในทุกเงื่อนไข จำนวนคนตรวจ ความแปรปรวนขององค์ประกอบเดียวกันนั้นมีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องไปในทางเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีข้อค้นพบอีกว่า สมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของ แบบการตรวจที่ 2 ให้ค่าสูงที่สุด ลำดับถัดมาคือแบบการตรวจที่ 1 แบบการตรวจที่ 3 มีค่าต่ำสุด สมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงในรูปแบบการตรวจที่ 1 จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อจำนวนคนตรวจเพิ่มมากขึ้น คะแนนในทุกเงื่อนไขที่ต่างกันมีความเที่ยงตรงตามสภาพสูง และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการค้นพบจากการวิจัยสามารถตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้ ชื่อเรื่องของการวิจัยจึงมีชื่อว่า คุณลักษณะของคะแนนแบบทดสอบปลายเปิดวิชาคณิตศาสตร์ เมื่อจำนวนคนตรวจ และรูปแบบการตรวจให้คะแนนต่างกัน โดยใช้โมเดลการสรุปอ้างอิงและโมเดลหลายองค์ประกอบ ภายใต้เงื่อนไขจำนวนผู้ตรวจที่ต่างกัน 3 ลักษณะ ได้แก่ คนตรวจจำนวน 2, 3 และ 4 คน การตรวจให้คะแนนต่างกันมี 3 ลักษณะ ได้แก่ แบบที่ 1 คนตรวจต้องตรวจ ให้คะแนนทุกข้อของผู้ทดสอบทุกคน แบบที่ 2 คนตรวจต้องตรวจให้คะแนนทุกข้อของผู้ทดสอบแค่เพียงบางคน แบบสุดท้าย คนตรวจ ต้องตรวจให้คะแนนข้อสอบเพียงบางข้อของผู้ทดสอบทุกคน คุณลักษณะของคะแนน พิจารณาจากขนาดขององค์ประกอบ ความแปรปรวน ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงตามสภาพ โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบทดสอบปลายเปิดวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 12 ข้อ

พบพร จิตรรักษา (2554) ได้ศึกษาวิจัย การสร้างแบบวัดอุปนิสัยแห่งความสำเร็จ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ สร้างและหาคุณภาพของแบบวัดอุปนิสัยแห่งความสำเร็จสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และเปรียบเทียบอุปนิสัยแห่งความสำเร็จของนักเรียนที่มีเพศต่างกันกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 786 คนได้มาจากการสุ่ม

สองขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบวัดความอุปนิสัยแห่งความสำเร็จ สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือการทดสอบค่าที ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. แบบวัดอุปนิสัยแห่งความสำเร็จ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคุณภาพค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .250-.603 ค่าความเที่ยงตรง ของแบบวัดด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ คุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง มีค่าอยู่ระหว่าง .350 - .790 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัต มีค่า .968

วัชรียา ศรีวสิรัตน์ (2558) ได้ศึกษาวิจัย การค้นพบข้อสรุปจากการที่มีกำหนดให้ผู้ตรวจคงที่ แต่เพิ่มความยาวของข้อสอบ จะมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดเพิ่มขึ้น และ ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และยังได้เสนอข้อค้นพบอีกว่า เมื่อกำหนดให้ความยาวข้อสอบคงที่ เพิ่มจำนวนผู้ตรวจ จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดเพิ่มขึ้นและค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยงานวิจัยมีชื่อเรื่องคือ การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ของข้อสอบเรียงความวิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจำนวนข้อสอบและจำนวนผู้ตรวจต่างกัน ซึ่งด้งานวิจัยจะพบว่า ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.42 – 0.51 และค่าความยากให้ค่าตั้งแต่ 0.45 – 0.57 และค่าความเชื่อมั่น 0.71

สุภาวดี กระแสสินธุ์ (2559) ได้ศึกษาวิจัย การสร้างแบบวัดคุณลักษณะของพลเมืองดีในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมาย 1. เพื่อสร้างแบบวัดคุณลักษณะของพลเมืองดีในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดคุณลักษณะของพลเมืองดีในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในด้านค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 42 จำนวนทั้งสิ้น 720 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดคุณลักษณะของพลเมืองดีในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และชนิดสถานการณณ์ 3 ตัวเลือก ผลการวิจัยพบว่า 1. แบบวัดคุณลักษณะของพลเมืองดีในศตวรรษที่ 21 ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.31 – 0.68 มีค่าความเชื่อมั่นแต่ละด้าน ตั้งแต่ 0.74 – 0.80 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.94 ส่วนแบบวัดชนิดสถานการณณ์ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.35 – 0.72 มีค่าความเชื่อมั่นแต่ละด้านตั้งแต่ 0.65 -0.84 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.92

ศุภชิต ผดุงผล (2559) ได้ศึกษาวิจัย การเปรียบเทียบความเที่ยงของแบบสอบอัตนัย ประยุกต์สำหรับวัดความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ ภายใต้จำนวน เหตุการณ์และจำนวนผู้ตรวจที่ต่างกัน: การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของ ผลการวัด การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถใน การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ และ 2. เพื่อเปรียบเทียบความเที่ยงของแบบสอบ อัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ ภายใต้จำนวน เหตุการณ์ที่ต่างกัน ที่ใช้จำนวนผู้ตรวจที่ต่างกัน โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความ น่าเชื่อถือของผลการวัด ผลการวิจัยพบว่า 1. แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการใช้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ที่พัฒนาขึ้น จำนวน 4 เหตุการณ์โดยเหตุการณ์ที่ 1, 2, 3 และ 4 เป็นเนื้อหาเรื่องงานและพลังงาน, โมเมนตัมและการชน, การเคลื่อนที่แบบหมุน และสภาพ สมดุลและสภาพยืดหยุ่น ตามลำดับ ในแต่ละเหตุการณ์ประกอบด้วย 5 ข้อคำถาม แบบสอบที่ พัฒนาขึ้นมีจำนวนข้อคำถามรวมทั้งหมด 20 ข้อคำถาม ข้อคำถามแต่ละเหตุการณ์จะวัดขั้นตอน ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยคำถามที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ของทุกเหตุการณ์จะวัดความสามารถ ในการระบุปัญหา ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน ความสามารถในการออกแบบทดสอบ สมมติฐาน ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล และความสามารถในการสรุปเหตุผล ตามลำดับ แบบสอบทั้ง 4 เหตุการณ์มีความสอดคล้องของข้อคำถามกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การ เรียนรู้ ข้อคำถามมีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสม แบบสอบมีค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ในการตรวจให้คะแนนจากผู้ตรวจคนเดียว และผู้ตรวจจำนวน 2 คน สูง 2. แบบสอบ อัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ที่มีค่าความเที่ยงไม่ ต่ำกว่า 0.8 สามารถเลือกใช้แบบสอบที่มีจำนวนเหตุการณ์ได้ดังนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือ ของคะแนนสำหรับนำไปใช้ตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถใน การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ พบว่า แบบสอบที่มีจำนวนเหตุการณ์ตั้งแต่ 4 เหตุการณ์ขึ้นไป ภายใต้ผู้ตรวจจำนวน 1 คน จะมีค่าความเที่ยงมีค่าเกิน 0.8 และค่าสัมประสิทธิ์ ความน่าเชื่อถือของคะแนนสำหรับนำไปใช้ตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัด ความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์พบว่า แบบสอบที่สามารถนำไป ปฏิบัติได้จริงในการสอบ ที่มีค่าความเที่ยงไม่ต่ำกว่า 0.8 สามารถเลือกใช้แบบสอบที่มีจำนวน เหตุการณ์ตั้งแต่ 7 เหตุการณ์ขึ้นไป ภายใต้ผู้ตรวจจำนวน 2 คน

จารึก อัจฉารินทร์ (2561) ได้ศึกษาวิจัย การพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 33 ข้อ เพื่อวัดความเชี่ยวชาญด้านองค์

ความรู้ 15 ข้อ วัดความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ 9 ข้อ และวัดความสามารถด้านการวิเคราะห์ 9 ข้อ พร้อมทั้งมี คุณภาพของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นเป็นดังนี้ คุณภาพรายข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.4 – 0.7 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 และความเที่ยงของแบบวัดมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์เท่ากับ 0.88 ข้อค้นพบสุดท้าย คือเห็นว่าการเกณฑ์ปกติของแบบวัดความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เกณฑ์ปกติคะแนนเปอร์เซ็นต์ไทล์มีค่าตั้งแต่ 0.26 – 99.18 เกณฑ์ปกติคะแนนมาตรฐานที่ปกติมีค่าตั้งแต่ 22-74 โดยมีชื่อเรื่องของการค้นพบข้อที่ศึกษา คือ การพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งยังพบอีกว่า เครื่องมือที่ใช้ มีคุณภาพ โดยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาด้วยวิธีการหาค่าดัชนี IOC ตรวจสอบคุณภาพรายข้อภายใต้กรอบทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม

ภานุพงศ์ อึ้งสืบเชื้อ (2561) ได้ศึกษาวิจัย คุณภาพของแบบสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีความยาวแบบสอบและกฎเกณฑ์การให้คะแนนต่างกัน โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด มีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่มีความยาวของแบบสอบและกฎเกณฑ์การให้คะแนนต่างกัน โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 400 คน ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ภาคใต้ ซึ่งกำลังศึกษาในปีการศึกษา 2560 ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบสถานการณ์ตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 36 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติทดสอบ t-test ตามสูตรของเว็รสต์, ไนส์ และอาร์แมน และการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-coefficient) โดยใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ผลการวิจัยพบว่า แบบสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่ายและอำนาจจำแนกเหมาะสม และมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง เมื่อตรวจให้คะแนนโดยใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวมพบว่า การเพิ่มความยาวของแบบสอบจาก 12 ข้อ เป็น 24 ข้อ และ 36 ข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ 0.868, 0.929 และ 0.952 ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ 0.842, 0.914 และ 0.941 ส่วนการตรวจให้คะแนนโดยใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ 0.889

,0.941 และ 0.960 และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ 0.856 , 0.923 และ 0.947 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบสอบถามการรู้เรื่อง คณิตศาสตร์ที่ตรวจให้คะแนนรูปแบบเดียวกัน เมื่อระดับความยาวของแบบสอบถามจำนวน 12 ข้อ 24 ข้อ และ 36 ข้อ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีความยาวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

ศิริณภา สนั่นวงศ์ (2561) ได้ศึกษาวิจัย การพัฒนาแบบประเมินทักษะการช่วยเหลือตนเองของนักเรียนที่มีปัญหาทางสติปัญญาของเด็กอนุบาล ซึ่งมีวิธีการประเมินตามสภาพจริง ด้วยทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1. เพื่อสร้างแบบประเมินทักษะการช่วยเหลือตนเองของนักเรียนที่มีปัญหาทางด้านสติปัญญาเด็กอนุบาล เป็นการประเมินด้วยสภาพจริง 2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมิน และ 3. เพื่อคิดค้นให้ได้คู่มือการใช้แบบประเมิน โดยมีการสร้างขึ้นตอนขึ้นในงานวิจัยเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 เป็นการพัฒนาเกณฑ์ในการให้คะแนนและดำเนินการออกแบบประเมินโดยการสัมภาษณ์ และศึกษาเอกสาร ช่วงที่ 2 นี้เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ได้แก่การ หาค่าคุณภาพเครื่องมือแบบต่างๆ เช่น ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่นของแบบประเมิน รวมทั้งการหาคุณภาพของทฤษฎีการสรุปอ้างอิง และช่วงที่ 3 เป็นการคิดค้นให้ได้เกณฑ์ในการประเมินและได้คู่มือที่ใช้ประเมินผล พบว่า 1. ผลการสร้างแบบประเมิน ได้เครื่องมือที่มี 4 ทักษะ รายการประเมิน 25 รายการ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดแยกองค์ประกอบเป็น 4 มาตราวัด 2. คุณภาพของผลการวัด แสดงได้ว่า มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา มีค่าดัชนีความสอดคล้อง รายข้ออยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.182 – 0.852 ความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายในโดยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคันั้น แสดงค่าเป็น 0.943 และ ค่าดัชนีของความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินแสดงค่าเป็น 0.75 โดยมี ความน่าเชื่อถือของผลการวัด สำหรับการตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ และการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ เมื่อครู ผู้ปกครอง และครู ผู้ปกครองเป็นผู้ที่ประเมิน แสดงค่าเป็น 0.922 และ 0.955 , 0.848 และ 0.903 , 0.943 ตามลำดับ 3. ค่าคุณภาพของเครื่องมือของคู่มือการใช้แบบประเมิน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27

ศิริขวัญ ไสแสง (2561) ได้ศึกษาวิจัย การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการรายวิชา คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ด้าน คือ ความสามารถของ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย และ การนำเสนอ ในการเชื่อมโยงบูรณาการ องค์ความรู้ต่าง ๆ ของวิชา คณิตศาสตร์กับรายวิชาอื่นๆหรือศาสตร์สาขาอื่นๆ ได้ พร้อมกับการได้สร้างสรรค์ความคิดริเริ่ม ส่วนต่อไปจากข้อค้นพบ คือ คุณภาพของแบบวัด โดยมีเงื่อนไขของการวัดคือ ความยาวของ

ข้อสอบ ความยาวของแบบทดสอบ ซึ่งได้ใช้ข้อสอบทั้งหมดจำนวน 10 ข้อ โดยใช้คนตรวจ 1 คน ให้ค่าสัมประสิทธิ์การสุรูปอ้างอิงต่ำที่สุด เท่ากับ 0.827 ส่วนความยาว ของแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อ ที่มีจำนวนผู้ตรวจ 3 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสุรูปอ้างอิงเท่ากับ 0.913 นั่นคือ เมื่อความยาวของแบบทดสอบและจำนวนผู้ตรวจเพิ่มขึ้น ค่าความเชื่อมั่นก็จะสูงขึ้นตามลำดับ โดยทดสอบใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวนทั้งหมด 420 คน ซึ่งสอดคล้องกับชื่องานวิจัย คือ การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสุรูปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

พรพิรุณ ไจวงค์ (2561) ได้ศึกษาวิจัย การสร้างคู่มือที่ได้จากการคิดค้นแบบประเมินทักษะทางด้านสังคมซึ่งมีด้วยกัน 3 ด้าน คือ ด้านการสื่อสารกับผู้อื่น การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการควบคุมตนเอง ซึ่งมีการให้คะแนนแบบแยกส่วนในการประเมิน และยังมีข้อค้นพบจากการตรวจสอบค่าของแบบประเมินทางสังคม ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินจำนวน 16 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.404 – 0.872 ความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายใน เท่ากับ 0.939 ความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องของผู้ประเมิน เท่ากับ 0.792 ซึ่งเป็นไปตามการสร้างงานวิจัย เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ผู้วิจัยต้องการคิดค้นเกณฑ์ในการประเมินและคิดค้นแบบประเมิน ช่วงที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินทักษะทางสังคม ประชากรเป็นเด็กออทิสติกอายุ 13-15 ปีของโรงเรียนเรียนร่วมสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 24 คน โดยที่เด็กออทิสติกได้รับการประเมินจากแหล่งผู้ประเมินหลายแหล่ง ได้แก่ ครู ผู้ปกครอง และเพื่อน การวิจัยงานนี้จึงมีชื่อเรื่องเป็นการพัฒนาแบบประเมินทักษะทางสังคม ของ เด็กออทิสติก ที่มีอายุอยู่ระหว่าง 13 ปี ไปจนถึงอายุ 15 ปี โดยใช้การประเมินหลายแหล่งในโรงเรียนร่วมสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการสุรูปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด สรุปได้ว่า เมื่อมีการพัฒนาเครื่องมือในการวัดคุณลักษณะต่าง ๆ ไปใช้มีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการสุรูปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ซึ่งจะทำให้เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทฤษฎีการสุรูปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดเป็นการประมาณค่าความแปรปรวนจากหลาย ๆ แหล่งภายใต้บริบทการวัดจากการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว โดยมีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นหรือที่เรียกว่าสัมประสิทธิ์การสุรูปอ้างอิง เป็นการศึกษาคงประกอบของความแปรปรวนของแต่ละแหล่งของความคลาดเคลื่อนที่ส่งผลต่อการวัด นำการวัดที่ได้ไปสู่การตัดสินใจ 2 ลักษณะได้แก่ การตัดสินใจ

เชิงสมบูรณและการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความ
น่าเชื่อถือของผลการวัดแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจำนวนความ
ยาวและจำนวนผู้ตรวจต่างกัน



บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

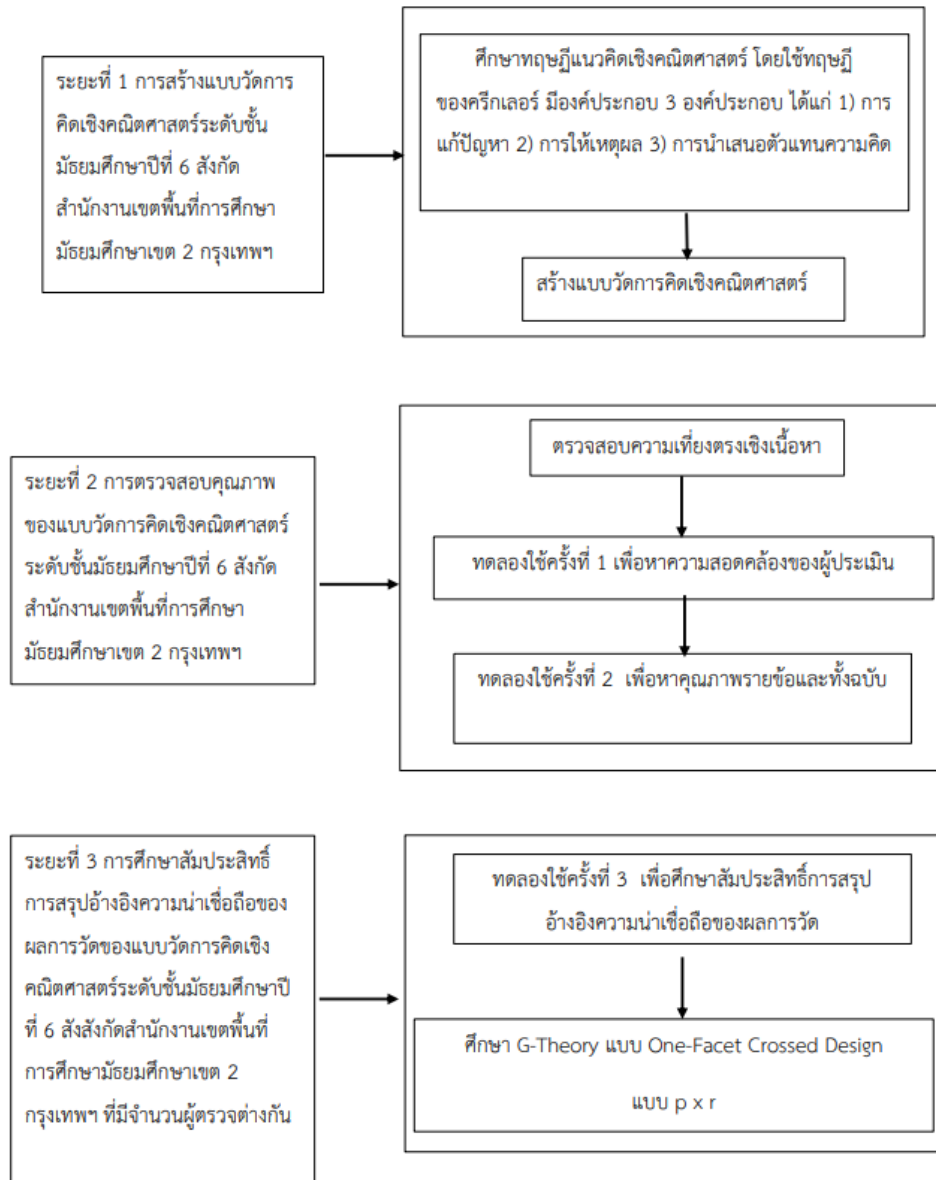
ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นงานวิจัยเพื่อสร้าง และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามระยะดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้าง แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

ระยะที่ 2 การตรวจสอบ คุณภาพเครื่องมือของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

ระยะที่ 3 การศึกษา สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน

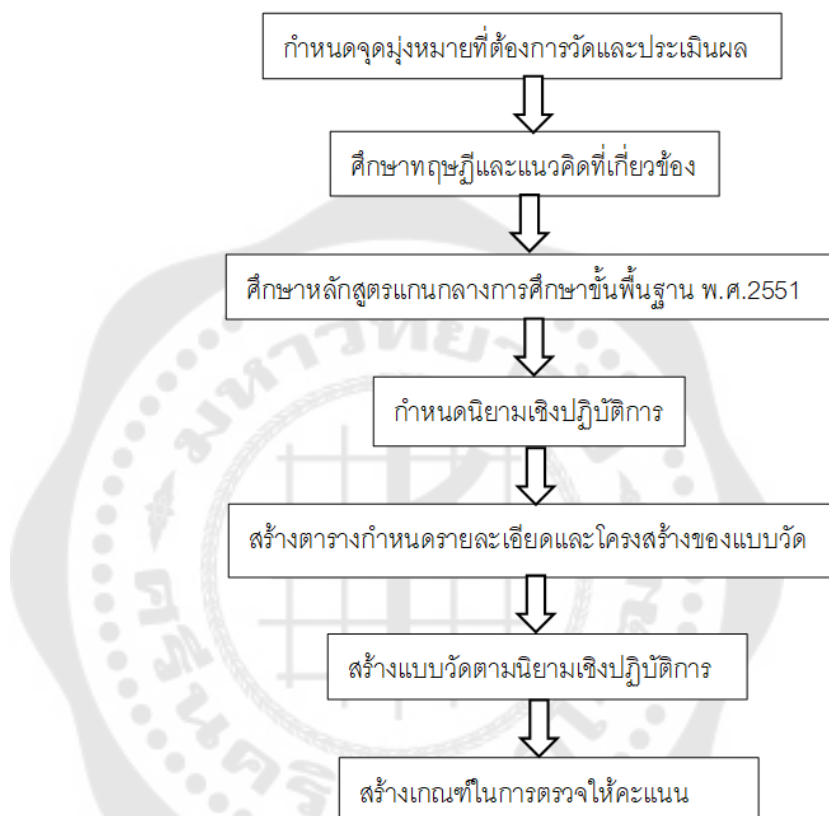
ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยแต่ละขั้นตอนดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 6 การดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 การสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพฯ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ แสดงตามแผนภาพขั้นตอน
ต่อไปนี้



ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ดำเนินการดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมาย ของการสร้าง แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยการ
สร้างแบบวัดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ วัดความสามารถของ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร

มีการศึกษาจุดมุ่งหมายจากการวิจัยในครั้งนี้ ศึกษาคุณลักษณะของประชากร รวมทั้งศึกษาองค์ความรู้จากทฤษฎี เอกสาร พร้อมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของครีกลเลอร์ ศึกษาเอกสารพร้อมงานวิจัย โดยนำมาเป็น ข้อมูลในการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ แสดงตารางดังตารางที่ 3

ตาราง 3 องค์ประกอบการ คิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ ครีกลเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004) ได้ดังนี้

องค์ประกอบ	1. การแก้ปัญหา	2. การให้เหตุผล	3. การนำเสนอตัวแทนความคิด
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	1. การวิเคราะห์ปัญหา(P1)	1. การอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (R1)	1. การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (Re1)
	2. การดำเนินการแก้ปัญหา (P2)	2. การอธิบายเหตุผลของการแก้ปัญหา (R2)	2. การใช้ตัวแทนความคิดในการแก้ปัญหา (Re2)
	3. การสรุปคำตอบของปัญหา (P3)	3. การอธิบายเหตุผลความสมเหตุสมผลของคำตอบ (R3)	3. การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา (Re3)

ลักษณะของ องค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของแนวคิดครีกลเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004) ได้ดังนี้

1. การการแก้ปัญหา

1.1 การวิเคราะห์ปัญหา (P1)

1.1.1 ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการได้(สิ่งที่โจทย์ต้องการ)

1.1.2 ระบุสิ่งที่โจทย์ถามได้

1.1.3 การเลือกใช้กลยุทธ์ ใช้ความรู้คณิตศาสตร์เรื่องใด หรือสูตรใด

ในการแก้ปัญหา

1.2 การแก้ปัญหา (P2)

2.1 แสดงวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย

1.3 การสรุปคำตอบของปัญหา (P3)

3.1 สรุปคำตอบของปัญหาได้สอดคล้องตรงกับปัญหา

2. การให้เหตุผล

2.1 การอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้ สำหรับทำความเข้าใจกับปัญหา (R1)

1. ระบุสิ่งที่สอดคล้องระหว่างข้อมูลที่เป็นปัญหาที่ต้องการรู้กับเงื่อนไขที่แสดงปัญหา และความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้อง

2.2 การอธิบายเหตุผลของการแก้ปัญหา(R2)

1. อธิบายเหตุผลของการดำเนินการวิธีการแสดงการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล

2.3 การอธิบายเหตุผล ความสมเหตุ สมผลของคำตอบ (R3)

1. ใช้คำตอบที่ได้ไปตรวจสอบกับเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง หรือระบุความสอดคล้องระหว่างคำตอบหรือเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง

3. การนำเสนอตัวแทนความคิด

3.1 การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (Re1)

1. เขียนแผนภาพ ข้อความ หรือสัญลักษณ์ ที่ได้จากปัญหาโดยระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการรู้โดยมีการอธิบายเงื่อนไขของปัญหาเป็นไปอย่างเหมาะสม โดยสามารถสื่อความหมายให้ถูกต้องได้

3.2 การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อแสดงการแก้ปัญหา (Re2)

1. นำแผนภาพ ข้อความ หรือสัญลักษณ์ รูปภาพ กราฟ มาแสดงวิธีการแก้ปัญหาให้ได้เป็นไปอย่างเหมาะสม โดยสามารถสื่อความหมายให้ถูกต้อง

3.3 การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อแสดงการสรุปคำตอบของปัญหา (Re3)

1. นำแผนภาพ ข้อความ หรือสัญลักษณ์ รูปภาพ กราฟ มาใช้สรุปคำตอบให้เป็นไปอย่างเหมาะสม โดยสามารถสื่อความหมายให้ถูกต้อง

3. ทำการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 ในส่วนของสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งประกอบไปด้วย 3 สาระการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 1.จำนวนและพีชคณิต 2. การวัดและเรขาคณิต และ 3. สถิติและความน่าจะเป็น

4. กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้องค์ประกอบ ทั้ง 3 ด้าน คือ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิด

4.1 การแก้ปัญหา หมายถึง การวิเคราะห์ปัญหา โดยสามารถระบุให้ได้ว่าสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบคืออะไร สิ่งใดเป็นปัญหากำหนดให้ โดยสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และสามารถประยุกต์ ดัดแปลง วิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายวิธี

4.2 การให้เหตุผล หมายถึง การใช้ความรู้และข้อมูลในการแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยการให้เหตุผล และอธิบายความสมเหตุ สมผลของคำตอบได้

4.3 การนำเสนอตัวแทนความคิด หมายถึง การสร้างและนำเสนอสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนในการคิด ใช้ทำความเข้าใจในปัญหา สามารถแสดงตัวแทนความคิดเพื่อแสดงวิธีแก้ปัญหา พร้อมทั้งสามารถใช้ตัวแทนความคิด ในการแสดงการสรุปคำตอบจากปัญหาที่กำหนดให้ โดยอาจมีการขีดเขียนข้อความ การวาดด้วยภาพ หรือการใช้สัญลักษณ์โดยการขีดเขียนหรือ เขียนวงกลมลงในข้อความของโจทย์ กำหนดตัวแปรเขียนแผนภาพ ตาราง กราฟ หรือตัวแทนทางเรขาคณิต

5. ดำเนินการเขียนข้อสอบให้เป็นไปตามนิยามปฏิบัติการ ตามแนวทางการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยให้มีความเชื่อมโยงกับโครงสร้างนิยามปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้มีข้อสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ รวมทั้งหมดจำนวน 6 ข้อ

ตาราง 4 ตารางโครงสร้างข้อสอบแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลาง พ.ศ. 2551(ฉบับปรับปรุง 2560)

สาระการเรียนรู้	เนื้อหา	รวม (ข้อ)
จำนวนและพีชคณิต	สถานการณ์ของการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้	2
การวัดและเรขาคณิต	สถานการณ์ของการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้	2
สถิติและความน่าจะเป็น	สถานการณ์ของการใช้สถิติและความน่าจะเป็นในการตัดสินใจ	2
	รวม	6

6. สารที่จะนำมาสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาและข้อมูลที่แตกต่างกัน และสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายวิธี ผู้วิจัยจึงได้กำหนดข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ โดยคัดเลือกเนื้อหาที่มีความน่าสนใจและเหมาะสมกับเนื้อหา โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 5 ส่วน คือ

1. การแก้ปัญหา โดยการวิเคราะห์ปัญหาได้
2. การแก้ปัญหา โดยสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ ในการแก้ปัญหาได้
3. การนำเสนอตัวแทนความคิด โดยสามารถแสดงตัวแทนความคิดของปัญหาโดยการวาดภาพ จำลอง หรือแสดงประโยคสัญลักษณ์ ทางคณิตศาสตร์ได้
4. การแก้ปัญหา โดยการแสดงวิธีการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง
5. การให้เหตุผล เป็นการแสดงเหตุผลในการให้คำตอบที่สมเหตุสมผล

ผู้วิจัยสร้างข้อสอบแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์จำนวน 6 ข้อ โดยในแต่ละข้อมีข้อความถามย่อยใช้วัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยข้อความถามในแต่ละข้อคำถามย่อยจะวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิด มีลักษณะในข้อความถามที่ 1 ข้อที่ 2 และข้อที่ 3 ของทุกข้อจะวัดการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิดโดยมีเกณฑ์สำหรับให้คะแนนแบบย่อยเพื่อตรวจสอบองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ รายละเอียดแสดงดังตาราง

ตาราง 5 โครงสร้างข้อสอบแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

สาระ	มาตรฐาน	จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระการเรียนรู้ แกนกลาง	สถานการณ์ (ข้อ)	การคิดเชิง คณิตศาสตร์ (องค์ประกอบ)	ข้อคำถาม ย่อย
จำนวนและพีชคณิต	มฐ ค 1.3	ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบาย ความสัมพันธ์หรือ ช่วยแก้ปัญหาที่ กำหนดให้	เมทริกซ์ ตรีโกณมิติ	1. จำนวนดินสอ 2. ครอบครัวที่ ปลูกข้าวหรือ ข้าวโพด	1. แก้ปัญหา 2. ให้เหตุผล 3. นำเสนอ ตัวแทน ความคิด	ข้อ 1.1
						ข้อ 2
						ข้อ 3
						ข้อ 1.2
						ข้อ 2
						ข้อ 3
สถิติและความน่าจะเป็น	มฐ ค 3.1	1. อธิบายได้ว่า เหตุการณ์ที่ กำหนดให้ เหตุการณ์ใด เกิดขึ้นแน่นอน เหตุการณ์ใดไม่ เกิดขึ้นแน่นอน และเหตุการณ์ใดมี โอกาสเกิดขึ้นได้ มากกว่ากัน 2. หาความน่าจะเป็น ของเหตุการณ์ จากการทดลองสุ่ม และใช้ความรู้ใน การคาดการณ์ ตัวอย่างได้ สมเหตุสมผล	1. โอกาส ของ เหตุการณ์ 2. การ ทดลองสุ่ม 3. ความ น่าจะเป็น ของ เหตุการณ์ 4. การใช้ ความรู้ เกี่ยวกับ ความน่าจะเป็น ในการ คาดการณ์	1. โยนเหรียญ 2. audition game	1. แก้ปัญหา 2. ให้เหตุผล 3. นำเสนอ ตัวแทน ความคิด	ข้อ 1.1
						ข้อ 2
						ข้อ 3
						ข้อ 1.2
						ข้อ 2
						ข้อ 3
การวัดและเรขาคณิต	มฐ ค 2.1	เข้าใจพื้นฐาน เกี่ยวกับการวัด วัด และคาดคะเน ขนาดของสิ่งที่ ต้องการวัดและ นำไปใช้	การวัดและ เรขาคณิต	1. วงโคจรของ ดาวลูกเบ็ด 2. การยิงจุดโทษ ของกีฬาฟุตบอล	1. แก้ปัญหา 2. ให้เหตุผล 3. นำเสนอ ตัวแทน ความคิด	ข้อ 1.1
						ข้อ 2
						ข้อ 3
						ข้อ 1.2
						ข้อ 2
						ข้อ 3

7. สร้างเกณฑ์สำหรับการตรวจให้คะแนนแบบวัด และเกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนแบบวัด ให้เป็นไปตามกรอบการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้สังเคราะห์ตามคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัยโดยยึดตามแนวคิดของครีกเลอร์(kriegler,2004) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ด้านการแก้ปัญหา ด้านการให้เหตุผล และด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด ซึ่งสร้างเกณฑ์แบบแยกส่วนตามองค์ประกอบ 3 ด้านของการคิดเชิงคณิตศาสตร์แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์แยกส่วนตามองค์ประกอบ (Analytic method) มีเกณฑ์ในการให้คะแนน ซึ่งวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์แยกแต่ละชุดจะใช้ตรวจคำถามแต่ละข้อย่อยเท่านั้น

8. นำเสนอข้อสอบแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อที่อาจารย์ที่ปรึกษาจะได้ให้ข้อเสนอแนะในส่วนเนื้อหาของเนื้อหา ความเหมาะสม ความเป็นปรนัย ในข้อคำถามของแต่ละข้อ เพื่อจะได้รับการปรับปรุงคำถามตามคำแนะนำ

ระยะที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพฯ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยให้ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างแบบวัดจำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา(content validity) ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยมีการให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะของข้อคำถามในแต่ละข้อ และมีการตรวจค่าคะแนนความคิดเห็นว่าข้อสอบข้อนั้นสามารถวัดได้ถูกต้องตามการวัดคุณลักษณะนั้นได้หรือไม่ ผู้ดำเนินการวิจัยใช้ค่าคะแนนที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์ (IOC) แล้วทำการคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์เป็นไปตามความสอดคล้องของการวัด

2.2 นำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 โดยจัดแบบวัดออกเป็น 2 ฉบับ เพื่อลดอิทธิพลของความเหนื่อยล้าของนักเรียนในการทำแบบวัดประกอบด้วยฉบับที่ 1 (สถานการณ์ที่ 1-3) โดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเศรษฐบุทรพาพิบูลย์ และฉบับที่ 2 (สถานการณ์ที่ 4-6) โดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 10 คน จากนั้นนำผลที่ได้มาเพื่อตรวจสอบคุณภาพดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินจำนวน 3 คน

โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI)
การหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน โดยใช้ขั้นตอนวิธีการ ตามลำดับ

1. ให้ผู้ตรวจจำนวน 3 คน คือ ผู้วิจัย ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับ
มัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยเป็นผู้มีประสบการณ์ในการสอนอย่างน้อย 5 ปีหรือครูที่มีตำแหน่ง
วิทยฐานะชำนาญการ หรือครู คศ.2 ขึ้นไป จำนวน 3 คน ตรวจแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์
โดยผู้ตรวจทั้ง 3 คนจะทำการตรวจกระดาษคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบสอบทุกฉบับอย่าง
เป็นอิสระต่อกัน

2. นำคะแนนจากผู้ตรวจที่ทำการตรวจให้คะแนนกระดาษคำตอบของนักเรียน
จากการทำแบบสอบทุกฉบับอย่างเป็นอิสระกันมาวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้
ประเมิน

2.3 ทำการเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพรายข้อจำนวน 6 ข้อ นำไปทดลองใช้
(Try out) ครั้งที่ 2 โดยจัดแบบวัดออกเป็น 2 ฉบับ เพื่อลดอิทธิพลของความเหนื่อยล้าของนักเรียน
ในการทำแบบวัด ประกอบด้วย ฉบับที่ 1 (สถานการณ์ที่ 1-3) และฉบับที่ 2 (สถานการณ์ที่ 4-6)
โดยศึกษาคุณภาพเครื่องมือ ด้วยวิธีการ หาความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่นของ
แบบทดสอบด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค โดยความยากง่ายของแบบทดสอบอัตราการใช้
สูตรของวิทย์นีย์และชาร์เบอร์ อำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตราการใช้การแบ่งกลุ่มผู้ตอบกลุ่มสูง
กลุ่มต่ำเทคนิค 25% ตามสูตรของวิทย์นีย์และชาร์เบอร์ ค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80
ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์
แอลฟาของครอนบาค โดยมีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรสำหรับใช้ในการดำเนินวิจัยในครั้งนี้ คือเป็นนักเรียนระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพฯ จำนวน 52
โรงเรียน ข้อมูลจากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานครเขต 2 มีนักเรียน
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 17,724 คน จำนวนประชากรสำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้จึงมี
จำนวน 17,724 คน (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2 ณ วันที่ 30
เมษายน 2566)

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

1. การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับการทดลองใช้ครั้งที่ 1 เพื่อหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 20 คน ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย และสำหรับผู้ตรวจเป็นครูที่สอนคณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน ที่เป็นผู้มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อย่างน้อย 5 ปีเป็นผู้ตรวจแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

2. การสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับการทดลองใช้ครั้งที่ 2 สำหรับการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและรายฉบับของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพฯ จำนวน 60 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน มีขั้นตอนในการสุ่มดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งกลุ่มแผนการเรียนออกเป็น 2 กลุ่มแผนการเรียน คือ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านภาษา เพื่อจัดทำกรอบการสุ่มโดยอาศัยการแบ่งตามแผนการเรียนของนักเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยการแบ่งเป็นแผนการเรียน 2 แผน ใช้แผนการเรียนเป็นชั้น (Strata) และใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่ม (Unit) ได้โรงเรียนที่มีแผนการเรียนทั้ง 2 แผนคือ ได้โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) และโรงเรียนหอวัง

ขั้นที่ 3 ทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม และทำการสุ่มอย่างง่ายให้นักเรียนที่เป็นตัวแทนในแต่ละแผนการเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่างดังแสดงในตาราง

ตาราง 6 แสดงกลุ่มตัวอย่างจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แผนการเรียน	จำนวน นักเรียนชั้น ม.6 (คน)	กลุ่มตัวอย่าง(คน)		รวม
		โรงเรียนบดินทร เดชา(สิงห์ สิงหเสนี)	โรงเรียนหอวัง	
กลุ่มแผนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์	900	17	19	36
กลุ่มแผนทางด้านภาษา	900	13	11	24
รวม	1,800	30	30	60

3. กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ตรวจให้คะแนน แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยการคัดเลือกครูที่สอนคณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อย่างน้อย 5 ปี โดยเป็นครูที่เต็มใจให้ความร่วมมือ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1 ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน โดยใช้วิธีการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Ageement Index : RAI)

2 ค่าความยากง่าย โดยการหาค่าความยากง่ายแบบรายข้อสถานการณ์ ใช้สูตรค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอัตนัย ใช้สูตรของวิทย์นีย์และชาร์เบอร์

3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยใช้สูตรหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัยโดยการแบ่งกลุ่มผู้ตอบกลุ่มสูงกลุ่มต่ำเทคนิค 25% ตามสูตรของวิทย์นีย์และชาร์เบอร์

4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ซึ่งคำนวณได้จากสูตรของสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการตรวจแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยยึดเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการทดลองใช้ครั้งที่ 2

2. ดำเนินการตรวจสอบข้อสอบที่ละข้อจนครบทุกข้อและครบตามจำนวนผู้เข้าสอบทุกคน พร้อมทั้งตรวจสอบและบันทึกคะแนนของผู้ตรวจให้ถูกต้อง

3. ดำเนินการนำผลการตรวจให้คะแนนข้อสอบทุกข้อมาดำเนินการจัดกระทำตามรูปแบบการตรวจให้คะแนนดังนี้

3.1 ให้ตรวจคำตอบที่ละข้อของนักเรียนทุกคน กล่าวคือ หากกำลังตรวจข้อที่ 1 ก็ควรตรวจข้อที่ 1 ของนักเรียนทุกคนจนจบ แล้วจึงเริ่มตรวจข้อที่ 2 โดยครูผู้ตรวจห้ามตรวจข้อสอบให้เสร็จเป็นรายบุคคล

3.2 ให้มีความแม่นยำในการตรวจ เกณฑ์การให้คะแนนเหมือนกันสำหรับทุกคำตอบ

3.3 เวลาตรวจ ปลายมือของนักเรียนไม่มีส่วนในการให้คะแนนเพิ่มหรือลด

3.4 เวลาตรวจไม่ควรสนใจดูชื่อนักเรียน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความลำเอียงต่อการให้คะแนน

3.5 เขียนข้อแนะนำและแก้ไขข้อผิดพลาดของนักเรียนลงได้กระดาษคำตอบได้

3.6 การบันทึกคะแนนเมื่อผู้ตรวจให้คะแนนต้องบันทึกคะแนนลงในกระดาษคำตอบของผู้ตอบให้เรียบร้อย

4. ค่าสถิติที่ใช้สำหรับการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

4.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540)

$$\text{สูตร} \quad \text{IOC} = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.2 ค่าความยากง่าย หาค่าความยากง่ายของข้อคำถามในแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าความยากง่ายของ สูตรของวิทย์นีย์และซาร์เบอร์(สมศักดิ์ สิ้นธุระเวชญ์ 2530 : 179 อ้างอิงจาก Whitney & Sabers.1970 : 214 - 215)

$$P_D = \frac{S_U + S_L - (2nX_{\min})}{2n(X_{\max} - X_{\min})}$$

สูตร

เมื่อ P_D แทน ค่าความยากง่าย

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

n แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

X_{\max} แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

X_{\min} แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

4.3 ค่าอำนาจจำแนก ของข้อคำถามในแบบทดสอบชนิดอัตนัยใช้การแบ่งกลุ่มผู้ตอบ กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ เทคนิค 25% ตามสูตรของวิทย์นีย์และซาร์เบอร์(ล้วน สายยศ และ อังคนาสายยศ.2543 : 201 ; อ้างอิงจาก Whitney & Sabers.1970 : 214 - 215)

สูตร	$D = \frac{S_U - S_L}{n(X_{\max} - X_{\min})}$		
เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	n	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{\max}	แทน	คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
	X_{\min}	แทน	คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

4.4 ค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-coefficient) ใช้วิธีของครอนบัต (Cronbach) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

สูตร	$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right]$		
เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมรายข้อ
	s_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

4.5 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) พิจารณาโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน กรณีที่พบพฤติกรรมบ่งตัวบ่งชี้หลายตัว นักเรียนหลายคน โดยมีผู้ประเมิน 3 คน เพื่อศึกษาความสอดคล้องกันของผลการประเมินที่ได้จากผู้ประเมิน 3 คน จากสูตร (สุรชัย มีชาญ 2547)

สูตร	$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |R_{mnk} - R_{nk}|}{KN(M-1)(I-1)}$		
เมื่อ	RAI	แทน	ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน
	R_{mnk}	แทน	คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ m ของ

นักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k ($m = 1, 2, 3, \dots, M; n = 1, 2, 3, \dots, N; k = 1, 2, 3, \dots, K$)

R_{nk}	แทน	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k
K	แทน	จำนวนของพฤติกรรมตัวบ่งชี้ทั้งหมด
N	แทน	จำนวนของนักเรียนทั้งหมด
M	แทน	จำนวนของผู้ประเมินทั้งหมด
l	แทน	จำนวนของคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้ (ตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ตั้งไว้)

ระยะที่ 3 การศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนความยาวและจำนวนผู้ตรวจต่างกัน

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 นำแบบ วัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วผ่านเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 6 ข้อไปทดสอบกับ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับงานวิจัย จำนวน 120 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน โดยเป็นนักเรียนที่ได้จากการแบ่งกลุ่มแผนการเรียน 2 แผน คือกลุ่มแผนการเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ กับ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านภาษา เพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์ การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

3.2 นำผล ที่ได้จากการ ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 120 คน มาตรวจให้คะแนนกับเกณฑ์ที่สร้างขึ้น โดยผู้ตรวจจำนวน 3 คน

3.3 นำผลจากการตรวจให้คะแนนมาทำ การศึกษา ค่าความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยการหาค่า สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (G-Coefficient) ในสถานการณ์ที่กำหนดนั้นโดยการนำมาหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้รูปแบบ One facet cross design ($p \times r$) ซึ่งมีวิธีดำเนินการดังนี้

3.3.1 ถ่ายสำเนาข้อสอบของผู้สอบทุกคนเป็น 3 ชุด จัดให้ผู้ตรวจ 3 คนตรวจให้คะแนนเป็นไปตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

3.3.2 อบรมและชี้แจงวิธีการตรวจให้คะแนนกับผู้ตรวจให้เข้าใจตรงกัน

3.3.3 ให้ตรวจคำตอบที่ละเอียดของนักเรียนทุกคน โดยครูผู้ตรวจห้ามตรวจข้อสอบให้เสร็จเป็นรายบุคคล

3.3.4 ผู้วิจัยนำผล การตรวจให้คะแนนข้อสอบ ทุกข้อ จากผู้ตรวจ 3 คนมา ดำเนินการจัดกระทำตามรูปแบบการตรวจให้คะแนนดังนี้

3.3.4.1. ให้ตรวจคำตอบที่ละเอียดของนักเรียนทุกคน กล่าวคือ หากกำลังตรวจข้อที่ 1 ก็ควรตรวจข้อที่ 1 ของนักเรียนทุกคนจนจบ แล้วจึงเริ่มตรวจข้อที่ 2 โดยครูผู้ตรวจห้ามตรวจข้อสอบให้เสร็จเป็นรายบุคคล

3.3.4.2. ผู้ตรวจต้องตรวจให้มีความคงเส้นคงวาในการตรวจ โดยยึดเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนด

3.3.4.3. ผู้ตรวจตรวจให้คะแนนโดย ที่ลายมือของนักเรียนไม่มีส่วนในการให้คะแนนเพิ่มหรือลด

3.3.4.4. ผู้ตรวจห้ามดูชื่อผู้เข้าสอบ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความลำเอียง ต่อการให้คะแนน

3.3.4.5. ผู้ตรวจสามารถเขียนข้อแนะนำและแก้ไขข้อผิดพลาดของนักเรียนลงในกระดาษคำตอบได้

3.3.4.6. การบันทึกคะแนนเมื่อผู้ตรวจให้คะแนนต้องบันทึกคะแนน ไว้ในกระดาษคำตอบ ของผู้ตอบให้ถูกต้องเรียบร้อย

3.4 คัดเลือกผู้ตรวจ ที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดโดยเลือกผู้ตรวจ จำนวน 3 คน ที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด คือ 1. ผู้วิจัย 2. ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์และเป็นผู้มีประสบการณ์ในการสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือมีวิทยะฐานะระดับชำนาญการ (คศ.2) ขึ้นไป จำนวน 2 คน

3.5 ในการวิจัยครั้งนี้มีเงื่อนไขในการทดลองที่สำคัญ 1 ปัจจัย คือ จำนวนผู้ตรวจ (r) ที่มีผลต่อความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

3.6 การออกแบบการวัดในการวิจัยครั้งนี้

3.6.1 การศึกษา G-Study เพื่อศึกษาเชิงสรุปอ้างอิงด้วยการออกแบบและวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจริงและความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจาก 1 แหล่ง คือ จำนวนผู้ตรวจ (r)

ประชากร	:	ผู้สอบนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (p)
เอกภพ	:	เงื่อนไขในการทดสอบที่สำคัญ 1 ฟาเซต
ฟาเซตที่ 1	:	จำนวนผู้ตรวจ (r)

การออกแบบ : One-Facet Crossed Design คือ $p \times r$

ซึ่งสอดคล้องกับ Shavelson and Webb (2003) ที่กล่าวว่าควรใช้แบบไขว้ในการศึกษาเพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นจากการออกแบบส่วนอื่น ๆ ส่วน D-study สามารถใช้ข้อมูลจากการออกแบบ G-Study แบบไขว้มาศึกษาแบบอื่น ๆ ได้และในการศึกษา G-Study โดยเป็นวิธีการศึกษาเชิงสรุปอ้างอิง ด้วยการออกแบบและ วิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจริงและ ความแปรปรวนของคะแนน ความคลาดเคลื่อนจากแหล่งต่าง ๆ ที่สนใจ โดยในที่นี้เป็นการศึกษา G-Study เป็นการศึกษาเชิงสรุปอ้างอิง ด้วยการออกแบบและ การวิเคราะห์ความแปรปรวน ของคะแนนจริง และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนจาก 1 แหล่ง คือ ผู้วิจัยทำการสุ่มผู้สอบซึ่งเป็น นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 120 คน เพื่อให้ทำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ข้อ และการตรวจให้คะแนนจากผู้ตรวจจำนวน 3 คน

3.6.2 การศึกษาเชิงตัดสินใจ D-study สำหรับการออกแบบ $p \times r$ จากการเลือกใช้แบบสอบในเงื่อนไขการทดสอบ 1 แหล่ง คือ จำนวนผู้ตรวจ (r) โดยมี จำนวน ผู้ตรวจ 1 , 2 , 3, 4 และ 5 คน ตามลำดับ

3.7 การตรวจสอบคุณภาพของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มี ผู้ตรวจของแบบวัดต่างกัน โดยการ ศึกษาคุณภาพ ด้านความเชื่อมั่น จาก ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง(G-Coefficient) ตามทฤษฎี การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป EDug Version 6.1.1

ประชากร และ กลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้สำหรับในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพฯ จำนวน 52 โรงเรียน จำนวน 17,724 คน และครูผู้สอน ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพฯ จำนวน 100 คน

การสุ่ม กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร มีจำนวน 120 คน การกำหนดขนาดของตัวอย่าง จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสม ซึ่งสามารถนำไปใช้ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ได้อย่างมั่นใจ (Smit,1978 อ้างถึงใน สุพัฒน์ สุขมลสันต์

,2540) ได้เสนอขนาดของตัวอย่างขั้นต่ำ ที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 1 องค์ประกอบ คือ $n_p \times n_r$ ควรมีอย่างน้อย 360 คน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงขอกำหนดจำนวนผู้สอบ (n_p) 120 คน จำนวนผู้ตรวจ (n_r) 3 คน ได้ขนาดของตัวอย่าง $120 \times 3 = 360$ คน ซึ่งเป็นไปตามกฎเกณฑ์ของ Smit P.L (1987) จะได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับในการวิจัยจำนวน 120 คน ซึ่งมีรายละเอียดในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสุ่มกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของ แบบวัดกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพฯ จำนวน 120 คน ซึ่งเป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 120 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน โดยมีลำดับการสุ่มดังนี้

1.1 สํารวจหน่วยสมาชิกของประชากรจากข้อมูล สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพฯ แล้วจัดทำรอบการสุ่มโดยอาศัยลักษณะการแบ่งกลุ่มตามแผนการเรียนของนักเรียน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านภาษา

1.2 จากการสำรวจกลุ่มตามแผนการเรียนของโรงเรียนพบว่า มี จำนวนของโรงเรียนที่แบ่งแผนการเรียนเป็น 2 ลักษณะคือ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านภาษา จำนวนทั้งสิ้น 52 โรงเรียน ซึ่งทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่มโดยใช้แผนการเรียนของโรงเรียนเป็นชั้นในการสุ่มซึ่งจะได้ โรงเรียน 5 โรงเรียนที่มีการแบ่งแผนการเรียน 2 แผนคือ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านภาษา

1.3 ทำการสุ่มแบบแบ่งชั้น โดยแบ่งแผนการเรียนเป็น 2 แผนการเรียน แล้ว ใช้แผนการเรียนเป็นชั้น (Strata) และใช้โรงเรียนเป็นหน่วยสุ่ม (Unit) ได้โรงเรียนที่มีแผนการเรียนทั้ง 2 แผนคือโรงเรียน 5 โรงเรียนที่มีแผนการเรียน กลุ่มแผนการเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ กลุ่มแผนการเรียนทางด้านภาษา สุ่มได้โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี) (บ.ด.) โรงเรียนหอวัง(ห.ว.) โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)2(บ.ด.2) โรงเรียนเศรษฐบุตกร บำเพ็ญ(ศ.บ.) และโรงเรียนสายน้ำผึ้งในพระอุปถัมภ์ฯ(ส.น.)

1.4 ทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม และทำการสุ่มอย่างง่ายให้นักเรียนที่เป็นตัวแทนในแต่ละแผนการเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง รวมเป็นจำนวน 120 คน แสดงดังตาราง

ตาราง 7 แสดงการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

แผนการเรียน	ระดับชั้น	กลุ่มตัวอย่าง(คน)					รวม
		บ.ด.	ท.ว.	บ.ด.2	ศ.บ.	ส.น.	
กลุ่มแผนการเรียนทางด้าน วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์	ม.6	12	13	14	14	16	69
กลุ่มแผนการเรียนทางด้าน ภาษา	ม.6	12	11	10	10	8	51
รวม		24	24	24	24	24	120

2. กลุ่มตัวอย่าง ที่เป็นผู้ตรวจ การคัดเลือก ผู้ตรวจงานวิจัยครั้งนี้ เลือกผู้ตรวจจำนวน 3 คน คือ 1. ผู้วิจัย 2. ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ และมีประสบการณ์ในการสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือมีวิทยฐานะระดับชำนาญการ (คศ.2) ขึ้นไปจำนวน 2 คน

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียน 120 คน โดยให้ทำข้อสอบจำนวน 6 ข้อ และตรวจโดยผู้ตรวจจำนวน 3 คน โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ประเด็นดังนี้

1. การศึกษาเชิงสรุปอ้างอิง (G-Study) ที่มี การออกแบบ One-Facet Crossed Design คือ $p \times r$ เพื่อคำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยมีรูปแบบการนำเสนอ ดังตาราง

ตาราง 8 แสดง G-Study สำหรับ $p \times r$ design

SOURCE OF VARIATION	DF	VARIANCE COMPONENT	ESTIMATED VARIANCE COMPONENT
p	$n_p - 1$	σ_p^2	$\sigma_{pr,e}^2 + \sigma_{pr}^2 + \sigma_{pi}^2 + n_r \sigma_p^2$
r	$n_r - 1$	σ_r^2	$\sigma_{pr,e}^2 + \sigma_{pr}^2 + n_p \sigma_{pr}^2 + n_p \sigma_r^2$
RESIDUAL	$(n_p - 1)(n_r - 1)$	$\sigma_{pr,e}^2$	$\sigma_{pr,e}^2$
TOTAL	$(n_p)(n_r) - 1$		

2 การศึกษาเชิงตัดสิ้นใจ D-study สำหรับการออกแบบ $p \times r$ จากการเลือกใช้แบบสอบในเงื่อนไขการทดสอบ 1 แห่งคือ จำนวนผู้ตรวจ (r) โดยมีจำนวนผู้ตรวจ 1, 2, 3, 4, 5 คน ตามลำดับ

การเก็บ รวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัย มีขั้นตอน ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ผู้วิจัย นำหนังสือขอความร่วมมือ ในการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒถึงโรงเรียนเพื่อขออนุญาต ในการเก็บรวบรวม ข้อมูล
2. ผู้วิจัย ประสานขอ ความร่วมมือจาก ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างเพื่อเตรียม การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. ผู้วิจัย ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในโรงเรียนโดยผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ ในการวิจัย พร้อมทั้งอธิบายวิธีการตอบตามคำแนะนำให้นักเรียนเข้าใจ

สถิติที่ใช้ใน การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัย ได้เลือกใช้สถิติพื้นฐานและ สถิติที่ใช้ ตรวจสอบคุณภาพ เครื่องมือ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 คะแนนเฉลี่ย

หาค่าเฉลี่ย ของคะแนน ทดสอบของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (\bar{X}) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2554)

$$\text{สูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	ΣX	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนข้อมูล

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ใช้สูตร ดังนี้ (บุญธรรม กิจปริดาภิสุทธิ, 2554)

$$\text{สูตร} \quad \text{S.D.} = \sqrt{\frac{n(\Sigma X) - (\Sigma X^2)}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ΣX	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	ΣX^2	แทน	ผลรวมของกำลังสองของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนข้อมูล

2538) 1.3 ร้อยละ หาค่าร้อยละ โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ,

$$\text{สูตร} \quad p = \frac{x}{x_{total}} \times 100$$

เมื่อ	P	แทน	ร้อยละ
	x	แทน	คะแนนเฉลี่ย
	x_{total}	แทน	คะแนนเฉลี่ยรวม

1.4 ความถี่

2. สถิติที่ใช้ ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ ($\rho^2_{Abs, \emptyset}$) คำนวณจากสูตร (Shavelson; & Wabb 1991: 93) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป มีสูตรดังนี้

$$\text{สูตร} \quad \rho^2_{Abs} = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{Abs}^2}$$

เมื่อ	ρ^2_{Abs}	แทน	สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์
-------	----------------	-----	--

σ_p^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน
เอกภาพ

σ_{Abs}^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน
ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์ (ρ_{Rel}^2) คำนวณจาก
สูตร(Shavelson ; & Wabb 1991 : 93) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป มีสูตรดังนี้

$$\rho_{Rel}^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_{Rel}^2}$$

สูตร

เมื่อ

ρ_{Rel}^2 แทน สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง
เชิงตัดสินใจสัมพัทธ์

σ_p^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน
เอกภาพ

σ_{Rel}^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน
ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 2. เพื่อตรวจสอบ คุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยตรวจสอบ ในด้านต่อไปนี้ 2.1 ตรวจสอบคุณภาพรายข้อใน ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย และอำนาจจำแนก 2.2 ตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ ในด้านความเชื่อมั่น 3. เพื่อศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ความน่าเชื่อถือของผลการวัด ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน โดยมีกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 จำนวน 120 คน ในบทนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้าง แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบ คุณภาพเครื่องมือ ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

ตอนที่ 3 ผลการ ศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบ วัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่มีจำนวน ผู้ตรวจต่างกัน

**ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัด
สำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2**

ผู้วิจัย ได้ดำเนินการสร้างแบบ วัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 เป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พ.ศ.2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) จำนวน 6 ข้อ ซึ่งเป็นไปตามตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 9 การสร้างจำนวนแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัด
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	ข้อ	รวมสถานการณ์ (ข้อ)
จำนวน และ พีชคณิต	1 สถานการณ์ของการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้ ประกอบไปด้วย 1.1 สถานการณ์จำนวนดินสอ 1.2 สถานการณ์ครอบครัวที่ปลูกข้าวหรือข้าวโพด	2
สถิติและ ความ น่าจะเป็น	2 สถานการณ์ของการใช้สถิติและความน่าจะเป็นในการตัดสินใจ ประกอบไปด้วย 2.1 สถานการณ์โยนเหรียญ 2.2 สถานการณ์ audition game	2
การวัดและ เรขาคณิต	3 สถานการณ์การนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้ ประกอบไปด้วย 3.1 สถานการณ์วงโคจรของดาวลูกเบ็ด 3.2 สถานการณ์การยิงจุดโทษของกีฬาฟุตบอล	2
	รวม	6

ตัวอย่าง เครื่องมือ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

แบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ 1 สถานการณ์ ประกอบไปด้วย การวัด องค์ประกอบของ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และ การนำเสนอตัวแทนความคิด ซึ่งใน องค์ประกอบ การแก้ปัญหา จะมีการวัด 3 ด้าน คือ การ วิเคราะห์ปัญหา (P1) การดำเนินการแก้ปัญหา (P2) และการสรุปคำตอบของปัญหา (P3)

องค์ประกอบ การให้เหตุผล จะมีการวัด 3 ด้านคือ การอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมา ใช้เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (R1) การอธิบายเหตุผลของการแก้ปัญหา (R2) การอธิบายเหตุผลความสมเหตุสมผลของคำตอบ (R3) องค์ประกอบการนำเสนอตัวแทนความคิด จะมีการวัด 3 ด้านคือ การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา (Re1) การใช้ตัวแทนความคิดในการแก้ปัญหา (Re2) และ การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา (Re3) ดังแสดงตัวอย่างเครื่องมือแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ตัวอย่างเครื่องมือแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

สถานการณ์ 0

ณ ร้านขายเครื่องเขียนแห่งหนึ่ง พบว่าร้านค้าขายดินสอด้วยกันสองราคาคือ ราคาแท่งละ 5 บาทและ 10 บาทตามลำดับ เจ้าของร้านนับจำนวนดินสอแล้วพบว่ายังมีดินสอเหลืออยู่ทั้งหมด 20 แท่ง คิดเป็นเงิน 120 บาท เจ้าของร้านอยากทราบว่าดินสอแต่ละราคาเหลืออยู่ที่แท่ง

ข้อคำถาม 1 จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ข้อคำถาม 1.1 (วัด P1)

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

สิ่งที่โจทย์ถาม.....

ถ้าจะแก้ปัญหานี้นักเรียนจะใช้ความรู้ สูตร ทฤษฎีบท หลักการ คณิตศาสตร์ในเรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา.....

ตัวอย่างเครื่องมือแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์(ต่อ)

ข้อคำถาม 1.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้ข้อความนี้มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้

(วัด R1)

.....

ข้อคำถาม 1.3 ให้นักเรียนแสดงประโยคสัญลักษณ์หรืออธิบายเงื่อนไขของปัญหา (วัด

Re1)

.....

ข้อคำถาม 2 จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา แสดงวิธีการหา

คำตอบ โดยสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย และเหตุใดจึงเลือก

แสดงการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้ (วัด P2, R2, Re2)

แสดงวิธีการแก้ปัญหา

.....

เพราะเหตุใดจึงเลือกแสดงการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้

.....

ข้อคำถาม 3 จากการแสดงวิธีแก้ปัญหาข้างต้นให้นักเรียนเขียนคำตอบและสรุป

คำตอบ โดยการเขียนข้อความ สัญลักษณ์ หรือวาดภาพ ได้อย่างหลากหลายวิธี ให้

ถูกต้องสอดคล้องกับปัญหา พร้อมทั้งอธิบายความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของ

คำตอบ (วัด P3, R3, Re3)

สรุปคำตอบ

ตรวจสอบคำตอบด้วยการอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบ.....

เกณฑ์การให้คะแนน แบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์

เกณฑ์การให้ คะแนนแบบ วัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ คือ ด้านการแก้ปัญหา ด้านการให้เหตุผล และ ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด ซึ่งสร้างเกณฑ์แบบแยก ส่วนตามองค์ประกอบ มีระดับคะแนนเป็น 0,1,2 ตามลำดับ

ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา

ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1. วิเคราะห์ปัญหา โดยสามารถ (P1)	
1.1 ระบุได้ว่าสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบคืออะไร	
1.2 ระบุได้ว่าสิ่งที่ปัญหากำหนดให้คืออะไร	
1.3 สามารถเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา	
1.1 สามารถระบุได้ว่าสิ่งที่ปัญหากำหนดให้คืออะไร	
2	ระบุสิ่งที่ปัญหากำหนดให้ได้ถูกต้อง และครบถ้วน
1	ระบุสิ่งที่ปัญหากำหนดให้ได้ ถูกต้องเพียงบางส่วน
0	ระบุสิ่งที่ปัญหากำหนดให้ ไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถระบุสิ่งที่ปัญหากำหนดให้
1.2 สามารถระบุได้ว่า สิ่งที่ต้องการทราบคืออะไร	
2	ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบได้ ถูกต้องและครบถ้วน
1	ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบได้ ถูกต้องเพียงบางส่วน
0	ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบ
1.3 เลือกใช้กลยุทธ์ ในการแก้ปัญหา	
2	เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับปัญหา นำไปสู่การแก้ปัญหาที่รวดเร็วเข้าใจง่าย
1	เลือกใช้กลยุทธ์ไม่เหมาะสมกับปัญหา นำไปสู่การแก้ปัญหาที่ซับซ้อนหรือยุ่งยากเกินความจำเป็น
0	ไม่มีการเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา
2. การดำเนินการแก้ปัญหา (P2)	
2	ใช้สูตร ทฤษฎี หลักการทางคณิตศาสตร์ ประยุกต์ ดัดแปลงเพื่อ แก้ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกขั้นตอน
1	ใช้ สูตร ทฤษฎี หลักการทางคณิตศาสตร์ประยุกต์ ดัดแปลง เพื่อแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือแสดงการแก้ปัญหาได้ไม่ครบทุกขั้นตอน
0	ใช้ สูตร ทฤษฎี หลักการทางคณิตศาสตร์ ประยุกต์ ดัดแปลง เพื่อแก้ปัญหาได้ผิด หรือไม่แสดงการแก้ปัญหา
3. การสรุปคำตอบของปัญหา (P3)	
2	สรุปคำตอบได้ ครบถ้วนถูกต้องตามประเด็นปัญหาที่ต้องการทราบ
1	สรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือสรุปคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่ครบตามประเด็นปัญหาที่ต้องการ
0	สรุปคำตอบได้ไม่ถูกต้อง

ตาราง 11 เกณฑ์การตรวจให้ คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผล

ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1. ใช้ความรู้และข้อมูลในการวิเคราะห์สถานการณ์ (R1)	
2	ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และ ข้อมูลจากปัญหา เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ในปัญหาได้ถูกต้อง
1	ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และ ข้อมูลจากปัญหา เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ในปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
0	ไม่ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และข้อมูลจากปัญหา เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์ในปัญหาหรือไม่มีการเขียนคำตอบ
2 อธิบายเหตุผลของการเลือกใช้กลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหา (R2)	
2	อธิบายเหตุผลของการเลือกใช้กลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปัญหา
1	อธิบายเหตุผลของการเลือกใช้กลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปัญหาได้เพียงบางส่วนหรือไม่ชัดเจน
0	ไม่สามารถอธิบายเหตุผลของการเลือกใช้กลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหาได้หรือไม่เขียนอธิบายเหตุผล
3. อธิบายความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ (R3)	
2	อธิบายความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบได้สอดคล้องกับปัญหา
1	อธิบายความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบได้แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหา
0	ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบคำตอบได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผลหรือไม่ให้เหตุผล

ตาราง 12 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้าน การนำเสนอตัวแทนความคิด

ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1. การใช้ตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจปัญหา โดยอาจใช้ข้อความ วาดภาพหรือ สัญลักษณ์ ใช้การขีดเขียน ข้อความในใจหรือเขียนแผนภาพความคิด (Re1)	
2	ใช้ตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจปัญหาได้ เพื่อสื่อความหมายได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับปัญหา
1	ใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจปัญหาได้แต่สื่อความหมายได้บางส่วน
0	ไม่สามารถใช้ตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจปัญหาได้หรือไม่แสดงการใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจปัญหา
2. การใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงกระบวนการแก้ปัญหา โดยอาจใช้การวาดภาพ สัญลักษณ์ หรือตัวแปร ข้อความ ตาราง หรือกราฟ ตัวแบบทางเรขาคณิต (Re2)	
2	ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับปัญหาและสื่อความหมายได้อย่างเหมาะสม
1	ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงกระบวนการแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับปัญหาแต่ไม่สื่อความหมายในกระบวนการแก้ปัญหา
0	ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงกระบวนการแก้ปัญหาไม่เหมาะสมกับปัญหาแต่ไม่สื่อความหมายในกระบวนการแก้ปัญหาหรือไม่ใช้การนำเสนอตัวแทนความคิด
3. การใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงการสรุปคำตอบของปัญหา โดยอาจใช้ข้อความหรือสัญลักษณ์ (Re3)	
2	ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงการสรุปคำตอบของปัญหาได้อย่างเหมาะสมและสื่อความหมายได้ชัดเจน
1	ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงการสรุปคำตอบของปัญหาได้อย่างเหมาะสมแต่สื่อความหมายได้ไม่ชัดเจน
0	ไม่สามารถใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงการสรุปคำตอบของปัญหาได้หรือไม่เขียนคำตอบ

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบ คุณภาพเครื่องมือของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

ผู้วิจัย ได้ดำเนินการ ตรวจสอบคุณภาพ เครื่องมือ ของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยตรวจสอบ คุณภาพเครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัยขั้นต้นโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่ง

ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหาจิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างแบบวัด จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งให้ความเห็นเกี่ยวกับข้อสอบแต่ละข้อ และให้คะแนนความคิดเห็นว่าข้อสอบข้อนั้นสามารถวัดได้ สอดคล้องตามคุณลักษณะที่จะวัด จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้มา คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 0.5 – 1.00 รวมทั้งหมด 6 ข้อ โดยได้ผลค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 13 แบบตรวจสอบคุณภาพของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระหว่างข้อสอบสถานการณ์กับ มาตรฐานและตัวชี้วัด มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ข้อสอบสถานการณ์	ค่า IOC	ผลการคัดเลือก
จำนวนและพีชคณิต	สถานการณ์ที่ 1 จำนวนดินสอ	1	ผ่าน
	สถานการณ์ที่ 2 ครอบคร้วที่ปลุกข้าวหรือข้าวโพด	1	ผ่าน
	สถานการณ์ที่ 1 โยนเหรียญ	1	ผ่าน
สถิติและความน่าจะเป็น	สถานการณ์ที่ 2 audition game	1	ผ่าน
	สถานการณ์ที่ 1 วงโคจรของดาวลูกเปิด	1	ผ่าน
การวัดและเรขาคณิต	สถานการณ์ที่ 2 การยิงจุดโทษของกีฬาฟุตบอล	0.6	ผ่าน

จากตาราง แบบตรวจสอบคุณภาพ ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างข้อสอบสถานการณ์ กับมาตรฐานและตัวชี้วัด มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ ที่กำหนด จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ จะพบว่าทั้ง 6 สถานการณ์ มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป โดยมีสถานการณ์ที่ 2 ในสาระการวัดและเรขาคณิต ได้ค่าต่ำสุดที่ 0.6 โดยมีข้อเสนอแนะ จาก

ผู้เชี่ยวชาญให้ปรับปรุงสถานการณ์และ แนวทางการตอบที่หลากหลายเพิ่มขึ้น ไม่จำกัดแนวทางการตอบ โดยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข ดังตารางภาคผนวก จ

ตาราง 14 ผลจากการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญจากแบบตรวจสอบความเหมาะสม ของเกณฑ์การให้คะแนนของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเหมาะสม สมสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่กำหนด

นิยามศัพท์	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน	ผลการตรวจสอบ
1. การแก้ปัญหา	1. ด้านการแก้ปัญหา	
	1.1 P1	เหมาะสม
	1.2 P2	เหมาะสม
	1.3 P3	เหมาะสม
2 การให้เหตุผล	2. ด้านการให้เหตุผล	
	2.1 R1	เหมาะสม
	2.2 R2	เหมาะสม
	2.3 R3	เหมาะสม
3. การนำเสนอตัวแทนความคิด	3. ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด	
	2.3 Re1	เหมาะสม
	3.1 Re2	เหมาะสม
	3.2 Re3	เหมาะสม

ผลจากการ พิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ จากแบบ ตรวจสอบความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน สอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่กำหนด พบว่ามีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน เหมาะสมสอดคล้องกับนิยามศัพท์ อย่างไรก็ตามมีข้อเสนอแนะ จากผู้เชี่ยวชาญในการปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังตารางข้อเสนอแนะในภาคผนวก จ

**ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน ของแบบวัดการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

ผลการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) ซึ่งแสดงผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 15 สรุปผลค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 6 สถานการณ์จากการทดลองครั้งที่ 1

ข้อที่	เรื่อง	สถานการณ์	RAI	คุณภาพ
1.	จำนวนและพีชคณิต	จำนวนดินสอ	0.75	ใช้ได้
2.	จำนวนและพีชคณิต	ครอบครัวที่ปลูกข้าวหรือข้าวโพด	0.82	ใช้ได้
3.	สถิติและความน่าจะเป็น	โยนเหรียญ	0.78	ใช้ได้
4.	สถิติและความน่าจะเป็น	audition game	0.81	ใช้ได้
5.	การวัดและเรขาคณิต	วงโคจรของดาวลูกเปิด	0.88	ใช้ได้
6.	การวัดและเรขาคณิต	การยิงจุดโทษของกีฬาฟุตบอล	0.80	ใช้ได้

จาก ตารางสรุปผล ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 6 สถานการณ์ จากการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า สถานการณ์ที่ 1 จำนวนดินสอ มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.75 สถานการณ์ที่ 2 ครอบครัวที่ปลูกข้าวหรือข้าวโพด มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.82 สถานการณ์ที่ 3 โยนเหรียญ มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.78 สถานการณ์ที่ 4 audition game มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.81 สถานการณ์ที่ 5 วงโคจรของดาวลูกเปิด มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.88 สถานการณ์ที่ 6 การยิงจุดโทษของกีฬาฟุตบอล มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.80 ซึ่งทั้ง 6 สถานการณ์มีค่าความสอดคล้องเข้าใกล้ 1 มีค่าคุณภาพใช้ได้

**ผลการตรวจสอบคุณภาพ ของรายข้อและรายฉบับของแบบวัดการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

ผลการ ตรวจสอบคุณภาพรายข้อโดยการวิเคราะห์หา ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบวัด ซึ่งได้ผล ดังตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 16 ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2

สถานการณ์ที่	เรื่อง	ชื่อสถานการณ์	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (d)	แปลผล
1.	จำนวนและพีชคณิต	จำนวนและดินสอ	0.64	0.56	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
2.	จำนวนและพีชคณิต	ครอบครัวที่ปลูกข้าวหรือข้าวโพด	0.63	0.73	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี มาก
3.	สถิติและความน่าจะเป็น	โยนเหรียญ	0.58	0.67	ยากง่ายปานกลาง จำแนกดี มาก
4.	สถิติและความน่าจะเป็น	audition game	0.76	0.46	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดี
5.	การวัดและเรขาคณิต	วงโคจรของดาวลูกเปิด	0.59	0.52	ยากง่ายปานกลาง จำแนกได้ดี
6.	การวัดและเรขาคณิต	การยิงจุดโทษของกีฬาฟุตบอล	0.40	0.78	ยากง่ายปานกลาง จำแนกได้ดี มาก
ค่าความเชื่อมั่น				0.97	

จากตารางพบว่า ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ของข้อสอบในแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สถานการณ์ที่ 1 มีค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.64 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.56 สถานการณ์ที่ 2 ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.63 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.73 สถานการณ์ที่ 3 ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.58 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.67 สถานการณ์ที่ 4 มีค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.76 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.46

สถานการณ์ที่ 5 ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.59 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.52
 สถานการณ์ที่ 6 ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.40 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.78 และ
 ภาพรวมทั้งฉบับแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ให้ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก
 (d) ใช้ได้ทั้ง 6 ข้อ ค่าความเชื่อมั่น ของแบบ วัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ทั้งฉบับเท่ากับ 0.97

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ของแบบ วัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่มีจำนวน ผู้ตรวจต่างกัน

3.1 ผลการศึกษา ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง(G-Coefficient) ตามทฤษฎีการสรุป
 อ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) การวิเคราะห์ ความแปรปรวน
 ขององค์ประกอบ จากแหล่งความแปรปรวนต่างๆ มีผลต่อสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง(G-
 Coefficient) ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ออกแบบการวัดเป็น One-Facet Design โดยมี
 รูปแบบการวัดเป็น $p \times r$ เมื่อ r แทนจำนวนผู้ตรวจ ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังตาราง

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจาก G-Study ($p \times r$) ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจำนวนข้อสอบ 6 ข้อ

SOURCE OF VARIATION (แหล่งความคลาดเคลื่อน)	DF	SS	MS	ESTIMATED VARIANCE COMPONENT	% OF TOTAL VARIANCE
p	119	58187.067	488.967	162.989	80.2
r	2	1741.250	870.625	4.639	2.3
RESIDUAL(CR)	238	8474.083	35.605	35.605	17.5
TOTAL	359	68402.400		203.224	100

จากตาราง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนขององค์ประกอบ จากแหล่งความ
 แปรปรวนต่างๆ ที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) ของ แบบวัดการคิดเชิง
 คณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ความแปรปรวนทั้งหมดเท่ากับ
 203.224 ประกอบด้วย ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยของผู้สอบ (σ_p^2) เท่ากับ 162.989 คิด
 เป็นร้อยละ 80.2 ของความแปรปรวนทั้งหมด ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยของผู้ตรวจ (σ_r^2)

เท่ากับ 4.639 คิดเป็นร้อยละ 2.3 ของความแปรปรวนทั้งหมด ความแปรปรวนของคะแนน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจ (σ^2_{pr}) เท่ากับ 35.605 คิดเป็นร้อยละ 17.5 ของคะแนนความแปรปรวนทั้งหมด

3.2 การศึกษาเชิงตัดสินใจ D-study สำหรับการออกแบบ $p \times r$ จากการเลือกใช้การทดสอบในเงื่อนไข การศึกษาความคลาดเคลื่อน 1 แหล่งคือ จำนวนผู้ตรวจ (r) โดยมีจำนวนผู้ตรวจ 1,2,3,4,5 คน ตามลำดับ

การศึกษาเชิงตัดสินใจ D-study สำหรับการออกแบบ $p \times r$ จากการเลือกใช้แบบสอบ ในเงื่อนไข การศึกษาความคลาดเคลื่อน 1 แหล่งคือ จำนวนผู้ตรวจ (r) โดยมีจำนวนผู้ตรวจ 1 , 2 ,3 ,4 ,5 คน ตามลำดับ ดังตาราง

ตาราง 18 ตาราง G-Study สำหรับ $p \times r$ design

Design	n'_r	1	2	3	4	5
Error Variance	ρ^2_{δ}	35.605	17.803	11.868	8.901	7.121
	ρ^2_{Δ}	42.564	21.282	14.188	10.641	8.513
G- Coefficient	ρ^2_{δ}	0.809	0.895	0.927	0.944	0.955
	ρ^2_{Δ}	0.780	0.877	0.914	0.934	0.947

จากตาราง ผลการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด G-Study สำหรับการออกแบบ $p \times r$ design ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เมื่อจำนวนผู้ตรวจ 1, 2, 3, 4 และ 5 คนตามลำดับ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของคะแนนสำหรับนำไปใช้ในการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (G- Coefficient for relative Decisions) (ρ^2_{δ}) ของผู้ตรวจ จำนวน 1 คน ($n_r = 1$) มีค่าเท่ากับ 0.809 ผู้ตรวจ 2 คน ($n_r = 2$) มีค่าเท่ากับ 0.895 ผู้ตรวจ 3 คน ($n_r = 3$) มีค่าเท่ากับ 0.927 ผู้ตรวจ 4 คน ($n_r = 4$) มีค่าเท่ากับ 0.944 ผู้ตรวจ 5 คน ($n_r = 5$) มีค่าเท่ากับ 0.955 และค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของคะแนนสำหรับ นำไปตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ (G- Coefficient for Absolute Decisions) (ρ^2_{Δ}) ของผู้ตรวจ 1 คน ($n_r = 1$) มีค่าเท่ากับ 0.780 ผู้ตรวจ 2 คน ($n_r = 2$) มีค่าเท่ากับ 0.877 ผู้ตรวจ 3 คน ($n_r = 3$) มีค่าเท่ากับ 0.914 ผู้ตรวจ 4 คน ($n_r = 4$) มีค่าเท่ากับ 0.934 และผู้ตรวจ 5 คน ($n_r = 5$) มีค่าเท่ากับ 0.947

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย ครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อ 1. สร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร 2. ตรวจสอบ คุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 3. ศึกษา สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวน ผู้ตรวจต่างกัน

การวิจัยครั้งนี้ มีวิธีดำเนินการ การวิจัยเป็น 3 ระยะ ประกอบไปด้วย ระยะที่ 1 ระยะการสร้างแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ได้แบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 6 สถานการณ์ ระยะที่ 2 ระยะการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยตรวจสอบ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาด้วยการหาค่า IOC ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น ระยะที่ 3 ระยะการศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจำนวน ผู้ตรวจ ต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัย แบ่งเป็น 3 ตอน เพื่อตอบ วัตถุประสงค์การวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ผลการ สร้างแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร ตามแนวคิดของ ครีกลเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004) มีจำนวน 6 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ จำนวนดินสอ โยนเหรียญ วงโคจรของดาวลูกเบ็ด ครอบครวที่ปลุกข้าวหรือข้าวโพด audition game และการยิงจุดโทษของกีฬาฟุตบอล ซึ่งทั้ง 6 สถานการณ์ครอบคลุม 3 สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในแต่ละสถานการณ์ ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลและ การนำเสนอตัวแทนความคิด พร้อมทั้ง

พัฒนา เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ แบบวิเคราะห์แยกส่วน ตามองค์ประกอบ (Analytic Rubric)

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพ ของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยตรวจสอบในด้านต่อไปนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

ผลการวิเคราะห์แบบตรวจสอบคุณภาพ ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างข้อสอบกับ นิยามศัพท์การคิดเชิงคณิตศาสตร์มี ความสอดคล้อง กับสถานการณ์ โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 สถานการณ์ มีค่า IOC 0.6 – 1.00 ซึ่งถือว่าผ่านทุกสถานการณ์

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเหมาะสมสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่กำหนดพบว่าเกณฑ์ การตรวจให้คะแนน มีความเหมาะสมสอดคล้อง กับนิยามศัพท์

2.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 6 สถานการณ์จาก การทดลองครั้งที่ 1 พบว่า สถานการณ์ที่ 1 จำนวนดินสอ มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.75 สถานการณ์ที่ 2 ครอบครัวยี่ปลูกข้าวหรือข้าวโพด มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.82 สถานการณ์ที่ 3 โยนเหรียญ มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.78 สถานการณ์ที่ 4 audition game มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.81 สถานการณ์ที่ 5 วงโคจรของดาวลูกเปิด มีค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.88 สถานการณ์ที่ 6 การยิงจุดโทษของกีฬาฟุตบอล มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.80 ซึ่งทั้ง 6 สถานการณ์มีค่าความสอดคล้องเข้าใกล้ 1 มีค่าคุณภาพใช้ได้

2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและ อำนาจจำแนก

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก พบว่า ค่าความยากง่ายและ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ของข้อสอบในแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ข้อที่ 1 มีค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.64 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.56 ข้อที่ 2 ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.63 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.73 ข้อที่ 3 ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.58 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.67 ข้อที่ 4 มีค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.76 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.46 ข้อที่ 5 ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.59 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.52 ข้อที่ 6

ค่าความยากง่าย (p) เท่ากับ 0.40 ค่าอำนาจจำแนก (d) เท่ากับ 0.78 และภาพรวมทั้งฉบับแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ให้ค่าความยากง่าย (p) และค่าดัชนีอำนาจจำแนก (d) ใช้ได้ทั้ง 6 ข้อ

2.4 ผลการความเชื่อมั่น

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ด้วยการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค โดยมีเกณฑ์ ค่าความ เชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป โดยผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า ความเชื่อมั่น ของแบบวัด เท่ากับ 0.97

3. ผลสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน

การประมาณ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่มีการออกแบบโดยให้ผู้ตรวจตรวจให้คะแนนทุก ข้อของ ผู้เข้าสอบทุกคน One – Facet Crossed Design หรือ (p x r) ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน ได้แก่ 1, 2, 3, 4 และ 5 คน พบว่า เมื่อจำนวนผู้ตรวจเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ (G- Coefficient for Absolute Decisions) จะเพิ่มขึ้นจาก 0.780, 0.877, 0.914, 0.934 และ 0.947 โดย ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงการ เชิงตัดสินใจสัมพัทธ์ (G- Coefficient for reative Decisions) จะเพิ่มขึ้นจาก 0.809, 0.895, 0.927, 0.944 และ 0.955 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยอภิปรายผล ตามผลการดำเนินการวิจัย ซึ่งแบ่งออก เป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1. ผลการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 และ 3. ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน

1. ผลการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

จากผล การสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Kriegler (2004) ซึ่งมี องค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้ เหตุผล และ การนำเสนอตัวแทนความคิด ซึ่งการคิดเชิงคณิตศาสตร์นี้เป็นกระบวนการทางปัญญาของบุคคลใน การเผชิญปัญหา โดยการ ใช้เครื่องมือ สื่อและทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในการ ทำความเข้าใจ ค้นหา ความสัมพันธ์ สร้าง ข้อสรุปและแก้ปัญหา ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิต โดยแนวคิดนี้ สอดคล้องกับ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น.54-56) จึง แสดง ให้เห็นว่าองค์ประกอบ ต่างๆ ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีความสำคัญ และ จำเป็นต่อการ พัฒนา ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนอย่างยิ่ง โดยจากการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 6 สถานการณ์เป็นข้อสอบอัตนัย ซึ่งข้อสอบอัตนัยที่ต้องเขียนตอบโดยการหาคำตอบด้วยตนเอง ภายใต้ประเด็นคำถามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้ โดยผู้เข้าสอบต้องใช้ภาษาและความสามารถของ ตนเองในการเรียบเรียงหรือจัดระเบียบความรู้ที่ การสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า ในการสร้างแบบวัดมีการวางแผนการสร้างตามขั้นตอนการสร้าง การกำหนดวัตถุประสงค์ พฤติกรรมบ่งชี้ชัดเจน ทำให้สร้างข้อสอบได้ง่ายขึ้นและตรงกับเป้าหมายที่ต้องการจะวัด การ กำหนดจำนวนข้อสอบของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะต้องกำหนดในภาพรวมที่เหมาะสม กับเนื้อหา วิธีการวัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ แพร่ใหม่ สามารถ (2556) ที่ได้สร้างแบบวัดการ คิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่องการนำไปใช้ของทฤษฎีบทพีทาโกรัสและการประยุกต์ของสมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียว จำนวน 3 ฉบับ สอดคล้องกับ พิเชิต ฤทธิ์จัญญ (2557) กล่าวว่าถึงแม้ข้อสอบอัตนัย จะ มี ข้อดี อาทิ สร้างได้ง่าย ผู้ตอบไม่มีโอกาสในการเดาหรือเดาได้น้อยมากทำให้ผู้ตอบมีโอกาสใช้ ความรู้ ความคิด และความสามารถในการใช้ภาษา อย่างกว้างขวาง ตลอดจนสามารถวัด พฤติกรรมต่างๆในทุกด้านโดยเฉพาะกระบวนการคิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์ แต่ข้อสอบอัตนัยก็มี ข้อจำกัดในบางประการ ได้แก่ มีความเชื่อมั่นต่ำ เนื่องจากการตรวจให้คะแนนทำได้ยาก ไม่คงที่ ขาดความแม่นยำ มีโอกาสที่จะเกิดความลำเอียงได้ง่าย ใช้เวลาในการตรวจได้ยาก สอดคล้องกับ กัญญา ลินทร์ตันศิริกุล (2549) ที่กล่าวว่า ข้อสอบอัตนัย เป็นข้อสอบที่ตรวจได้ยาก และใช้เวลา ในการตรวจนาน ดังนั้น มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจจึงคงที่ และเนื่องจากการตรวจข้อสอบอัตนัยนี้ เป็นการตรวจด้วยมือ จึงมักเกิดปัญหาผู้ตรวจปรับเปลี่ยนเกณฑ์การให้คะแนนใหม่หลังจากการ อ่านกระดาษคำตอบของผู้สอบบางส่วนไปแล้ว ส่งผลให้คะแนนของผู้สอบที่ตรวจไปแล้วผิดพลาด อาจได้คะแนนสูงเกินจริงหรือต่ำเกินจริง ด้วยข้อจำกัดของข้อสอบอัตนัยซึ่งเป็นข้อสอบที่ตรวจให้ คะแนนยาก และใช้เวลามาก ในการตรวจ ผู้วิจัย จึงกำหนด เกณฑ์ใน การตรวจให้คะแนนแบบ

แยกส่วน (Analytic) โดยดูว่าส่วนใด หรือจุดใดที่ผู้สอบตอบถูกก็จะได้คะแนนในส่วนนั้น โดยการ ใช้รูบรีค (Rubric) มาใช้ เป็นเครื่องมือในการตรวจ ให้คะแนน ข้อสอบอัตนัย แบบวัดการคิดเชิง คณิตศาสตร์ สำหรับ นักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่ง เกณฑ์การให้คะแนน ประกอบ ไป ด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ด้าน การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิด ใน แต่ละด้าน จะ มีคำบรรยายระดับคุณภาพของรายการประเมิน โดยแต่ละรายการประเมินจะมีการ เขียนบรรยายระดับคุณภาพไว้อย่างชัดเจน (ไพฑูริย์ โภทิสาร, 2545)

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

2.1 แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงาน เขต พื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งตรวจสอบ โดยวิเคราะห์ ค่าความ สอดคล้อง จาก ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งค่าดัชนี ความสอดคล้องของแบบ วัดการ คิดเชิงคณิตศาสตร์ ทั้ง 6 ข้อมีค่าตั้งแต่ 0.6-1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ มีค่าความ เที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรง จุดประสงค์ที่ต้องการวัด เนื่องจากใน ขั้นตอนการสร้างแบบวัด ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิด ของครีกเลอร์และสังเคราะห์พฤติกรรมกรคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงออกมาได้ ทำให้ข้อคำถามที่ สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ แต่ก็ยังมีข้อคำถามบางข้อในแบบวัดที่มี ความหมายไม่ได้สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ และบางข้อที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นว่าข้อ คำถามในแต่ละสถานการณ์ของแบบวัดไม่สอดคล้องเหมาะสม ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงข้อ คำถามเพื่อให้แบบวัดมีคุณภาพมากที่สุด สอดคล้องกับ ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2541) ทำให้มั่นใจว่าแบบวัดนี้มีคุณภาพคือมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับ ดารา พร ชาญกล้า (2550) ให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านตรวจสอบแบบทดสอบวัดความถนัดพิสัยได้ ค่าเฉลี่ย ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 0.6-1.00 ทุกฉบับ แสดงว่ามีความคิดเห็นสอดคล้อง กับนิยามและจุดประสงค์และเหมาะสมที่จะนำมาใช้วัดความถนัดทางวิทยาศาสตร์และสอดคล้อง กับ ศุภรัตน์ กรองสะอาด (2552) ได้สร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนเพื่อใช้พยากรณ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้องของแต่ละด้าน ดังนี้ แบบทดสอบ ความถนัดทางการเรียนด้านภาษา แบบทดสอบ ความถนัดทางการ เรียนด้านเหตุผล มี 3 รูปแบบ คือแบบการจำแนกประเภทการอุปมาอุปไมย และแบบสรุปความ รวมทั้งสิ้น 25 ข้อ และแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนด้านตัวเลขมี 3 รูปแบบ คือ อนุกรม

ตัวเลขธรรมชาติอนุกรมตัวเลขหลายชั้น และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งสิ้น 25 ข้อ ต่างมีข้อคำถามที่ให้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

2.2 ค่าความยากง่าย และ ค่าอำนาจจำแนก จากการ ทดสอบนักเรียน ครั้งที่ 2 จำนวน 6 สถานการณ์ ให้ ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.40 – 0.76 พร้อมทั้งมี ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.52 – 0.78 จาก ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก พบว่า อยู่ในช่วงตามเกณฑ์ที่กำหนด อาจเนื่องมาจาก ผู้วิจัยได้ใช้ข้อสอบที่ผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญและได้ปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำ จึงทำให้ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ คือสามารถวัดเด็กเก่งเด็กอ่อน และจำแนกผู้ที่มีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงกับต่ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2541) กล่าวไว้ว่าค่าความยากง่ายควรมีค่าตั้งแต่ 0.2 – 0.8 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง -1 ถึง +1 ถ้าคำนวณออกมาได้มีค่าเป็นบวกสูงแปลว่าอำนาจจำแนกดี แต่ถ้าติดลบหรือ 0 ถือว่าอำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ค่าอำนาจจำแนกที่ถือว่าจำแนกคนเก่งและอ่อนได้ จะใช้ค่าอยู่ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ทั้งฉบับ ที่ตรวจสอบโดยใช้ สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่าความ เชื่อมั่นอยู่ที่ 0.97 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อาจเนื่องมาจาก ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไปซึ่งแสดงว่าคะแนนผลการสอบแต่ละข้อ หรือแต่ละตอนภายในฉบับของแบบวัดให้ผลการสอบที่สอดคล้องกันมาก ถือว่ามีความเชื่อมั่นมาก สอดคล้องกับ ดาราพร หาญกล้า (2550) แบบทดสอบวัดความถนัดด้านจำนวน ด้านมิติสัมพันธ์ ด้านเหตุผล ด้านความจำ มีค่าความ เชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.72 สาเหตุ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากข้อสอบได้ผ่านการวิเคราะห์และปรับปรุง ข้อคำถามให้เหมาะสมยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ ศุภรัตน์ กรองสะอาด (2552) แบบทดสอบความถนัด ทางทางด้านเรียนภาษามี ค่าความเชื่อมั่น 0.74 แบบทดสอบความ ถนัดทาง ด้าน ตัวเลขมีค่าความ เชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.82

2.4 ค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) จากการทดลองเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 โดยเลือกใช้จำนวนนักเรียน 10 คนใน การการหาค่าความสอดคล้อง ระหว่าง ผู้ประเมิน โดยมีผู้ประเมิน 3 คน ประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนน ตามองค์ประกอบการ คิดเชิง คณิตศาสตร์ ซึ่ง มี 3 องค์ ประกอบ แต่ละองค์ประกอบมี 3 องค์ประกอบ ย่อย พบว่า ค่า ดัชนี ความสอดคล้องระหว่าง ผู้ประเมิน จำนวน 6 สถานการณ์(สถานการณ์ที่ 1-6) มีค่าตั้งแต่ 0.75 – 0.88 พบว่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเข้าใกล้ 1 ทั้ง 6 สถานการณ์ อาจ เนื่องมาจากแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์สามารถวัดพฤติกรรมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของ

นักเรียนไปในทิศทางเดียวกัน เพราะอาจเกิดจากข้อคำถามที่ชัดเจน จึงทำให้ผู้ตรวจข้อสอบให้คะแนนพฤติกรรมออกมาในทิศทางเดียวกัน หรืออาจเนื่องมาจากเพราะมีการตรวจสอบความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนที่ประเมินได้ตามเกณฑ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์จริงและสอดคล้องกัน ซึ่งค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนที่เชื่อถือได้ควรมีค่าประมาณ .85 ขึ้นไป (ไพศาล, 2559) ซึ่งถือว่ามีค่าความเชื่อมั่นสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้ให้คะแนนทั้ง 3 คน คือผู้วิจัย และครูผู้สอนคณิตศาสตร์ทราบข้อมูลเบื้องต้นของเกณฑ์การให้คะแนนและประเมินได้ตามเกณฑ์จริง และสอดคล้องกับ ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2548) ที่กล่าวว่าเราสามารถหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องกันของ การให้คะแนนที่ได้จากผู้ประเมิน 2 คน หรือมากกว่า โดยค่าดัชนีความสอดคล้องนั้นจะมีค่าตั้งแต่ 0-1 เมื่อใดที่ค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า ผู้ประเมิน สามารถ ให้ คะแนน ได้อย่าง สอดคล้องกันสูงมาก แต่ถ้าเข้า ใกล้ 0 ก็แสดงว่ามีความ สอดคล้องกันไม่มากนัก และคุณภาพอีกประการหนึ่งที่สำคัญยิ่งของเครื่องมือคือความชัดเจน และการสื่อสารได้ตรงกันเรียกว่าความเป็นปรนัย ในส่วนของเกณฑ์การให้คะแนนต้องมีมาตรฐาน ไม่ว่าจะนำไปใช้เมื่อใดก็ตาม คะแนนเหล่านั้นควรจะคงที่หรือใกล้เคียงกันมากที่สุดแสดงให้เห็นว่า การประเมินจะมีค่าความสอดคล้องกันสูงในคู่ของผู้ประเมินที่มีการให้คะแนนสอดคล้องกัน ซึ่ง ตรงกับ สงบ ลักษณะ (2529) ที่กล่าวว่าถ้าต้องการเพิ่มความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นใน การ จะวัดควรจะใช้วิธีการหลายอย่างประกอบกันช่วยให้ผลที่ได้น่าเชื่อถือ จะเห็นได้ว่าแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินทั้ง 3 คนเข้าใกล้ 1 จึงกล่าวได้ว่าแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความชัดเจน และสื่อความได้ตรงกันจึงทำให้ผู้ประเมินทั้ง 3 คนให้คะแนนการประเมินคุณลักษณะแต่ละด้านได้ สอดคล้องและใกล้เคียงกัน

3. ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกัน

3.1 ผลการประมาณค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบที่มีต่อผลสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีการออกแบบฟาเซต ได้แก่ ผู้ตรวจที่ต่างกัน ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด สรุปผลได้ข้อค้นพบว่าการศึกษา G (G-study) ที่มีองค์ประกอบ 1 องค์ประกอบ คือจำนวนผู้ตรวจ ที่มีการออกแบบให้ผู้ตรวจตรวจสอบข้อสอบทุกข้อของผู้สอบทุกคน (One – Facet Design) หรือ $p \times r$ พบว่าแหล่งความแปรปรวนขององค์ประกอบที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) มากที่สุด คือ

ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้าสอบ (σ^2_p) ซึ่งแสดงว่า ข้อสอบในแต่ละข้อสามารถวัดความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ต่างกัน เนื่องจากข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 สาระ โดย สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต วัดสถานการณื จำนวนดินสอและสถานการณื ครอบครัวที่ปลูกข้าวหรือข้าวโพด สาระที่ 2 สถิติและความน่าจะเป็น วัดสถานการณื โยนเหรียญ และสถานการณื audition game สาระที่ 3 การวัดและเรขาคณิต วัดสถานการณื วงโคจรของดาวลูกเปิด และสถานการณื การยิงจุดโทษของกีฬาฟุตบอล จึงอาจส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของคะแนนข้อสอบ ซึ่งสอดคล้องกับ วนิดา ภูเี่ยม (2551)กล่าวว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับข้อสอบมีผลต่อนักเรียน เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในแต่ละสาระต่างกัน ต่อมา คือความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนหรือส่วนที่เหลือ มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) ซึ่งแสดงว่ายังมีปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากจำนวนผู้ตรวจ จำนวนข้อสอบ ที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด และความแปรปรวนน้อยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) น้อยสุด คือ ความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยของผู้เข้าสอบ ซึ่งแสดงว่าผู้สอบมีความสามารถในการสอบแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้ไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากเกณฑ์การให้คะแนนมีลักษณะแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic) ในแต่ละประเด็นย่อย ๆ ของคำถาม ทำให้มีความเป็นปรนัยจากการกล่าวของ Hopskin and Stanley (1981) ที่ว่าการตรวจให้คะแนนโดยใช้วิธีตรวจแบบวิเคราะห์ย่อยจะให้ความเสี่ยงสูงกว่าวิธีการตรวจแบบภาพรวม ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการตรวจแบบวิเคราะห์ย่อยจะมีระบบการให้คะแนนที่ชัดเจนมีการแยกเป็นประเด็นย่อย ๆ ตามองค์ประกอบ และยังมีกำหนดน้ำหนักคะแนนที่ชัดเจนในแต่ละส่วน ซึ่งข้อดีคือ คะแนนที่ได้มีความน่าเชื่อถือ การแบ่งคะแนนทำให้ง่ายต่อการตรวจทำให้ผู้ประเมินสามารถใช้เกณฑ์การให้คะแนนได้เป็นปรนัย

3.2 ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของคะแนนแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการออกแบบให้ผู้ตรวจ 3 คนตรวจให้คะแนนทุกข้อของผู้สอบ (One – Facet Desgn) หรือ $p \times r$ มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (G-Coefficient for reative Decisions) มากกว่า 0.90 ขึ้นไปเมื่อมีผู้ตรวจจำนวน 3 คนขึ้นไป ตรวจให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงการตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ (G- Coefficient for Absolute Decisions) มากกว่า 0.90 เมื่อมีผู้ตรวจจำนวน 3 คนซึ่งสอดคล้องกับ ศิริขวัญ ไสแสง (2561) ได้วิจัยการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือ

ของผลการวัด การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด พบว่าคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยมีเงื่อนไขของการวัดคือ ความยาวของแบบทดสอบ จำนวน 10 , 15 และ 20 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ กำหนดเป็น 1, 2 และ 3 คน ผลพบว่า ความยาวของแบบทดสอบจำนวน 10 ข้อ ที่มีจำนวนผู้ตรวจ 1 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงต่ำที่สุดเท่ากับ 0.827 ส่วนความยาวของแบบทดสอบ 20 ข้อ ที่มีจำนวนผู้ตรวจ 3 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเท่ากับ 0.913 นั่นคือเมื่อความยาวของแบบทดสอบและจำนวนผู้ตรวจเพิ่มขึ้น ค่าความเชื่อมั่นก็จะสูงขึ้นตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อุษณีย์ บัวศิริพันธุ์ (2543) ที่สรุปว่าแบบทดสอบที่มีผู้ตรวจต่างกันมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับ นิตารัตน์ คงสวัสดิ์ (2544) ที่พบว่า แบบทดสอบความเรียงที่มีผู้ตรวจจำนวนต่างกัน คือ 2 3 และ 4 คน โดยใช้การตรวจวิธีเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุณา อัยวรรณ(2548) ที่พบว่าเมื่อมีจำนวนผู้ตรวจเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดสูงขึ้นตามไปด้วยและสอดคล้องกับ น้ำผึ้ง อินทะเนตร (2554) ที่สรุปว่าค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดคะแนนที่มีผู้ตรวจมากกว่าจะมีค่าสูงกว่าจำนวนผู้ตรวจที่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มผู้ตรวจ จาก 1,2,3,4 และ 5 คน ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจจะเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากผู้ตรวจมีความเข้าใจเกณฑ์ในการให้คะแนนตรงกัน เกณฑ์ในการให้คะแนนชัดเจน และปฏิบัติได้ตามเกณฑ์อย่างเคร่งครัด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1 จากผลการวิจัยการพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นแบบสอบอัตนัย สถานการณ์ จำนวน 6 สถานการณ์ที่มีคุณภาพ ทำให้ได้แบบวัด ที่ครูสามารถนำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนำไปใช้ในการวัดผล ประเมินนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อให้ได้ข้อมูลในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ในการนำไปใช้ครูควรศึกษาลักษณะของข้อสอบ และเกณฑ์การตรวจให้เข้าใจ

2 จากผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด พบว่าหากต้องการค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจมีค่าตั้งแต่ 0.80 ควรใช้ผู้ตรวจ 2

คนขึ้นไป โดยครูสามารถพิจารณาในทางปฏิบัติที่จะปฏิบัติได้จริง ที่มีความสะดวก ประหยัดเวลา และงบประมาณเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยการพัฒนาเครื่องมือแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ ครีกเลอร์ (Kriegler Shelley, 2004) ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาวิจัยโดยใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ

2 ในการนำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ควรมีการศึกษาองค์ประกอบอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง เช่น จำนวนผู้ตรวจ จำนวนข้อสอบ หรือมีการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของการวัดในรูปแบบอื่นๆ หรือศึกษาองค์ประกอบต่างๆ เพิ่มเติมยิ่งขึ้น เพื่อให้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีการนำไปใช้ที่มีความเชื่อมั่นมากยิ่งขึ้น

3 ควรมีการศึกษาปัจจัยหรือสาเหตุที่ส่งผลต่อการการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อนำไปประกอบการพัฒนาการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้สถานศึกษาได้เครื่องมือที่ใช้วัดผลที่มีคุณภาพ

4 ควรมีการศึกษาพัฒนานวัตกรรมที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อจะทำให้เกิดนวัตกรรมด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับในการพัฒนานักเรียนตามบริบทของสถานศึกษาได้อย่างมีคุณภาพ

บรรณานุกรม

- Bloom Benjamin Samuel. (1964). *Taxonomy of educational objectives : the classification of educational goals*: New York : David Mckey.
- Brennan, R. L. G., Xiaohong; & Colton, Dean A. (1995). Generazalizability Analysis Work Key Listening and Writing Testing. *Educational and Phychological Measurement*, 55(2), 157-176.
- Cai J. (2003). Singaporean student's mathematical thinking in proble solving and problem an exploratory study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*.
- Ferri Rita Borromeo. (2014). CHARACTERISTICS OF LEARNERS' MATHEMATICAL THINKING STYLES IN DIFFERENT CULTURES. *Conference Papers -- Psychology of Mathematics & Education of North America*, 23-23.
- Gersten Russell. (2008). Mathematics Intervention for First- and Second-Grade Students With Mathematics Difficulties: The Effects of Tier 2 Intervention Delivered as Booster Lessons. *Part of a special issue entitled Improving math programming for students at risk*, 29(1), 20-32.
- Kashei et al. (2012). Supporting students mathematical thinking in the learning of two-variable functions through blended learning. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*.
- Kriegler Shelley. (2004). Just What is Algebraic Thinking. *Arithmetic Teacher*, 38, 38-43.
- Lane Suzanne et al. (1996). Generallizability and Validity of Mathematics Pe Assessment. *Journal of Educational Measurement*, 33(1), 71-92.
- Lim Hwa-Ja Lee, & WatsonDorothy J. (1993). Whole language content classes for second-language learners. *Reading Teacher*, 46(5), 384.
- Marzano R J. (2001). Designing a New Taxonomy of Education Objective. *California Corwin Press*.
- Schielack. (2000). Designing Question to Encourage Children 's Mathematical Thinking. *Teaching Children Mathematic*, 6(6), 398-402.

- Smit P.L. (1987). Sampling error of variance components in small sample multifacet generalizability studies. *Journal of Educational -Statistics*, 3(4), 319-346.
- Swartz, C. M. e. a. (1999). Using Generalizability Theory to Estimate the Reliability of Writing Scores Derive from Holistic and Analytical Scoring Methods. *Educational and Psychological Measurement*, 59(3), 492-506.
- Wright Fred K. (2014). An Active leaning Approach to Bloom's Taxonomy:2 Game,2 Classroom,2 Method. *The United state army medical department Journal*, 21-30.
- Zazkis, R., & Zazkis, D. (2013). Mathematical thinking: how to develop it in the classroom. *Research in Mathematics Education*, 15(1), 89-95.
- กัญจนดา ลินทรัตน์ศิริกุล. (2549). เกณฑ์การประเมินปัญหาการวิจัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ*, 1(1), 93-96.
- กันยา สุวรรณแสง. (2550). บุคลิกภาพและการปรับตัว = *Personality and adjustment* (พิมพ์ครั้งที่ 3). ปทุมธานี: คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). การคิดเชิงประยุกต์: กรุงเทพฯ : ชัคเชส มีเดีย.
- ศุภาไชย ทักษะสิทธิ์. (2560). การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง เรื่อง การประยุกต์ตรีโกณมิติ ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 12(36), 97-112.
- จาร์ก อัจฉารินทร์. (2561). การพัฒนาแบบวัดความสามารถพิเศษสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. (ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิจัยการศึกษา). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ บุญทอง บุญทวี. (2559). การพัฒนารูปแบบเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), กรุงเทพฯ.
- ฉัตรศิริ ปิยะพิมพ์ลลิต. (2548). ทฤษฎีการวัดและการทดสอบ. สงขลา: ภาควิชาการประเมินผลและการวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- ดารารพร หาญกล้า. (2550). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความถนัดทางพิสัยสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมา เขต 2. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 13-14, 71-78.
- แดง กลางท่าไค้. (2531). การประยุกต์ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงในการหาความเชื่อมั่นการประเมินความ

- ตรงเชิงเนื้อหา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. (วิทยานิพนธ์ ค.ม.).
- ทีศนา แชมมณี. (2550). ปาฐกถาศาสตราจารย์ท่านผู้หญิงพูนทรัพย์ นพวงศ์ ณ อยุธยา พุทธศักราช 2544 ครั้งที่ 16 เรื่อง ศาสตร์การสอนเพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 4..). กรุงเทพฯ ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- น้ำผึ้ง อินทะเนตร. (2554). การศึกษาคุณลักษณะของคะแนนแบบทดสอบปลายเปิดวิชาคณิตศาสตร์เมื่อจำนวนผู้ตรวจและรูปแบบการตรวจให้คะแนนต่างกัน โดยใช้โมเดลการสุปร้า้างอิงและโมเดลหลายองค์ประกอบของราล์ซ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด. การทดสอบและวัดผลการศึกษา).
- นิสารัตน์ คงสวัสดิ์. (2544). ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของผู้ตรวจแบบทดสอบความเรียง ที่มีจำนวนผู้ตรวจ และวิธีการตรวจต่างกัน. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. การวัดผลการศึกษา).
- บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. (2527). การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ : เทคนิคและวิธีการ. กรุงเทพฯ โอเดียนสโตร์.
- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2554). ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์ = *Social sciences research methodology* (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.
- เบญจมาศ ฉิมมาลี. (2550). ผลของการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของพรายวิลลิก ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. (วิทยานิพนธ์).
- ปัทมา อนันต์. (2561). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยประยุกต์ใช้การวิจัยอิงการออกแบบ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ปริญญาานิพนธ์ ปร.ด. การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์).
- ปิยพร สีสันต์. (2555). การศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาศรีสะเกษ เขต 4. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. การวิจัยและสถิติทางการศึกษา).
- พบพร จิตรรักษา. (2554). การสร้างแบบวัดอุปนิสัยแห่งความสำเร็จสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. การวัดผลการศึกษา).
- พรพิรุณ ใจวงศ์. (2561). การพัฒนาแบบประเมินทักษะทางสังคมของเด็กออทิสติกอายุ 13-15 ปี

โดยใช้การประเมินหลายแหล่งในโรงเรียนเรียนร่วมสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
มัธยมศึกษา เขต 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พรอณี เจียมสุบุตร. (2543). การเปรียบเทียบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการ
แก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีจำนวนผู้ตรวจและวิธีการตรวจต่างกัน. ปรินญาณิพนธ์
กศ.ม. การวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 7).

กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสาน
มิตร.

พิชิต ฤทธิจัญญ. (2557). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. บรรณานุกรม: หน้า 280-284. (พิมพ์
ครั้งที่ 9, pp. 105-106). กรุงเทพฯ เข้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์.

แพรวไหม สามารถ. (2556). การพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดย
ใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
(ปริญาณิพนธ์มหาบัณฑิต).

ไพฑูริย์ โพธิ์สาร. (2545). ค่าระดับคะแนนเฉลี่ย. สารานุกรมศึกษาศาสตร์ ฉบับที่ 27(27), 10-12.

ไพศาล, ว. (2559). การวิจัยทางการศึกษา = *Educational research* (พิมพ์ครั้งที่ 8, [ฉบับเพิ่มเติม
และปรับปรุง]). มหาสารคาม: : คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ภานุพงศ์ อึ้งสืบเชื้อ. (2561). คุณภาพของแบบสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีความยาวแบบสอบและกฎเกณฑ์การให้คะแนนต่างกัน โดย
ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. การ
วิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ยศอารีย์ รวยธนพานิช. (2534). การเปรียบเทียบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบที่
มีช่วงความยากและความยาวของแบบสอบต่างกันในวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่
3. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, กรุงเทพฯ. (ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. การ
วัดผลการศึกษา).

ยุพิน พิพิธกุล. (2545). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์: ยุคปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.

รุ่งทิภา นามำรุง. (2550). วิถีธรรมชาติแห่งการคิดเชิงคณิตศาสตร์เรื่องการคูณและการหารของเด็กที่
มีอายุตั้งแต่ 7-10 ปี. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. คณิตศาสตร์
ศึกษา).

- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2541). เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 3 [ฉบับปรับปรุง]). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- ลักขณา สรวิวัฒน์. (2544). จิตวิทยาในชีวิตประจำวัน = *Psychology in daily life*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- วนิดา ภู่อี่ยม. (2551). การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมแบบสองระดับ. *วารสารครุศาสตร์*, 3(1), 1289-1299.
- วัชรวิภา ศรีวลีรัตน์. (2558). การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดของแบบทดสอบเรียงความวิชาภาษาไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีจำนวนข้อสอบและจำนวนผู้ตรวจต่างกัน. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร ปีที่ 5, ฉบับที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2558)*, หน้า 14-29.
- ศิริขวัญ ไสแสง. (2561). การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด. *วารสารร่วมพถกษ มหาวชิทยาลัยเกริก*, 36(2), 56-74.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ = *Modern test theories* (พิมพ์ครั้งที่ 4, ฉบับปรับปรุง.). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริรณภา สนั่นวงศ์. (2561). การพัฒนาแบบประเมินทักษะการช่วยเหลือตนเองของเด็กปฐมวัยที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาโดยประยุกต์ใช้การประเมินตามสภาพจริงและทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด. *มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์)*.
- ศุภกรรัตน์ กรองสะอาด. (2552). การสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนเพื่อใช้พยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้น ม.6. *บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. (ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต)*.
- ศุภชิต ผดุงผล. (2559). การเปรียบเทียบความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์สำหรับวัดความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ ภายใต้จำนวนเหตุการณ์และจำนวนผู้ตรวจที่ต่างกัน: การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด. *จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. การวัดและประเมินผล*

การศึกษา).

สงบ ลักษณะ. (2529). การประเมินความต้องการทางการศึกษา : การคัดเลือกและกำหนดตัวแปร.

วารสารการวัดผลการศึกษา ปีที่ 8, 8(22), 1-11.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โครงการ Pisa Thailand. (2554). ปัจจัยที่ทำให้ระบบโรงเรียนประสบความสำเร็จ : ข้อมูลพื้นฐานจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2009. กรุงเทพฯ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สสวท.

สมคิด เทียรพิสุทธิ. (2550). การเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเรียงประยุกต์วิชาคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจและจำนวนผู้ตรวจต่างกัน. มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต).

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ สำนักงาน.

สุทินันท์ บุญพัฒนามภรณ์. (2559). การพัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ปริญญานิพนธ์ ปร.ด. วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้).

สุภาวดี กระแสสินธุ์. (2559). การสร้างแบบวัดคุณลักษณะของพลเมืองดีในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์).

สุรัชย์ มีชาญ (2547). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 10(1), 13-126.

อิทธิเทพ นวาระสุจิตร์. (2548). ชุดการเรียนการสอนที่เน้นการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านกระบวนการให้เหตุผลระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญานิพนธ์ (กศ.ม. คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.

อุษณีย์ บัวศิริพันธุ์. (2543). การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจจำนวนผู้ตรวจและประสบการณ์ของผู้ตรวจแตกต่างกัน. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา).

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

รศ.ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร. พนิดา ศกุลตนาค	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ.ดร.ณัฐ สิทธิกร	อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
นางกมลกาญจน์ บรรพท	ผู้อำนวยการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบดินเดชา(สิงห์ สิงหเสนี 2)
นางสาวกาญจน์ณัฐ ศรีสละ	ผู้อำนวยการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเตรียมพัฒนาการสุวรรณภูมิ

ภาคผนวก ข รายนามผู้ตรวจข้อสอบ



รายนามผู้ตรวจข้อสอบ

นางปัทมุตตา คงธนคณากุล

ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โรงเรียนเศรษฐบุทรบำรุงพิเศษ

นางสาวขวัญใจ ภาณุศรี

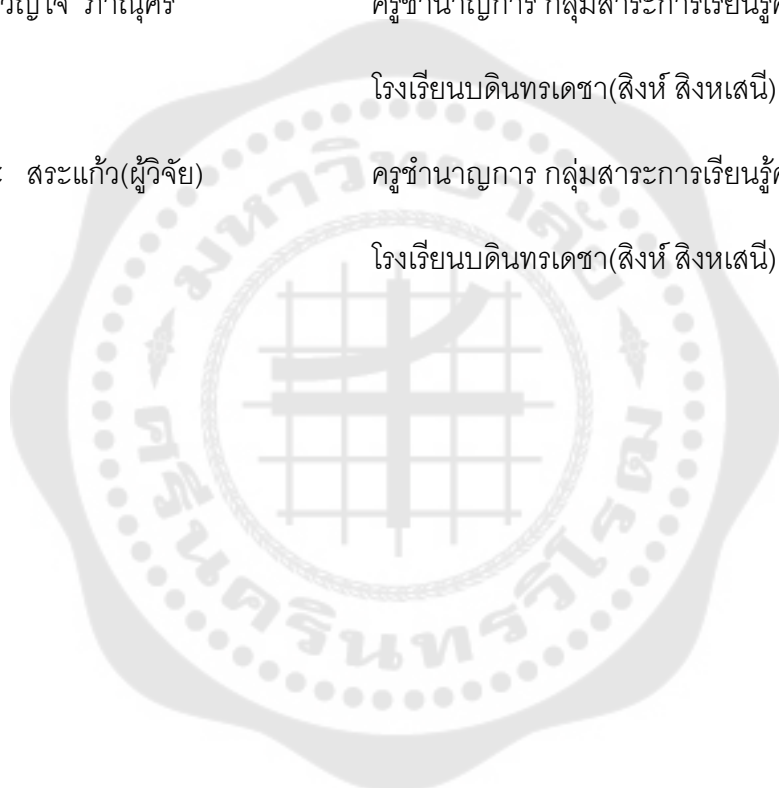
ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)

นายอิสระ สระแก้ว(ผู้วิจัย)

ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)





ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Edug6.1

การคำนวณโปรแกรม Edug6.1

PXR

Observation and Estimation Designs

Facet	Label	Levels	Univ.	Reduction (levels to exclude)
study	P	120	INF	
rater	R	3	3	

Analysis of variance

Source	SS	df	MS	Components				SE
				Random	Mixed	Corrected	%	
P	58187.06667	119	488.96695	151.12052	162.98898	162.98898	80.2	20.98265
R	1741.25000	2	870.62500	6.95850	6.95850	4.63900	2.3	5.13028
PR	8474.08333	238	35.60539	35.60539	35.60539	35.60539	17.5	3.25031
Total	68402.40000	359					100%	



G Study Table
(Measurement design P/R)

Source of variance	Difference of variance	Source of variance	Relative error variance	% relative	Absolute error variance	% absolute
P	162.98898		.....		.....
	.....	R	.....		(0.00000)	0.0
	.....	PR	(0.00000)	0.0	(0.00000)	0.0
Sum of variances	162.98898		0.00000	100%	0.00000	100%
Standard deviation	12.76671		Relative SE: 0.00000		Absolute SE: 0.00000	
Coef_G relative	1.00					
Coef_G absolute	1.00					

Grand mean for levels used: 93.56667
 Variance error of the mean for levels used: 1.35824
 Standard error of the grand mean: 1.16544

การคำนวณโปรแกรม Edug6.1

Optimization

	G-study		Option 1		Option 2		Option 3		Option 4		Option 5	
	Lev.	Univ.	Lev.	Univ.	Lev.	Univ.	Lev.	Univ.	Lev.	Univ.	Lev.	Univ.
P	120	INF	120	INF	120	INF	120	INF	120	INF	120	INF
R	3	3	1	INF	2	INF	3	INF	4	INF	5	INF
Observ.		360		120		240		360		480		600
Coef. G. rel.		1.00000		0.80932		0.89461		0.92718		0.94437		0.95500
rounded		1.00		0.81		0.89		0.93		0.94		0.95
Coef. G. abs.		1.00000		0.78024		0.87656		0.91417		0.93422		0.94667
rounded		1.00		0.78		0.88		0.91		0.93		0.95
Rel. Err. Var.		0.00000		35.60539		17.80270		11.86846		8.90135		7.12108
Rel. Std. Err. of M.		0.00000		5.96703		4.21932		3.44506		2.98351		2.66853
Abs. Err. Var.		0.00000		42.56389		21.28194		14.18796		10.64097		8.51278
Abs. Std. Err. of M.		0.00000		6.52410		4.61324		3.76669		3.26205		2.91767



ภาคผนวก ง ตัวอย่างการทำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน



ตัวอย่างการทำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

1. จำนวนและพีชคณิต

สถานการณ์ที่ 1 จำนวนดินสอ

ณ ร้านขายเครื่องเขียนแห่งหนึ่ง พบว่าร้านค้าขายดินสอด้วยกันสองราคาคือราคาแท่งละ 5 บาทและ 10 บาทตามลำดับ เจ้าของร้านนับจำนวนดินสอแล้วพบว่ายังมีดินสอเหลืออยู่ที่ทั้งหมด 20 แท่ง คิดเป็นเงิน 120 บาท เจ้าของร้านอยากทราบว่าดินสอแต่ละราคาเหลืออยู่ที่เท่าไร

ข้อคำถาม 1 จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ข้อคำถาม 1.1

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- 1) ดินสอสีราคาแท่งละ 5 บาท และ 10 บาท
- 2) มีดินสอเหลือ 20 แท่ง
- 3) ราคาดีเซลรวมเงินทั้งหมด 120 บาท

สิ่งที่โจทย์ถาม

ดินสอแต่ละราคาเหลืออยู่ที่เท่าไร

ถ้าจะแก้ปัญหานี้ นักเรียนจะใช้ความรู้ สูตร ทฤษฎีบท หลักการ คณิตศาสตร์ในเรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา การลองผิดลองถูก โดยการลองจำนวนราคาดีเซลแต่ละชนิด ทำให้ได้เท่ากับจำนวน 20 แท่ง และดีเซลรวมเงินทั้งหมด 120 บาท

ข้อคำถาม 1.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้ความรู้ที่นำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้

- 1) เป็นการแก้ปัญหาโดยใช้สามัญสำนึก
- 2) เป็นการลองผิดถูกของสิ่งที่น่าจะใกล้เคียงคำตอบ จนกว่าจะถูกต้อง
- 3) เพราะเขินวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อน

ข้อคำถาม 1.3 ให้นักเรียนสามารถแสดงประโยคสัญลักษณ์หรือออบาตเงื่อนไขของปัญหา

ดังนี้ที่ 1) ถ้าจำนวนดินสอแต่ละชนิดโดยสัมพันธ์เลขที่ราคาดีเซลเป็นไปตามเงื่อนไขจำนวน 20 แท่ง และดีเซลรวมเงินทั้งหมด 120 บาท

ตัวอย่างการทำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ข้อคำถาม 2 จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา แสดงวิธีการหาคำตอบ โดยสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย และเหตุใดจึงเลือกแสดงการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้

แสดงวิธีการแก้ปัญหา

ราคาดีโง่ 5 ฿		ราคาดีโง่ 10 ฿		รวมทั้งหมด	สรุป
จำนวนแท่ง	จำนวนเงิน	จำนวนแท่ง	จำนวนเงิน		
1	5	19	190	$5+190 = 195$	
2	10	18	180	$10+180 = 190$	
4	20	16	160	$20+160 = 180$	
6	30	14	140	$30+140 = 170$	
8	40	12	120	$40+120 = 160$	
10	50	10	100	$50+100 = 150$	
12	60	8	80	$60+80 = 140$	
14	70	6	60	$70+60 = 130$	
16	80	4	40	$80+40 = 120$	

เพราะเหตุใดจึงเลือกแสดงการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้

เพราะสามารถหาคำตอบได้ตรงปัญหาของโจทย์ที่ถามได้ถูกต้อง

ข้อคำถาม 3 จากการแสดงวิธีแก้ปัญหาข้างต้นให้นักเรียนเขียนคำตอบและสรุปคำตอบ โดยการเขียนข้อความ สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ ได้อย่างหลากหลายวิธี ให้ถูกต้องสอดคล้องกับปัญหา พร้อมทั้งอธิบายความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

สรุปคำตอบ

จะมีดีโง่ราคาแท่งละ 5 บาท 16 แท่ง และแท่งละ 10 บาท 4 แท่ง รวมเป็น 20 แท่ง 120 บาท จากตารางจะเห็นว่า ดีโง่ 5 บาท 16 แท่ง = 80 บาท ดีโง่ 10 บาท 4 แท่ง = 40 บาท เมื่อรวมกันแล้วได้ 20 แท่ง เป็น 120 บาท ✖

ตรวจสอบคำตอบด้วยการอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบ

ตัวอย่างการทำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

สถานการณ์ที่ 2 โยนเหรียญ

2. สถิติและความน่าจะเป็น

ณ ห้องเรียนคณิตศาสตร์ ครูกำลังสาธิตวิธีการโยนเหรียญบาทในห้องเรียนให้กับนักเรียนดู โดยที่ถ้าครูโยนเหรียญบาท 1 เหรียญ จำนวน 1 ครั้ง ปรากฏว่าเหรียญขึ้นหัว ครูจะยกมือซ้ายขึ้น 1 ครั้ง แต่ถ้าเหรียญขึ้นก้อย ครูจะยกมือขวาขึ้น 1 ครั้ง นักเรียนลองหาวิธีที่ครูจะยกมือขึ้นทั้งสองข้าง หลังจากโยนเหรียญบาทไปแล้ว 2 ครั้ง มีค่าเท่าใด

ข้อคำถาม 1 จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ (7 คะแนน)

ข้อคำถาม 1.1

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- 1) ครูโยนเหรียญ 1 เหรียญ 1 ครั้ง
- 2) ถ้าครูโยนเหรียญขึ้นหัว ครูจะยกมือซ้าย 1 ครั้ง
- 3) ถ้าครูโยนเหรียญขึ้นก้อย ครูจะยกมือขวา 1 ครั้ง

สิ่งที่โจทย์ถาม

ความน่าจะเป็นของวิธีที่ครูจะยกมือขึ้นทั้งสองข้าง หลังจากโยนเหรียญบาทไปแล้ว 2 ครั้ง

ถ้าจะแก้ปัญหาให้นักเรียนจะใช้ความรู้ สูตร ทฤษฎีบท หลักการ คณิตศาสตร์ในเรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา

การลองผิดลองถูก โดยสัมภาระเขียนการยกมือขึ้นจนหมดที่เกิดขึ้นแล้วพิจารณาการยกมือขึ้นนั้นซ้ำกับการโยนเหรียญแล้วพิจารณาตามเงื่อนไขใดที่ทำให้ครูยกมือขึ้น 2 ข้าง หลังจากโยนเหรียญไปแล้ว 2 ครั้ง

ข้อคำถาม 1.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้ความรู้นี้มาแก้ปัญหามันในสถานการณ์นี้

- 1) ใช้สามัญสำนึก
- 2) เป็นการลองผิดลองถูกของสิ่งที่น่าจะเป็นคำตอบ แล้วตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้นั้นใช่หรือไม่
- 3) ง่าย ไม่ซับซ้อน

ข้อคำถาม 1.3 ให้นักเรียนสามารถแสดงประโยคสัญลักษณ์หรืออธิบายเงื่อนไขของปัญหา

- 1) สุ่มเอา + โยนเหรียญการตั้งขึ้นจนหมดที่เกิดขึ้นจากการโยนเหรียญ 1 เหรียญ
- 2) หากจำนวนเหตุการณ์ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขใดจะทำให้ครูยกมือขึ้น 2 ข้าง
- 3) หากความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ทำให้ครูยกมือขึ้น 2 ข้าง

ตัวอย่างการทำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ข้อคำถาม 2 จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา แสดงวิธีการหาคำตอบ โดยสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย และเหตุใดจึงเลือกแสดงการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้

แสดงวิธีการแก้ปัญหา

กำหนดให้ H = หัว ยกมือ ซ้าย
T = ก้อย ยกมือ ขวา



∴ จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมี 4 เหตุการณ์

- สอดคล้องกัน 2 => HT, TH

∴ ค.น่าจะเป็นที่ครูจะยกมือหัว 2 ซ้าย คือ $\frac{2}{4}$ หรือ $\frac{1}{2}$ หรือ 0.5 #

เพราะเหตุใดจึงเลือกแสดงการแก้ปัญหาด้วยวิธีการนี้

อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดของเหตุการณ์ได้ครบถ้วน แม่นยำ

ข้อคำถาม 3 จากการแสดงวิธีแก้ปัญหาข้างต้นให้นักเรียนเขียนคำตอบและสรุปคำตอบ โดยการเขียนข้อความ สัญลักษณ์ หรือวาจาภาพ ได้อย่างหลากหลายวิธี ให้ถูกต้องสอดคล้องกับปัญหา พร้อมทั้งอธิบายความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

สรุปคำตอบ

ค. น่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ครูจะยกมือหัว 2 ซ้าย หรือจากโยนเหรียญ 1 เหรียญ 2 ครั้ง คือ $\frac{2}{4}$ หรือ $\frac{1}{2}$ หรือ 0.5

ตรวจสอบคำตอบด้วยการอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบ

เป็นคำตอบที่ถูกต้องเพราะจากแผนภาพต้นไม้แสดงให้เห็นว่าเมื่อครูโยนเหรียญบาท 1 เหรียญ 2 ครั้ง มีจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น 4 เหตุการณ์ และมีเหตุการณ์ที่ครูจะยกมือ 2 ซ้าย 2 เหตุการณ์ คือ หัวก้อย ก้อยหัว ∴ คำตอบของเหตุการณ์ที่ครูจะยกมือหัว 2 ซ้าย เป็นไปตามเงื่อนไข จึงเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่างการทำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

3. การเขียนรู้ การวัดและระชาคณิต

สถานการณ์ที่ 3 วงโคจรของดาวฤกษ์เปิด

ลูกชายของบ้านหลังหนึ่งจำนวน 3 คน มองท้องฟ้าพร้อมกันในคืนหนึ่งหลังจากทานข้าวเสร็จแล้ว ออกมานั่งเล่นกันอยู่หน้าบ้าน ลูกชายคนที่ 1 เห็นดาวฤกษ์เปิดดวงที่ 1 โคจรรอบพระจันทร์เป็นวงกลมที่มีสมการเคลื่อนที่ คือ $x^2 + y^2 - 6x + 4y - 3 = 0$ เสมอ ลูกชายคนที่ 2 เห็นดาวฤกษ์เปิดดวงที่ 2 โคจรรอบพระจันทร์เป็นวงกลมที่มีสมการเคลื่อนที่ คือ $x^2 + y^2 - 2x + 4y + 9 = 0$ เสมอ ลูกชายคนที่ 3 เห็นดาวฤกษ์เปิดดวงที่ 3 โคจรรอบพระจันทร์เป็นวงกลมที่มีสมการเคลื่อนที่ คือ $(x+2)^2 + (y-3)^2 = 16$ ลูกชายทั้ง 3 คนต่างกันแต่เพียงกันและกันและมีความคิดเห็นเป็น 2 ฝ่าย โดยฝ่ายที่ 1 เห็นว่าวงโคจรของดาวฤกษ์เปิดทั้ง 3 ดวง อาจเกิดการชนกัน ส่วนฝ่ายที่ 2 เห็นว่าไม่มีทางที่วงโคจรของดาวฤกษ์เปิดทั้ง 3 ดวงจะติดกันเลย ถ้านักเรียนเป็นลูกชายบ้านหลังนี้นักเรียนจะมีความคิดเห็นกับฝ่ายที่ 1 หรือ ฝ่ายที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

ข้อคำถาม 1 จากสถานการณ์ข้างต้นให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ข้อคำถาม 1.1

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

- 1) สมการวงกลมที่ 1 คือ $x^2 + y^2 - 6x + 4y - 3 = 0$
- 2) สมการวงกลมที่ 2 คือ $x^2 + y^2 - 2x + 4y + 9 = 0$
- 3) สมการวงกลมที่ 3 คือ $(x+2)^2 + (y-3)^2 = 16$

สิ่งที่โจทย์ถาม

- 1) จุดศูนย์กลางของวงกลมแต่ละวงและรัศมีของวงกลม
- 2) วงกลมทั้งสามมีวงโคจรตัดกันหรือไม่

ถ้าจะแก้ปัญหาให้นักเรียนจะใช้ความรู้ สูตร ทฤษฎีบท หลักการ คณิตศาสตร์ในเรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหา

วงกลม

ข้อคำถาม 1.2 เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้ความรู้ที่นำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้

วงกลม เพราะจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ สมการรูปทั่วไปและรูปมาตรฐานของวงกลม และสิ่งที่โจทย์ถามคือเส้นรอบวงแต่ละวงตัดกันหรือไม่ จึงจำเป็นต้องรู้สูตรการหาจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมหรือรูปมาตรฐาน + รูปทั่วไป

ข้อคำถาม 1.3 ให้นักเรียนสามารถแสดงประโยคสัญลักษณ์หรืออธิบายเงื่อนไขของปัญหา

- 1) รูปมาตรฐานของ สมการ คือ $(x-h)^2 + (y-k)^2 = r^2$
 มีจุดศูนย์กลางที่จุด (h, k) รัศมี r
- 2) รูปทั่วไป สมการ คือ $x^2 + y^2 + Ax + By + C = 0$
 มีจุดศูนย์กลางที่จุด $(-\frac{A}{2}, -\frac{B}{2})$ และรัศมีที่ $r = \sqrt{(\frac{A}{2})^2 + (\frac{B}{2})^2 - C}$

ภาคผนวก จ ข้อเสนอนี้จากผู้เชี่ยวชาญ



ตาราง 1 ข้อเสนอแนะ การประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบแบบ วัดการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ ระหว่างข้อสอบสถานการณ์กับมาตรฐานตัวชี้วัดสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	ข้อสอบสถานการณ์	ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
จำนวนและพีชคณิต	สถานการณ์ที่ 1 จำนวนดินสอ	ปรับข้อคำถามที่ 2 และ 3 ของแต่ละ สถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดง วิธีการที่หลากหลาย
	สถานการณ์ที่ 2 ครอบครัวที่ปลูกข้าว หรือข้าวโพด	ปรับข้อคำถามที่ 2 และ 3 ของแต่ละ สถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดง วิธีการที่หลากหลาย
สถิติและความน่าจะเป็น	สถานการณ์ที่ 1 โยนเหรียญ	ปรับข้อคำถามที่ 2 และ 3 ของแต่ละ สถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดง วิธีการที่หลากหลาย
	สถานการณ์ที่ 2 audition game	ปรับข้อคำถามที่ 2 และ 3 ของแต่ละ สถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดง วิธีการที่หลากหลาย
การวัดและเรขาคณิต	สถานการณ์ที่ 1 วงโคจรของดาวลูกเปิด	ปรับข้อคำถามที่ 2 และ 3 ของแต่ละ สถานการณ์ให้นักเรียนได้แสดง วิธีการที่หลากหลาย
	สถานการณ์ที่ 2 การยิงจุดโทษของกีฬา ฟุตบอล	สถานการณ์ที่กำหนดให้อาจมีความ ยากไปอาจทำให้นักเรียนไม่สามารถ ตอบคำถามได้

ตาราง 2 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญจาก แบบตรวจสอบ ความเหมาะสมของ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเหมาะสมกับนิยามศัพท์ที่กำหนด

นิยามศัพท์	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน	ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
1. การแก้ปัญหา	1. ด้านการแก้ปัญหา	
	1.1 P1	เกณฑ์การให้คะแนนระดับ 0 ,0.5 ,1 จะมีความยากในการให้คะแนน ควรให้คะแนนในระดับ 2 , 1 , 0
	1.2 P2	
	1.3 P3	
2. การให้เหตุผล	2. ด้านการให้เหตุผล	
	2.1 R1	
	2.2 R2	
	2.3 R3	
3. การนำเสนอตัวแทนความคิด	3. การนำเสนอตัวแทนความคิด	
	3.1 Re1 ระดับคะแนน 1 ใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดในการทำ ความเข้าใจปัญหาได้แต่สื่อความหมายได้	

ตาราง 2 (ต่อ)


นิยามศัพท์	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน	ข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ
3. การนำเสนอตัวแทนความคิด	3. ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด	
	3.1 Re1 ระดับคะแนน 1 ใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดในการทำ ความเข้าใจปัญหาได้แต่สื่อความหมายได้ บางส่วน	ปรับแก้เป็น ใช้ตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจปัญหาได้แต่สื่อความหมายได้ บางส่วน
	3.2 Re2 ระดับคะแนน 2 ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงกระบวนการ แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับปัญหาและสื่อ ความหมายได้อย่างเหมาะสม ระดับคะแนน 0 ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดงกระบวนการ แก้ปัญหาไม่เหมาะสมกับปัญหาแต่ไม่สื่อ ความหมายในกระบวนการแก้ปัญหาหรือไม่ ใช้การนำเสนอตัวแทนความคิด	ปรับแก้เป็น ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดง กระบวนการแก้ปัญหาและการสื่อ ความหมายได้อย่างเหมาะสมกับ ปัญหา ปรับแก้เป็น ใช้ตัวแทนความคิดในการแสดง กระบวนการแก้ปัญหาและสื่อ ความหมายไม่เหมาะสมกับปัญหา หรือไม่ใช้การนำเสนอตัวแทน ความคิด
	3.3 Re3	

ภาคผนวก จ หนังสือยืนยันยกเว้นการรับรองคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับ
พิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์



เอกสารยืนยันยกเว้นการรับรองคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำใน
มนุษย์

MF-04-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61



**หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำนักงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือ
ของผลการวัด

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นาย อิศระ สระแก้ว

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะศึกษาศาสตร์

รหัสโครงการวิจัย : SWUEC-G-127/2564X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าขायกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 17 มีนาคม 2564

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินการ
รับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, the
Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in Good Clinical
Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 17 มีนาคม 2564

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิตรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....
(แพทย์หญิงสุวิพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรม
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/X/G-127/2564

ประวัติผู้เขียน

