

การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดย  
ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)



ปริญญาานิพนธ์

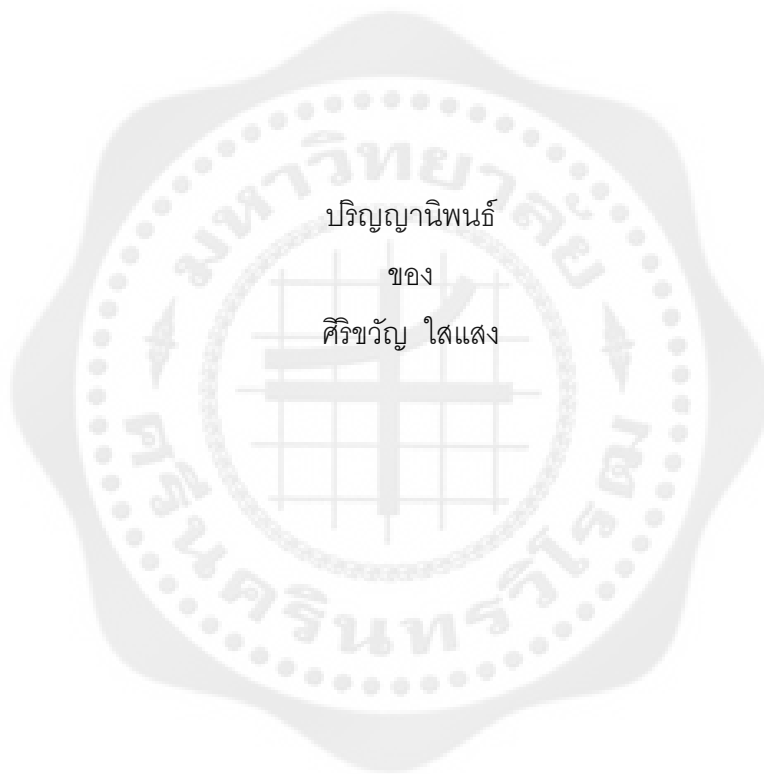
ของ

ศิริขวัญ ไสแสง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิทยารัตนบัณฑิต เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

กรกฎาคม 2561

การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดย  
ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)



ปริญญาานิพนธ์

ของ

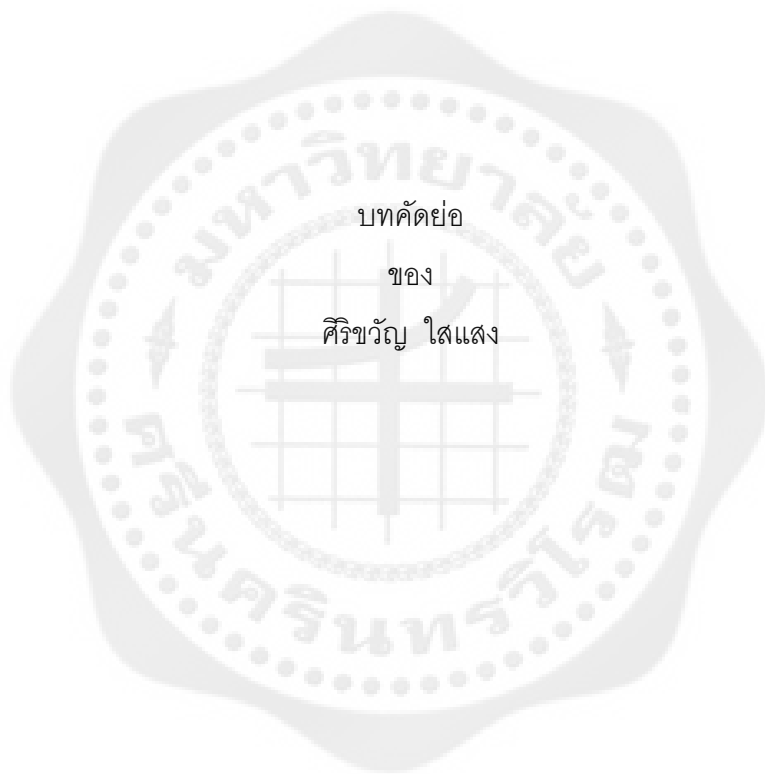
ศิริขวัญ ไสแสง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศึกษภาพมนุษย์

กรกฎาคม 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ

การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดย  
ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

กรกฎาคม 2561

ศิริขวัญ ไสแสง. (2561). การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น  
ประถมศึกษาปีที่ 6 โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือ  
ของผลการวัด (Generalizability Theory). วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนา  
ศักยภาพมนุษย์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ,  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับ  
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และ 2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทาง  
คณิตศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability  
Theory) กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในสังกัดกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปี  
การศึกษา 2559 จำนวน 370 คน ได้มาโดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi - Stage  
Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มี  
ลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย สถิติ  
พื้นฐาน ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' s Alpha Coefficient :  $\alpha$ ) ค่าสัมประสิทธิ์  
การสรุปอ้างอิง (G - Coefficient)

ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น  
ประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย 5 ด้าน คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้  
เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ  
ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ  
ได้ และการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่  
0.60 ถึง 1.00 ค่าความยาก ตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.80 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.77 และค่าความ  
เชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.95 2) คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทาง  
คณิตศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด กำหนดเงื่อนไข  
ของการวัด คือ ความยาวของแบบทดสอบ จำนวน 10, 15 และ 20 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ  
กำหนดเป็น 1, 2 และ 3 คน ผลพบว่า ความยาวของแบบทดสอบ 10 ข้อ ที่มีจำนวนผู้ตรวจ 1 คน มีค่า  
สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงต่ำที่สุด เท่ากับ 0.827 ส่วนความยาวของแบบทดสอบ 20 ข้อ ที่มีจำนวน  
ผู้ตรวจ 3 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสูงที่สุด เท่ากับ 0.913 นั่นคือเมื่อความยาวของ  
แบบทดสอบ และจำนวนผู้ตรวจเพิ่มขึ้น ค่าความเชื่อมั่น ก็จะสูงขึ้นตามลำดับ

THE CONSTRUCTION OF A MATHEMATICS PROCESS SKILLS TEST FOR  
PRATHOM SUKSA 6 STUDENTS BY APPLICATION  
OF GENERALIZABILITY THEORY



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Master of Education Degree in Research and Development on Human Potentials  
at Srinakharinwirot University

July 2018

Sirikwan Saiseang. (2018). *The Construction of a Mathematical Processing Skills Test for Prathom Suksa Six Students by the Application of Generalizability Theory.*

Master's Thesis, M.Ed. (Research and Development on Human Potential).

Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee :

Assist. Prof. Dr. Ruangdech Sirikit, Assist. Prof. Dr.Orn-uma Charoensuk.

The purposes of the research were : 1) to construct a mathematical processing skills test for Prathom Suksa Six students; and 2) to verify the quality of mathematical processing skills test by applying Generalizability Theory. The sample group in this study consisted of three hundred and seventy Prathom Suksa Six students, under the authority of Bangkok Metropolitan Administration, during the second semester of the 2016 academic year and selected by multi-stage sampling. The research tools were the model for mathematical processing skill test, which was an essay test. The analyzed statistics comprised the basic statistics, Cronbach's Alpha Coefficient:  $\alpha$  and G-Coefficient.

The research results were as follows: 1) the mathematical processing skills test for Prathom suksa Six students, there were five aspects of mathematical processes skills, problem solving skills, reasoning skills, the ability to communicate mathematics and presentation, the ability to link mathematical knowledge and linking mathematics with other science and creative skills. The Index of Item-Objective Congruence of mathematical processing skills test showed value from 0.60 to 1.00, the item difficulty ranged from 0.31 to 0.80, the discriminative power ranged from 0.20 to 0.77, the reliability of mathematical processing skills test showed a value 0.95; 2) the quality of the mathematical processing by applying Generalizability Theory. The condition of measurement was the length of the test, which had a length of ten, fifteen and twenty questions and the number of examiners who assessed the test forms to be one, two or three people, for the length of ten questions with a single examiners, had the lowest G-Coefficient which was at 0.827. For the length of twenty items, the number of three examiners had the highest citation of G-Coefficient of 0.913, that is, when the increasing number of tests and examiners result in higher reliability.

ปริญญาานิพนธ์

เรื่อง

การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดย  
ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

ของ

ศิริขวัญ ไสแสง

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่ ..... เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2561

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์)

.....ที่ปรึกษาร่วม

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ มีชาญ)

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งมาโดยตลอดจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ ประธานกรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข กรรมการควบคุมปริญญาานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์ ประธานกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ มีชาญ กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าและได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษาทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้วิทยาการต่าง ๆ ตลอดจนประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่มีคุณค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ที่ให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขข้อบกพร่องอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบพระคุณท่านเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ผู้วิจัยได้นำมาศึกษาและอ้างอิงในการทำปริญญาานิพนธ์ และขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครูโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในทุก ๆ ด้านด้วยดีเสมอมา รวมทั้งเพื่อน ๆ ปริญญาโทสาขาการทดสอบและวัดผลการศึกษา และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจทำให้ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นและมีความพยายามจนทำให้การศึกษาครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

ศิริขวัญ ไสแสง

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย.....	5
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	5
ตัวแปรที่ศึกษา.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์.....	12
ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	15
ความหมายของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	15
ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	16
องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	18
งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	32
ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory). ความเป็นมาของ G – Theory ..... แนวคิดพื้นฐานของ G – Theory ..... แนวคิดสำคัญและข้อตกลงเบื้องต้น..... โครงสร้างของการศึกษาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง..... งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือ ของผลการวัด.....	39 39 40 41 42 45 49

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	54
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	54
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	59
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	73
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	74
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
สัญลักษณ์และอักษย่อในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	78
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	94
สรุปผลการวิจัย.....	95
อภิปรายผล.....	96
ข้อเสนอแนะ.....	98
บรรณานุกรม.....	100
ภาคผนวก.....	105
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ.....	106
ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์.....	108
ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ.....	111
ภาคผนวก ง เกณฑ์การให้คะแนน.....	127
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย โปรแกรม G_String IV Version 6.3.8.....	133
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	146

## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 จำนวนโรงเรียน และจำนวนนักเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดกรุงเทพมหานคร แบ่งตามขนาดโรงเรียน กลุ่มเขตและสำนักงานเขต.....	55
2 จำนวนโรงเรียน จำนวนห้องเรียน และจำนวนนักเรียน แบ่งตามขนาดของโรงเรียน.....	57
3 จำนวนห้องเรียน และจำนวนนักเรียน จำแนกตามโรงเรียน.....	58
4 นิยามศัพท์เฉพาะและพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6.....	61
5 จำนวนข้อที่สร้างขึ้น จำแนกตามสาระการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์...	79
6 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์.....	81
7 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์ของการกระจาย จำแนกตามทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ รายด้าน.....	82
8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน จากแหล่งความแปรปรวนต่าง ๆ .....	84
9 ผลการศึกษา D (D-Study of $p \times i \times r$ design).....	86
10 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำแนกตามความยาวของแบบวัด และจำนวนผู้ตรวจ.....	88
11 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดที่มี ความยาวของแบบวัดต่างกันเป็นรายคู่ เมื่อจำนวนผู้ตรวจเท่ากัน.....	90
12 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดที่มี จำนวนผู้ตรวจต่างกันเป็นรายคู่ เมื่อความยาวของแบบวัดเท่ากัน.....	92

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการทำวิจัย.....	10
2 โมเดลทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการสื่อสารของแซนนอน.....	26
3 องค์ประกอบความแปรปรวนของแบบแผน $p \times i \times r$ เมื่อองค์ประกอบที่ศึกษาทั้งหมด เป็นองค์ประกอบสุ่ม.....	46
4 ลำดับขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทาง คณิตศาสตร์.....	60
5 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์.....	87



# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบช่วยให้คาดการณ์วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตรประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และทำให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 50) จากความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ในข้างต้น ประเทศไทยได้จึงมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หลักสูตร วิชาคณิตศาสตร์เพื่อรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของโลกปัจจุบัน โดยปัจจุบันประเทศไทยใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ซึ่งมีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุขในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 5) การศึกษาคณิตศาสตร์สำหรับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นการศึกษาเพื่อปวงชนที่เปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องและตลอดชีวิตตามศักยภาพ ทั้งนี้เพื่อให้เยาวชนเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง สามารถนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาการดำเนินชีวิตและศึกษาต่อการมีเหตุผล มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ พัฒนาการคิดอย่างมีระบบและสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 10) ซึ่งสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 6 สาระการเรียนรู้ 5 สาระแรกเป็นสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับเนื้อหาประกอบด้วย จำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต และการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ส่วนสาระที่ 6 เป็นสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละสาระการเรียนรู้จะแบ่งออกเป็นมาตรฐานต่าง ๆ สำหรับสาระการเรียนรู้ที่ 6 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มี 1 มาตรฐาน คือ มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Skills and Process) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าความรู้หรือเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ถูกเน้นมาโดยตลอดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะนำความรู้ทาง

คณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงเป็นเครื่องมือ (Tool) ของผู้เรียนในการทำให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความหมายและมีคุณค่ามากกว่าเป็นเพียงวิชาที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์และขั้นตอนการแก้ปัญหาในห้องเรียน ความรู้กับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงเป็นของคู่กัน และเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิต (อัมพร ม้าคนอง . 2553: 21)

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นกระบวนการเก็บรวบรวม ตรวจสอบ ตีความผลการเรียนรู้ และพัฒนาการด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดของหลักสูตร นำผลไปปรับปรุงพัฒนา การจัดการเรียนรู้และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจผลการเรียน สถานศึกษาต้องมีกระบวนการจัดการที่เป็นระบบเพื่อให้การดำเนินการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ และให้ผลการประเมินที่ตรงตามความรู้ความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ตามหลักการวัดและประเมินผลการเรียนรู้รวมทั้งสามารถรองรับการประเมินภายในและการประเมินภายนอก ตามระบบประกันคุณภาพการศึกษาได้ สถานศึกษาจึงควรกำหนดหลักการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ . 2554: 12)

การประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญเทียบเท่ากับการวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา การวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งให้มีการวัดความสามารถของนักเรียนที่ครอบคลุมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จากข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นระดับขั้นสุดท้ายของการเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา ที่จะต้องมีการประเมินผลระดับชาติตามที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนด ผลจากการประเมินใช้เป็นเครื่องมือเทียบเคียงคุณภาพการศึกษาในระดับต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ . 2551: 29) ซึ่งผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน) ผลการทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศเท่ากับ 43.47 จากผลคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยเห็นความจำเป็นที่จะพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นเรียนให้สูงขึ้น และยังสามารถนำผลที่ได้มาปรับปรุงการสอนและการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพและพัฒนา

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ในปัจจุบันพบว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นแบบทดสอบที่วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านต่าง ๆ เพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น เช่น วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ วัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ วัดความสัมพันธ์ในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น ซึ่งยังไม่ครอบคลุมลักษณะของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดไว้ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ครบทั้ง 5 ด้าน ยังมีอยู่น้อย อีกทั้งยังเป็นแบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ ซึ่งผู้สอบมีโอกาสตอบถูกจากการเดาทำให้ผลการวัดมีความคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นที่จะพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรการศึกษา โดยปัจจุบันประเทศไทยใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศที่มีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุขในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพได้

การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต้องคำนึงถึงคุณภาพของข้อสอบรายข้อ และแบบทดสอบทั้งฉบับอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะด้านความเที่ยงตรง(Validity) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของคุณภาพของแบบทดสอบ ในการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบจะต้องคำนึงถึงคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเป็นสำคัญ ทั้งนี้เพราะว่าความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติของแบบทดสอบที่แสดงถึงความสามารถในการวัดได้ถูกต้องแม่นยำ ถ้าผลการวัดได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าคุณลักษณะที่แท้จริงเพียงใด ก็ถือว่าการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเพียงนั้น และด้านความเชื่อมั่น (Reliability) ก็เป็นอีกคุณสมบัติที่สะท้อนว่าเครื่องมือนั้นไม่ว่าจะวัดกี่ครั้งก็ยิ่งให้ผลการวัดที่เหมือนเดิม เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพ สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และมีความน่าเชื่อถือในผลการวัด ผู้วิจัยจึงได้นำทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) มาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในด้านความเชื่อมั่นเพื่อทำให้ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพมากที่สุด

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) พัฒนามาจากทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ที่เชื่อว่าความคลาดเคลื่อนมาจาก ความคลาดเคลื่อนทุกแหล่งรวมเป็นหนึ่งเดียว ซึ่งต่อมาครอนบาค และคณะ ได้เสนอทฤษฎีสำหรับวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัดพฤติกรรมในสถานการณ์ต่าง ๆ คะแนนที่ได้มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากมีการวิเคราะห์แยกส่วนความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อน ออกเป็นความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ

กับความคลาดเคลื่อนลุ่ม ทำให้ทราบและสามารถควบคุมแหล่งความคลาดเคลื่อนได้ตรงประเด็น ทำให้สัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของการวัดสูงขึ้น โดยทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ต้องการสรุปอ้างอิงความเชื่อถือของคะแนนที่สังเกตได้ จากแบบทดสอบที่ทำกรวัดในเงื่อนไขหรือสถานการณ์ต่างๆของการทดสอบไปยังคะแนนจริง เงื่อนไขหรือสถานการณ์ของการทดสอบที่ใช้ขึ้นอยู่กับกรออกแบบ โดยคำนวณและแปลความหมายได้ 2 ลักษณะ ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของผลการวัดสำหรับใช้ตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (Relative decision) และความน่าเชื่อถือของผลการวัดสำหรับตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ (Absolute decision) ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) เป็นทั้งวิธีการประเมินความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือและเป็นการออกแบบการวัดให้ได้ผลของการวัดที่มีความเชื่อมั่น (Reliability) นำมาใช้ในการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในด้านความเชื่อมั่น ทำให้สัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของการวัดสูงขึ้น ถึงระดับที่ต้องการ สามารถนำผลที่ได้ไปใช้เป็นสารสนเทศในการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 12-25)

จากความสำคัญและสภาพปัญหาในการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนาระบบการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จะได้ทราบว่าตนเองมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจเรียนต่อในระดับชั้นที่สูงขึ้น และเป็นแนวทางการปรับปรุงพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของตนให้เต็มศักยภาพ

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

## ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษานี้ทำให้ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ในการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G – Coefficient) เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในด้านความเชื่อมั่น (Reliability) ซึ่งได้มีการออกแบบองค์ประกอบของการวัด (Facet) เป็น 2 องค์ประกอบ คือ ความยาวของแบบวัด และจำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ไปประยุกต์ใช้ได้จริง และนำผลที่ได้มาปรับปรุงการสอนและการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพและพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น ตลอดจนใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

## ขอบเขตของการวิจัย

### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตกรุงเทพใต้ จำนวน 57 โรงเรียน จำนวน 130 ห้องเรียน และมีนักเรียนทั้งหมด 4,078 คน

### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตกรุงเทพใต้ จำนวน 11 โรงเรียน จำนวน 370 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi – Stage Sampling)

## ตัวแปรที่ศึกษา

### 1. ตัวแปรต้น ประกอบด้วย

#### 1.1 ความยาวของแบบวัด แบ่งเป็น

##### 1.1.1 ระดับความยาว 10 ข้อ

##### 1.1.2 ระดับความยาว 15 ข้อ

##### 1.1.3 ระดับความยาว 20 ข้อ

## 1.2 จำนวนผู้ตรวจ แบ่งเป็น

1.2.1 ผู้ตรวจ 1 คน

1.2.2 ผู้ตรวจ 2 คน

1.2.3 ผู้ตรวจ 3 คน

## 2. ตัวแปรตาม คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์** หมายถึง ความสามารถทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการสื่อความหมายและการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทักษะแต่ละด้านมีความหมาย ดังต่อไปนี้

1.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาวิธีการคิดเพื่อคำนวณหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาขั้นตอนเดียว และโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อน

1.1.1 โจทย์การแก้ปัญหาขั้นตอนเดียว หมายถึง การใช้วิธีคิดโดยการบวก การลบ การคูณ หรือการหารวิธีใดวิธีหนึ่งเพื่อหาคำตอบจากโจทย์ปัญหา

1.1.2 โจทย์การแก้ปัญหาที่ซับซ้อน หมายถึง การใช้วิธีคิดโดยการบวกกับการคูณ การลบกับการหาร การลบกับการคูณ หรือการลบกับการหาร ใดวิธีหนึ่งเพื่อหาคำตอบจากโจทย์ปัญหา

1.2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาข้อสรุปและให้เหตุผลประกอบจากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้

1.3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ หมายถึง การสื่อสาร การแปลความหมายจากสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอเป็นแผนภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

1.3.1 การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การสื่อสารจากสัญลักษณ์ เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์และภาษาทางคณิตศาสตร์ ให้เป็นข้อความเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน

1.3.2 การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การแปลความหมายจากสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ข้อความทางคณิตศาสตร์

1.3.3 การนำเสนอทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การถ่ายทอดความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยการเขียนหรือแปลความเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นโดยเขียนในรูปของแผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง

1.4 ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสัมพันธ์กันในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และความสัมพันธ์กันระหว่างเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น

1.4.1 การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างเนื้อหาของ จำนวนและการดำเนินการกับการวัด จำนวนและการดำเนินการกับเรขาคณิต จำนวนและการดำเนินการกับพีชคณิต จำนวนและการดำเนินการกับการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นการวัดกับเรขาคณิต

1.4.2 การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น หมายถึง ความสัมพันธ์กันในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาศิลปะ ดนตรี นาฏศิลป์ วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาภาษาไทย วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาสุขภาพศึกษาและพลศึกษา

1.5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง การประยุกต์ความคิดในการหาคำตอบได้หลายทิศทางจากโจทย์จำนวนและการดำเนินการ

2. แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อใช้วัดทักษะกระบวนการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นข้อสอบอัตนัยแบบเติมคำตอบ

3. ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) หมายถึง ทฤษฎีที่ต้องการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของคะแนนที่สังเกตได้ จากแบบสอบที่ทำการวัดในเงื่อนไขหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ของการทดสอบไปยังคะแนนจริง โดยถือว่าคะแนนความคลาดเคลื่อนของการวัดสามารถเกิดจากหลายแหล่ง (Multiple sources of error) ที่สามารถประมาณค่าแยกกันภายใต้การวิเคราะห์ครั้งเดียวกันได้ โดยการวิจัยครั้งนี้ต้องการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของคะแนนสังเกตได้ จากความยาวของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการทดสอบ และจำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ ไปยังคะแนนจริง

4. **สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient)** หมายถึง คุณภาพด้านความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดทักษะกระบวนการคิดศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพกับความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ (Absolute Coefficient) ซึ่งเป็นการตัดสินใจที่ขึ้นอยู่กับคะแนนสอบของผู้สอบแต่ละคน โดยไม่มีการเปรียบเทียบภายในในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม ซึ่งเป็นความเชื่อมั่น (Reliability) ของคะแนนที่ได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นั่นคือ เป็นคุณภาพด้านความเชื่อมั่น ของแบบวัดทักษะกระบวนการคิดศาสตร์ในครั้งนี้

5. **องค์ประกอบ (Facet)** หมายถึง ตัวประกอบ (Factor) หรือลักษณะร่วมกันของการวัดชนิดเดียวกัน ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ฟาเซท ได้แก่ ความยาวของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และจำนวนผู้ตรวจแบบวัด

6. **เอกภพ (Universe)** หมายถึง เงื่อนไขของการวัดทั้งหมดของแต่ละองค์ประกอบ เอกภพในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ความยาวของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งได้กำหนดระดับความยาวของแบบวัดเป็น 10, 15, 20 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ ซึ่งได้กำหนดระดับเป็น 1, 2, 3 คน

7. **คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์** หมายถึง คุณลักษณะของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดสร้างสรรค์ หากคุณภาพด้านต่าง ๆ ดังนี้

7.1 ความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบทดสอบ หมายถึง คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่จะวัด ซึ่งจะตรวจสอบความเที่ยงตรงในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดสิ่งที่เป็นเนื้อหาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาและตัดสินจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

7.2 ความยาก (Difficulty) ของข้อสอบ หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบ ที่ได้จากสัดส่วนของความแตกต่างของผู้ที่ทำคะแนนข้อนั้นได้สูงกับผู้ที่ทำคะแนนต่ำสุด หาโดยการคำนวณได้จากสูตรของ Whitney; & Sabers โดยใช้เทคนิค 27% ในการแบ่งกลุ่มสูงต่ำ

7.3 อำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบ หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบที่สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่ม โดยผู้ที่ทำข้อสอบได้คะแนนสูงจะมีทักษะกระบวนการ

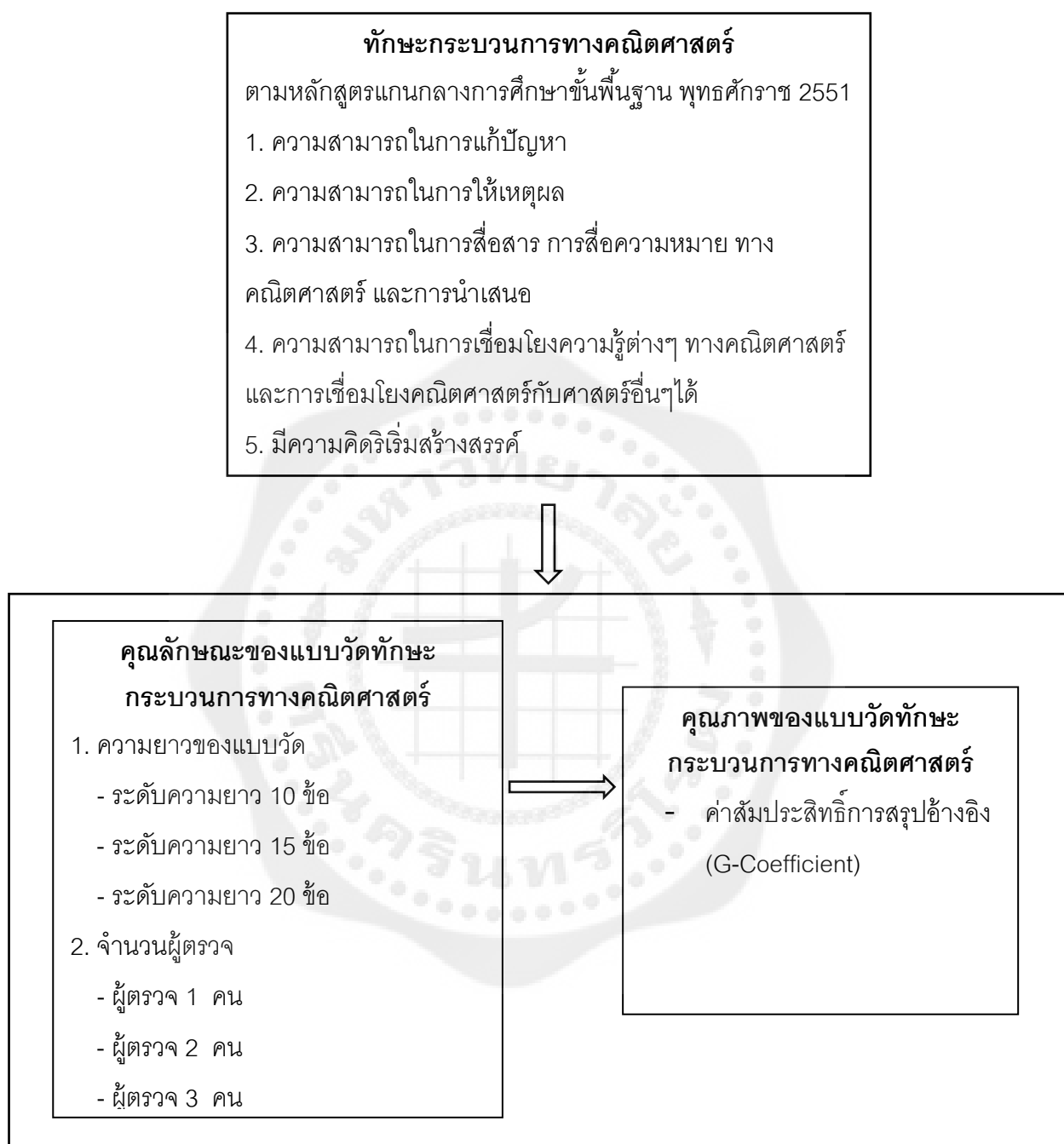
ทางคณิตศาสตร์ระดับสูง และผู้ที่ทำข้อสอบได้คะแนนต่ำกว่าควรมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับต่ำ ได้ถูกต้องตามความเป็นจริง คำนวณได้จากสูตรของ Whitney; & Sabers

7.4 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่แน่นอนในการให้คะแนนของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งคำนวณค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' s Alpha Coefficient :  $\alpha$  )

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 สาระ จึงได้วางกรอบแนวคิดในการสร้างแบบวัดสาระที่ 6 ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ดังนี้ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา 2) ความสามารถในการให้เหตุผล 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ และ 5) มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 90) และเพื่อให้ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพสูง ผู้วิจัยจึงได้นำทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการการวัด (Generalizability Theory) มาประยุกต์ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) เพื่อศึกษาด้านความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้มีการออกแบบองค์ประกอบของการวัด (Facet) เป็น 2 ฟาเซท คือ ความยาวของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และจำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่อไป

จากการศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการทำวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2 ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.3 องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.3.1 ทักษะที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหา

2.3.2 ทักษะที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผล

2.3.3 ทักษะที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และ

การนำเสนอ

2.3.4 ทักษะที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และ

เชื่อมโยง คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

2.3.5 ทักษะที่ 5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

3. ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

3.1 ความเป็นมาของ G – Theory

3.2 แนวคิดพื้นฐานของ G – Theory

3.3 แนวคิดสำคัญและข้อตกลงเบื้องต้น

3.4 โครงสร้างของการศึกษาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

3.5 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

(Generalizability Theory)

## 1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้เกิดการค้นคว้า วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

### เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนดังนี้

จำนวนและการดำเนินการ : ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวนระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

การวัด : ความยาว ระยะเวลา น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหเกี่ยวกับ การวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

เรขาคณิต : รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนี้ภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation) การสะท้อน (reflection) และการหมุน (rotation)

พีชคณิต : แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการของเซต การให้เหตุผลนิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น : การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

### สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

#### สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวน และความสัมพันธ์ระหว่าง การดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำเสนอบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

#### สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

#### สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning)

และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา

#### สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชัน

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมาย และนำไปใช้แก้ปัญหา

#### สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้ อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

#### สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

หมายเหตุ 1. การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพนั้นจะต้องให้มีความสมดุลระหว่างสาระด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการ ควบคู่ไปกับคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ ได้แก่ การทำงานอย่างมีระบบ มีระเบียบ มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจรรณญาณ มีความเชื่อมั่นในตนเอง พร้อมทั้งตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ 2. ในการวัดและประเมินผลด้านทักษะและกระบวนการ สามารถประเมินในระหว่างการเรียนการสอน หรือประเมินไปพร้อมกับการประเมินด้านความรู้

### คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1. มีความรู้ความเข้าใจและความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับจำนวนนับและศูนย์เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง ร้อยละ การดำเนินการของจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง และร้อยละ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ สามารถหาค่าประมาณของจำนวนนับ และทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่งได้
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร ความจุ เวลา เงิน ทิศ แผนที่ และขนาดของมุม สามารถวัดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหา ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
3. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกระบอก กรวย ปริซึม พีระมิด มุม และเส้นขนาน
4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบรูปและอธิบายความสัมพันธ์ได้ แก้ปัญหาเกี่ยวกับแบบรูป สามารถวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา พร้อมทั้งเขียนให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นที่มีตัวไม่ทราบค่าหนึ่งตัวและแก้สมการนั้นได้
5. รวบรวมข้อมูล อภิปรายประเด็นต่าง ๆ จากแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ แผนภูมิรูปวงกลม กราฟเส้น และตาราง และนำเสนอข้อมูลในรูปของแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ และกราฟเส้น ใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นเบื้องต้นในการคาดคะเนการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้
6. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

## 2. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

### 2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

อัมพร ม้าคนอง (2553: 10) ได้กล่าวว่า ทักษะเป็นความสามารถหรือความชำนาญของบุคคลในการทำงาน ทักษะทางคณิตศาสตร์จึงเป็นความสามารถของบุคคลในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้นอกจากนี้ The National Council of Supervisors of Mathematics (NCSM) (อัมพร ม้าคนอง. 2553: 11; อ้างอิงจาก NCSM. 2005) ได้กำหนดความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนที่จบการศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปี หรือระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผู้เรียนควรมีไว้ 10 ประการ ดังนี้

1. ทักษะ กลวิธี และเทคนิคการแก้ปัญหา ผู้เรียนควรมีทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นกระบวนการในการใช้ความรู้ที่มีอยู่ของบุคคลในการแก้ปัญหาใหม่ที่ไม่คุ้นเคย โดยใช้กลวิธีและเทคนิคต่าง ๆ เช่น การตั้งคำถาม การวิเคราะห์สถานการณ์ การแปลและแสดงผล การเขียนแผนผังและแผนภูมิ การลองผิดลองถูก ในกระบวนการแก้ปัญหาผู้เรียนต้องสามารถใช้ความรู้อย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง หรือแก้ปัญหาได้สำเร็จ

2. การประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ความรู้ทางคณิตศาสตร์มากมายเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยตรง เช่น เศษส่วนและทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ ผู้เรียนควรได้รับการฝึกให้ใช้คณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง ทั้งในและนอกห้องเรียน

3. การตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของผลที่ได้ เนื่องจากงานบางอย่างมีความซับซ้อนและต้องการความละเอียดรอบคอบผู้เรียนควรรู้ใช้ทักษะที่ได้จากกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของผลที่ได้จากการทำงาน เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

4. การประมาณค่า ผู้เรียนควรมีความสามารถในการประมาณค่าอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว โดยใช้เทคนิคการประมาณค่าต่าง ๆ เช่น การประมาณจำนวน ความยาว ระยะทางน้ำหนัก เวลา

5. ทักษะการคำนวณที่เหมาะสม ผู้เรียนควรมีทักษะพื้นฐานเกี่ยวกับการดำเนินการระหว่างจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยมและร้อยละ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การคำนวณ และการคิดเลขในใจ (mental arithmetic) และรู้จักเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการคำนวณที่ซับซ้อนขึ้น เช่น เครื่องคำนวณ คอมพิวเตอร์

6. ความรู้ทางเรขาคณิต ผู้เรียนควรมีมโนทัศน์และความรู้ทางเรขาคณิตเนื่องจากมีความจำเป็นต้องใช้งานในโลกสามมิติที่อาศัยอยู่ เช่น ความรู้เกี่ยวกับจุด เส้น ระนาบ การขนานการตั้งฉาก การแปลงทางเรขาคณิต และควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติทางเรขาคณิตเช่น ความคล้าย ความเท่ากันทุกประการ

7. ความรู้เกี่ยวกับการวัด ผู้เรียนควรมีความสามารถในการวัดระยะทาง เวลา น้ำหนัก ความจุ อุณหภูมิ มุม สามารถคำนวณหาพื้นที่และปริมาตร ตลอดจนสามารถใช้เครื่องมือในการวัด และการคำนวณที่เหมาะสมกับสถานการณ์

8. ความสามารถในการอ่าน แปลความหมาย สร้างตาราง แผนภูมิและกราฟ ผู้เรียนควรอ่านตาราง แผนที่ แผนภูมิ และกราฟ อย่างเข้าใจ และสามารถหาข้อสรุปได้ ในทางกลับกันสามารถประมวลและนำเสนอข้อมูลในรูปของตาราง แผนภูมิและกราฟได้

9. การใช้คณิตศาสตร์ในการทำงาน ผู้เรียนควรเห็นความสำคัญและคุ้นเคยกับการใช้คณิตศาสตร์ในการคาดการณ์หรือทำนายความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่นการทำนายการเลือกตั้ง

10. ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนควรใช้คอมพิวเตอร์ได้เหมาะสมกับงาน และควรเข้าใจว่าคอมพิวเตอร์สามารถทำอะไรได้และไม่สามารถทำอะไรได้ การนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ทั้งในด้านการศึกษา ธุรกิจ และอุตสาหกรรมทำให้ต้องตระหนักถึงความเหมาะสมในการใช้และข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์มากขึ้นความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ทั้งสิบประการนี้ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการมีและใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ถ้ามีความรู้ แต่ไม่สามารถนำไปใช้ได้ ความรู้นั้นก็ไม่มีค่าหรือถ้าต้องการใช้งานทางคณิตศาสตร์ แต่มีความรู้ไม่เพียงพอการใช้งานนั้นก็ไม่เกิดขึ้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่มนุษย์ต้องมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เพียงพอ และมีทักษะการนำความรู้ที่มีไปใช้ให้เกิดประโยชน์กล่าวโดยสรุป ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

## 2.2 ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ในอดีตความเจริญในสังคมยังไม่มี ความซับซ้อน ความต้องการใช้งานคณิตศาสตร์ยังไม่มากนัก การกำหนดทักษะทางคณิตศาสตร์ไว้ในหลักสูตรจึงยังไม่ชัดเจน สำหรับในปัจจุบัน สภาพสังคมมีความเจริญและซับซ้อนมากขึ้น ทักษะทางคณิตศาสตร์หรือความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มนุษย์จำเป็นต้องมีจึงต้องมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากเป็นพื้นฐานของการคิด การแก้ปัญหาและการทำงาน ด้วยเหตุผลดังกล่าว หลายประเทศในโลกจึงได้มีการกำหนดทักษะและกระบวนการหรือความสามารถทางคณิตศาสตร์ไว้ในหลักสูตรคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ หรือแม้กระทั่งประเทศไทย เพื่อผู้เรียนจะได้ใช้ทักษะคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานของทักษะการทำงานและทักษะชีวิต เมื่อสำเร็จการศึกษา ทักษะทางคณิตศาสตร์มีมากมายที่สำคัญและใช้มากในอดีตคือ การคิดเลขในใจและการคำนวณ ซึ่งมักประกอบด้วย การบวก ลบ คูณ และหาร สำหรับในปัจจุบัน มนุษย์มีเครื่องมือที่ใช้ในการคิดเลขหรือคำนวณ เช่น เครื่องคิดเลข โทรศัพท์มือถือ โปรแกรม

คอมพิวเตอร์ ทักษะการคำนวณจึงถูกใช้น้อยลง แต่มีทักษะอื่นที่มีความจำเป็นมากกว่าและใช้เทคโนโลยีทำแทนไม่ได้ ในสังคมที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ทักษะการแก้ปัญหา การให้เหตุผล โดยทั่วไปทักษะทางคณิตศาสตร์ที่หลายประเทศในโลกมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมักเป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทักษะสำคัญดังนี้ การแก้ปัญหา (problem solving) การให้เหตุผล (reasoning) การสื่อสาร สื่อความหมาย และการนำเสนอ (communications and presentations) การเชื่อมโยง (connections) การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (creativity) (อัมพร ม้าคอง. 2553: 10) จากทักษะพื้นฐานข้างต้น มีความเชื่อมโยงกับทักษะชีวิตและทักษะการทำงาน ซึ่งในปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกตระหนักว่าจำเป็นต้องให้ผู้เรียนในทุกระดับจำเป็นต้องมี เช่น การแก้ปัญหา การสื่อสาร การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์จะทำให้ผู้เรียนมีทักษะชีวิตที่ดี และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจากความสำคัญดังกล่าวมาข้างต้น ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 1 มาตรฐาน ได้แก่ มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายนั้นประกอบด้วย 6 ตัวชี้วัด ดังนี้

ค 6.1 ป.4-6/1 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ค 6.1 ป.4-6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ป.4-6/3 ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ป.4-6/4 ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน

ค 6.1 ป.4-6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

ค 6.1 ป.4-6/6 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากตัวชี้วัดทั้ง 6 ตัวชี้วัด ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จึงสรุปทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 5 ทักษะ ดังนี้

ทักษะที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหา

ทักษะที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผล

ทักษะที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ

ทักษะที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

ทักษะที่ 5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

### 2.3 องค์ประกอบของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

#### 2.3.1 ทักษะที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหา

##### 2.3.1.1 ความหมายของคำว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์

คนทุกคนในช่วงชีวิตหนึ่งล้วนแต่ต้องพบกับสิ่งอันไม่พึงปรารถนาด้วยกันทุกคนโดยทั่วไปเรามักเรียกสิ่งเหล่านั้นว่าเป็นปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องเผชิญและหาทางแก้ปัญหาต่าง ๆ และการตัดสินใจต้องอาศัยการคิดการศึกษาและรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ โดยอาศัยทักษะพื้นฐานในการคิดคำนวณ ความคิดและประสบการณ์ ตลอดจนความรู้ที่เคยเรียนหรือทราบมาก่อน เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาและให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ต้องการ ซึ่งมีความสอดคล้องกับที่สุวิทย์ มูลคำ (2547 : 9) กล่าวว่า ปัญหา คือ สภาพการณ์ที่ทำให้บุคคลไม่สบายกายไม่สบายใจไม่สนองความจำเป็นพื้นฐานของบุคคล

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นในทันทีและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551: 7)

##### 2.3.1.2 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหา คือ การทำงานที่ยังไม่รู้วิธีการ ที่ได้มาซึ่งคำตอบในทันที ซึ่งการหาคำตอบนักเรียนต้องนำความรู้ที่มีอยู่ไปเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหา เพื่อที่จะทำให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายเพียงการหาคำตอบ แต่อยู่ที่วิธีการได้มาซึ่งคำตอบ นักเรียนควรได้ฝึกฝน ได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นและให้มีการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหาออกมาด้วย (ณัฐกานต์ รักษา. 2552: 36; อ้างอิงจาก NCTM. 2000)

วนัสสุดา เจตนา (2555: 12) ได้สรุปเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ว่าเป็นความสามารถหรือความชำนาญในการใช้กระบวนการต่าง ๆ โดยนำความรู้ ความคิด จากประสบการณ์เดิมและส่วนประกอบของสถานการณ์ของปัญหา มากำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหา โดยดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาคือกระบวนการที่ใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ ปัญหาของคนหนึ่งอาจจะไม่ใช่ปัญหาของคนหนึ่ง ในการแก้ปัญหาก็ต้องมีการวางแผน การรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ การกำหนด

สารสนเทศที่ต้องการเพิ่มเติม มีการแสดงความคิดเห็น เสนอแนะแนวทางวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นที่เชื่อถือและยอมรับกันโดยทั่วไป คือ กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา (อัมพร ม้าคนอง. 2553: 41; อ้างอิงจาก Polya. 1985) มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา (understanding the problem)

ขั้นนี้เป็นขั้นการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจปัญหา โดยอาจหาว่าสิ่งที่ต้องการทราบคืออะไร ข้อมูลมีอะไรบ้าง เงื่อนไขคืออะไร จะแก้ปัญหตามเงื่อนไขได้หรือไม่ หรือเคยเห็นปัญหาในรูปแบบที่คล้ายคลึงกันนี้หรือไม่ ในขั้นนี้การวาดภาพ การใช้สัญลักษณ์ การแบ่งเงื่อนไขออกเป็นส่วนย่อย ๆ อาจช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 2 การวางแผนงาน (devising a plan)

ขั้นนี้เป็นขั้นการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลในปัญหากับสิ่งที่ต้องการทราบ หากไม่สามารถเชื่อมโยงได้ทันทีอาจต้องใช้ปัญหาอื่นช่วยเพื่อให้ได้แผนงานแก้ปัญหาในที่สุด ผู้แก้ปัญหาอาจเริ่มต้นด้วยการคิดว่าตนเคยเห็นปัญหาลักษณะนี้จากที่ไหนมาก่อนหรือไม่ หรือเคยเห็นปัญหาในรูปแบบที่คล้ายคลึงกันนี้หรือไม่ จะใช้ความรู้หรือวิธีการใดแก้ปัญหา จะแก้ปัญหาลงมือได้ก่อนบ้าง จะแปลงข้อมูลที่มีอยู่ใหม่เพื่อให้สิ่งที่ต้องการทราบกับข้อมูลที่มีอยู่สัมพันธ์กันมากขึ้นได้หรือไม่ ได้ใช้ข้อมูลที่มีอยู่อย่างเหมาะสมแล้วหรือยัง ซึ่งอาจสรุปการวางแผนการแก้ปัญหาดังนี้

2.1 โจทย์ปัญหาลักษณะนี้เคยพบมาก่อนหรือไม่ มีลักษณะคล้ายคลึงกับโจทย์ปัญหาที่เคยทำมาแล้วอย่างไร

2.2 เคยพบโจทย์ลักษณะนี้เมื่อไรและใช้วิธีการใดในการแก้ปัญหา

2.3 ถ้าอ่านโจทย์ปัญหาครั้งแรกแล้วไม่เข้าใจควรอ่านโจทย์ปัญหาอีกครั้งแล้ววิเคราะห์ความแตกต่างของปัญหานี้กับปัญหาที่เคยทำมาก่อน

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน (carrying out the plan)

ขั้นนี้ เป็นการลงมือทำงานตามแผนที่วางไว้ และมีการตรวจสอบแต่ละขั้นย่อย ๆ ของงานที่ทำว่าถูกต้องหรือไม่ จะแน่ใจได้อย่างไร เป็นการกำกับการทำงานตามแผน

ขั้นที่ 4 การตรวจย้อนกลับ (looking back)

ขั้นนี้ เป็นการตรวจสอบคำตอบหรือเฉลยที่ได้ว่าสอดคล้องกับข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหาหรือไม่ และมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ ซึ่งอาจครอบคลุมถึงการขยายความคิดจากผลหรือคำตอบที่ได้ และการวิเคราะห์หาวิธีการอื่นในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการของโพลยา นับเป็นสิ่งที่ทั้งผู้สอนและผู้เรียนคุ้นเคยและถูกใช้กันมาเป็นเวลานานมากในการสอนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งในทางปฏิบัติ การดำเนินการตามกระบวนการนี้มักทำเพียงบาง

ขั้นตอน เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องเวลาและปัจจัยอื่น ๆ ทำให้ต้องยุบรวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน หรือทำบางขั้นตอนให้กระชับขึ้น เช่น การตรวจสอบเพียงความสมเหตุสมผลในขั้นการตรวจผลย้อนกลับ ทั้งนี้ เพื่อให้การแก้ปัญหา มีความกระชับและรวดเร็ว และเพื่อไม่ให้ผู้เรียนรู้สึกว่าการแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่ซับซ้อน กระบวนการแก้ปัญหของโพลยาเป็นกระบวนการที่มีประโยชน์มาก เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนมีหลักคิด ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหอย่างมีระบบ มีการวางแผน และกำกับการทำงานอย่างต่อเนื่อง

### 2.3.1.3 ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

บิลเซียน และคณะได้เสนอยุทธวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นเครื่องมือสำคัญและสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ดีที่พบบ่อยในคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551: 12-41; อ้างอิงจาก Billstein; et al.1997)

1. การค้นหาแบบรูป เป็นการวิเคราะห์ปัญหาและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นระบบหรือเป็นแบบรูปในสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ แล้วคาดเดาคำตอบ ซึ่งคำตอบอาจจะถูกยอมรับว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องเมื่อผ่านการตรวจสอบยืนยัน ยุทธวิธีนี้มักใช้กับการแก้ปัญหที่เกี่ยวกับเรื่องจำนวนและเรขาคณิต การฝึกฝนการค้นหาแบบรูปในเรื่องดังกล่าวเป็นประจำ จะช่วยนักเรียนในการพัฒนาความรู้สึกเชิงจำนวนและทักษะการสื่อสาร ซึ่งเป็นทักษะที่ช่วยให้นักเรียนสามารถประมาณและคาดคะเนจำนวนที่พิจารณาโดยยังไม่ต้องคิดคำนวณก่อนตลอดจนสามารถสะท้อนความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์และกระบวนการคิดของตนได้

2. การสร้างตาราง เป็นการจัดระบบข้อมูลใส่ในตาราง ตารางที่สร้างขึ้นจะช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ อันจะนำไปสู่การค้นพบแบบรูปหรือข้อชี้แนะอื่น ๆ ตลอดจนช่วยไม่ให้เกิดสิ่งหรือสับสนในกรณีใดกรณีหนึ่งเมื่อต้องแสดงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา

3. การเขียนภาพหรือแผนภาพ เป็นการอธิบายสถานการณ์และแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ของปัญหาด้วยภาพหรือแผนภาพ ซึ่งการเขียนภาพหรือแผนภาพจะช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้น และบางครั้งก็สามารถหาคำตอบของปัญหาได้โดยตรงจากภาพหรือแผนภาพนั้น

4. การแจกกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด เป็นการจัดระบบข้อมูล โดยแยกเป็นกรณี ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในการแจกกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด นักเรียนอาจขจัดกรณีที่ไม่ใช่ออกก่อน แล้วค่อยค้นหาระบบหรือแบบรูปของกรณีที่เหลืออยู่ ซึ่งถ้าไม่มีระบบในการแจกกรณีที่เหมาะสมยุทธวิธีนี้ก็จะไม่มีประสิทธิภาพ ยุทธวิธีนี้จะใช้ได้ดีถ้าปัญหานั้นมีจำนวนกรณีที่เป็นไปได้แน่นอนซึ่งบางครั้งเราอาจใช้การค้นหาแบบรูปและการสร้างตารางมาช่วยในการแจกกรณีด้วยก็ได้

5. การคาดเดาและการตรวจสอบ เป็นการพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ปัญหา กำหนดผสมผสานกับประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องมาสร้างข้อความคาดการณ์ แล้วตรวจสอบความ

ถูกต้องของข้อความคาดการณ์นั้น ถ้าการคาดเดาไม่ถูกต้องก็คาดเดาใหม่โดยอาศัยประโยชน์จากความไม่ถูกต้องของการคาดเดาในครั้งแรก ๆ เป็นกรอบในการคาดเดาคำตอบของปัญหาครั้งต่อไป นักเรียนควรคาดเดาอย่างมีเหตุผลและทิศทาง เพื่อให้สิ่งที่คาดเดานั้นใกล้เคียงคำตอบที่ต้องการมากที่สุด

6. การทำงานแบบย้อนกลับ เป็นการวิเคราะห์ปัญหาที่พิจารณาจากผลย้อนกลับไปสู่เหตุ โดยเริ่มจากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนสุดท้าย แล้วคิดย้อนกลับมาสู่ข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนเริ่มต้น การคิดแบบย้อนกลับใช้ได้กับการแก้ปัญหาที่ต้องการอธิบายถึงขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ

7. การเขียนสมการ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่กำหนดของปัญหาในรูปแบบของสมการ ซึ่งบางครั้งอาจเป็นอสมการก็ได้ ในการแก้สมการนักเรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อหาว่า ข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดมาให้มีอะไรบ้าง และสิ่งที่ต้องการหาคืออะไรหลังจากนั้นกำหนดตัวแปรแทนสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่กำหนดมาให้แล้วเขียนสมการหรืออสมการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านั้น ในการหาคำตอบของสมการ มักใช้สมบัติของการเท่ากันมาช่วยในการแก้สมการซึ่งได้แก่ สมบัติสมมาตร สมบัติถ่ายทอด สมบัติการบวกและสมบัติการคูณและเมื่อใช้สมบัติของการเท่ากันมาช่วยแล้ว ต้องมีการตรวจสอบคำตอบของสมการตามเงื่อนไขของปัญหา ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขของปัญหา ถือว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ถูกต้องของปัญหานี้ยุทธวิธีนี้มักใช้บ่อยในปัญหาพีชคณิต

8. การเปลี่ยนมุมมอง เป็นการเปลี่ยนการคิดหรือมุมมองให้แตกต่างไปจากที่คุ้นเคย หรือที่ต้องทำตามขั้นตอนที่ละขั้นเพื่อให้แก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น ยุทธวิธีนี้มักใช้ในกรณีที่แก้ปัญหาคับด้วยยุทธวิธีอื่นไม่ได้แล้ว สิ่งสำคัญของยุทธวิธีนี้คือ การเปลี่ยนมุมมองที่แตกต่างไปจากเดิม

9. การแบ่งเป็นปัญหาย่อย เป็นการแบ่งปัญหาใหญ่หรือปัญหาที่มีความซับซ้อนหลายขั้นตอนออกเป็นปัญหาย่อยนั้นนักเรียนอาจลดจำนวนของข้อมูลลง หรือเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปที่คุ้นเคยและไม่ซับซ้อน หรือเปลี่ยนให้เป็นปัญหาที่คุ้นเคยหรือเคยแก้ปัญหามาก่อนหน้า

10. การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ เป็นการอธิบายข้อความหรือข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริงโดยใช้เหตุผลทางตรรกศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาเราใช้การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ร่วมกับการคาดเดาและตรวจสอบ หรือการเขียนภาพหรือแผนภาพ จนทำให้บางครั้งเราไม่สามารถแยกการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ออกจากยุทธวิธีอื่นได้อย่างเด่นชัด ยุทธวิธีนี้มักใช้บ่อยในปัญหาทางเรขาคณิตและพีชคณิต

11. การให้เหตุผลทางอ้อม เป็นการแสดงหรืออธิบายข้อความหรือข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริง โดยการสมมติว่าข้อความที่ต้องการแสดงนั้นเป็นเท็จ แล้วหาข้อขัดแย้งยุทธวิธีนี้มักใช้กับการแก้ปัญหายากกว่าการแก้ปัญหามาโดยตรง และง่ายที่จะหาข้อขัดแย้งเมื่อกำหนดให้ข้อความที่แสดงเป็นเท็จการเลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหา ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ปัญหา โจทย์

ปัญหาข้อหนึ่งอาจใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้หลายแบบ การกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาจะช่วยให้การดำเนินการแก้ปัญหาทำได้เร็ว เปรียบเสมือนแนวทางในการนำไปสู่คำตอบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551: 12-41; อ้างอิงจาก Billstein et al.1997)

จากความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถสรุปได้ว่าปัญหาคณิตศาสตร์คือ สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการทราบคำตอบ ส่วนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ คือการค้นหาและการดำเนินการเพื่อนำมาซึ่งคำตอบที่ต้องการเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

### 2.3.2 ทักษะที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผล

#### 2.3.2.1 ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

วิสุตา รัชฎู ( 2547: 12) ได้สรุปความหมาย ของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นการแสดงแนวคิดเกี่ยวกับ การสร้างหลักการ หาความสัมพันธ์เกี่ยวกับแนวคิด และการสรุปที่สมเหตุสมผลตามแนวคิด

มนัส เมืองมัจฉา (2551: 11) สรุปได้ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การแสดงแนวความคิดเกี่ยวกับ การสร้างหลักการหาความสัมพันธ์ของแนวคิด และการสรุปที่สมเหตุสมผลตามแนวคิด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 46) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และ / หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการรวบรวมข้อเท็จจริง/ข้อความ/แนวคิด/สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยง เพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่

อัมพร ม้าคะนอง (2553: 48) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นส่วนหนึ่งของการคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้ออ้างอิงทั่วไปและการสร้างข้อสรุปที่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิดหรือวิธีการที่สิ่งต่าง ๆ เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กัน

#### 2.3.2.2 ประเภทของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

นักจิตวิทยาและนักศึกษา ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้  
โอดาฟเฟอร์ (สมเดช บุญประจักษ์. 2540: 38; อ้างอิงจาก O'Daffer. 1990: 378) ได้แบ่งประเภทการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลในการสร้างหลักการใหม่ ค้นหารูปทั่วไป รูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ และในการอธิบายสมบัติและโครงสร้างต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นนิมิต หรืออาจกล่าวได้ว่า การให้เหตุผลแบบอุปนัย เกิดจากผลของกรณีเฉพาะหลาย ๆ ตัวอย่าง แล้วนำไปสู่การสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วไป

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้รูปแบบการลงความเห็นที่สมเหตุสมผลในการสรุป จากหลักฐานที่ปรากฏเป็นการพิสูจน์ข้อสรุปและตัดสินความถูกต้องของขั้นตอนการคิด การให้เหตุผลแบบนี้เป็นการให้เหตุผลที่เป็นระบบตรรก เป็นการใช้เหตุผลที่ใช้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานคือ อนิยาม นิยาม สัจพจน์และทฤษฎีบท อาจกล่าวได้ว่า การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นการให้เหตุผลที่ใช้ข้อสรุปหลักเกณฑ์ทั่วไปเป็นหลัก แล้วจะได้ผลสรุปของกรณีเฉพาะที่สอดคล้องกับกฎเกณฑ์ หลักการที่เป็นจริงเสมอ

บาร์ดี (สมเดช บุญประจักษ์. 2540: 38; อ้างอิงจาก Baroody. 1993: 2) ได้กล่าวถึงการให้เหตุผลที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ว่ามี 3 ประเภท โดยเพิ่มการให้เหตุผลแบบสามัญสำนึก (Intuitive Reasoning) เป็นอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นลักษณะการให้เหตุผล ที่เกิดจากการหยั่งรู้ (Insight) หรือเกิดจากกลางสังหรณ์ ไม่มีข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการตัดสินใจ หรือตัดสินใจได้จากสิ่งที่เห็นได้ชัดเจน หรือจากความรู้สึกภายใน ส่วนอีก 2 ประเภทคือ การให้เหตุผลแบบอุปนัยและการให้เหตุผลแบบนิรนัย เช่นเดียวกับของโอดาฟเฟอร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 39) ได้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบหยั่งรู้ (intuitive reasoning) การให้เหตุผลแบบหยั่งรู้ของคนเรา ไม่ได้เกิดขึ้นมาจากพิจารณาถึงข้อเท็จจริงหรือหลักฐานใด ๆ แต่เกิดจากการที่คนเรานั้นรู้สึกถึงได้ว่า น่าจะเกิดเหตุการณ์ที่ตัวเองรู้สึกได้นั้น

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (inductive reasoning) การให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นการมองหารูปแบบ และสร้างรูปทั่วไปและข้อความคาดการณ์จากการสังเกตตัวอย่างเป็นจำนวนมากแล้วนำมาสร้างเป็นข้อสรุป ลักษณะของการให้เหตุผลชนิดนี้มักเกิดในชีวิตประจำวันบ่อย ๆ รวมถึงการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนด้วย ครูมักจะให้นักเรียนใช้เหตุผลประเภทนี้หาคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ ที่ครูต้องการ

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deductive reasoning) การให้เหตุผลแบบนิรนัยใช้เพื่อแสดงความถูกต้องของการให้เหตุผลชนิดต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีในแง่ของการตรวจสอบข้อสรุปและสร้างเหตุผลสนับสนุนที่น่าเชื่อถือ ลักษณะของการให้เหตุผลชนิดนี้จะมีความเป็นทางการมากกว่าแบบอุปนัย การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัยจะนำไปสู่การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ที่ดีได้

อัมพร ม้าคนอง (2553: 50) ยังได้กล่าวว่าการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีหลายลักษณะ ดังนี้

1. การให้เหตุผลเชิงตรรก (Logical reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่ใช้การคิดเชิงตรรก ประกอบด้วยการให้เหตุผล 2 ประเภท ต่อไปนี้

1.1 การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลตามการคิดแบบอุปนัย ซึ่งเป็นการคิดจากข้อเท็จจริงย่อย โดยการสังเกตลักษณะร่วมที่สำคัญหรือแบบแผนของสิ่งที่พบ เพื่อนำไปสู่กฎเกณฑ์หรือหลักการทั่วไป การให้เหตุผลแบบนี้จึงใช้ข้อมูลที่เป็นจริงจากข้อมูลย่อย ๆ ไปสู่ข้อสรุปหรือความจริงทั่วไป หรือเป็นการมองเห็นตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างแล้วใช้เหตุผลสรุปความสัมพันธ์ในรูปแบบทั่วไปของตัวอย่างเหล่านั้น หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการหาความสัมพันธ์จากสมาชิกบางส่วนในกลุ่มเพื่ออ้างอิงไปใช้กับสมาชิกส่วนอื่นของกลุ่มเดียวกัน

1.2 การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลตามการคิดแบบนิรนัยซึ่งเป็นการคิดจากกฎเกณฑ์ หลักการ หรือข้อสรุปทั่วไปไปสู่ข้อเท็จจริงย่อย การให้เหตุผลแบบนี้จึงเป็นการใช้ข้อสรุปที่เป็นกฎหรือหลักเกณฑ์ทั่วไปที่ยอมรับกันว่าเป็นจริงโดยมีการพิสูจน์มาแล้ว เป็นหลักในการหาข้อสรุปของกรณีเฉพาะที่สอดคล้องกับกฎหรือเกณฑ์นั้น

2. การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (proportional reasoning) เป็นการให้เหตุผลโดยใช้ความคิดเกี่ยวกับสัดส่วนทั้งสัดส่วนที่เกี่ยวข้องกับจำนวนและตัวเลข และข้อมูลเชิงคุณธรรม เช่นการหาค่าที่หายไป การเปรียบเทียบจำนวน การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการให้เหตุผลเชิงสัดส่วนมีหลายลักษณะ ดังต่อไปนี้

2.1 การให้เหตุผลเชิงคุณภาพ (qualitative reasoning) เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนและเศษส่วนเมื่อตัวเศษและ/หรือตัวส่วนของเศษส่วนเดิมเพิ่มขึ้นลดลงหรือเท่าเดิม การให้เหตุผลเชิงคุณภาพ เป็นการให้เหตุผลที่เกิดจากการทำงาน 2 ลักษณะดังนี้

2.1.1 การเปรียบเทียบเชิงคุณภาพ เป็นการเปรียบเทียบระดับคุณภาพจากข้อมูลที่มีอยู่

2.1.2 การบอกทิศทางของการเปลี่ยนแปลง เป็นการระบุทิศทางของการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลที่กำหนดให้

3. การให้เหตุผลเชิงตัวเลข (numerical reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 การระบุค่าของตัวแปร เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับที่มีของค่าของตัวแปรจากปัญหาสัดส่วน

3.2 การเปรียบเทียบเชิงตัวเลข เป็นการให้เหตุผลจากการเปรียบเทียบอัตราส่วนหรือเศษส่วน

4. การให้เหตุผลเชิงปริภูมิ (spatial reasoning) เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์หรือสิ่งที่ปรากฏในมิติต่าง ๆ การแบ่งประเภทของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อาจแบ่งออกได้หลายรูปแบบประเภทของการให้เหตุผลอาจขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหา หรือลักษณะของการแสดงผลเป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัย ผู้วิจัยได้แบ่งการให้เหตุผลออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (inductive reasoning) การให้เหตุผลแบบนี้จึงใช้ข้อมูลที่เป็นจริงจากข้อมูลย่อย ๆ ไปสู่ข้อสรุปหรือความจริงทั่วไป หรือเป็นการมองเห็นตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง แล้วให้เหตุผลสรุปความสัมพันธ์ในรูปแบบทั่วไปของตัวอย่างเหล่านั้น

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลซึ่งอาศัยกฎเกณฑ์หลักการ หรือข้อสรุปทั่วไปไปสู่ข้อเท็จจริงย่อย เป็นการใช้ข้อสรุปที่เป็นกฎหรือหลักเกณฑ์ทั่วไปที่ยอมรับกันว่าเป็นจริงโดยมีการพิสูจน์มาแล้ว เป็นหลักในการหาข้อสรุปของกรณีเฉพาะที่สอดคล้องกับกฎหรือเกณฑ์นั้น

จากที่มีผู้แบ่งประเภทของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ไว้ จะเห็นว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องใช้ การให้เหตุผลทั้งแบบอุปนัย และแบบการให้เหตุผลแบบนิรนัยพอสรุปได้ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยการอ้างอิงความรู้และข้อมูล หรือประสบการณ์เดิมซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง แล้วนำไปสู่ข้อสรุป

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้รูปแบบการลงความเห็นที่สมเหตุสมผลในการสรุป โดยจะนำเอานิยาม บทนิยาม สัจพจน์ และหลักทางตรรกศาสตร์มาช่วยให้ได้สรุปผล

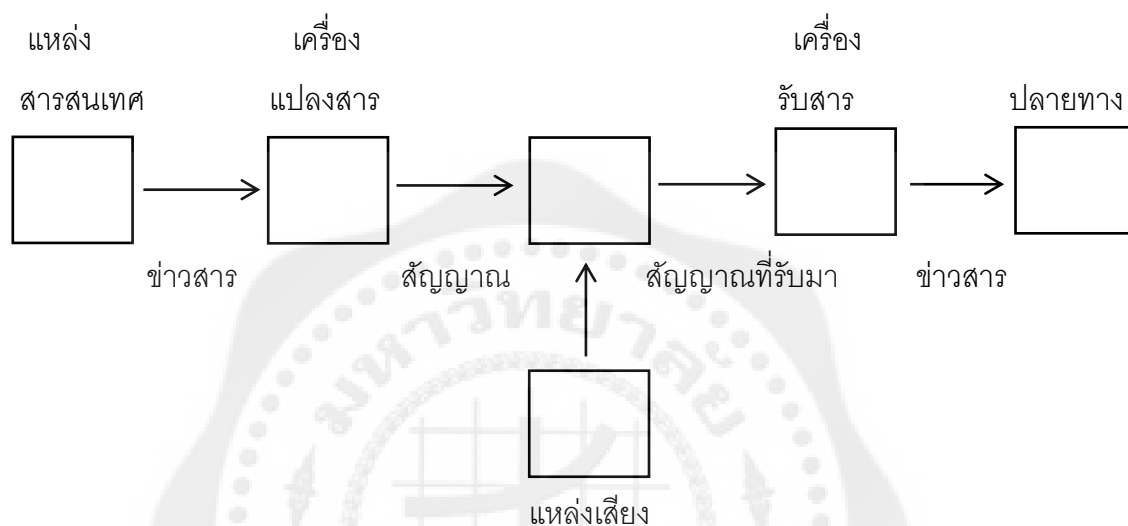
2.3.3 ทักษะที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ (Communications and presentations)

2.3.3.1 ความหมายของการสื่อสาร

การสื่อสาร หมายถึง กระบวนการแลกเปลี่ยนข้อมูล ข่าวสารระหว่างบุคคลต่อบุคคลหรือบุคคลต่อกลุ่ม โดยใช้สัญลักษณ์ สัญญาณ หรือพฤติกรรมที่เข้าใจกัน

การสื่อสารเป็นการสื่อความหมายระหว่างผู้ส่งสารกับผู้รับสารให้มีความเข้าใจตรงกัน การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (mathematical communications) จึงเป็นการสื่อสารและสื่อความหมายที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ระหว่างผู้ส่งสารกับผู้รับสารซึ่งมีความสำคัญและมีการกล่าวถึงมานานแล้ว ดังจะเห็นได้จากผลงานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับการสื่อสารของนักวิชาการบาง

ท่าน เช่น โมเดลทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการสื่อสารของแชนนอน(Shannon's mathematical model of communication) ซึ่งเผยแพร่ในปี ค.ศ.1949 และโมเดลดังกล่าวได้ถูกกล่าวถึงและนำมาใช้ในการพัฒนาการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ตลอดมา ลักษณะการสื่อสารตามโมเดลทางคณิตศาสตร์ของแชนนอน มีรายละเอียดดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2 โมเดลทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการสื่อสารของแชนนอน

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการอธิบายชี้แจงแสดง ความเข้าใจหรือความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้ จึงรวมความสามารถเกี่ยวกับการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอไว้ด้วย ซึ่งอัมพร ม้าคอง (2553: 179) ได้อธิบายไว้ว่า

1. การสื่อสาร เป็นการอธิบายโดยการพูด เขียน หรือแสดงความคิดเห็น
2. การสื่อความหมาย เป็นการทำความเข้าใจ ดีความ แปลความ หรือวิเคราะห์ความหมายของสิ่งที่ตนพบเห็น
3. การนำเสนอ เป็นการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอข้อมูลหรือความคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกัน

การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมายังไม่ได้เน้นเรื่องการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอมากนัก ผู้เรียนจึงมีความสามารถในด้านนี้ไม่ดีพอ จะเห็นได้จากการที่ผู้เรียนจำนวนมากไม่สามารถนำเสนอข้อมูลให้ผู้อื่นเห็นภาพรวมหรือเข้าใจประเด็นสำคัญ ๆ ของสื่อที่

ต้องการนำเสนอได้หรือไม่สามารถสื่อความหมายเรื่องบางเรื่องให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกันได้ ทั้งที่ผู้เรียนผ่านการเรียนรู้การนำเสนอข้อมูลมาแล้ว คงเคยได้ยินคำกล่าวที่ว่า คนที่เรียนคณิตศาสตร์เก่งมาก ๆ มักสื่อความหมายให้คนอื่นเข้าใจไม่ได้ หรือแม้แต่ผู้เรียนที่เก่งคณิตศาสตร์บางคนก็อาจบอกว่าตนเองเข้าใจ แต่อธิบายเป็นคำพูดไม่ได้ สิ่งเหล่านี้แสดงถึงปัญหาในการสื่อสาร การพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้จึงมีความจำเป็น ตัวอย่างของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมายและการนำเสนอ การอธิบายลำดับขั้นตอน การทำงาน การแสดง เหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่ได้ การใช้ตาราง กราฟ หรือค่าสถิติในการอธิบายหรือนำเสนอข้อมูล

ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ เป็น กระบวนการถ่ายทอดข่าวสารจากผู้ส่งสารไปยังผู้รับสารโดยนำเสนอผ่านช่องทางการสื่อสารต่าง ๆ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน การดู การแสดงท่าทาง โดยมีการใช้สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ สมการ อสมการ ฟังก์ชันและแบบจำลอง ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาช่วยในการสื่อความหมาย ซึ่งมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้สื่อสารกับผู้รับสาร โดยในกระบวนการสื่อสาร ผู้สื่อสารจะต้องจัดระบบความคิดและสื่อเป็นภาษาพูดหรือเขียนให้ผู้รับสารเข้าใจตรงกัน ในขณะที่เดียวกันผู้รับสารก็ต้องทำความเข้าใจและติดตามในสิ่งที่ผู้สื่อสารพูดหรือเขียน การสื่อสารทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญ ซึ่งอัมพร ม้าคนอง (2553: 57) ได้กล่าวว่าการสื่อสารทำให้เกิด

1. ก่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้เรียน ทำให้เข้าใจงานที่ทำตรงกัน
2. ส่งเสริมบริบทของการเรียนรู้ที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นบริบทของการพูดจา
3. เพิ่มความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ให้กับทั้งผู้สื่อสารและผู้รับสาร
4. ช่วยให้ผู้สอนมองเห็นความเข้าใจของผู้เรียนซึ่งจะทำให้วางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

อย่างเหมาะสม

2.3.4 ทักษะที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

ทักษะและกระบวนการ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิด วิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระและหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น

การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงการใช้งานของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงที่สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป การเชื่อมโยงจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมากสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย (meaningful learning) เนื่องจากการเชื่อมโยงจะช่วยให้ผู้เรียน

สามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งมองเห็นความสำคัญและคุณค่าของคณิตศาสตร์ (อัมพร ม้าคนอง. 2553: 60) ในแง่ของการเป็นเครื่องมือในการที่จะนำไปใช้ในศาสตร์อื่น ๆ ส่งผลให้คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น ไม่ใช่เป็นเพียงวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีบท กฎ บทนิยาม และสูตรเพื่อใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์เฉพาะในห้องเรียนแต่เพียงเท่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทักษะการเชื่อมโยงจึงถูกเน้นมากในการเรียนการสอนปัจจุบัน

#### 2.3.4.1 ความหมายของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 98) ได้กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์ กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น

#### 2.3.4.2 รูปแบบการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 99) ได้จำแนกตามลักษณะการเชื่อมโยงได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำความรู้และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลทำให้สามารถแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีหรือยกระดับขึ้นและทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายขึ้น ตัวอย่างการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ อาจแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์ เช่น การเชื่อมโยงสาระเรขาคณิตกับพีชคณิต การเชื่อมโยงสาระจำนวนกับพีชคณิต การเชื่อมโยงสาระจำนวนกับการวิเคราะห์ข้อมูล และด้านวิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น การแก้ปัญหาโดยการนำวิธีการเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิตมาใช้ในการหาพื้นที่ของรูปเรขาคณิต การแก้ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่โดยวิธีวิเคราะห์จากกราฟ

2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น เป็นการนำความรู้และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับเนื้อหาและความรู้ของศาสตร์อื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ดาราศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ ทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์น่าสนใจ มีความหมาย และนักเรียนเห็นความสำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์

#### 2.3.5 ทักษะที่ 5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นับว่าเป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการสร้างความเจริญก้าวหน้าของประเทศ ประเทศใดก็ตามที่สามารถแสวงหาพัฒนาและตั้ง

ศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของทรัพยากรมนุษย์ในประเทศได้มากที่สุดย่อมมีโอกาสในการพัฒนาและสร้างความเจริญก้าวหน้าให้ประเทศได้มาก ดังจะเห็นได้จากประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศ

### 2.3.5.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษา ได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ไว้หลากหลายซึ่งมีทั้งแนวความคิดที่แตกต่างกันและคล้ายคลึงกันดังต่อไปนี้

บารอน และเมย์ (อาร์วี พันธุ์มณี. 2545: 2; อ้างอิงจาก Baron and May. 1960) ได้ให้คำจำกัดความว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของมนุษย์ที่จะนำไปสู่สิ่งใหม่ ๆ เกิดผลผลิตใหม่ ๆ ทางเทคโนโลยี รวมทั้งความสามารถในการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลกใหม่ ดังเช่น ทอมัส เอดิสันค้นพบหลอดไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้านานาชนิด ซึ่งงานประดิษฐ์คิดค้นของเขาก็จัดเป็นงานที่มีลักษณะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คือ แปลกใหม่ แตกต่างจากที่เคยปรากฏ และยังประโยชน์อย่างมหาศาลกับชาวโลก

กิลฟอร์ด (อาร์วี พันธุ์มณี. 2545: 3; อ้างอิงจาก Guilford. 1950) เป็นผู้สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องสมรรถภาพทางสมอง จนสามารถสรุปแนวคิดทางด้านความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นลักษณะอเนกนัย (divergent thinking) คือ ความคิดหลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม คิดได้กว้างไกล ซึ่งความคิดลักษณะนี้จะนำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมถึงการคิดค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จด้วยและยังอธิบายว่าความคิดอเนกนัยประกอบด้วยลักษณะความคิดริเริ่ม (originality) ความคิดคล่อง (fluency) ความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) และความคิดละเอียดลออ (elaboration)

เวสคอตต์ และสมิท (อาร์วี พันธุ์มณี. 2545: 4; อ้างอิงจาก Wescott and Smith. 1963) ได้อธิบายว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่รวมการดึงประสบการณ์เดิมของแต่ละคนออกมา แล้วนำมาจัดอยู่ในรูปใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับสเปียร์แมน ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์คืออำนาจจินตนาการของมนุษย์ในการที่จะสามารถสร้างผลผลิตใหม่ ๆ

ทอเรนซ์ (ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. 2546: 6; อ้างอิงจาก Torrance. 1972) อธิบายว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการบูรณาการประสบการณ์ทั้งหมดที่ผ่านมา เพื่อสร้างรูปแบบใหม่ ความคิดใหม่ หรือผลิตผลใหม่ที่แปลกและแตกต่างไปจากเดิม

เดวิด เพอร์กินส์ (ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. 2546: 6; อ้างอิงจาก David Perkins. 1979) กล่าวว่า ผลงานที่บุคคลสร้างขึ้น เป็นสิ่งที่ทำให้เราระบุได้ว่าบุคคลนั้นมีความคิดสร้างสรรค์ การฝึกฝนความคิดสร้างสรรค์ ไม่ควรเน้นเรื่องกระบวนการคิดคล่องเพียงอย่างเดียว แต่ต้องสามารถออกแบบหรือประดิษฐ์ผลงานได้ด้วย

อารี พันธุ์มณี (2545: 5) ได้สรุปความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการทางสมองที่คิด ลักษณะอเนกนัยอันนำไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลงปรุงแต่งความคิดเดิม ผสมผสานให้เกิดความคิดใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการคิดทฤษฎี หลักการได้สำเร็จ

### 2.3.5.2 องค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์

แนวคิดทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (สมจิตร์ กำเหนิดผล. 2546 : 2; อ้างอิงจาก Guilford. 1969: 145-151) ซึ่งได้อธิบายไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทาง สมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง หรือเรียกว่า ลักษณะการคิดอเนกนัย หรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking) ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจาก ความคิดธรรมดา หรือความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่ม หรือที่เรียกว่า Wild Idea เป็นความคิดที่มี ประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มอาจจะเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและ ประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่

2. ความคิดคล่องตัว (fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้า ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือความสามารถคิดหาคำตอบที่เด่นชัดและตรงประเด็นมากที่สุดซึ่งจะ นับปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็น

- 2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (word fluency) เป็นความสามารถใน การใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่วนั่นเอง

- 2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (associational fluency) เป็น ความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในเวลาที่ กำหนด

- 2.3 ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก (expressional fluency) เป็น ความสามารถในการใช้วลีหรือประโยคกล่าวคือความสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ ประโยคที่ต้องการ จากการวิจัยพบว่าบุคคลที่มีความคล่องแคล่วทางการแสดงออกสูงจะมี ความคิดสร้างสรรค์

- 2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่ง ที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด

3. ความคิดยืดหยุ่น (flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับสภาพของ ความคิดในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ อาจจะเป็นประเภทหรือแบบความคิด แบ่งออกเป็น

3.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (spontaneous flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดให้หลายประเภทอย่างอิสระ

3.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (adaptive flexibility) ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา คนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะคิดได้ไม่ซ้ำกัน

4. ความคิดละเอียดลออ (elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดคิดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพพจน์ได้อย่างชัดเจน ความคิดละเอียดลออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่งและขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

### 2.3.5.3 กระบวนการคิดสร้างสรรค์

กระบวนการคิดสร้างสรรค์ เป็นวิธีการคิดหรือกระบวนการทำงานของสมองอย่างเป็นขั้นตอน สามารถคิดแก้ปัญหาได้สำเร็จ ซึ่งมีผู้กล่าวถึงกระบวนการคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

วอลลาส (สมศักดิ์ ภาวิภาดาวรรณ. 2542: 17-18; อ้างอิงจาก Wallach. 1926) ได้แบ่ง ขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการคิดสร้างสรรค์ ดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมตัว (preparation) เป็นขั้นของการเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่มีต่อโลกอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังรวมถึงความสามารถเชื่อมโยงสัมพันธ์ ความคิดหรือสิ่งของที่มีความแตกต่างกันอย่างมากเข้าด้วยกัน ความสามารถเชื่อมโยงนี้เสนอขึ้นมาโดยเมดนิค (Mednick. 1962) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์

2. ขั้นฟักตัว (incubation) เป็นขั้นของการพยายามลืมเรื่องที่ต้องการคิดให้หมดสิ้น กล่าวคือ หลังจากที่เราได้ผ่านขั้นการเตรียมตัวแล้วบางครั้งต้องอาศัยระยะเวลาในการฟักตัวเพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ นักคิดสร้างสรรค์หลายคนเมื่อให้เขานึกถึงระยะเวลาที่สำคัญของการผลิตผลงานสร้างสรรค์ เขามักอ้างถึงระยะฟักตัวเสมอ

3. ขั้นการรู้แจ้ง (illumination) เป็นขั้นที่เกิดขึ้นหลังจากที่บุคคลลืมเรื่องที่ตนต้องการคิดหาคำตอบระยะหนึ่ง จากนั้นเกิดการหยั่งเห็น (insight) ขึ้นเหมือนกับแสงสว่างที่พลันฉายแวบขึ้นมาในสมอง ทันใดนั้นคำตอบที่ต้องการก็แจ่มขึ้นมาในความคิดโดยไม่ต้องใช้ความพยายามใด ๆ

4. ขั้นการตรวจสอบ (verification) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ คือหลังจากนึกได้แล้วก็จะทบทวน ตรวจสอบผลงานทั้งหมดจนเป็นที่พอใจ

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ ได้มีผู้วิจัยในประเทศได้ทำการศึกษาการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และศึกษากับตัวแปรที่แตกต่างกัน ดังนี้

ธิดารัตน์ พรหมณะ (2546: 71-75) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยหาคุณภาพของแบบทดสอบ สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบเขียนตอบ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการแปลงปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่แบบที่เข้าใจง่าย ฉบับที่ 2 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการแปลงผลจากปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่ประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ ผลการศึกษาพบว่า ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 4 คน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับคุณลักษณะรวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.71 ถึง 1.00 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับมีค่าตั้งแต่ .83 ถึง .96 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ ความยากง่ายรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.49 ถึง 0.72 อำนาจจำแนกรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.37 ถึง 0.94 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค์ 2 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่น ตั้งแต่ 0.93 ถึง 0.97 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนน โดยผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน มีค่าตั้งแต่ 0.95 ถึง 0.97 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการแปลงปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่รูปแบบที่เข้าใจง่าย มีคะแนน T ปกติ ตั้งแต่  $T_{31}$  ถึง  $T_{64}$  ฉบับที่ 2 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการแปลงผลจากปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่ประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ มีคะแนน T ปกติตั้งแต่  $T_{19}$  ถึง  $T_{63}$

สมจิตร กำเหนิดผล (2546: 80-82) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหากับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และสร้างสมการพยากรณ์ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นตัวพยากรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 4 ฉบับ คือ แบบทดสอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นตอนเดียว แบบทดสอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลายขั้นตอน แบบทดสอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์กระบวนการ แบบทดสอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการประยุกต์ และแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 5 ฉบับ คือ แบบทดสอบการใช้เส้นขนาน แบบทดสอบการประกอบภาพ แบบทดสอบประโยชน์ของสิ่งของ แบบทดสอบการปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น แบบทดสอบผลที่เกิดตามมา การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน และการวิเคราะห์การ

ถดถอยพหุคูณแบบสเติปไวส์ ผลการศึกษาปรากฏว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ทั้ง 4 แบบคือ ความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ขั้นตอนเดียว ความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์หลายขั้นตอน ความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์กระบวนการ และความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับการประยุกต์ มีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .010 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .611 .644 .736 และ .712 ตามลำดับ โดยมีตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์กระบวนการ ความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ขั้นตอนเดียว และความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับการประยุกต์ มีค่าสัมประสิทธิ์พหุคูณเท่ากับ .782 มีอำนาจในการพยากรณ์ร้อยละ 61.200 สามารถเขียนเป็นสมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบ และคะแนนมาตรฐานได้ดังนี้

$$Y' = 85.894 + 5.361 X_1 + 10.375 X_3 + 6.761 X_4$$

$$Z' = .227 Z_1 + .432 Z_3 + .219 Z_4$$

วิสุตา รัชชู (2547: 92-95) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยหาคุณภาพของแบบทดสอบ สร้างเกณฑ์ปกติ และคู่มือการใช้ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบเลือกตอบ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยอ้างอิงความรู้ ฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยการอ้างอิงข้อมูล หรือข้อเท็จจริง และแบบทดสอบเขียนตอบ คือ ฉบับที่ 3 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยการสร้างตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพ ผลการศึกษาพบว่า ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 ความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของแบบทดสอบแต่ละฉบับ กับคะแนนที่ได้จากแบบประเมินพฤติกรรมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีค่าตั้งแต่ 0.90 ถึง 0.94 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกฉบับ ความยากง่ายรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.37 ถึง 0.80 อำนาจจำแนกรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.84 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเลือกตอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 โดยใช้สูตร KR-20 มีค่าตั้งแต่ 0.91 ถึง 0.94 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเขียนตอบฉบับที่ 3 โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าตั้งแต่ 0.93 ส่วนความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนน โดยผู้ตรวจ 2 คน มีค่าเท่ากับ 0.99 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงความรู้ มีคะแนน T ปกติ ตั้งแต่  $T_{16}$  ถึง  $T_{77}$  แบบทดสอบฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงข้อมูล หรือข้อเท็จจริง มีคะแนน T ปกติ ตั้งแต่  $T_{21}$  ถึง  $T_{70}$

แบบทดสอบฉบับที่ 3 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการสร้างตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพ มีคะแนน T ปกติ ตั้งแต่  $T_{28}$  ถึง  $T_{67}$

ปาจารย์ ไทรงาม (2549: 100-104) ได้การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 3 โดยหาคุณภาพของแบบทดสอบ สร้างเกณฑ์ปกติ และคู่มือการใช้แบบทดสอบ แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยแบบทดสอบเขียนตอบจำนวน 3 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถในการอ้างอิง ประยุกต์ใช้ความรู้เนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในวิชาอื่น ฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการนำความรู้ ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ผลการศึกษพบว่า ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.75 ถึง 1.00 ความยากง่ายรายข้อ โดยใช้สูตรของวิทเนียและซาเบอร์มีค่าตั้งแต่ 0.35 ถึง 0.73 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้สูตรของวิทเนียและซาเบอร์ มีค่าตั้งแต่ 0.28 ถึง 0.55 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับมีค่าตั้งแต่ 0.593 ถึง 0.710 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 0.77 และความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนนโดยผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน มีค่าตั้งแต่ 0.86 ถึง 0.93 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีดังนี้ ฉบับที่ 1 ระดับช่วงชั้นที่ 3 มีคะแนนดิบตั้งแต่ 4 - 48 มีคะแนน T ปกติอยู่ระหว่าง  $T_{28}$  -  $T_{71}$  ฉบับที่ 2 ระดับช่วงชั้นที่ 3 มีคะแนนดิบตั้งแต่ 5 - 48 มีคะแนน T ปกติอยู่ระหว่าง  $T_{30}$  -  $T_{69}$  ฉบับที่ 3 ระดับช่วงชั้นที่ 3 มีคะแนนดิบตั้งแต่ 4 - 48 มีคะแนน T ปกติอยู่ระหว่าง  $T_{29}$  -  $T$

จริยาวดี ชูวงศ์ศิริกุล (2550: 76-79) ได้พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ได้แบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับประกอบด้วย ข้อสอบ 36 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 32 ข้อ วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา 8 ข้อ ด้านความสามารถในการให้เหตุผล 8 ข้อ ด้านความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนอ 8 ข้อ และด้านความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ จำนวน 8 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ วัดความคิดสร้างสรรค์ ความตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ .80 ถึง 1.00 ความยากตอนที่ 1 มีค่าตั้งแต่ .48 ถึง .59 ตอนที่ 2 เป็นข้อสอบแบบอัตนัย มีค่าความยากตั้งแต่ .52 ถึง .63 ค่าอำนาจจำแนกตอนที่

1 มีค่าตั้งแต่ .47 ถึง .77 ตอนที่ 2 เป็นข้อสอบแบบอัตนัย มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .56 ถึง .73 และมีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเป็น .97

จารุวรรณ ทวันเวช (2551: 93-96) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมและในแต่ละด้านของนักเรียน จำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย และใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two-way multivariate analysis of variance) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างเท่ากับ 0.991 และ 0.995 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.70 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.52 ถึง 0.79 คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน เท่ากับ 0.994 และคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับคำนวณโดยใช้สูตรของเฟลตต์ - รากู เท่ากับ 0.984 2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นอยู่ในระดับปานกลาง 3. นักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนชาย แต่ทั้งนักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นไม่แตกต่างกัน 4. นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นสูงกว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำ ตามลำดับ 5. ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

มนัส เมืองมัจฉา (2551: 76-77) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือที่ใช้พัฒนาเป็นแบบทดสอบ 3 ฉบับคือ ฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยการอ้างอิงความรู้ เป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ ฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยการอ้างอิงข้อมูลหรือข้อเท็จจริง เป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ และฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยการสร้างตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ

ผลการวิจัยพบว่า ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 ความยากง่ายรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.37 ถึง 0.80 จำนวนจำแนกรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.84 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเลือกตอบ ฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 โดยใช้สูตร KR-20 มีค่าตั้งแต่ 0.91 ถึง 0.94 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเขียนตอบฉบับที่ 3 โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าเท่ากับ 0.99 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงความรู้ มีคะแนน T ปกติ ตั้งแต่ T27 ถึง T62 แบบทดสอบฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงข้อมูลหรือข้อเท็จจริง มีคะแนน T ปกติ ตั้งแต่ T26 ถึง T58 แบบทดสอบฉบับที่ 3 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการสร้างตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพ มีคะแนน T ปกติ T28 ถึง T67

สำรวจ สันฐุมิตร (2551: 74-79) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่าได้แบบทดสอบจำนวน 4 ฉบับ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความคล่องแคล่วในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดความยืดหยุ่นในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความคิดริเริ่มในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และฉบับที่ 4 แบบทดสอบวัดความคิดละเอียดลออในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 1.00 ทุกข้อ ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.26 – 0.77 ค่าความเชื่อมั่นระหว่าง 0.62 – 0.88 ความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนน ระหว่าง 0.79 ถึง 0.86 และเกณฑ์ปกติระหว่าง  $T_{20}$  ถึง  $T_{80}$

เกรียงศักดิ์ ไร่พรรณ (2552: 81-85) การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 โดยหาคุณภาพของแบบทดสอบ สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบเลือกตอบ 2 ฉบับ คือฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยอ้างอิงความรู้ ฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยอ้างอิงข้อมูล หรือข้อเท็จจริง และแบบทดสอบเขียนตอบ คือ ฉบับที่ 3 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยการสร้างตารางแผนภูมิ หรือแผนภาพ ใช้กลุ่มตัวอย่างโดยวิธีสุ่มแบบหลายขั้นตอน จากนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 ความยากง่ายรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.32 ถึง 0.74 จำนวนจำแนกรายข้อมีค่าตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.88 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเลือกตอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 โดยใช้สูตร KR - 20 ของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน ฉบับที่ 1 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 ฉบับที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ

0.94 และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเขียนตอบฉบับที่ 3 โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 ส่วนความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนนโดยผู้ตรวจ 2 คน มีค่าเท่ากับ 0.99 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยอ้างอิงความรู้ มีคะแนน T ตั้งแต่ T16 ถึง T77 แบบทดสอบฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยอ้างอิงข้อมูลหรือข้อเท็จจริง มีคะแนน T ตั้งแต่ T21 ถึง T70 แบบทดสอบฉบับที่ 3 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยการสร้างตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพ มีคะแนน T ตั้งแต่ T28 ถึง T67

นัฐพร ตี๋จันดา (2552: 125-128) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า ได้แบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ มี 5 ทักษะ จำนวนทั้งสิ้น 83 ข้อ มีความยากง่ายเฉลี่ยทั้งฉบับตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.63 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.395 ถึง 0.67 ความตรงเชิงโครงสร้างมีค่านำหนักถ่วงตั้งแต่ 0.317 ถึง 0.616 มีความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.7831 - 0.8384 ผลการสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ปรากฏว่าทักษะที่ 1 ได้คะแนนมาตรฐานที่ปกติตั้งแต่ 28 ถึง 73 ทักษะที่ 2 ได้คะแนนมาตรฐานที่ปกติตั้งแต่ 28 ถึง 100 ทักษะที่ 3 มีช่วงคะแนนมาตรฐานที่ปกติตั้งแต่ 22 ถึง 80 ทักษะที่ 4 ได้คะแนนมาตรฐานที่ปกติตั้งแต่ 20 ถึง 82 และทักษะที่ 5 ได้คะแนนมาตรฐานที่ปกติตั้งแต่ 15 ถึง 85

ธิดารัตน์ ธนะขว้าง (2553: 93 - 95) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ได้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 9 ฉบับ จำนวนทั้งสิ้น 45 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหา 0.71 ถึง 1.00 ค่าความยากง่ายเฉลี่ยทั้งฉบับตั้งแต่ .25 ถึง .53 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 4.50 ถึง 18.35 ความตรงเชิงโครงสร้างมีค่าเท่ากับ .82 และความเชื่อมั่นตั้งแต่ .7024 ถึง .8821 เกณฑ์ปกติมีช่วงคะแนนที่ตั้งแต่ 19 - 81

วนัสสุดา เจตนา (2555: 90-93) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า (1) การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1 ฉบับ ประกอบด้วยข้อสอบ 20 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัย แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 4 ด้าน ด้านละ 3 ข้อ คือ ด้านการแก้ปัญหา ด้านการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ ด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และด้านการให้เหตุผล ตอนที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ วัดทักษะและกระบวนการ

ทางคณิตศาสตร์ 5 ด้าน คือ ด้านการแก้ปัญหา ด้านการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ด้านการให้เหตุผล ด้านละ 1 ข้อ และด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จำนวน 4 ข้อ (2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความตรงเชิงเนื้อหาโดยค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .60 ถึง 1.00 ค่าความเที่ยงของแบบวัด ตอนที่ 1 ข้อสอบปรนัย เท่ากับ .80 และแบบวัดตอนที่ 2 ข้อสอบอัตนัย เท่ากับ .81 ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ เท่ากับ .78 ค่าความยากรายข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์อยู่ระหว่าง .28 ถึง .58 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์อยู่ระหว่าง .53 ถึง .89

งานวิจัยต่างประเทศ ได้มีผู้วิจัยต่างประเทศได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

เอสเลย์(1994: 498-A) ได้พัฒนาแบบประเมินการวัดการปฏิบัติและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์(MAPC) การศึกษาครั้งนี้เป็นการสังเกตการปฏิบัติของนักเรียนเกรด 10 โดยทำแบบทดสอบการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ได้กำหนดภาระงานที่เป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 3 ข้อ ที่แสดงวิธีการแก้ปัญหาซึ่งหาความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ โดยคณะของผู้เชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้น จะแสดงให้เห็นว่าการปฏิบัติภายใต้ภาระงานปลายเปิดจะแสดงถึงทักษะการคิดระดับสูงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบทดสอบเฉพาะวิชาซึ่งพื้นฐานของแบบทดสอบประเภทนี้ ประกอบด้วยคะแนนสอบและคะแนนความเข้าใจในการอ่าน ความเชื่อมั่นภายในจะสอดคล้องกับความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเที่ยงตรงของแบบประเมินปลายเปิด นักเรียนที่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติบ่อยจะตอบคำถามปลายเปิดได้จำกัด ดังนั้นเทคนิคการประเมินมีความจำเป็นที่แสดงให้เห็นถึงทักษะการแก้ปัญหาและการติดต่อสื่อสาร การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นหลักฐานสำคัญในการพิสูจน์ว่าภาระงานปลายเปิดเป็นการให้ความเชื่อมั่นในการประเมินกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ฮิคเคนดอร์ฟ และแจนเซน (2009: 170) ได้ศึกษาถึงความสามารถทางภาษาที่มีผลต่อการแก้ปัญหามathematics ประเมินโดยใช้กลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนเกรด 1, 2 และ 3 จากโรงเรียนต่าง ๆ ในประเทศเนเธอร์แลนด์ และเพื่อให้เห็นผลกระทบได้โดยง่าย จะเลือกโรงเรียนที่มีนักเรียนที่ใช้ภาษาอื่นอยู่ในอัตราที่สูง โดยเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลถึงภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันโดยส่วนใหญ่ จะใช้ภาษาดัตช์ และอีก 1 ใน 3 จะใช้ภาษาอื่น และต่อมาจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการอ่านของนักเรียนแต่ละคน ผลที่ออกมาแสดงได้อย่างชัดเจนว่าในแต่ละชั้นการศึกษา ทักษะการคำนวณและความสามารถในการนำไปใช้แก้ปัญหา มีความเกี่ยวข้องกันอย่างมาก แต่ยังคงความสามารถแตกต่างกันอย่างชัดเจน นั้นหมายความว่าทั้งคู่มีส่วนในความแปรปรวนของคะแนนของ

นักเรียน นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของทั้งคู่ยังดูเหมือนว่าจะเพิ่มขึ้นตามระดับชั้นเรียนของนักเรียนตามลำดับ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่ามีผู้วิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างและการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านต่าง ๆ คือ ด้านความสามารถในการแก้ปัญหา ด้านความสามารถในการให้เหตุผล ด้านความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ และด้านความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีทั้งผู้วิจัยที่สร้างหรือพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ครบทั้ง 5 ด้าน และสร้างหรือพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพียงด้านใดด้านหนึ่ง โดยมีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ แบบทดสอบอัตนัยชนิดเติมคำตอบ และหาคุณภาพของเครื่องมือในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เพื่อให้แบบทดสอบมีคุณภาพ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จะได้ทราบว่าตนเองมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด เพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจเรียนต่อในระดับชั้นที่สูงขึ้น และเป็นแนวทางการปรับปรุงพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของตนให้เต็มศักยภาพ

### 3. ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) หรือ เรียกว่า G-Theory ได้เสนอโมเดลของการศึกษาวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัด หรือความเที่ยงในสถานการณ์หรือเงื่อนไขต่าง ๆ ของการวัด (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 11) ทำให้ทราบและสามารถควบคุมแหล่งความคลาดเคลื่อนได้ตรงประเด็น เพื่อผลการวัดมีความน่าเชื่อถือ หรือมีความเที่ยงสูงถึงระดับที่ต้องการ

#### 3.1 ความเป็นมาของ G-Theory

นักทฤษฎีการทดสอบหลายท่านพยายามศึกษาเชิงจำแนกแหล่งความคลาดเคลื่อนของการวัด โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)การนำเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งเป็นวิธีทางสถิติมาใช้ประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และความคลาดเคลื่อนจากการวัดมีมานานแล้วในแวดวงวิชาการวัดผล วิธีที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์ของฮอยท์ (ศิริชัย กาญจน

วาสี. 2555: 11; อ้างอิงจาก Hoyt. 1941) นอกจากนี้ ยังมีท่านอื่นที่เสนอวิธีการในการทำงานคล้ายๆ กัน เช่น ลินควินท์ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 11; อ้างอิงจาก Linqvist. 1953) เมดเลย์ และ มิทเซล (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 11 ; อ้างอิงจาก Medley; & Mitzel. 1963) เป็นต้น ในเวลาต่อมา ครอนบาค และคณะ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 12; อ้างอิงจาก Cronbach; Gleser & Rajaratnam. 1963) ได้เสนอแนวคิดของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด หรือ G-Theory ขึ้นเป็นครั้งแรกเพื่อประมาณค่าความเชื่อมั่นทั่วไปของแบบสอบในสถานการณ์ของการทดสอบหรือเงื่อนไขการวัดแบบต่างๆ นอกจากนี้ ราชาร์ตนา ครอนบาค และเกลสเซอร์ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 12 ; อ้างอิงจาก Rajaratnam, Cronbach; & Gleser. 1965) ครอนบาค เกลสเซอร์ แนนดา และราชานันทัม (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 12 ;อ้างอิงจาก Cronbach, Bleser, Nanda & Rajaratnam. 1972) ได้พัฒนาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดให้มีรูปแบบของโมเดล และการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ทดสอบที่ชัดเจนขึ้น จึงทำให้แนวคิดและการประมาณค่าความเชื่อมั่นตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ได้ขยายกว้างไกลออกไปและมีความครอบคลุมเงื่อนไขการวัดหรือแหล่งความคลาดเคลื่อนต่างๆ ได้ด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบสอบหรือแบบวัดให้มีระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ ภายใต้สถานการณ์ทดสอบที่ต้องการนำแบบสอบหรือแบบวัดไปใช้ พร้อมทั้งได้มีการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความตรงทั่วไปได้อีกด้วย

### 3.2 แนวคิดพื้นฐานของ G-Theory

ครอนบาค และคณะ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 12 ;อ้างอิงจาก Cronbach; et al.1972) ได้เสนอทฤษฎีสำหรับวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัดพฤติกรรม (The Dependability of Behavioral Measurements) สำหรับสถานการณ์ของการวัดผลลักษณะต่าง ๆ ซึ่งต่อมาเป็นที่รู้จักกันในชื่อของทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) หรือ G-Theory ทฤษฎีนี้ได้ขยายแนวคิดความเชื่อมั่น (Reliability) ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ให้สามารถสรุปผลความเชื่อมั่นในสถานการณ์หรือเงื่อนไขการทดสอบลักษณะต่าง ๆ ได้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555: 12-13) ได้กล่าวว่า ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมีพื้นฐานความเชื่อว่า ความผันแปรของคะแนนที่สังเกตได้ ( $\sigma_x^2$ ) ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ความผันแปรของคะแนนจริง ( $\sigma_T^2$ ) ซึ่งเป็นความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างบุคคล และความผันแปรของคะแนนความคลาดเคลื่อน ( $\sigma_E^2$ ) ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนรวมทุกแหล่งที่ไม่สามารถระบุหรือแบ่งแยกได้ (Single error source) นอกจากนี้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม มิได้ให้ความสนใจต่อสถานการณ์หรือเงื่อนไขการวัด และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ผู้สอบกับเงื่อนไขของการวัดที่สามารถส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการวัด ในขณะที่ G-Theory ได้ให้แนวคิดในการแยกส่วน ความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ

(Systematic source) และความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random source) มิใช่เป็นความคลาดเคลื่อนรวมเพียงแหล่งเดียวเหมือนอย่างทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ดังนี้

$$\sigma_X^2 = \sigma_T^2 + \sigma_E^2$$

$\sigma_s^2$ 
 $\sigma_e^2$

systematic error variance
random error variance

จากแนวคิดพื้นฐาน พบว่า G- Theory ได้เสนอวิธีวิเคราะห์ค่าสัมพัทธ์ของความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบจากแหล่งต่าง ๆ อันเป็นสถานการณ์หรือเงื่อนไขของการวัด จึงทำให้ทราบและสามารถควบคุมแหล่งความคลาดเคลื่อนได้ตรงประเด็น ยังผลให้สัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือหรือคล้ายกับสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (จากทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม) ของการวัดสูงขึ้น G-Theory จึงเป็นทั้งวิธีประเมินความน่าเชื่อถือหรือความเที่ยงของเครื่องมือวัดผล และกลยุทธ์ของการออกแบบการวัดให้ได้ผลของการวัดที่มีความน่าเชื่อถือ หรือความเชื่อมั่นสูงถึงระดับที่ต้องการ เพื่อนำผลไปใช้เป็นสารสนเทศสำหรับการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 3.3 แนวคิดสำคัญและข้อตกลงเบื้องต้น

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555: 13-14) ได้กล่าวว่า G-Theory เป็นทฤษฎีทางสถิติของการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของผลการวัดในสถานการณ์ของการวัดผลลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นเป้าหมายของการนำเครื่องมือไปใช้ ความน่าเชื่อถือของผลการวัด หมายถึง ความถูกต้องของการสรุปอ้างอิง (Generalization) จากคะแนนที่สังเกตได้ไปยังคะแนนจริงของบุคคล โดยคะแนนจริงเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ได้ของผู้สอบแต่ละคน จากการสอบภายใต้สถานการณ์หรือเงื่อนไขของการวัดที่ยอมรับได้ทั้งหมด

การศึกษาค่าความน่าเชื่อถือของผลการวัดตามแนว G-Theory อยู่บนพื้นฐานของข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

1. คุณลักษณะที่มุ่งวัดของบุคคล ไม่ว่าจะจะเป็นความรู้ ทักษะ หรือคุณลักษณะอื่น ๆ ซึ่งเป็นเป้าหมายของการวัด เป็นค่าที่อยู่ในสภาวะคงที่ (Steady state)
2. ผู้สอบคนเดียวกันได้คะแนนแตกต่างกันจากการวัดในแต่ละสถานการณ์ หรือเงื่อนไขของการวัด เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่ง โดยองค์ประกอบด้านวุฒิภาวะ (Maturation) และการเรียนรู้ (Learning) ระหว่างการวัดไม่เป็นแหล่งความคลาดเคลื่อนของคะแนนที่ได้จากการวัด

3. เมื่อพิจารณาผู้สอบทั้งกลุ่ม ความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ ประกอบด้วย ความแปรปรวนของคะแนนจริง ซึ่งเป็นความแตกต่างที่แท้จริงระหว่างบุคคล ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบอย่างน้อย 1 แหล่ง และความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ตามแนวคิดของ G-Theory คะแนนที่ได้จากการวัดภายใต้สถานการณ์หรือเงื่อนไขเดียวด้วยแบบทดสอบชุดเดียว และทำการสอบครั้งเดียว คะแนนที่ได้จะไม่สามารถเชื่อถือได้อย่างเต็มที่ เพราะคะแนนที่ได้จะไม่เป็นตัวแทนที่ดีของคะแนนจริง ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบในหลาย ๆ สถานการณ์ด้วยแบบสอบหลาย ๆ ชุด และทำการสอบหลาย ๆ ครั้ง

### 3.4 โครงสร้างของการศึกษาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

การนำทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัดไปใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง หรือหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบนั้น จำเป็นต้องทำความเข้าใจและมีความรู้พื้นฐานทางโครงสร้างของทฤษฎีนี้ในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้ (นพวรรณ ศรีเกตุ. 2550: 34-36 ; อ้างอิงจาก Brennan.1983)

1. องค์ประกอบ (Facet) หมายถึง ชุดของเงื่อนไขการวัดที่คล้ายคลึงกัน (Similar Conditions of Measurement) เช่น องค์ประกอบของข้อสอบ (Item Facet) องค์ประกอบของผู้ตรวจข้อสอบ (Rater Facet) เป็นต้น

2. เงื่อนไขการวัด (Condition) หมายถึง ระดับขององค์ประกอบที่ทำให้ได้ค่าสังเกตแต่ละค่าขึ้นมาในการวัดครั้งหนึ่ง ๆ อาจกล่าวได้ว่า เป็นขนาดของกลุ่มตัวอย่างขององค์ประกอบนั้น เช่น ข้อสอบแต่ละข้อเป็นเงื่อนไขการวัดหนึ่ง ๆ ขององค์ประกอบแบบทดสอบ

3. รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ หมายถึง องค์ประกอบที่บ่งชี้แหล่งความแปรปรวนของรูปแบบการวัด ในแบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวน รูปแบบความสัมพันธ์นี้จัดแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

ความสัมพันธ์แบบไขว้ (Crossed) หมายถึง ความสัมพันธ์แต่ละลักษณะที่แต่ละระดับของสิ่งที่ถูกวัด ถูกวัดภายใต้เงื่อนไขเดียวกันทั้งหมด สัญลักษณ์คือ “ × ” อ่านว่า “Crossed with” เช่น กำหนดรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเป็น  $p \times i \times r$  หมายถึง นักเรียน (p) ทำข้อสอบ (i) ทุกข้อ และผู้ตรวจ (r) ตรวจข้อสอบของนักเรียนทุกคน ทุก ๆ ข้อ

ความสัมพันธ์แบบแฝง (Nested) หมายถึง ความสัมพันธ์ในลักษณะที่แต่ละระดับของสิ่งที่ถูกวัดภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน สัญลักษณ์คือ “ : ” อ่านว่า “Nested with” เช่น รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเป็น  $i : r$  หมายถึง ผู้ตรวจ (r) ตรวจข้อสอบ (i) ต่างข้อกัน

ความสัมพันธ์แบบผสม (Confounded) หมายถึง ความสัมพันธ์ที่มีทั้งความสัมพันธ์แบบไขว้และความสัมพันธ์แบบแฝงปนกันอยู่ เช่น  $p \times (i : t)$  หมายถึง นักเรียน (p) ทำข้อสอบ (i) บางข้อที่อยู่ ในแบบทดสอบ (t)

4. เอกภพ (Universe) หมายถึง เงื่อนไขของการวัดทั้งหมดของแต่ละองค์ประกอบ เช่น จำนวนข้อสอบทุกข้อ จำนวนผู้ตรวจทั้งหมด เอกภพมีความหมายคล้ายกับคำว่า ประชากร (Population) แต่คำว่าเอกภพมักใช้กับองค์ประกอบที่เกี่ยวกับการวัด ส่วนคำว่าประชากรมักใช้กับองค์ประกอบที่เป็นสิ่งที่ถูกวัด

คะแนนเอกภพ (Universe Scores) หมายถึง คะแนนเงื่อนไขการวัดทั้งหมดของแต่ละองค์ประกอบซึ่งคล้ายกับคะแนนจริง (Ideal Scores) ของสิ่งที่ถูกวัดในทฤษฎีการวัดแบบมาตรฐานเดิม

5. เอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ (Universe of Admissible Observation) เป็นกลุ่มเงื่อนไขของการวัดที่สามารถวัดหรือสังเกตได้ในแต่ละองค์ประกอบ เช่น ถ้าต้องการวัดผลการเรียนของนักเรียนโดยครูต้องการข้อสอบที่สามารถนำไปใช้ได้ และต้องการผู้ตรวจที่มีคุณภาพ ครูจึงได้กำหนดเงื่อนไขของการวัด เป็นองค์ประกอบของข้อสอบ และองค์ประกอบของผู้ตรวจให้คะแนนเรียกว่า เอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ของครูคนนี้ ประกอบด้วย องค์ประกอบของข้อสอบและองค์ประกอบของผู้ตรวจให้คะแนน

6. เอกภพของการสรุปอ้างอิง (Universe of Generalization) หมายถึง เงื่อนไขของการวัดทั้งหมดขององค์ประกอบที่ผู้วิจัยต้องการสรุปอ้างอิงผลการวัด จากกลุ่มตัวอย่างของเงื่อนไขการวัดเหล่านี้ไปยังกลุ่มเงื่อนไขของการวัดทั้งหมดขององค์ประกอบนั้น ๆ ดังนั้น เงื่อนไขขององค์ประกอบในเอกภพของการสรุปอ้างอิงจึงเป็นสับเซต หรือเซตย่อย ๆ ในเอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ เอกภพของการสรุปอ้างอิงนี้ ผู้วิจัยต้องระบุประเด็นต่าง ๆ ให้ชัดเจน ซึ่งนำไปใช้ในการออกแบบการวัดในการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจ (D-Study)

7. การศึกษาเพื่อการสรุปอ้างอิง (Generalizability Study : G-Study) หมายถึง การวิเคราะห์การสรุปอ้างอิง เพื่อประมาณค่าความแปรปรวนจากแหล่งต่าง ๆ ของรูปแบบการวัดโดยเริ่มจากการกำหนดองค์ประกอบต่าง ๆ กำหนดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ และกำหนดเอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ และมีการวิเคราะห์ความแปรปรวน การประมาณค่าความแปรปรวนจากแหล่งต่าง ๆ

8. การศึกษาเพื่อการตัดสินใจ (Decision Study : D-Study) หมายถึง การศึกษาเพื่อประเมินวิธีการวัดที่เหมาะสมเพื่อการตัดสินใจหรือลงข้อสรุป เป็นขั้นสุดท้ายของการวิเคราะห์การสรุปอ้างอิง โดยเริ่มจากผู้วิจัยต้องระบุสิ่งที่ต้องการวัด เอกภพของการอ้างอิง จำนวนเงื่อนไขของการวัด

หรือขนาดของกลุ่มตัวอย่างของแต่ละองค์ประกอบ และรูปแบบของการวัด แล้วประมาณค่าความแปรปรวนจากการศึกษา ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง คือ ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และสุดท้ายปรับปรุงแบบการวัดเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเพื่อการตัดสินใจ ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเหมือนกับขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพื่อการสรุปอ้างอิง แต่ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่จะวัดจริง ๆ ซึ่งจะถูกกำหนดขึ้นโดยมีขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเพื่อการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

9. ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ (Absolute Error Variance :  $\sigma_{Abs}^2$ ) หมายถึง ความแปรปรวนของผลต่างระหว่างคะแนนการสังเกตกับคะแนนเอกภพ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของความแปรปรวนที่ประมาณได้ทั้งหมด ยกเว้นความแปรปรวนของแหล่งบุคคล

10. ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ (Relative Error Variance :  $\sigma_{Rel}^2$  หรือ  $\sigma_{\delta}^2$ ) หมายถึง ความแปรปรวนของผลต่างระหว่างส่วนเบี่ยงเบนของคะแนนสังเกตและส่วนเบี่ยงเบนของคะแนนเอกภพ (ความแตกต่างของคะแนนเอกภพจากคะแนนเฉลี่ยของประชากรของคะแนนเอกภพ)

11. สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient :  $\rho^2$ ) หมายถึง สัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ กับความแปรปรวนของค่าคาดหมายของคะแนนที่สังเกตได้ ซึ่งสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่ประมาณค่าได้จากกำลังสองของค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเอกภพและคะแนนสังเกต ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 18-26)

$$G - \text{coefficient} = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \text{Error Variance}}$$

11.1 สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (Relative decision :  $\rho_{Rel}^2$ ) เป็นสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการวัดที่มีการตัดสินใจในเชิงเปรียบเทียบหรือการวัดแบบอิงกลุ่ม ความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นความคลาดเคลื่อนแบบสัมพัทธ์ ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงประมาณได้จาก อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพและผลบวกของความแปรปรวนคะแนนเอกภพกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

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

11.2 สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสำหรับการวัดที่มีการตัดสินใจแบบสมบูรณ์ (Absolute decision :  $\rho^2_{Abs}$ ) หรือการวัดแบบอิงเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อนในการวัดเป็นความคลาดเคลื่อนแบบสมบูรณ์ ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงประมาณค่าได้จาก อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพและผลบวกของความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ กับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสมบูรณ์ สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

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

### 3.5 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

แนวคิดในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของทฤษฎีการสรุปอ้างอิง ครอนบัค และคนอื่นๆ (นพวรรณ ศรีเกตุ. 2550: 37; อ้างอิงจาก Cronbach; et al.1983) เบรนนอน (นพวรรณ ศรีเกตุ. 2550: 37 ;อ้างอิงจากBrennan.1983) เสนอวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์เป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การศึกษาเพื่อการสรุปอ้างอิง (G- Study) เป็นขั้นแรกของการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อที่จะประมาณค่าความแปรปรวนจากแหล่งต่าง ๆ ซึ่งมีกระบวนการ ดังนี้

1.1 กำหนดสิ่งที่จะวัด (Object of Measurement) เช่น นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

1.2 กำหนดองค์ประกอบ (Facets) ของการวัด เช่น องค์ประกอบความยาวของข้อสอบ องค์ประกอบผู้ตรวจ เป็นต้น

1.3 กำหนดเอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ เช่น การวิจัยครั้งนี้ เอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ คือ องค์ประกอบความยาวของข้อสอบ และองค์ประกอบของผู้ตรวจให้คะแนน

1.4 กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ เช่น ถ้าต้องการศึกษาแบบให้ผู้สอบทุกคนทำข้อสอบทุกข้อ ก็จะเป็นแบบไขว้ (Crossed) คือ  $p \times i$  ( $p$  คือ นักเรียน และ  $i$  คือข้อสอบ) แต่ถ้าให้นักเรียนทุกคนทำข้อสอบบางข้อจะเป็นแบบ (Nested) คือ  $p : i$

1.5 กำหนดชนิดขององค์ประกอบว่าเป็นชนิดใดดังต่อไปนี้

1.5.1 องค์ประกอบสุ่มแท้จริง (Purely Random Facets) ได้แก่ องค์ประกอบที่ทุกเงื่อนไขการวัดได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากเอกภพที่มีขนาดไม่จำกัด

1.5.2 องค์ประกอบสุ่มจำกัด (Finite Random Facets) ได้แก่ องค์ประกอบที่ทุกเงื่อนไขการวัดได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากเอกภพที่มีขนาดจำกัด

1.5.3 องค์ประกอบกำหนด (Fixed Random Facets) ได้แก่ องค์ประกอบที่ประกอบด้วย เงื่อนไขการวัดจำนวนจำกัดในเอกภพ และเงื่อนไขการวัดเหล่านี้ถูกเลือกมาศึกษาทั้งหมด

## 1.6 กำหนดรูปแบบ (Model) การวัดว่าเป็นรูปแบบใดในต่อไป

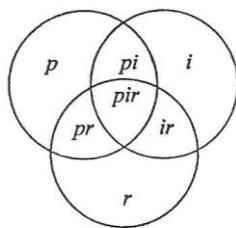
1.6.1 รูปแบบกำหนด (Fixed Model) เป็นรูปแบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบกำหนดทั้งหมด

1.6.2 รูปแบบสุ่ม (Random Model) เป็นรูปแบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบสุ่มแท้จริงและหรือองค์ประกอบสุ่มจำกัด

1.6.3 รูปแบบผสม (Mixed Model) เป็นรูปแบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบสุ่มแท้จริงและ / หรือสุ่มจำกัด และองค์ประกอบกำหนดผสมกัน

การกำหนดสิ่งที่จะวัด องค์ประกอบ เอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบว่าเป็นแบบ “Crossed” หรือ “Nested” แล้วก็ใช้ ANOVA ทำการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับแบบแผนของความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเพื่อประมาณค่า Mean Square แล้วประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เราเรียกค่าประมาณความแปรปรวนของสิ่งที่ถูกวัดว่าค่าประมาณความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ (Estimated Universe Score Variance) ซึ่งสอดคล้องกับค่าประมาณความแปรปรวนของคะแนนจริง (True Score Variance) ของทฤษฎีวัดมาตรฐานเดิม เราเรียกค่าประมาณความแปรปรวนขององค์ประกอบอื่นว่า ค่าประมาณความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Estimated Error Score Variance) การวิเคราะห์ขั้น G-Study ใช้ค่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจริง ๆ แต่ในการวิเคราะห์ขั้น D-Study สามารถกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างแตกต่างไปจากที่วิเคราะห์ใน G-Study ได้

1.7 การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น ในรูปแบบสุ่ม (Random Model) โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างมาศึกษา คือ ผู้สอบ  $n_p$  คน ข้อสอบ  $n_i$  ข้อ และผู้ตรวจ  $n_r$  คน ซึ่งเป็นการศึกษา G Study แบบ  $p \times i \times r$  คือ ผู้สอบทุกคนทำข้อสอบทุกข้อและผู้ตรวจแต่ละคนจะตรวจข้อสอบทุกข้อ แล้วคำนวณค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบต่าง ๆ วิธีการดังกล่าวนี้จะได้แหล่งความแปรปรวน 7 แหล่ง (นพวรรณ ศรีเกตุ. 2550: 39; อ้างอิงจากBrennan. 1983) เขียนแทนด้วยแผนภูมิ Venn ได้ดังภาพประกอบ 3 ดังนี้



ภาพประกอบ 3 องค์ประกอบความแปรปรวนของแบบแผน  $p \times i \times r$  เมื่อ

องค์ประกอบที่ศึกษาทั้งหมดเป็นองค์ประกอบสุ่ม

จากภาพประกอบจะพบว่ามีอิทธิพลหลัก (Main Effects) 3 แห่ง ได้จากอิทธิพลจากผู้สอบ (p) อิทธิพลจากข้อสอบ (i) ส่วนผลปฏิสัมพันธ์ (Interaction Effects) 4 แห่ง คือปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบและข้อสอบ (pi) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบและผู้ตรวจ (pr) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและผู้ตรวจ (ir) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบ ข้อสอบ และผู้ตรวจ (pir)

ค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้คำนวณจาก Mean Square โดยใช้ ANOVA แบบ Factorial Design  $p \times i \times r$  ในการประมาณค่าความแปรปรวนจาก Mean Square นั้นใช้สูตรเฉพาะอย่างที่สุดคล้ายกับรูปแบบ เช่น สูตรในการประมาณค่าความแปรปรวนของแหล่งต่าง ๆ เมื่อองค์ประกอบที่ศึกษาเป็นองค์ประกอบสุ่มทั้งหมด และกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเป็นแบบ Crossed ใช้สูตรของ เบรนนอน (นพวรรณ ศรีเกตต์, 2550: 39 - 40 ;อ้างอิงจาก Brennan, 1983) ดังนี้

$$\begin{aligned} EMS_p &= \sigma^2(pir) + n_i \sigma_{(pr)}^2 + n_i \sigma_{(pi)}^2 + n_i n_r \sigma_{(p)}^2 \\ EMS_i &= \sigma^2(pir) + n_p \sigma_{(ir)}^2 + n_r \sigma_{(pi)}^2 + n_p n_r \sigma_{(i)}^2 \\ EMS_r &= \sigma^2(pir) + n_r \sigma_{(pr)}^2 + n_p \sigma_{(ir)}^2 + n_p n_i \sigma_{(r)}^2 \\ EMS_{pi} &= \sigma^2(pir) + n_r \sigma_{(pi)}^2 \\ EMS_{pr} &= \sigma^2(pir) + n_i \sigma_{(pr)}^2 \\ EMS_{ir} &= \sigma^2(pir) + n_p \sigma_{(ir)}^2 \\ EMS_{(pir)} &= \sigma^2(pir) \end{aligned}$$

ขั้นที่ 2 การศึกษาเพื่อการตัดสินใจสรุปอ้างอิง (D-Study) เป็นขั้นการนำผลที่ได้จากการประมาณความแปรปรวนในการศึกษาเพื่อการสรุปอ้างอิง (G-Study) มาเลือกวิธีวัดที่เหมาะสมที่สุดภายใต้การตัดสินใจ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 กำหนดเอกภพของการสรุปอ้างอิง (Universe of Generalization) เป็นเป้าหมายสำคัญของ D-Study ได้แก่การกำหนดลักษณะเฉพาะของเอกภพของการอ้างอิงที่ผู้ตัดสินใจต้องการอ้างอิงถึง อาจจะประกอบด้วยเงื่อนไขทั้งหมดในเอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้หรืออาจเป็นเซตย่อย (Subset) ของเอกภพของการสังเกตที่ยอมรับได้ (นพวรรณ ศรีเกตต์, 2550: 41 ;อ้างอิงจาก Brennan, 1983)

2.2 กำหนดรูปแบบ (Model) หมายถึง จะใช้รูปแบบใด เช่น รูปแบบสุ่ม(Random Model) หรือรูปแบบกำหนด (Fixed Model) หรือรูปแบบผสม (Mixed Model) ซึ่งโดยหลักการแล้วควรใช้โมเดลแบบสุ่มที่ดีที่สุด เพราะจะทำให้การสรุปอ้างอิงได้กว้างขวางกว่าโมเดลแบบผสมและโมเดลแบบกำหนดตามลำดับ

2.3 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างของ D-Study (D Study Sample Sizes) หมายถึง จำนวนเงื่อนไขขององค์ประกอบใน D-Study ไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน และสามารถกำหนดได้แตกต่างจากใน G-Study โดยใช้สัญลักษณ์ ( ' ) แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่างใน D-Study เช่น  $n'$  และ  $n'_r$  แทนจำนวนข้อสอบและจำนวนผู้ตรวจ

2.4 กำหนดโครงสร้างของแบบที่ศึกษา (D-Study design Structure) โครงสร้างของแบบที่ศึกษาหรือความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่ศึกษา อาจจะเหมือนกันหรือแตกต่างกันจาก G-Study ก็ได้

2.5 การประมาณค่าความแปรปรวนในชั้น D-Study (Estimate D Study Variance Components) ในชั้นนี้จะมีการประมาณค่าความแปรปรวนขึ้นมาใหม่ ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้วิจัยโดยอาศัยผลการประมาณค่าในชั้น G-Study เป็นฐานและให้สอดคล้องกับแบบแผน และขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการตัดสินใจ

2.6 การประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน นอกจากการประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวน (Variance Components) ตามรูปแบบและขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการแล้ว ยังจะต้องประมาณค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.6.1 ความแปรปรวนคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error Variance) เป็นความแปรปรวนของความแตกต่างระหว่างคะแนนที่ได้จากการสังเกตกับคะแนนที่ได้จากเอกภพของผู้เข้าสอบ คำนวณจากผลบวกของค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทั้งหมด ยกเว้น ความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ

2.6.2 ความแปรปรวนคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error Variance) เป็นความแปรปรวนของผลต่างระหว่างส่วนเบี่ยงเบนคะแนนที่สังเกตได้ และส่วนเบี่ยงเบนคะแนนเอกภพ คำนวณจากผลบวกของค่าองค์ประกอบความแปรปรวนระหว่างสิ่งที่ถูกวัดกับองค์ประกอบอื่น ๆ

2.7 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง เป็นขั้นสุดท้ายของ D-Study คือ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient) ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งถึงความเชื่อถือได้ของการวัด (Dependability of Measurement) ซึ่งใช้สูตรคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนเอกภพและความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตที่คาดหวัง ดังนี้

(ศิริชัย กาญจนวาสี. 2555: 26)

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

หรือ

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

เมื่อ  $\rho_{\text{Rel}}^2$  แทน ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมพัทธ์ $\rho_{\text{Abs}}^2$  แทน ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมบูรณ์

กล่าวโดยสรุป ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) เป็นทฤษฎีที่บอกถึงระดับความเชื่อมั่น (Reliability) ของผลการวัด โดยถือว่าความคลาดเคลื่อนมาจากหลายแหล่ง จึงทำให้ผลของความเชื่อมั่น (Reliability) ของการวัดมีความชัดเจน สามารถสรุปอ้างอิงผลการวัดได้อย่างกว้างขวาง และสามารถวิเคราะห์ไปถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อความเชื่อมั่น (Reliability) ทำให้ปรับปรุงการวัดได้ตรงจุด ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) มาประยุกต์ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient) เพื่อศึกษาระดับความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบไขว้ (Crossed) ซึ่งนักเรียนจะได้วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เหมือนกันทุกข้อ โดยได้นำเสนอค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient) เป็นค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงสัมบูรณ์ (Absolute Coefficient) ซึ่งเป็นการตัดสินใจที่ขึ้นอยู่กับคะแนนของผู้สอบตามลำพัง ไม่มีการเปรียบเทียบภายในกลุ่ม หรือระหว่างกลุ่ม ซึ่งความเชื่อมั่น (Reliability) ของคะแนนที่ได้จากการทดสอบ เป็นคุณภาพด้านความเชื่อมั่น ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในครั้งนี้

### 3.6 งานวิจัยเกี่ยวกับทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

งานวิจัยในประเทศ ได้มีผู้วิจัยในประเทศได้ทำการศึกษาหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง และศึกษากับตัวแปรที่แตกต่างกัน ดังนี้

อุษณีย์ บัวศิริพันธุ์ (2543: 53 - 55) เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีวิธีการตรวจ จำนวนผู้ตรวจให้คะแนน และประสบการณ์ของผู้ตรวจ ให้คะแนนแตกต่างกัน ผลการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตรวจให้คะแนน การตรวจประเมินรวมโดยใช้เกณฑ์ ให้คะแนนของผู้ตรวจคะแนนเอง เมื่อมีจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน 3, 4, 5 และ 6 คน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.79 - 9.05 โดยการตรวจให้คะแนนเมื่อมีผู้ตรวจให้คะแนนจำนวน 4 คน คะแนนเฉลี่ยมี

แนวโน้มสูงที่สุด รองลงมาคือ มีผู้ตรวจให้คะแนน 5 คน และเมื่อมีจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน 6 คน คะแนนเฉลี่ยมีแนวโน้มต่ำที่สุด ส่วนการตรวจให้คะแนนแบบภาพรวมโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค เมื่อจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน 3, 4, 5 และ 6 คน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 9.82 – 10.05 โดยการตรวจให้คะแนน เมื่อมีจำนวนผู้ตรวจ 4 คน คะแนนเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงที่สุด รองลงมาคือจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน 3 และ 6 คน และเมื่อมีผู้ตรวจให้คะแนน 5 คน คะแนนเฉลี่ยมีแนวโน้มต่ำที่สุด

ปวีณา ป้อาทิตย์ (2545: 66 – 67) ศึกษาจำนวนผู้ประเมิน และจำนวนงานเขียนที่เหมาะสม เมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของคะแนนการประเมินงานเขียน จากผู้ประเมิน 4 คน เมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม (holistic scoring rubric) และเมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (analytic scoring rubric) และจำนวนผู้ประเมิน จำนวนงานเขียนที่เหมาะสม เมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม (holistic scoring rubric) และเมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (analytic scoring rubric) พบว่า การประมาณค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบ 3 องค์ประกอบที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของคะแนนการประเมินงานเขียนในแต่ละรูปแบบเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งได้ศึกษาองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ คือ นักเรียน (p) งานเขียน (i) และผู้ประเมิน (r) กำหนดให้ความสัมพันธ์เป็นแบบ  $p \times i \times r$  ในเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม แหล่งความแปรปรวนผลร่วมระหว่างงานเขียนกับผู้ประเมิน เป็นแหล่งความแปรปรวนที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมากที่สุด และภายใต้จำนวนชิ้นงาน 117 ชิ้น ผู้ประเมิน 4 คน เมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเท่ากับ 0.71 และเมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเท่ากับ 0.81 และถ้าต้องการให้ผู้ประเมิน 1 คน และกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวมเป็น 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 ใช้จำนวนชิ้นงาน 4, 8, 6, และ 28 ชิ้นตามลำดับ ส่วนเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ เมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเป็น 0.2 และ 0.4 ใช้จำนวนชิ้นงานอย่างน้อย 4 ชิ้น เมื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเป็น 0.8 ใช้จำนวนชิ้นงานอย่างน้อย 12 ชิ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติว่าจะเลือกใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่เหมาะสมกับการเรียนการสอน

ดิเรก ทวยมีฤทธิ์ (2545: 226-227) ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของการทดสอบภาคปฏิบัติร่างมาตรฐาน วิชาดนตรีนาฏศิลป์ระดับประถมศึกษา โดยใช้ตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2543 สังกัดสำนักงานประถมศึกษาอำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบภาคปฏิบัติร่างมาตรฐาน พบว่า แหล่งของการแปรผันที่มีความแปรปรวนส่งผลต่อสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของการทดสอบภาคปฏิบัติมากที่สุด ทั้งการวัดด้านวิธีการและด้านผลงาน ได้แก่ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบ ข้อสอบกับผู้วัด รองลงมา

ได้แก่ ข้อสอบ และผู้สอบตามลำดับ นอกจากนี้การวัดด้านวิธีการ รูปแบบการวัด M1 และ M2 มีสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง 0.90 และ 0.96 ส่วนการวัดด้านผลงาน รูปแบบการวัด M1 และ M2 มีสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง 0.91 และ 0.97 ตามลำดับ และการวัดด้านวิธีการ รูปแบบการวัด M1 จะต้องใช้ข้อสอบอย่างน้อย 3 ฉบับ และผู้วัดอย่างน้อย 3 คน และรูปแบบการวัด M2 ต้องใช้ข้อสอบ 7 ฉบับ และผู้วัดอย่างน้อย 4 คน ส่วนการวัดด้านผลงานรูปแบบการวัด M1 จะต้องใช้ข้อสอบอย่างน้อย 3 ฉบับ และผู้วัดอย่างน้อย 2 คน และรูปแบบการวัด M2 ต้องใช้ข้อสอบ 7 ฉบับ และผู้วัดอย่างน้อย 4 คน จึงจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ตั้งแต่ 0.85 ขึ้นไป

อรอุมา อัยวรรณ (2548: 90-93) เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบอัตนัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่มีความยาวของแบบทดสอบ วิธีการตรวจ และจำนวนผู้ตรวจแตกต่างกัน โดยใช้ตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากาฬสินธุ์ เขต 3 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบอัตนัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า แบบทดสอบอัตนัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่มีความยาวของแบบทดสอบแตกต่างกันเมื่อวิธีการตรวจเหมือนกันหรือจำนวนผู้ตรวจเท่ากัน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ แบบทดสอบอัตนัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่มีวิธีการตรวจแตกต่างกันเมื่อความยาวของแบบทดสอบหรือจำนวนผู้ตรวจเท่ากัน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และแบบทดสอบอัตนัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่มีจำนวนผู้ตรวจแตกต่างกันเมื่อความยาวของแบบทดสอบเท่ากันหรือวิธีการตรวจเหมือนกัน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

นพวรรณ ศรีเกต (2550: 98) ได้พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ ตามแนวของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยแบบวัดมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่เกี่ยวกับฟิสิกส์พื้นฐาน เคมีพื้นฐาน และชีววิทยาพื้นฐาน ซึ่งมีจุดมุ่งที่จะแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ พบว่า การแสดงหลักฐานความเชื่อมั่นของแบบวัด พบว่าคะแนนที่วิเคราะห์ด้วยดัชนีความสอดคล้องของผู้ประเมิน (RAI) จำนวน 3 คน มีค่าเท่ากับ 0.93 ซึ่งพบว่าผู้ตรวจจำนวน 3 คนมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูง ส่วนการแสดงผลหลักฐานความเชื่อมั่นโดยใช้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของการตรวจให้คะแนนที่กำหนดให้ผู้ตรวจทุกคนตรวจแบบวัดทุกทักษะของผู้เข้าสอบทุกคน มีค่าเท่ากับ 0.68 ซึ่งคะแนนจากการตรวจให้คะแนนของนักเรียนแต่ละคนจะมีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้การกระจายของคะแนนมีค่าน้อย ส่งผลต่อค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

วนิดา ภู่อี่ยม (2550: 116) เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีกับแบบสองระดับ ตัวอย่างที่ใช้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2550 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 686 คน และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 8 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ส่วนที่ 1 แบบสำรวจจรรยาบรรณ ส่วนที่ 2 แบบสอบวินิจฉัย 2 แบบ ส่วนที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธภาพของแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีการคิดออกเสียง และส่วนที่ 4 แบบสำรวจความคิดเห็น พบว่า แบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีและแบบสองระดับที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพรายข้อเป็นค่าเฉลี่ยความยากง่ายเท่ากับ 0.63 และ 0.53 ค่าเฉลี่ยอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.54 และ 0.51 ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในเท่ากับ 0.84 และ 0.82 ตามลำดับ คุณภาพรายฉบับค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเท่ากับ 0.81 และ 0.78 ตามลำดับ แสดงว่าแบบสอบวินิจฉัยประเพณีมีความคงทนในการวัดสูงกว่าแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ นอกจากนี้การสัมภาษณ์ครูพบว่าแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีกับแบบสองระดับที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการไปใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ของนักเรียน และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแบบประเพณีสูงกว่าแบบสองระดับทุกช่วงมวล เนื้อหา ส่วนความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบประเพณีนิยมต่ำกว่าแบบสองระดับทุกช่วงมวลเนื้อหา แสดงว่าคะแนนที่สังเกตได้ของแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีมีความคงที่ใกล้เคียงกับคะแนนจริงมากกว่าคะแนนที่สังเกตได้ของแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบสองระดับ

งานวิจัยต่างประเทศ ได้มีผู้วิจัยต่างประเทศได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ไปประยุกต์ใช้ ดังนี้

ไวท์ (White. 2003: 2012-A) ได้ทำการสำรวจวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในห้องเรียนระดับชั้นเกรด 2 ในโรงเรียนแถวเมืองคูคในรัฐอิลลินอยส์ โดยได้ทำการวิเคราะห์ผลของเนื้อหาวิชาที่ใช้กับเด็กซึ่งดูจากพฤติกรรม และเจตคติต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 2 จำนวน 6 ห้องเรียน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ทั้งเนื้อหาวิชาและเพลงเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ใช้เวลาในการศึกษาจำนวน 7 สัปดาห์รวมทั้งทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และการสำรวจเจตคติ ผลจากการศึกษาพบว่า นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนหลังเรียนดีขึ้นจากการที่ใช้เพลงในการสอนเนื้อหาวิชาแทน กลุ่มควบคุมแม้เริ่มต้นจะมีคะแนนก่อนเรียนต่ำกว่ากลุ่มทดลอง แต่ก็สามารถแก้ปัญหาได้ดี ซึ่งคะแนนหลังเรียนนั้นใกล้เคียงกับกลุ่มทดลอง สำหรับด้านเจตคติแม้จะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จากการรายงานของครู ทำให้ทราบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความสุขกับการใช้ศิลปะด้านภาษาในหลักสูตรคณิตศาสตร์ และจากผลการศึกษาพบว่า ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากผู้ตรวจมีน้อยมาก เนื่องจากการให้รายละเอียดกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดและ

ตัวอย่างการตอบของนักเรียน รวมทั้งการฝึกฝนวิธีการตรวจให้คะแนนกับผู้ตรวจถูกต้องเพียงพอ มีความแตกต่างที่ต้องคำนึงในการทำข้อสอบของนักเรียนแต่ละข้อ ค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากการศึกษา D-Study แบบสัมบูรณ์พบว่า เมื่อจำนวนนักเรียนเท่ากับ 350 คน ค่าสัมประสิทธิ์อยู่ระหว่าง 0.80 – 0.97 ขึ้นอยู่กับชุดข้อสอบ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) สามารถนำไปใช้ประยุกต์เข้ากับการวัดและประเมินผลในหลาย ๆ รูปแบบ และสถานการณ์ได้ดี นับตั้งแต่การพัฒนาข้อสอบจนถึงการตีความหมายของคะแนน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งนำมาใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ในการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G – Coefficient) เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในด้านความเชื่อมั่น (Reliability) ซึ่งได้มีการออกแบบองค์ประกอบของการวัด (Facet) เป็น 2 องค์ประกอบ คือ ความยาวของแบบทดสอบ และจำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูในการนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ไปประยุกต์ใช้ได้จริง และนำผลที่ได้มาปรับปรุงการสอนและการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพและพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

#### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตกรุงเทพใต้ จำนวน 57 โรงเรียน จำนวน 130 ห้องเรียน และมีนักเรียนทั้งหมด 4,078 คน รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนโรงเรียน และจำนวนนักเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดกรุงเทพมหานคร  
กลุ่มเขตกรุงเทพใต้ แบ่งตามขนาดโรงเรียน

กลุ่มเขต	สำนักงานเขต	จำนวน โรงเรียน	ขนาดโรงเรียน			จำนวนนักเรียน ชั้นป.6
			เล็ก	กลาง	ใหญ่	
กรุงเทพใต้	บางรัก	5	5	-	-	124
	ปทุมวัน	7	4	3	-	372
	ยานนาวา	6	3	3	-	413
	พระโขนง	4	2	2	-	328
	สาทร	2	2	-	-	128
	บางคอแหลม	7	4	3	-	461
	คลองเตย	4	3	1	-	248
	สวนหลวง	7	4	1	2	578
	วัฒนา	8	4	3	1	613
	บางนา	7	1	4	2	813
รวม		57	32	20	5	4,078

ที่มา: กองวิชาการ สำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร. (2559). สถิติจำนวนนักเรียน  
โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2559.

#### การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปี  
การศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตกรุงเทพใต้ จำนวน 11 โรงเรียน จำนวน  
370 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi – Stage Random Sampling) มีรายละเอียด  
และขั้นตอนการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. สัมภาษณ์ข้อมูลประชากรของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ คือ  
สำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร แล้วจัดทำกรอบของการสุ่ม (Sampling Frame) โดยอาศัยลักษณะ  
การแบ่งขนาดของโรงเรียน จำแนกตามเกณฑ์ของสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2559  
ที่กำหนดไว้ ดังนี้

- โรงเรียนขนาดเล็ก จำนวนนักเรียนตั้งแต่ 1 – 400 คน  
 โรงเรียนขนาดกลาง จำนวนนักเรียนตั้งแต่ 401– 800 คน  
 โรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวนนักเรียนตั้งแต่ 801 คนขึ้นไป

2. กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยการเปิดตารางขนาดกลุ่มตัวอย่างของ ศิริชัย กาญจนวาสีและคณะ (2544: 133) โดยผู้วิจัยประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $\alpha=.05$ ) และยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อน (E) ของการประมาณค่าเฉลี่ย  $\pm 5\%$  พบว่าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย จำนวน 367 คน

3. สุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) และมีโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Unit) เมื่อพิจารณาตามขนาด สามารถแบ่งออกเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ 5 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง 20 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดเล็ก 32 โรงเรียน ทำการสุ่มมาร้อยละ 20 ของแต่ละขนาด ได้จำนวน 11 โรงเรียน แบ่งออกเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 1 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง จำนวน 4 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 6 โรงเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างของโรงเรียนแต่ละขนาดเป็นสัดส่วนกับจำนวนหน่วยทั้งหมดในชั้นภูมิ คำนวณได้จากสูตร (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554: 16-19)

$$n_i = \frac{N_i}{N} \times n$$

เมื่อ	$n_i$	=	จำนวนตัวอย่างแต่ละชั้นภูมิ
	$N_i$	=	จำนวนประชากรแต่ละชั้นภูมิ
	$N$	=	จำนวนประชากรทั้งหมดทุกชั้นภูมิ
	$n$	=	จำนวนตัวอย่างทั้งหมดทุกชั้นภูมิ

ตาราง 2 จำนวนโรงเรียน จำนวนห้องเรียน และจำนวนนักเรียนชั้น ป.6 แบ่งตามขนาดของโรงเรียน

ขนาด โรงเรียน	กรุงเทพใต้			จำนวนโรงเรียน			จำนวนห้องเรียน			จำนวนนักเรียนของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง		
	จำนวน โรงเรียน	จำนวน ห้องเรียน	จำนวน นักเรียน	จำนวน โรงเรียน	จำนวน ห้องเรียน	จำนวน นักเรียน	ชื่อ โรงเรียน	จำนวน ห้องเรียน	จำนวน นักเรียน			
ขนาดเล็ก	32	48	1,279	6	10	287	1. หัวหมาก	1	37			
							2. แจ่มจันทร์	2	50			
							3. วัดทองโน	2	65			
							4. สุเหร่าบางมะเขือ	2	43			
							5. วัดใต้(ราษฎร์นรมิต)	1	30			
							6. บางจาก (นาคเนียน อูปถัมภ์)	2	63			
ขนาด กลาง	20	57	1,911	4	10	366	1. วัดภาษี	2	74			
							2. สุเหร่าสามอิน	2	81			
							3. คลองกลั่นตัน	3	100			
							4. วัดราษฎร์ศรัทธาธรรม	3	111			
ขนาดใหญ่	5	25	888	1	7	255	1. ศรีเอี่ยมอนุสรณ์	7	255			
รวม	57	130	4,078	11	27	908		27	908			

4. ทำการสุ่มอย่างง่าย (Simple Sampling) โดยสุ่มห้องเรียนชั้น ป.6 จากทุกโรงเรียนในแต่ ละขนาด มาร้อยละ 20 ได้จำนวนห้องเรียนและจำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย รายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนห้องเรียน และจำนวนนักเรียน จำแนกตามโรงเรียน

ขนาด โรงเรียน	จำนวนโรงเรียน			ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียนของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง	
	จำนวน โรงเรียน	จำนวน ห้องเรียน	จำนวน นักเรียน		จำนวน ห้องเรียน	จำนวน นักเรียน
ขนาดเล็ก	6	6	185	1. ห้วยหมาก	1	37
				2. แจ่มจันทร์	1	25
				3. วัดทองโน	1	33
				4. สู่หระบางมะเขือ	1	25
				5. วัดใต้(ราษฎร์นรมิต)	1	30
				6. บางจาก(นาคเผื่อน อูปถัมภ์)	1	35
ขนาดกลาง	4	4	150	1. วัดภาชี	1	38
				2. สู่หระสามอิน	1	42
				3. คลองกลั่นต้น	1	35
				4. วัดราษฎร์ศรัทธาธรรม	1	35
ขนาดใหญ่	1	1	35	1. ศรีเอี่ยมอนุสรณ์	1	35
รวม	11	11	370		11	370

จากตาราง 3 พบว่าได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 370 คน ซึ่งมีความเหมาะสมกับประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $\alpha=.05$ ) ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีขนาดเพียงพอที่จะสามารถนำข้อมูลอ้างอิงไปสู่กับประชากรได้อย่างเหมาะสม

## การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

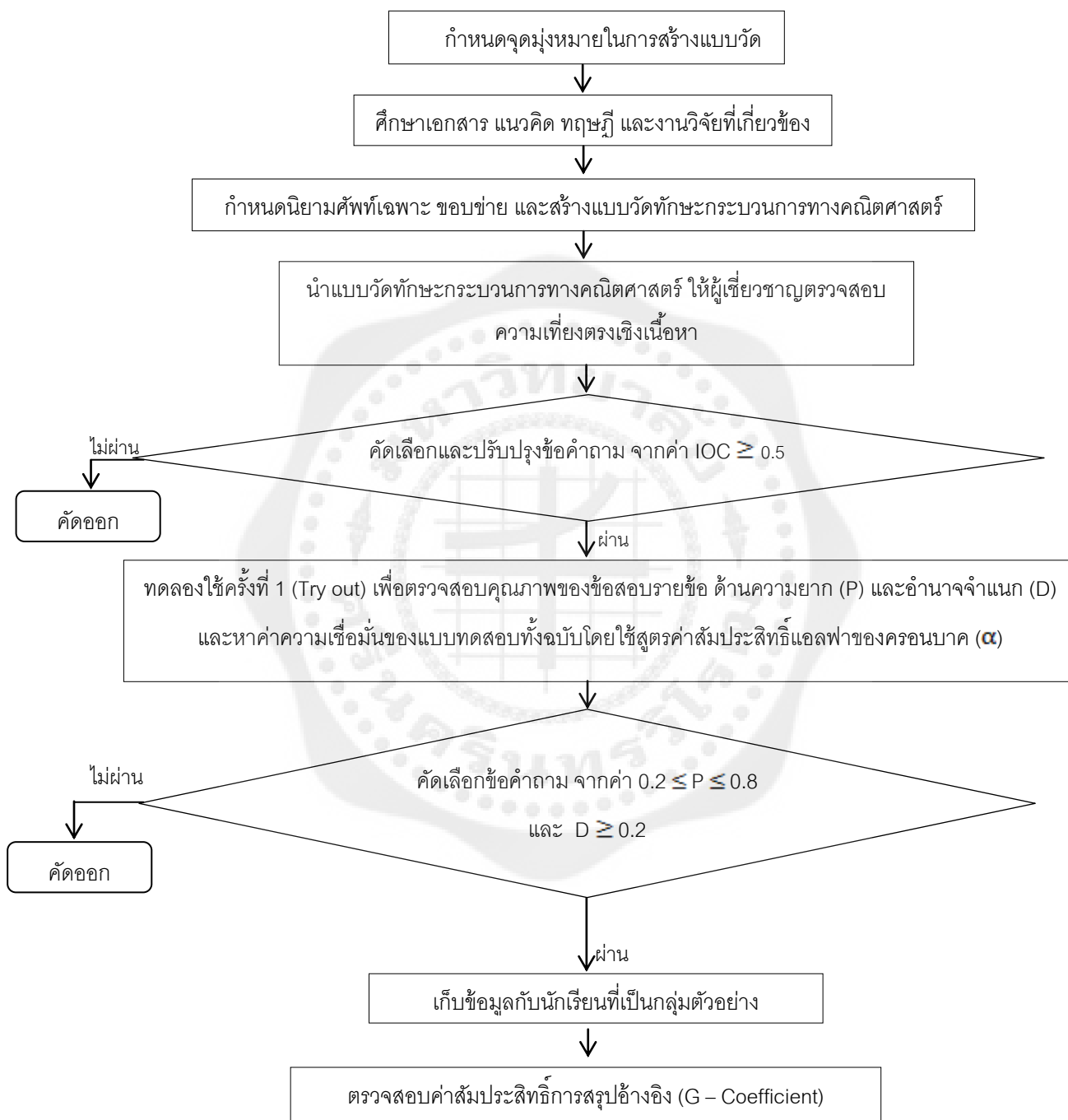
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 1 ฉบับ จำนวน 30 ข้อ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- ตอนที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
- ตอนที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ
- ตอนที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ
- ตอนที่ 5 การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์



### ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงลำดับขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามลำดับขั้นตอนของภาพประกอบ 4 รายละเอียด ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัด ผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

1.1 เพื่อสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

2. ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้วนำมาเขียนเป็นนิยามศัพท์เฉพาะ และกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ รายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 นิยามศัพท์เฉพาะและพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ทักษะกระบวนการ	นิยามศัพท์เฉพาะ	พฤติกรรมบ่งชี้
1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาวิธีการคิดเพื่อคำนวณหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาชั้นตอนเดียว และโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อน	เลือกใช้วิธีการคิดเพื่อคำนวณหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาชั้นตอนเดียวและโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อน
	<p>โจทย์การแก้ปัญหาชั้นตอนเดียว</p> <p>หมายถึง การใช้วิธีคิดโดยการบวก การลบ การคูณหรือการหาร วิธีใดวิธีหนึ่งเพื่อหาคำตอบจากโจทย์ปัญหา</p> <p>โจทย์การแก้ปัญหาที่ซับซ้อน</p> <p>หมายถึง การใช้วิธีคิดโดยการบวกกับการคูณ การบวกกับการหาร การลบกับการคูณ หรือการลบกับการหาร คู่ใดคู่หนึ่งเพื่อหาคำตอบจากโจทย์ปัญหา</p>	

## ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการ	นิยามศัพท์เฉพาะ	พฤติกรรมบ่งชี้
2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาข้อสรุปและให้เหตุผลประกอบจากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้	อธิบายวิธีการแก้ปัญหาและสรุปผล การแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
3. ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ หมายถึง การสื่อสาร การแปลความหมายจากสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอเป็นแผนภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การสื่อสารจากสัญลักษณ์ เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์และภาษาทางคณิตศาสตร์ ให้เป็นข้อความ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การแปลความหมายจากสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ข้อความทางคณิตศาสตร์ การนำเสนอทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การถ่ายทอดความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยการเขียนหรือแปลความเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นโดยเขียนในรูปของแผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง	1. เปลี่ยนสัญลักษณ์ เครื่องหมาย ภาษาทางคณิตศาสตร์ ให้เป็นข้อความที่เข้าใจตรงกันได้ 2. เขียนสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ จากข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 3. นำเสนอข้อมูลด้วยวิธีการที่เหมาะสม ในรูปของแผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง

## ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการ	นิยามศัพท์เฉพาะ	พฤติกรรมบ่งชี้
4. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	<p>ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสัมพันธ์กันในเรื่องวิชาคณิตศาสตร์และความสัมพันธ์กันระหว่างเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น</p> <p>การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ หมายถึง การหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างเนื้อหาของ จำนวนและการดำเนินการกับการวัด จำนวนและการดำเนินการกับเรขาคณิต จำนวนและการดำเนินการกับพีชคณิต จำนวนและการดำเนินการกับการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การวัดกับเรขาคณิต</p> <p>การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น หมายถึง ความสัมพันธ์กันในเรื่องวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาศิลปะ ดนตรี นาฏศิลป์ วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาภาษาไทย วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา</p>	<p>1. สามารถหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์</p> <p>2. สามารถใช้ความรู้หลักการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในวิชาอื่นได้</p>

## ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการ	นิยามศัพท์เฉพาะ	พฤติกรรมบ่งชี้
5. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง การประยุกต์ความคิดในการหาคำตอบได้หลายทิศทาง	1. สามารถประยุกต์ความคิดในการหาคำตอบได้หลายทิศทาง

3. วิเคราะห์เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยแบ่งเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ 5 สาระดังนี้

3.1 สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สอดคล้องคือ จำนวนนับ ตัวประกอบของจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยม การบวกทศนิยม การลบทศนิยม การคูณทศนิยม การหารทศนิยม บทประยุกต์

3.2 สาระที่ 2 การวัด เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สอดคล้องคือ มุม และส่วนของเส้นตรง ทิศและแผนผัง ปริมาตร

3.3 สาระที่ 3 เรขาคณิต เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สอดคล้องคือ เส้นขนาน รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม

3.4 สาระที่ 4 พีชคณิต เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สอดคล้องคือ สมการ

3.5 สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สอดคล้องคือ สถิติ

วิเคราะห์เนื้อหาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาภาษาไทย วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม วิชาศิลปะ ดนตรี นาฏศิลป์ วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี วิชาสุขศึกษาและพลศึกษา และภาษาอังกฤษ ศึกษาเนื้อหาของแต่ละวิชาที่สอดคล้องกับวิชาคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทักษะที่ 4 คือการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น

4. สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ โดยการวิเคราะห์เนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และวิเคราะห์ตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

4.1 สร้างแบบวัดทักษะที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วยการแก้โจทย์ปัญหาขั้นตอนเดียว เป็นโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการใช้วิธีคิดโดยการบวก การลบ การคูณ หรือการหารวิธีใด วิธีหนึ่งเพื่อหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาจำนวน 3 ข้อ และการแก้โจทย์ปัญหาซับซ้อนจำนวน เป็นโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการใช้วิธีคิดโดยการบวกกับการคูณ การบวกกับการหาร การลบกับการคูณ หรือการลบกับการหารวิธีใดวิธีหนึ่ง เพื่อหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาจำนวน 3 ข้อ

4.2 สร้างแบบวัดทักษะที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผล เป็นโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการหาข้อสรุปและให้เหตุผลประกอบจากโจทย์ปัญหา ที่กำหนดให้ เป็นข้อสอบแบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ

4.3 สร้างแบบวัดทักษะที่ 3 ความสามารถ ในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ เป็นโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการสื่อสารจากสัญลักษณ์และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ ให้เป็นข้อความเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน การแปลความหมายจากสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ข้อความทางคณิตศาสตร์ และ การถ่ายทอดความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยการเขียนหรือแปลความเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นโดยเขียนในรูปของแผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง เป็นข้อสอบแบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ

4.4 สร้างแบบวัดทักษะที่ 4 ความสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วยโจทย์คณิตศาสตร์เกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เป็นโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างเนื้อหาของ จำนวน และการดำเนินการกับการวัด จำนวนและการดำเนินการกับพีชคณิต การวัดกับเรขาคณิต จำนวน 3 ข้อ และโจทย์คณิตศาสตร์เกี่ยวกับการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เป็นโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาภาษาไทย วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม จำนวน 3 ข้อ

4.5 สร้างแบบวัดทักษะที่ 5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นโจทย์เกี่ยวกับการประยุกต์ความคิดในการหาคำตอบได้หลายทิศทางจากโจทย์จำนวนและการดำเนินการเป็นข้อสอบแบบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ

5. สร้างเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนเป็นแบบภาพรวม (Holistic Scoring Rubric) ซึ่งปรับปรุงมาจากการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีคของ ชูซาน เลน และคณะ (อุษณีย์ บัวศิริพันธุ์. 2543: 34; อ้างอิงจาก Zuzanne Lane, et al. 1996) โดยให้คะแนนเป็น 4 ระดับ คือ 0 – 3 คะแนน

6. นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท ทำการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ แล้วนำแบบวัดฉบับร่างมาทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งเกณฑ์ในการให้คะแนนแบบรูบรีค โดยเสนอผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์ 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางการวัดผลการศึกษา 2 ท่าน รวมจำนวน 5 ท่าน พิจารณาตรวจแบบวัดในแต่ละข้อว่าตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแต่ละด้านหรือไม่ แบบวัดที่ผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้เป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแบบวัดนั้นวัดได้ตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

6. ทดลองใช้ (Try Out) ครั้งที่ 1 โดยนำแบบวัดที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจากการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน

7. วิเคราะห์หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดจากการทดลองใช้ (Try Out) ครั้งที่ 1 โดยพิจารณาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ แบบวัดที่ผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้เป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ต้องมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยใช้สูตรของวิทเนียและซาเบอร์ (Whithey; & Sabers) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient :  $\alpha$ )

8. นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบความยากและอำนาจจำแนก ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

9. หาคุณภาพด้านความเชื่อมั่น จากค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G – Coefficient) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

### ลักษณะของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 1 ฉบับ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

ตอนที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

ตอนที่ 5 การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

### ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

**ตอนที่ 1 ความสามารถด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

คำชี้แจง จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนในการคิดและวิธีการคิดที่ถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

(0) กระบะพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก วัดขนาดภายในด้านกว้างยาว 4.5 เมตร ยาว 6 เมตร และสูง 2 เมตร ถ้าใส่ทรายให้เต็ม จะบรรจุทรายได้กี่ลูกบาศก์เมตร

ขั้นตอนการแก้ปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

.....

สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา

.....

แสดงวิธีการคิดแก้ปัญหา

.....

.....

สรุปผลจากการแก้ปัญหา

.....

**เฉลยคำตอบ**

ขั้นตอนการแก้ปัญหา

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้

กระบะพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก วัดขนาดภายในด้านกว้างยาว 4.5 เมตร ยาว 6 เมตร

และสูง 2 เมตร

สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา

ถ้าใส่ทรายให้เต็ม จะบรรจุทรายได้กี่ลูกบาศก์เมตร

แสดงวิธีการคิดแก้ปัญหา

กระเบื้องสี่เหลี่ยมมุมฉาก วัดขนาดภายในด้านกว้าง ..... 4.5 ..... เมตร

..... ยาว ..... 6 ..... เมตร

..... สูง ..... 2 ..... เมตร

ความจุของกระเบื้องพลาสติก .....  $4.5 \times 6 \times 2 = 54$  ลูกบาศก์เมตร

สรุปผลจากการแก้ปัญหา

ถ้าใส่ทรายให้เต็ม จะบรรจุทรายได้ ..... 54 ลูกบาศก์เมตร

## ตอนที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

(0) ร้าน x และร้าน y ขายเสื้อกันหนาวแบบเดียวกัน

ร้าน x ตีราคาเสื้อกันหนาวไว้ 260 บาท และลดราคาให้ผู้ซื้อ 40 บาท

ร้าน y ตีราคาเสื้อกันหนาวไว้ 300 บาท และลดราคาให้ผู้ซื้อ 30%

นักเรียนจะเลือกซื้อเสื้อกันหนาวจากร้านใด เพราะเหตุใด

อธิบายขั้นตอนการคิด

.....

สรุปผลของคำตอบ

.....

### เฉลยคำตอบ

อธิบายขั้นตอนการคิด

ร้าน x ตีราคาเสื้อกันหนาวไว้ 260 บาท และลดราคาให้ผู้ซื้อ 40 บาท

ร้าน x ขายเสื้อกันหนาวราคา .....  $260 - 40 = 220$  บาท

ร้าน y ตีราคาเสื้อกันหนาวไว้ 300 บาท และลดราคาให้ผู้ซื้อ 30%

ร้าน y ลดราคาเสื้อกันหนาว .....  $\frac{30}{100} \times 300 = 90$  บาท

ร้าน y ขายเสื้อกันหนาวราคา .....  $300 - 90 = 210$  บาท

สรุปผลของคำตอบ

ซื้อเสื้อกันหนาวจากร้าน y เพราะ ร้าน y ขายเสื้อกันหนาวถูกกว่า ร้าน x 10 บาท



### ขั้นตอนการหาคำตอบ

.....

.....

.....

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น..... กิโลวัตต์/ชั่วโมง

และคิดเป็นร้อยละ.....

### เฉลยคำตอบ

#### ขั้นตอนการหาคำตอบ

วันเสาร์อ่านได้ 750 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

วันอาทิตย์อ่านได้ 780 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

ใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น  $780 - 750 = 30$  กิโลวัตต์/ชั่วโมง

คิดเป็นร้อยละ  $\frac{30}{750} \times 100 = 4$

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 30 กิโลวัตต์/ชั่วโมง

และคิดเป็นร้อยละ 4

### ตอนที่ 5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

(0) จงหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านกว้าง 4 เมตร ยาว 9 เมตร จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบให้ได้จำนวนวิธีคิดมากที่สุด

แนวคิดที่ 1 ความยาวรอบรูป = .....

= .....

แนวคิดที่ 2 ความยาวรอบรูป = .....

= .....

แนวคิดที่ 3 ความยาวรอบรูป = .....

= .....

### เฉลยคำตอบ

$$\begin{aligned} \text{แนวคิดที่ 1 ความยาวรอบรูป} &= 4 + 4 + 9 + 9 \\ &= 26 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แนวคิดที่ 2 ความยาวรอบรูป} &= (4 \times 2) + (9 \times 2) \\ &= 26 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แนวคิดที่ 3 ความยาวรอบรูป} &= (4 + 9) \times 2 \\ &= 26 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

### เกณฑ์การตรวจให้คะแนน

แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบภาพรวม(Holistic Scoring Rubric) โดยให้คะแนนเป็น 4 ระดับ คือ 0 – 3 คะแนน ดังนี้

#### 1.1 ความสามารถด้านการแก้ปัญหา

- 3 คะแนน เมื่อแสดงการแก้ปัญหาได้ชัดเจน ทุกขั้นตอน มีการอธิบายขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ และทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง
- 2 คะแนน เมื่อแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการอธิบายขั้นตอนบ้างแต่ไม่ชัดเจน แต่คำตอบถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการแสดงวิธีคิดบ้าง แต่ยังไม่ได้คำตอบที่ถูกต้อง
- 0 คะแนน เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการแก้ปัญหาเลย

#### 1.2 ความสามารถในการให้เหตุผล

- 3 คะแนน เมื่อแสดงการแก้ปัญหาเพื่อนำไปใช้เป็นข้อสรุปได้ถูกต้องชัดเจน มีการอธิบายการให้เหตุผลที่ชัดเจน และสรุปผลการแก้ปัญหาถูกต้อง
- 2 คะแนน เมื่อแสดงการแก้ปัญหาเพื่อนำไปใช้เป็นข้อสรุปบ้าง แต่ไม่ได้อธิบายการให้เหตุผลที่ชัดเจน แต่สรุปผลการแก้ปัญหาถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อแสดงความพยายามในการให้เหตุผลบ้าง แต่สรุปผลการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
- 0 คะแนน เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการให้เหตุผลเลย

1.3 ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอ

- 3 คะแนน เมื่อเขียนแผนผังได้ครบถ้วนทุกส่วน และถูกต้องทุกส่วนตามที่โจทย์กำหนดให้
- 2 คะแนน เมื่อเขียนแผนผังได้ครบทุกส่วน แต่ถูกต้องบางส่วน
- 1 คะแนน เมื่อมีความพยายามที่จะเขียนแผนผังบ้าง แต่ไม่ครบทุกส่วน และถูกต้องเพียงบางส่วน
- 0 คะแนน เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอใดเลย

1.4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยง คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

- 3 คะแนน เมื่อแสดงการแก้ปัญหาได้ชัดเจน ทุกขั้นตอน มีการอธิบายขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ และทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง
- 2 คะแนน เมื่อแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการอธิบายขั้นตอนบ้างแต่ไม่ชัดเจน แต่คำตอบถูกต้อง
- 1 คะแนน เมื่อแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการแสดงวิธีคิดบ้าง แต่ยังไม่ได้คำตอบที่ถูกต้อง
- 0 คะแนน เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการแก้ปัญหาเลย

1.5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

- 3 คะแนน เมื่อเขียนวิธีคิดในการหาความยาวรอบรูปได้ถูกต้อง 3 วิธี
- 2 คะแนน เมื่อเขียนวิธีคิดในการหาความยาวรอบรูปได้ถูกต้อง 2 วิธี
- 1 คะแนน เมื่อเขียนวิธีคิดในการหาความยาวรอบรูปได้ถูกต้อง 1 วิธี
- 0 คะแนน เมื่อไม่เขียนวิธีคิดในการหาความยาวรอบรูปเลย

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. จัดเตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่จะทำการสอบในแต่ละโรงเรียน
2. ดำเนินการสอบ โดยนำแบบทดสอบ ไปทำการทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง
3. ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบวัตถุประสงค์ของการสอบ และขอความร่วมมือในการทำแบบทดสอบ เพื่อให้ได้ผลการสอบตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด

4. ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 2 ครั้ง ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

4.1 การทดลองใช้ (Try Out) ครั้งที่ 1 โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผ่านเกณฑ์พิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง เก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นป. 6 จำนวน 100 คน เพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' s Alpha Coefficient :  $\alpha$ )

4.2 การเก็บข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 370 คน โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากและอำนาจจำแนกแล้ว นำผลที่ได้หาค่าความเชื่อมั่นจากค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G - Coefficient) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

## การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มีการจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. ตรวจสอบให้คะแนนแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

4. วิเคราะห์หาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

5. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จากค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G - Coefficient) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้สถิติพื้นฐาน และสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
2. สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 สถิติที่ใช้ในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างสูตรการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร ใช้สูตรการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi Stage Sampling) คำนวณได้จากสูตร (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554: 16-19)

$$n_i = \frac{N_i}{N} \times n$$

เมื่อ	$n_i$	แทน	จำนวนตัวอย่างแต่ละชั้นภูมิ
	$N_i$	แทน	จำนวนประชากรแต่ละชั้นภูมิ
	$N$	แทน	จำนวนประชากรทั้งหมดทุกชั้นภูมิ
	$n$	แทน	จำนวนตัวอย่างทั้งหมดทุกชั้นภูมิ

2.2 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) คำนวณได้จากสูตร (ไพศาล วรคำ. 2556: 268 - 269)

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

เมื่อ	$IOC$	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์
	$\sum R$	แทน	ผลรวมระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ
	$n$	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

2.3 ค่าความยาก (Difficulty) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 คำนวณได้จากสูตรของ Whitney; & Sabers (ไพศาล วรคำ. 2556: 298 – 299; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970)

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

เมื่อ	$p$	แทน	ค่าความยาก
	$S_H$	แทน	ผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง
	$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ
	$n$	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
	$X_{max}$	แทน	คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
	$X_{min}$	แทน	คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.4 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 คำนวณได้จากสูตรของ Whitney; & Sabers (ไพศาล วรคำ. 2556: 308; อ้างอิงจาก Whitney; & Sabers. 1970)

$$r = \frac{S_H - S_L}{n(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ	$r$	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	$S_H$	แทน	ผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง
	$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ
	$n$	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
	$X_{max}$	แทน	คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
	$X_{min}$	แทน	คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.5 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' s Alpha Coefficient :  $\alpha$ ) (ไพศาล วรคำ. 2556: 288)

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

เมื่อ	$\alpha$	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	$k$	แทน	จำนวนข้อสอบ
	$S_i^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ
	$S_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

2.6 ค่าสัมประสิทธิ์การสุรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ ( $\rho^2_{Abs}$ ) คำนวณจากสูตร (Brennan. 1983: 17)

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

เมื่อ	$\rho^2_{Abs}$	แทน	สัมประสิทธิ์การสุรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์
	$\sigma_p^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเอกภาพ
	$\sigma_{Abs}^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

2.7 ค่าสัมประสิทธิ์การสุรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์ ( $\rho^2_{Rel}$ ) คำนวณจากสูตร (Brennan. 1983: 17)

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

เมื่อ	$\rho^2_{Rel}$	แทน	สัมประสิทธิ์การสุรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์
	$\sigma_p^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเอกภาพ
	$\sigma_{Rel}^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

#### สัญลักษณ์และอักษรย่อในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ที่ตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
k	แทน	จำนวนข้อของแบบวัด
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Ku	แทน	ค่าความโด่ง
SD.	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
CV.	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย
P	แทน	ค่าความยาก
D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
$\alpha$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค
df	แทน	องศาความเป็นอิสระ (degrees of freedom)
SS	แทน	ผลรวมของกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน (Sum of Square)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน (Mean Square)
$\rho^2_{Abs}$	แทน	สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์
$\rho^2_{Rel}$	แทน	สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์
$\sigma^2_p$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเอกภพ
$\sigma^2_{Abs}$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

$\sigma^2_{Rel}$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
$Z_r$	แทน	ค่าความเชื่อมั่นที่แปลงเป็นคะแนนมาตรฐานซี โดยวิธีของฟิชเชอร์ซี (Fisher' s Z Transformation)
Z	แทน	การทดสอบความแตกต่างของคะแนนมาตรฐานซี (Z – test)

### ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอนดังนี้

**ตอนที่ 1** ผลการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

**ตอนที่ 2** ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.1 การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.1.1 ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC)

2.1.2 ผลการทดลองใช้ (Try Out) วิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

2.1.3 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2 คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

2.2.1 ผลการประมาณค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G – Coefficient) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2.2 การศึกษาเพื่อการตัดสินใจการสรุปอ้างอิง (D-STUDY)

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

**ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีขั้นตอนในการสร้างคือ กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัด และศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551แล้วนำมาเขียนเป็นนิยามศัพท์เฉพาะ และกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ วิเคราะห์เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ โดยแบ่งเนื้อหาตามสาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ 5 สาระ และวิเคราะห์เนื้อหาวิชาอื่น ๆ ของชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบวัดทักษะด้านความสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 จำนวนข้อที่สร้างขึ้น จำแนกตามสาระการเรียนรู้ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

สาระการเรียนรู้ วิชา คณิตศาสตร์	ทักษะที่ 1		ทักษะ	ทักษะ	ทักษะที่ 4		ทักษะที่ 5
	การแก้ปัญหา		ที่ 2	ที่ 3	การเชื่อมโยง		ความคิด
	แก้ ปัญหา ขั้นตอน เดียว	แก้ ปัญหา ซับซ้อน	การให้ เหตุผล	การ สื่อสาร	คณิตศาสตร์ กับ คณิตศาสตร์	คณิตศาสตร์ กับ วิชาอื่น	สร้างสรรค์
สาระที่ 1	2	2	2	2	-	-	2
สาระที่ 2	1	1	1	1	-	-	-
สาระที่ 3	-	-	1	1	-	-	2
สาระที่ 4	-	-	1	1	-	-	2
สาระที่ 5	-	-	1	1	-	-	-
สาระที่ 1 กับ 2	-	-	-	-	1	-	-
สาระที่ 1 กับ 4	-	-	-	-	1	-	-
สาระที่ 2 กับ 3	-	-	-	-	1	-	-
ภาษาไทย	-	-	-	-	-	1	-
วิทยาศาสตร์	-	-	-	-	-	1	-
สังคมฯ	-	-	-	-	-	1	-
รวม	3	3	6	6	3	3	6

จากตาราง 5 พบว่าได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 รวมจำนวนทั้งหมด 30 ข้อ โดยนำมาสร้างเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 1 ฉบับ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 3 วัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 4 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ จำนวน 6 ข้อ และตอนที่ 5 วัดการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จำนวน 6 ข้อ

## ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

### 2.1 การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

#### 2.1.1 ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC)

จากการศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการสร้างข้อคำถามวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1 ฉบับ จำนวน 30 ข้อ ผู้วิจัยได้นำแบบวัดที่สร้างขึ้นตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เกี่ยวกับความเหมาะสมของข้อคำถาม และความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พิจารณา ซึ่งข้อคำถามที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเหมาะสม จะต้องมีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ตั้งแต่ 0.50 ผลการตรวจสอบพบว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 30 ข้อ ได้ผลดังตารางที่แสดงในภาคผนวก ค

#### 2.1.2 ผลการทดลองใช้ (Try Out) วิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

ผู้วิจัยนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 30 ข้อ ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน โดยทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีเยี่ยมอนุสรณ์ ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 39 คน โรงเรียนสุเหร่าสามอิน โรงเรียนขนาดกลาง จำนวน 38 คน และโรงเรียนบางจาก(ภาคเหนือ อุปลัมภ์) โรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 23 คน แล้วตรวจให้คะแนนจากผู้ตรวจ 3 คน ที่มีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป โดยใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Scoring Rubric) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งปรับปรุงมาจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีคของ ชูชาน เลน และคณะ (อุษณีย์ บัวศิริพันธ์, 2543: 34; อ้างอิงจาก Zuzanne Lane, et al. 1996) โดยให้คะแนนเป็น 4 ระดับ คือ 0 – 3 คะแนน จากนั้นใช้คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากผู้ตรวจทั้ง 3 คน นำไปวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ก่อนคัดเลือก				หลังคัดเลือก			
	k	P	D	$\alpha$	k	P	D	$\alpha$
1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	6	0.72-0.89	0.11-0.35	0.82	4	0.72-0.80	0.20-0.35	0.79
2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	6	0.31-0.65	0.03-0.55	0.74	4	0.31-0.57	0.43-0.55	0.84
3. ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	6	0.48-0.78	0.15-0.63	0.78	4	0.48-0.70	0.35-0.63	0.77
4. ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ	6	0.26-0.56	0.25-0.79	0.89	4	0.54-0.56	0.58-0.77	0.91
5. การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	6	0.36-0.55	0.35-0.58	0.87	4	0.39-0.53	0.35-0.57	0.87
<b>รวม</b>	<b>30</b>	<b>0.26-0.89</b>	<b>0.03-0.79</b>	<b>0.94</b>	<b>20</b>	<b>0.31-0.80</b>	<b>0.20-0.77</b>	<b>0.95</b>

จากตาราง 6 พบว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.94 มีค่าความยากทั้งฉบับตั้งแต่ 0.26 - 0.89 มีค่าอำนาจจำแนกทั้งฉบับตั้งแต่ 0.03 - 0.79 เมื่อคัดเลือกแบบทดสอบข้อที่มีค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกไม่ผ่านเกณฑ์ออก จำนวน 10 ข้อ ได้แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.95 แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 20 ข้อ แบ่งเป็น ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.72 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 - 0.35 ด้านความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.31 - 0.57 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.43 - 0.55 ด้านความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ จำนวน 4 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.48 - 0.70 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.35 - 0.63 ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยง

คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ จำนวน 4 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.54 - 0.56 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.58 - 0.77 และด้านการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์จำนวน 4 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.39 - 0.53 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.35 - 0.57

### 2.1.3 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบความยากและอำนาจจำแนก ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 11 โรงเรียน แบ่งออกเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 1 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง จำนวน 4 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 6 โรงเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้นจำนวน 370 คน มาวิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์ของการกระจายของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำแนกตามทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ รายด้าน

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	k	Max	Min	$\bar{X}$	SD.	Sk	Ku	CV.(%)
1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	4	12	0	8.63	3.03	-0.68	<b>-0.38</b>	35.11
2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	4	12	0	7.07	3.62	-0.31	<b>-1.02</b>	51.20
3. ความสามารถในการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	4	12	0	6.94	2.97	-0.27	<b>-0.56</b>	42.80
4. ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ	4	12	0	7.89	3.33	-0.53	<b>-0.61</b>	42.21
5. การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	4	12	0	8.21	3.46	-0.52	<b>-0.67</b>	42.14
<b>รวม</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>38.79</b>	<b>14.62</b>	<b>-0.52</b>	<b>-0.63</b>	<b>37.69</b>

จากการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานพบว่า กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในภาพรวมเท่ากับ 38.79 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 14.62 และข้อมูลมีการกระจายในระดับปานกลาง โดยแจกแจงแตกต่างจากโค้งปกติเล็กน้อย เมื่อพิจารณาเป็น

รายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.63 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.03 รองลงมาคือ การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.21 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.46 และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความสามารถในการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.94 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.97 เมื่อพิจารณาการกระจายพบว่า ด้านความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันมากที่สุด และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันน้อยที่สุด

## 2.2 คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง

คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการศึกษาคุณภาพด้านความเชื่อมั่น (Reliability) จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ ( $p^2_{Abs}$ ) และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์ ( $p^2_{Rel}$ ) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory)

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งออกแบบการวัดเป็นแบบ Two-facet design โดยมีรูปแบบการวัดเป็น  $p \times i \times r$  เมื่อ  $p$  แทน ผู้สอบ  $i$  แทน ความยาวของแบบวัด และ  $r$  แทน จำนวนผู้ตรวจแบบวัด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G\_String version 6.3.8

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G - Coefficient) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวนความยาวของแบบวัด 20 ข้อ จำนวนผู้ตรวจแบบวัด 3 คน เมื่อทำการทดสอบกับนักเรียนจำนวน 370 คน ปรากฏผลดังนี้

2.2.1 ผลการประมาณค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G - Coefficient) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน จากแหล่งความแปรปรวนต่าง ๆ

(G-Study of  $p \times i \times r$  design )

EFFECT	df	SS	MS	ESTIMATED	% OF
				VARIANCE COMPONENT	TOTAL VARIANCE
PERSON (p)	369	10825.567	29.338	0.455	34.946
ITEMS (i)	19	3207.079	168.794	0.149	11.444
RATER (r)	2	92.315	46.158	0.006	0.461
(pi)	7011	13362.021	1.906	0.612	47.005
(pr)	738	134.451	0.182	0.006	0.461
(ir)	38	65.939	1.735	0.005	0.384
RESIDUAL (pir,e)	14022	967.961	0.069	0.069	5.299
TOTAL	22199	28655.333		1.302	100.00

เมื่อ	p	แทน ผู้สอบ
	i	แทน ความยาวของแบบวัด
	r	แทน จำนวนผู้ตรวจแบบวัด
	pi	แทน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับแบบวัด
	pr	แทน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับผู้ตรวจแบบวัด
	ir	แทน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบกับผู้ตรวจแบบวัด
	pir,e	แทน ความคลาดเคลื่อนหรือส่วนที่เหลือที่ไม่สามารถระบุแหล่งได้

จากตาราง 8 ผลการศึกษาค่าความแปรปรวนจากแหล่งต่าง ๆ ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวนความยาวของแบบวัด 20 ข้อ จำนวนผู้ตรวจแบบวัด 3 คน เมื่อทำการทดสอบกับนักเรียนจำนวน 370 คน พบว่า องค์ประกอบความแปรปรวนของบุคคล ( $\sigma_p^2$ ) ซึ่งเป็นค่าแปรปรวนของคะแนนจริง (Universe score) คิดเป็น 34.946% ของความแปรปรวนทั้งหมด องค์ประกอบของความแปรปรวนของความยาวของแบบวัด ( $\sigma_i^2$ ) ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนน 1 ข้อ คิดเป็น 11.444% ของความแปรปรวนทั้งหมด องค์ประกอบความแปรปรวนของคะแนนเฉลี่ยผู้ตรวจแบบวัด แต่ละคน ( $\sigma_r^2$ )

คิดเป็น 0.461% ของความแปรปรวนทั้งหมด ความแปรปรวนของคะแนนปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับแบบวัด ( $\sigma_{pi}^2$ ) คิดเป็น 47.005% ของความแปรปรวนทั้งหมด ความแปรปรวนของคะแนนปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับผู้ตรวจแบบวัด ( $\sigma_{pr}^2$ ) คิดเป็น 0.461% ของความแปรปรวนทั้งหมด ความแปรปรวนของคะแนนปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบบวัดกับผู้ตรวจแบบวัด ( $\sigma_{ir}^2$ ) คิดเป็น 0.384% ของความแปรปรวนทั้งหมด สำหรับองค์ประกอบของความแปรปรวนส่วนที่เหลือ ( $\sigma_{pir,e}^2$ ) จึงเป็นความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนที่เหลือจาก 6 แหล่งดังกล่าว คิดเป็น 5.299%

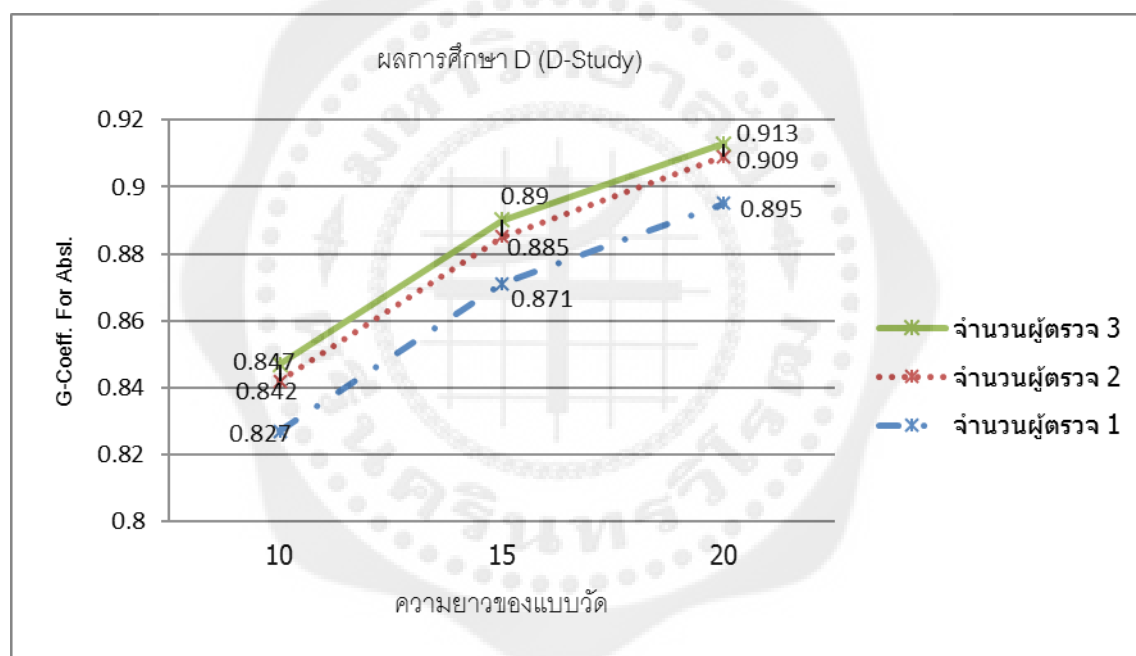
### 2.2.2 การศึกษาเพื่อการตัดสินใจการสรุปอ้างอิง (D-STUDY)

การศึกษากการตัดสินใจการสรุปอ้างอิงเพื่อลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความแม่นยำของการสรุปอ้างอิงคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยมีเงื่อนไขของการวัด คือ ความยาวของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งได้กำหนดระดับความยาวของแบบวัดเป็น 10, 15, 20 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจแบบวัด ซึ่งได้กำหนดระดับเป็น 1, 2, 3 คน โดยผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 ผลการศึกษา D (D-Study of  $p \times i \times r$  design ) เมื่อ p แทน ผู้สอบ i แทน ความยาวของแบบวัด r แทน จำนวนผู้ตรวจแบบวัด

		D-STUDY DESIGN									
EFFECT	G-STUDY	$n'_r$	1	1	1	2	2	2	3	3	3
		$n'_i$	10	15	20	10	15	20	10	15	20
PERSON (p)	$\sigma^2_p = 0.455$	$\sigma^2_p$	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455	0.455
ITEMS (i)	$\sigma^2_i = 0.149$	$\sigma^2_i$	0.015	0.010	0.007	0.015	0.010	0.007	0.015	0.010	0.007
RATER (r)	$\sigma^2_r = 0.006$	$\sigma^2_r$	0.006	0.006	0.006	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
(pi)	$\sigma^2_{pi} = 0.612$	$\sigma^2_{pi}$	0.061	0.041	0.031	0.061	0.041	0.031	0.061	0.041	0.031
(pr)	$\sigma^2_{pr} = 0.006$	$\sigma^2_{pr}$	0.006	0.006	0.006	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
(ir)	$\sigma^2_{ir} = 0.005$	$\sigma^2_{ir}$	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RESIDUAL (pir,e)	$\sigma^2_{pir,e} = 0.069$	$\sigma^2_{pir,e}$	0.007	0.005	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
Relative error variance ( $\sigma^2_{Rel}$ )		$\sigma^2\delta$	0.074	0.051	0.040	0.068	0.046	0.035	0.065	0.044	0.034
Absolute error variance ( $\sigma^2_{Abs}$ )		$\sigma^2\Delta$	0.095	0.067	0.053	0.086	0.059	0.046	0.082	0.056	0.043
G-Coeff. For Rel. decision ( $\rho^2_{Rel}$ )		$\rho^2\delta$	0.861	0.899	0.920	0.871	0.908	0.928	0.874	0.911	0.931
G-Coeff. For Absl. decision ( $\rho^2_{Abs}$ )		$\rho^2\Delta$	0.827	0.871	0.895	0.842	0.885	0.909	0.847	0.890	0.913

จากตาราง 9 ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G – Coefficient) ในการศึกษา D (D-Study) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยมีเงื่อนไขของการวัด คือ ความยาวของแบบวัด ซึ่งได้กำหนดระดับเป็น 10, 15 และ 20 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจแบบวัด ซึ่งได้กำหนดระดับเป็น 1, 2 และ 3 คน พบว่า ความยาวของแบบวัด 20 ข้อ จำนวนผู้ตรวจ 3 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์สูงสุด เท่ากับ 0.913 รองลงมาคือความยาวของแบบวัด 20 ข้อ จำนวนผู้ตรวจ 2 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์สูงสุด เท่ากับ 0.909 ส่วนความยาวของแบบวัด 10 ข้อ ที่มีจำนวนผู้ตรวจ 1 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.827 แสดงได้ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เมื่อกำหนดความยาวของแบบวัดเป็น 10, 15 และ 20 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจ 1, 2 และ 3 คน

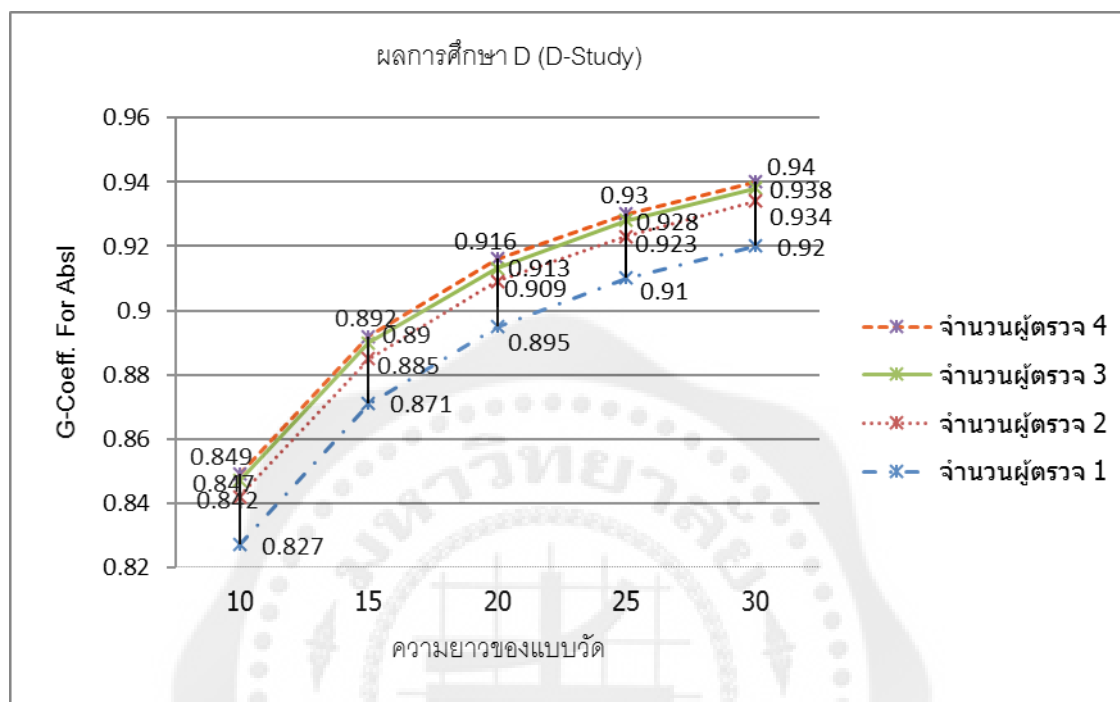
จากภาพประกอบ 5 พบว่าเมื่อความยาวของแบบวัดเป็น 20 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจ 3 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสูงสุด และเมื่อความยาวของแบบวัดเป็น 10 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจ 1 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงต่ำสุด

ในการศึกษา D (D-Study) ผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติม ในกรณีเพิ่มความยาวของแบบวัดจาก ระดับ 10, 15, 20 ข้อ เป็น 10, 15, 20, 25, และ 30 ข้อ และเพิ่มจำนวนผู้ตรวจแบบวัดจาก 1, 2, และ 3 คน เป็น 1, 2, 3 และ 4 คน แล้วนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำแนกตาม ความยาวของแบบวัด และจำนวนผู้ตรวจ

ความยาวของแบบวัด	จำนวนผู้ตรวจ	$p^2_{Abs}$
10	1	0.827
	2	0.842
	3	0.847
	4	0.849
15	1	0.871
	2	0.885
	3	0.890
	4	0.892
20	1	0.895
	2	0.909
	3	0.913
	4	0.916
25	1	0.910
	2	0.923
	3	0.928
	4	0.930
30	1	0.920
	2	0.934
	3	0.938
	4	0.940

จากตาราง 10 พบว่า เมื่อเพิ่มความยาวของแบบวัด เป็น 25 ข้อ และ 30 ข้อ และเพิ่มจำนวนผู้ตรวจเป็น 4 คน จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพิ่มขึ้น แสดงได้ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เมื่อกำหนดความยาวของแบบวัดเป็น 10, 15, 20, 25 และ 30 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจ 1, 2, 3 และ 4 คน

จากภาพประกอบ 6 พบว่าเมื่อเพิ่มความยาวของแบบวัดเป็น 25 และ 30 ข้อ และเพิ่มผู้ตรวจเป็น 4 คน จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่เพิ่มขึ้น โดยความยาวของแบบวัด 30 ข้อและจำนวนผู้ตรวจ 4 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสูงสุด รองลงมาคือความยาวของแบบวัด 30 ข้อและจำนวนผู้ตรวจ 3 คน และเมื่อความยาวของแบบวัดเป็น 10 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจ 1 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงต่ำสุด

เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เมื่อจำนวนผู้ตรวจเป็น 1 คน, 2 คน, 3 คน และ 4 คน โดยมีความยาวของแบบวัดต่างกันเป็นรายคู่ โดยแปลงค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเป็นคะแนนมาตรฐาน (Fisher' s Z) แล้วทดสอบด้วยการทดสอบซี (Z – test) ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่มีความยาวของแบบวัดต่างกันเป็นรายคู่ เมื่อจำนวนผู้ตรวจเท่ากัน

ผู้ตรวจให้ คะแนน (คน)	ความยาวของ แบบวัด (ข้อ)	$\rho^2_{\text{Abs}}$	$Z_r$	Z				
				10	15	20	25	30
1	10	0.827	1.179	-	2.419*	3.630*	4.727*	5.550*
	15	0.871	1.337		-	1.481	2.578*	3.411*
	20	0.895	1.447			-	1.097	1.931*
	25	0.910	1.528				-	0.833
	30	0.920	1.589					-
2	10	0.842	1.128	-	2.380*	3.979*	5.160*	6.243*
	15	0.885	1.398		-	1.671	2.852*	3.935*
	20	0.909	1.522			-	1.181	2.264*
	25	0.923	1.609				-	1.083
	30	0.934	1.689					-
3	10	0.847	1.245	-	2.391*	4.061*	5.396*	6.444*
	15	0.890	1.422		-	1.671	3.005*	4.053*
	20	0.913	1.545			-	1.335	2.382*
	25	0.928	1.644				-	1.048
	30	0.938	1.721					-
4	10	0.849	1.253	-	2.426*	4.213*	5.497*	6.577*
	15	0.892	1.432		-	1.788	3.072*	4.151*
	20	0.916	1.564			-	1.284	2.363*
	25	0.930	1.658				-	1.079
	30	0.940	1.738					-

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 11 พบว่าเมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาเปรียบเทียบกัน เมื่อจำนวนผู้ตรวจเท่ากันในระดับต่าง ๆ แต่ความยาวของแบบวัดต่างกันเป็นรายคู่ พบว่า ส่วนใหญ่สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้น ในกรณีที่สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกันคือ

กรณีที่ผู้ตรวจ 1 คน จำนวนความยาวของแบบวัด 20 ข้อ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน กับจำนวนความยาวของแบบวัด 15 ข้อ และ 25 ข้อ และจำนวนความยาวของแบบวัด 25 ข้อ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกันกับจำนวนความยาวของแบบวัด 30 ข้อ

กรณีที่ผู้ตรวจ 2 คน จำนวนความยาวของแบบวัด 20 ข้อ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน กับจำนวนความยาวของแบบวัด 15 ข้อ และ 25 ข้อ และจำนวนความยาวของแบบวัด 25 ข้อ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน กับจำนวนความยาวของแบบวัด 30 ข้อ

กรณีที่ผู้ตรวจ 3 คน จำนวนความยาวของแบบวัด 20 ข้อ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน กับจำนวนความยาวของแบบวัด 15 ข้อ และ 25 ข้อ และจำนวนความยาวของแบบวัด 25 ข้อ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน กับจำนวนความยาวของแบบวัด 30 ข้อ

กรณีที่ผู้ตรวจ 4 คน จำนวนความยาวของแบบวัด 20 ข้อ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน กับจำนวนความยาวของแบบวัด 15 ข้อ และ 25 ข้อ และจำนวนความยาวของแบบวัด 25 ข้อ สัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน กับจำนวนความยาวของแบบวัด 30 ข้อ

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่าจำนวนความยาวของแบบวัดที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัด ส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเพื่อให้ทราบว่า จำนวนผู้ตรวจให้คะแนนที่แตกต่างกันคู่ใด ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบความแตกต่างกันเป็นรายคู่ โดยแปลงค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเป็นคะแนนมาตรฐาน (Fisher' s Z) แล้วทดสอบด้วยการทดสอบที (Z – test) ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 ผลการทดสอบความแตกต่างค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่มีจำนวนผู้ตรวจต่างกันเป็นรายคู่ เมื่อความยาวของแบบวัดเท่ากัน

ความยาวของ แบบวัด (ข้อ)	ผู้ตรวจให้ คะแนน(คน)	$p^2_{Abs}$	$Z_r$	Z			
				1	2	3	4
10	1	0.827	1.179	-	0.670	0.906	1.002
	2	0.842	1.228		-	0.236	0.333
	3	0.847	1.245			-	0.096
	4	0.849	1.253				-
15	1	0.871	1.337	-	0.829	1.148	1.279
	2	0.885	1.398		-	0.319	0.450
	3	0.890	1.422			-	0.131
	4	0.892	1.432				-
20	1	0.895	1.447	-	1.019	1.338	1.586
	2	0.909	1.522		-	0.319	0.567
	3	0.913	1.545			-	0.248
	4	0.916	1.564				-
25	1	0.910	1.528	-	1.103	1.575	1.773
	2	0.923	1.609		-	0.472	0.670
	3	0.928	1.644			-	0.198
	4	0.930	1.658				-
30	1	0.920	1.589	-	1.352	1.790	2.019*
	2	0.934	1.689		-	0.437	0.667
	3	0.938	1.721			-	0.229
	4	0.940	1.738				-

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 12 พบว่า เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาเปรียบเทียบกัน เมื่อความยาวของแบบวัดเท่ากันในระดับต่าง ๆ แต่จำนวนผู้ตรวจต่างกันเป็นรายคู่ พบว่า ส่วนใหญ่ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน ยกเว้น กรณีที่ความยาวของแบบวัด 30 ข้อ จำนวนผู้ตรวจ 1 คน กับ จำนวนผู้ตรวจ 4 คน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มเขตกรุงเทพใต้ จำนวน 57 โรงเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 4,078 คน และกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 11 โรงเรียน จำนวน 370 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi – Stage Sampling)

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 1 ฉบับ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ตอนที่ 3 วัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ตอนที่ 4 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และตอนที่ 5 วัดการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจากการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน แล้ววิเคราะห์หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัด โดยพิจารณาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้เป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ต้องมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยใช้สูตรของวิทนีเยอร์และซาเบอ์ (Whithey; & Sabers) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' s Alpha Coefficient :  $\alpha$ ) จากนั้นนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง และหาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G – Coefficient) ตามทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด

## สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย โดยได้ผลสรุปตามลำดับ ดังนี้

1. การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 1 ฉบับ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ตอนที่ 3 วัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ตอนที่ 4 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และตอนที่ 5 วัดการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และได้คุณภาพของเครื่องมือแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งตรวจสอบโดยวิเคราะห์ข้อคำถามที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเหมาะสม และความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านพิจารณา มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ซึ่งมีค่าความยาก (Difficulty) ตั้งแต่ 0.31 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ตั้งแต่ 0.20 – 0.77 และประมาณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของ ครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.95

2. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมบูรณ์ ( $p^2_{Abs}$ ) และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเชิงตัดสินใจสัมพัทธ์ ( $p^2_{Rel}$ ) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G-String version 6.3.8 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งออกแบบการวัดเป็นแบบ Two-facet design โดยมีรูปแบบการวัดเป็น  $p \times i \times r$  เมื่อ  $p$  แทน ผู้สอบ  $i$  แทน ความยาวของแบบวัด และ  $r$  แทน จำนวนผู้ตรวจแบบวัด

ผลจากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยมีเงื่อนไขของการวัด คือ ความยาวของแบบวัด ซึ่งได้กำหนดระดับความยาวของแบบวัดเป็น 10, 15 และ 20 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจแบบวัด ซึ่งได้กำหนดระดับเป็น 1, 2 และ 3 คน เป็นดังนี้ ความยาวของแบบวัด 10 ข้อ ที่มีผู้ตรวจ 1, 2 และ 3 คน มีค่าเท่ากับ 0.83 0.84 และ 0.85 ตามลำดับ ส่วนความยาวของแบบวัด 15 ข้อ ที่มีผู้ตรวจ 1, 2 และ 3 คน มีค่าเท่ากับ 0.87 0.89 และ 0.89 ตามลำดับ และความยาวของแบบวัด 20 ข้อ ที่มีผู้ตรวจ 1, 2 และ 3 คน มีค่าเท่ากับ 0.90 0.91 และ 0.91 ตามลำดับ

## อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดในการสร้างแบบวัดสาระที่ 6 ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา 2) ความสามารถในการให้เหตุผล 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ และ 5) มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 90) ที่ประกอบด้วย 6 สาระการเรียนรู้ 5 สาระแรกเป็นสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับเนื้อหาประกอบด้วย จำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต และการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ส่วนสาระที่ 6 เป็นสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละสาระการเรียนรู้จะแบ่งออกเป็นมาตรฐานต่าง ๆ สำหรับสาระการเรียนรู้ที่ 6 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มี 1 มาตรฐาน คือ มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่าในการสร้างแบบวัดจะต้องวางแผนการสร้างตามขั้นตอน การกำหนดวัตถุประสงค์ พฤติกรรมบ่งชี้ชัดเจน ทำให้สร้างข้อสอบได้ง่ายขึ้น และตรงกับเป้าหมายที่ต้องการวัด การกำหนดจำนวนข้อของแบบวัดจะต้องกำหนดในภาพรวมที่เหมาะสมกับเนื้อหา เวลา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย สาคร สียานอก (2556: 155-156) ที่สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้สร้างแบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ในทักษะที่ 1 - 4 และเป็นแบบทดสอบอัตนัย ในทักษะที่ 5 และสอดคล้องกับนัฐพร ต้อจันตา (2551: 126-127) ที่สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ฉบับ โดยสร้างเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ในทักษะที่ 1-4 และเป็นข้อสอบอัตนัย ในทักษะที่ 5 เหมือนกัน และในการตรวจคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นดังนี้

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าความเที่ยงตรง ตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 ซึ่งมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เป็นไปตามเกณฑ์แบบทดสอบที่มีคุณภาพ กล่าวคือ ดัชนีความสอดคล้อง มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ. 2556: 268 - 269) ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก พบว่ามีค่าความยากตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.80 และมีค่า

อำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.77 ซึ่งมีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับ ล้วน สายยศ (2539: 184) ที่กล่าวว่าค่าความยากของข้อสอบควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และสอดคล้องกับ สุวิมล ติรกาพันธ์ (2551: 151) ที่กล่าวว่าค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่สร้างขึ้น มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกเหมาะสมตามเกณฑ์ สามารถใช้วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ ส่วนค่าความเชื่อมั่น ที่ตรวจสอบโดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.95 ซึ่งแบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดที่เหมาะสม ตามเกณฑ์แบบทดสอบที่มีคุณภาพ กล่าวคือ ค่าความเชื่อมั่นที่มีค่าใกล้ 1.00 แสดงว่าคะแนนผลการสอบแต่ละข้อ หรือแต่ละตอนภายในฉบับให้ผลสอดคล้องกันมาก ถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง (ไพศาล วรคำ, 2556: 116) ซึ่งสอดคล้องกับ นัฐพร ต้อมจันตา (2551: 126-127) ที่สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยแบ่งเป็น 5 ทักษะ และได้ค่าความเชื่อมั่น ตั้งแต่ 0.78 ถึง 0.83 และสอดคล้องกับ จริยา วดี ชูวงศ์ศิริกุล (2549: 81) ที่พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.97

2. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่มีความยาวของแบบวัด 10 ข้อ ที่มีผู้ตรวจ 1, 2 และ 3 คน มีค่าเท่ากับ 0.827 0.842 และ 0.847 ตามลำดับ ส่วนความยาวของแบบวัด 15 ข้อ ที่มีผู้ตรวจ 1, 2 และ 3 คน มีค่าเท่ากับ 0.871 0.885 และ 0.890 ตามลำดับ และความยาวของแบบวัด 20 ข้อ ที่มีผู้ตรวจ 1, 2 และ 3 คน มีค่าเท่ากับ 0.895 0.909 และ 0.913 ตามลำดับ จากผลการวิจัยพบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีคุณภาพด้านความเชื่อมั่น (G - Coefficient) สูง และพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนผู้ตรวจหรือจำนวนแบบวัด เป็นระดับ 25 ข้อ และ 30 ข้อ และจำนวนผู้ตรวจเป็น 4 คน จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัด ที่มีจำนวนผู้ตรวจเท่ากัน เมื่อความยาวของแบบวัดเป็น 10, 15, 20, 25 และ 30 ข้อ ส่วนใหญ่มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งความยาวของแบบวัดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่สูงที่สุด คือ ความยาวของแบบวัด จำนวน 30 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรรธมา อัยวรรณ (2548: 93) ที่ศึกษาการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบอัตนัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่มีความยาวของแบบทดสอบ วิธีการตรวจ และจำนวนผู้ตรวจ แตกต่างกัน พบว่าเมื่อความยาวของแบบทดสอบแตกต่างกัน วิธีการตรวจเหมือนกัน จำนวนผู้ตรวจเท่ากัน มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .05 โดยความยาวของแบบทดสอบที่เพิ่มขึ้นจะให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่สูงขึ้น

ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัด ที่มีความยาวของแบบวัดเท่ากัน เมื่อจำนวนผู้ตรวจ เป็น 1, 2, 3 และ 4 คน ส่วนใหญ่มีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงไม่แตกต่างกัน แสดงว่า ถ้าความยาวของแบบวัดเท่ากัน จำนวนผู้ตรวจไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากเกณฑ์การให้คะแนนมีความชัดเจน ผู้ตรวจมีความเข้าใจในเกณฑ์การตรวจให้คะแนนตรงกัน และปฏิบัติตามเกณฑ์การให้คะแนนอย่างเคร่งครัด ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบวัดไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ ส.วาสนา ประवालพฤษ์ (ดิเรก ทวยมีฤทธิ์. 2545: 229; อ้างอิงจาก ส.วาสนา ประवालพฤษ์. 2533) ที่ได้อธิบายไว้ การที่การให้คะแนนมีความสอดคล้องกันสูง เนื่องจากผู้ตรวจมีความเข้าใจตรงกันกับคำชี้แจงของเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดไว้ ทำให้ผลการตรวจของผู้ตรวจแต่ละคน มีความสอดคล้องกันมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชูชาน และคณะ (ปวีณา ปีอาทิพย์. 2545: 66; อ้างอิงจาก Suzanne; et al. 1997) ที่ว่าความคลาดเคลื่อนที่เนื่องมาจากผู้ตรวจจะมีค่าน้อยมาก เมื่อมีเกณฑ์การให้คะแนนชัดเจน และเป็นที่น่าสังเกตว่าหากต้องการให้ผลการวัดมีค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสูงตามกำหนด สามารถดำเนินการได้ 2 กรณี (1) ในการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัย ถ้าใช้ผู้ตรวจจำนวนน้อย จะต้องเพิ่มความยาวของแบบวัด (2) ถ้าผู้ตรวจมีเพียงพอ ควรใช้แบบวัดที่มีจำนวนน้อยลงแต่ต้องครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัด ทั้งนี้จะเพิ่มความยาวของแบบทดสอบหรือผู้ตรวจนั้น จะต้องพิจารณาว่าสามารถปฏิบัติได้จริง มีความสะดวกและประหยัด ในการเรียนการสอนเราสามารถเพิ่มความยาวของแบบวัดได้มากกว่าเพิ่มจำนวนผู้ตรวจ โดยเฉพาะการใช้ครูจำนวนมากเป็นสิ่งที่ทำได้ยากสำหรับการประเมินในโรงเรียน แต่การเพิ่มจำนวนความยาวของแบบวัดอาจจะทำได้ง่ายกว่า

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการวิจัย พบว่าในกรณีที่ผู้ตรวจให้คะแนนมีจำนวนน้อย ควรเพิ่มความยาวของแบบวัด เนื่องจากเมื่อความยาวของแบบวัดเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงที่สูงขึ้น แต่ควรคำนึงถึงระดับชั้นที่นำไปใช้วัด ถ้าเป็นนักเรียนในระดับประถมศึกษา เมื่อความยาวของแบบวัดมากเกินไป อาจทำให้เกิดความเหนื่อยล้า ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด

1.2 ในกรณีที่ใช้แบบวัดที่มีความยาวน้อย ควรเพิ่มจำนวนผู้ตรวจ แต่ถ้ามีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนผู้ตรวจ ควรมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ชัดเจน และปฏิบัติตามเกณฑ์การให้คะแนนอย่างเคร่งครัด เพื่อให้ผลการตรวจมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3 จากการดำเนินการวิจัย พบว่าการนำแบบวัดทักษะกระบวนการไปใช้แต่ละครั้ง ควรบริหารเวลาในการสอบ โดยแยกวัดทักษะแต่ละด้าน และไม่ควรวัดทั้ง 5 ด้านในคราวเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดความคลาดเคลื่อน อันเนื่องมาจากการดำเนินการสอบและความเหนื่อยล้าของผู้สอบ

1.4 จากการดำเนินการวิจัย มีข้อสังเกตว่า ควรมีการอธิบายเกณฑ์การให้คะแนน ให้ผู้ตรวจเข้าใจตรงกัน และปฏิบัติตามเกณฑ์การให้คะแนนอย่างเคร่งครัด อีกทั้งควรมีการกำหนดคุณสมบัติของผู้ตรวจให้ชัดเจน ต้องเป็นผู้สอนในรายวิชานั้น ๆ ควรมีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในการสอนมากพอสมควร

## 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบการวัดเป็นแบบ 2 ฟาเซท คือ ความยาวของแบบวัด และจำนวนผู้ตรวจแบบวัด เพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่ละเอียดมากขึ้น ควรศึกษาเพิ่มเติม โดยเพิ่มประสบการณ์ของผู้ตรวจในการศึกษาว่า มีผลต่อการตรวจให้คะแนนหรือไม่

2.2 งานวิจัยนี้ เป็นการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับ ความยาวของแบบวัด และจำนวนผู้ตรวจที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้เครื่องมือมีคุณภาพ ดังนั้น หากนำสารสนเทศไปใช้ในการสร้างเครื่องมือแล้วจะทำให้ได้ข้อมูล เกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียนที่สอดคล้องกับความสามารถที่แท้จริง ซึ่งการทำวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรหาแนวทาง วิธีการในการพัฒนา และส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ให้แก่นักเรียนที่มีความสามารถให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้



บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 2552.
- เกรียงศักดิ์ รำพรรณ. (2552). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ในเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 2*. ปริญญาานิพนธ์ ค.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา). กาญจนบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- จรรย์วดี ชูวงศ์ศิริกุล. (2550). *การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากู๋เก็ด*. ปริญญาานิพนธ์. (การประเมินการศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ถ่ายเอกสาร.
- จารุวรรณ ทวันเดช. (2551). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานุริรัมย์ เขต 2*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐกานต์ รัคนาค. (2552). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการเชื่อมโยง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปริญญาานิพนธ์ ค.ด. (สูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ดิเรก ทวยมีฤทธิ์. (2545). *การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของการทดสอบภาคปฏิบัติวิชาวมาตรฐาน วิชาดนตรีและนาฏศิลป์ ระดับประถมศึกษา*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ธิดารัตน์ ธนะขำ. (2553). *การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- ธิดารัตน์ พรหมณะ. (2546). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.

- นพวรรณ ศรีเกตุ. (2550). การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นัฐพร ต้อจันตา. (2552). การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- ปวีณา ป้ออาทิตย์. (2545). การศึกษาจำนวนผู้ประเมินและจำนวนงานเขียนที่เหมาะสม เมื่อใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ปาจริย์ ไทงาม. (2549). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ระดับช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2554. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.
- ไพศาล วรคำ. (2556). การวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6). มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.
- มนัส เมืองมัจฉา. (2551). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- วนัสสุดา เจตนา. (2555). การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 2. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การประเมินการศึกษา). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ถ่ายเอกสาร.
- วนิดา ภู่อี่ยม. (2550). การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคิดเคลื่อนระหว่างแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ แบบประเพณีนิยมกับแบบสอบสองระดับ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- วิชุดา รักชู. (2547). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดระนอง. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.

- ศศิธร เวียงอินทร์. (2547). การพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริชัย กาญจนวาสี; ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์; และ ดิเรก ศรีสุขโข. (2544). การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ: บุญศิริการพิมพ์.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2551). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- (2551). ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- (2552). เอกสารประกอบการอบรมครูคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- สมจิตร กำเหนิดผล. (2546). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ กับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2552). การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรค์. (2537). เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.
- สำราวล สันฐุมิตร. (2551). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์การสอนวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนการพิมพ์.
- สุวิมล ตีรกานันท์. (2551). การสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรในการวิจัยทางสังคมศาสตร์: แนวทางสู่การปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรุณี อ่อนสวัสดิ์. (2551). ระเบียบวิธีวิจัย. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- อัมพร ม้าคนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารี พันธุ์มณี. (2545). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ไยใหม่.

อุษณีย์ บัวศิริพันธุ์. (2543). *การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบวิชา*

*คณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจ จำนวนผู้ตรวจ และประสบการณ์ของผู้ตรวจแตกต่างกัน.*

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรี

นครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อรอุมา อัยวรรณ. (2548). *การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบทดสอบอัตนัยที่มี*

*ความยาวของแบบทดสอบ วิธีการตรวจ และจำนวนผู้ตรวจแตกต่างกัน.* ปริญญาานิพนธ์

กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

Brennan, Robert L. (1983). *Generalizability theory*. New York: Springer-Verlag.

Easley, R. (1994). "The development and evaluation of mathematic assessment of performance and communication (MAPC) test." *Dissertation Abstract International*.

55: 498-A.

Hickendorff, M. (2009). "The language factor in assessing elementary mathematics ability:

Computational skills and applied problem solving in a multidimensional IRT framework." *Applied Measurement in Education*.

White, Jeanne Marie. (2003). "Investigation of Children's Literature for Improving Performance and Attitude of Mathematical Problem Solving." *Dissertation Abstract International*.

64(06): 2012-A.





ภาคผนวก ก  
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

### รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

อาจารย์ ดร.ละเอียด รัชฎ์เฝ้า	- ข้าราชการบำนาญภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย	- อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร.ธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์	- อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ปานวาสน์ महाลวเลิศ	- อาจารย์ประจำสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ศศิธร จันทวี	- ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านสวน(จันทนุสรณ์)



ภาคผนวก ข  
หนังสือขอความอนุเคราะห์







ภาคผนวก ค  
คุณภาพเครื่องมือ



**ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D)  
ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**

ทักษะ	ข้อที่	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	สรุปผล
ความสามารถในการแก้ปัญหา	1.	0.79	0.20	คัดเลือกรั้ว
	2.	0.75	0.29	คัดเลือกรั้ว
	3.	0.89	0.11	คัดออก
	4.	0.86	0.13	คัดออก
	5.	0.72	0.35	คัดเลือกรั้ว
	6.	0.80	0.27	คัดเลือกรั้ว
ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	1.	0.57	0.49	คัดเลือกรั้ว
	2.	0.65	0.13	คัดออก
	3.	0.42	0.53	คัดเลือกรั้ว
	4.	0.31	0.55	คัดเลือกรั้ว
	5.	0.50	0.43	คัดเลือกรั้ว
	6.	0.39	0.03	คัดออก
ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	1.	0.63	0.43	คัดเลือกรั้ว
	2.	0.52	0.55	คัดเลือกรั้ว
	3.	0.65	0.15	คัดออก
	4.	0.48	0.63	คัดเลือกรั้ว
	5.	0.70	0.35	คัดเลือกรั้ว
	6.	0.78	0.17	คัดออก
ความสามารถความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ	1.	0.56	0.58	คัดเลือกรั้ว
	2.	0.54	0.69	คัดเลือกรั้ว
	3.	0.55	0.59	คัดเลือกรั้ว
	4.	0.54	0.77	คัดเลือกรั้ว
	5.	0.40	0.79	คัดเลือกรั้ว
	6.	0.26	0.25	คัดเลือกรั้ว

ทักษะ	ข้อที่	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการคัดเลือก
การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	1.	0.39	0.57	คัดเลือกไว้
	2.	0.36	0.40	คัดเลือกไว้
	3.	0.48	0.58	คัดเลือกไว้
	4.	0.48	0.42	คัดเลือกไว้
	5.	0.55	0.45	คัดเลือกไว้
	6.	0.53	0.35	คัดเลือกไว้



**แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์  
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 20 ข้อ ให้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที โดยแบ่งข้อคำถามเป็น 5 ตอน ดังนี้

- |  |             |
|--|-------------|
| 1.1 ความสามารถในการแก้ปัญหา  | จำนวน 4 ข้อ |
| 1.2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์  | จำนวน 4 ข้อ |
| 1.3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ                                     | จำนวน 4 ข้อ |
| 1.4 ความสามารถความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ | จำนวน 4 ข้อ |
| 1.5 การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์  | จำนวน 4 ข้อ |

2. ในแต่ละข้อกำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาให้ ให้นักเรียนแสดงวิธีการคิด พร้อมทั้งแสดงเหตุผลในการคิด และแสดงขั้นตอนการคำนวณเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้

3. พยายามอธิบายคำตอบให้ชัดเจน ใช้สัญลักษณ์และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้อง สามารถใช้รูปภาพ, แผนภาพ หรือตารางประกอบการอธิบายได้ตามความเหมาะสม

\*\*\*\*\*

ชื่อ..... ชั้น.....  
โรงเรียน.....

**ตอนที่ 1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ชั้นเดียว)**

ข้อ 1) วิชาคณิตศาสตร์คะแนนเต็ม 30 คะแนน จงกิสอบได้คะแนนร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม  
จงกิสอบวิชาคณิตศาสตร์ได้กี่คะแนน

แสดงวิธีการคิดแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลจากการแก้ปัญหา

.....

ข้อ 2) กระดาษพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีด้านกว้าง 4.5 เมตร ยาว 6 เมตร และสูง 2 เมตร  
ถ้าใส่ทรายให้เต็ม จะบรรจุทรายได้ที่ลูกบาศก์เมตร

แสดงวิธีการคิดแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลจากการแก้ปัญหา

.....

### แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา (ซับซ้อน)

ข้อ 3) จังหวัดหนึ่งมีประชากรหญิง 650,624 คน มีประชากรชายน้อยกว่าประชากรหญิงอยู่ 1,250 คน  
จังหวัดนี้มีประชากรทั้งหมดกี่คน

แสดงวิธีการคิดแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลจากการแก้ปัญหา

.....

ข้อ 4) ซื้อจักรยานยนต์ราคา 45,000 บาท นำไปขายต่อขาดทุน 20% ของราคาที่ตั้งมา  
ขายจักรยานยนต์ราคากี่บาท

แสดงวิธีการคิดแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

สรุปผลจากการแก้ปัญหา

.....

## ตอนที่ 2 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ข้อ 1) ร้านก้อย และร้านเก้ ขายเสื้อกันหนาวแบบเดียวกัน

ร้านก้อย ตัดราคาเสื้อกันหนาวไว้ 260 บาท และลดราคาให้ผู้ซื้อ 40 บาท

ร้านเก้ ตัดราคาเสื้อกันหนาวไว้ 300 บาท และลดราคาให้ผู้ซื้อ 30%

นักเรียนควรเลือกซื้อเสื้อกันหนาวจากร้านใด เพราะเหตุใด

อธิบายขั้นตอนการคิด

.....

.....

.....

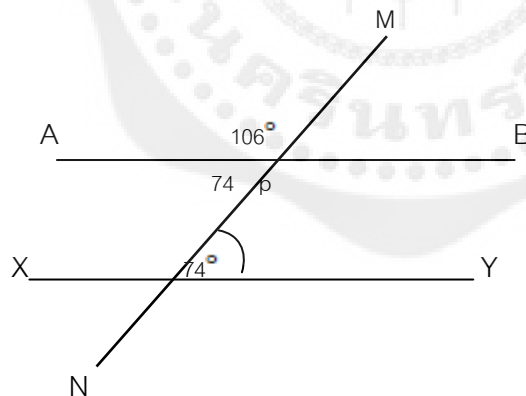
.....

.....

สรุปผลของคำตอบ

.....

ข้อ 2)



จากภาพที่กำหนดให้ อยากรทราบว่า  $\overline{AB} \parallel \overline{XY}$  หรือไม่ เพราะเหตุใด

อธิบายขั้นตอนการคิด

.....

สรุปผลของคำตอบ

.....

ข้อ 3)  $K - 11 = 11$  คำตอบของสมการ คือ 11 ถูกต้องหรือไม่ เพราะเหตุใด

อธิบายขั้นตอนการคิด

.....

.....

.....

.....

สรุปผลของคำตอบ

.....

ข้อ 4) ในการแข่งขันฟุตบอล มีการให้คะแนนดังนี้ ชนะได้ 3 คะแนน เสมอได้ 1 คะแนน แพ้ได้ 0 คะแนน  
 ถ้าทีมสคูลได้คะแนน 11 คะแนน จงหาว่าทีมสคูลเข้าร่วมการแข่งขันอย่างน้อยที่สุดกี่ครั้ง และผลการแข่งขันมีชนะกี่ครั้ง เสมอกี่ครั้ง หรือแพ้กี่ครั้ง

อธิบายขั้นตอนการคิด

.....

.....

.....

.....

สรุปผลของคำตอบ

.....

ตอนที่ 3 แบบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

ข้อ 1) ฟাঁห่อของขั้วขนาดเท่ากัน 18 ห่อ แต่ละห่อฟ้าใช้ริบบิ้น 3.25 เมตร เมื่อห่อครบ18 ห่อ ยังเหลือริบบิ้นในม้วนอีก 1.50 เมตร ริบบิ้นม้วนนี้ยาวเท่าใด จากโจทย์ปัญหาดังกล่าวให้นักเรียนเขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และหาคำตอบ

ประโยคสัญลักษณ์

.....

วิธีคิดหาคำตอบ

.....

.....

.....

สรุปคำตอบ

.....

ให้นักเรียนเปลี่ยนประโยคสัญลักษณ์ต่อไปนี้ ให้เป็น โจทย์ปัญหา

ข้อ 2)  $(A + 1,990) - 475 = 2,450$

โจทย์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

ข้อ 3) ให้นักเรียนเขียนแผนผังแสดงการเดินทางไปสนามเด็กเล่นของโจโจ้

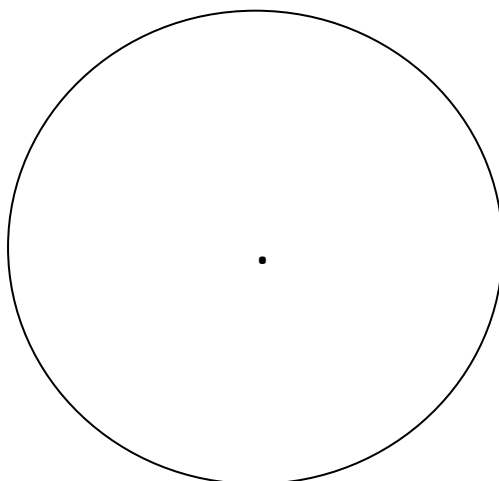
โดยโจโจ้เริ่มออกจากบ้านไปทางทิศเหนือ 100 เมตร แล้วเดินไปทางทิศตะวันตก 250 เมตร ถึงสี่แยกแล้วเดินไปทางทิศเหนืออีก 200 เมตร จากนั้นเดินต่อไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 150 เมตร ถึงสนามเด็กเล่น (มาตราส่วน 1 ซม. : 50 ม.)



น

ข้อ 4) ให้นักเรียนเขียนแผนภูมิรูปวงกลมแสดงจำนวนครูและนักเรียนของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 400 คน โดยที่มีครู 50 คน นักเรียนชาย 150 คน และนักเรียนหญิง 200 คน

ชื่อแผนภูมิ .....



ตอนที่ 4 แบบวัดความสามารถความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์  
และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

ข้อ 1) ห้างสรรพสินค้าติดราคาเสื้อไว้ 900 บาท ทางห้างคิดภาษีมูลค่าเพิ่มอีก 7% ของราคาที่ติดไว้  
จะต้องจ่ายเงินซื้อเสื้อราคาเท่าใด

ขั้นตอนการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

ดังนั้น จะได้ปริมาตรน้ำในตู้ปลา.....ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข้อ 2) กำหนดให้  $c, d$  เป็นจำนวนนับใดๆ ถ้า  $c \# d = \frac{c \times d}{2}$  แล้วค่าของ  $4 \# 6$  เท่ากับเท่าใด

ขั้นตอนการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

ดังนั้น ค่าของ  $(4 \# 6)$  เท่ากับ.....

ข้อ 3)	จักรยาน	ต่อคัน	สามพันบาท
	ที่สามารถ	อยากได้	เป็นหนักหนา
	หรือยบาท	ร้านว่า	ลดราคา
	อยากทราบว่า	ลดราคา	กี่เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนการหาคำตอบ

.....

.....

.....

.....

ดังนั้น ร้านค้าลดราคาจักรยาน .....%

ข้อ 4) จากการอ่านมาตรไฟฟ้าของบ้านเจจุงวอน วันเสาร์อ่านได้ 750 กิโลวัตต์/ชั่วโมง วันอาทิตย์ในเวลาเดียวกันอ่านมาตรไฟฟ้าอีกครั้งเป็น 780 กิโลวัตต์/ชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นกี่กิโลวัตต์/ชั่วโมง

ขั้นตอนการหาคำตอบ

.....

.....

.....

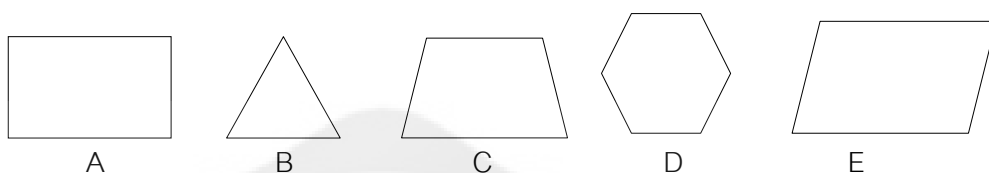
.....

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น.....กิโลวัตต์/ชั่วโมง

### ตอนที่ 5 แบบวัดการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

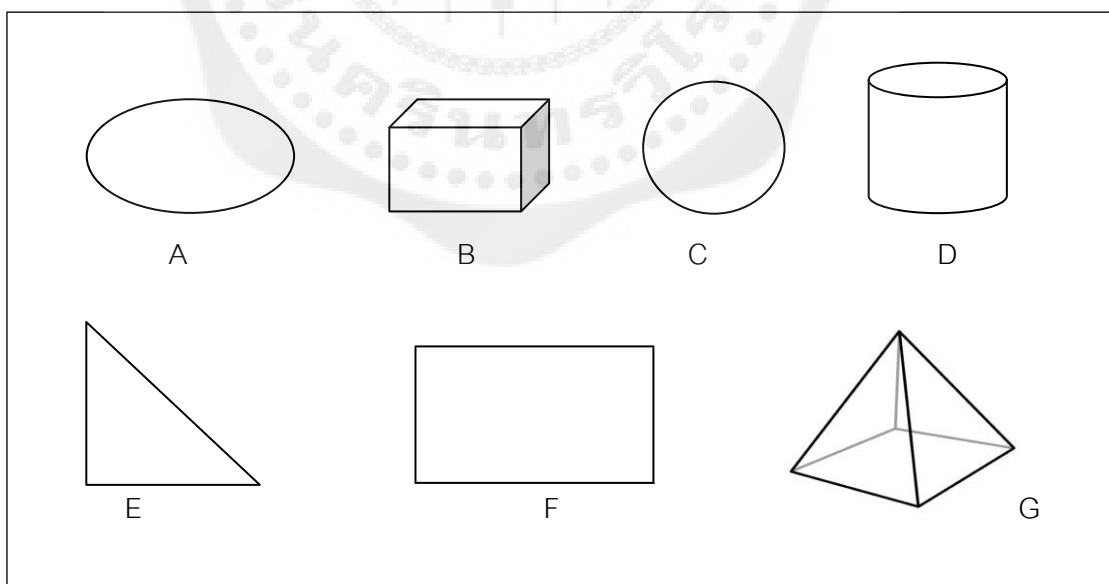
ข้อ 1) ให้นักเรียนสังเกตรูปร่างเรขาคณิตชนิดต่าง ๆ ที่กำหนดให้ จากนั้นจำแนกรูปที่มีคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์เหมือนกันไว้ด้วยกันอย่างน้อย 2 รูป พร้อมบอกด้วยว่า สมบัติทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกนั้น คืออะไร

ตัวอย่าง ข้อ 0) ภาพตัวอย่างที่กำหนดให้



ตัวอย่างคำตอบ

- (1) รูป A D อยู่กลุ่มเดียวกัน เพราะมีจำนวนแกนสมมาตรเท่ากัน
- (2) รูป A C E อยู่กลุ่มเดียวกัน เพราะทั้งสามรูปเป็นรูปสี่เหลี่ยมเหมือนกัน
- (3) รูป A B C D อยู่กลุ่มเดียวกัน เพราะเป็นรูปที่มีแกนสมมาตร



คำตอบ ข้อ 1)

- (1) .....อยู่กลุ่มเดียวกัน เพราะ .....
- (2) .....อยู่กลุ่มเดียวกัน เพราะ .....

(3) .....อยู่กลุ่มเดียวกัน เพราะ .....

ข้อ 2) ที่ดินรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีด้านกว้าง 4.5 เมตร ยาว 9.5 เมตร

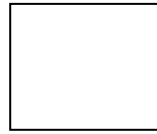
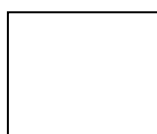
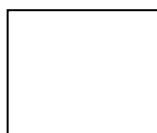
ให้นักเรียนแสดงวิธีหาความยาวรอบรูปที่ดินแปลงนี้ให้ได้จำนวนวิธีคิดที่หลากหลายวิธี

วิธีที่ 1 ความยาวรอบรูปที่ดิน = .....

วิธีที่ 2 ความยาวรอบรูปที่ดิน = .....

วิธีที่ 3 ความยาวรอบรูปที่ดิน = .....

ข้อ 3) ให้นักเรียนแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็น 4 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะต้องมีขนาดที่เท่ากัน และแต่ละรูปที่แบ่งต้องไม่ซ้ำกัน



ให้นักเรียนใช้ตัวเลขและเครื่องหมายที่กำหนดให้ เพื่อทำให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับที่กำหนดให้  
เขียนสมการที่เป็นจริง โดยสามารถใช้ตัวเลขและเครื่องหมายซ้ำกันได้หลายครั้ง

ตัวอย่าง ข้อ 0) ตัวเลขที่กำหนดให้ 2, 6, 10, 20

เครื่องหมายที่กำหนดให้ +, -,  $\times$ ,  $\div$ , ( )

ทำให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 12

ตัวอย่างคำตอบ

$$(1) \quad 10 + 2 = 12$$

$$(2) \quad 6 \times 2 = 12$$

$$(3) \quad 20 - (6 + 2) = 12$$

$$(4) \quad (2 \times 10) - 2 - 6 = 12$$

ข้อ 4)

ตัวเลขที่กำหนดให้ 2, 3, 4, 17

เครื่องหมายที่กำหนดให้ +, -,  $\times$ ,  $\div$ , ( )

ทำให้ได้ผลลัพธ์เท่ากับ 8

คำตอบ ข้อ 4)

(1) .....

(2) .....

(3) .....



**เกณฑ์การตรวจให้คะแนน**  
**แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์**  
**สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**

ทักษะกระบวนการ	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
ความสามารถในการแก้ปัญหา (ข้อ 1-4)	3	- เมื่อแสดงการแก้ปัญหาได้ชัดเจน ทุก ขั้นตอน มีการอธิบายขั้นตอนการได้มาซึ่ง คำตอบ และทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง
	2	- เมื่อแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการอธิบายขั้นตอนบ้างแต่ไม่ชัดเจน แต่ คำตอบถูกต้อง
	1	- เมื่อแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการแสดงวิธีคิดบ้าง แต่ยังไม่ได้คำตอบที่ ถูกต้อง
	0	- เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการ แก้ปัญหาเลย
ความสามารถในการให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ (ข้อ 1-4)	3	- เมื่อแสดงการแก้ปัญหาเพื่อนำไปใช้เป็น ข้อสรุปได้ถูกต้องชัดเจน มีการอธิบายการ ให้เหตุผลที่ชัดเจน และสรุปผลการ แก้ปัญหาถูกต้อง
	2	- เมื่อแสดงการแก้ปัญหาเพื่อนำไปใช้เป็น ข้อสรุปบ้าง แต่ไม่ได้อธิบายการให้เหตุผล ที่ชัดเจน แต่สรุปผลการแก้ปัญหาถูกต้อง
	1	- เมื่อแสดงความพยายามในการให้เหตุผล บ้าง แต่สรุปผลการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
	0	- เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการให้ เหตุผลเลย

ทักษะกระบวนการ	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
<p>ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ</p> <p>ข้อ 1)</p>	3	<p>- เมื่อเขียนประโยคสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง แสดงวิธีคิดหาคำตอบที่ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนทุกขั้นตอน นำเสนอไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง</p>
	2	<p>- เมื่อเขียนประโยคสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง แสดงวิธีคิดหาคำตอบได้บ้าง แต่คำตอบถูกต้อง</p>
	1	<p>- เมื่อเขียนประโยคสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง แสดงวิธีคิดหาคำตอบได้บ้าง แต่คำตอบผิด</p>
	0	<p>- เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในเขียนการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอใดๆเลย</p>
	<p>ข้อ 2)</p>	3
2		<p>- เมื่อเขียนโจทย์ปัญหาได้สอดคล้องถูกต้องบางส่วน</p>
1		<p>- เมื่อมีความพยายามที่จะเขียนโจทย์ปัญหาบ้าง แต่ไม่ถูกต้อง</p>
0		<p>- เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในเขียนการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอใดๆเลย</p>

ข้อ 3)	3	- เมื่อเขียนแผนผังได้ครบถ้วนทุกส่วน และถูกต้องทุกส่วนตามที่โจทย์กำหนดให้
	2	- เมื่อเขียนแผนผังได้ครบทุกส่วน แต่ถูกต้องบางส่วน
	1	- เมื่อมีความพยายามที่จะเขียนแผนผังบ้าง แต่ไม่ครบทุกส่วน และถูกต้องเพียงบางส่วน

ทักษะกระบวนการ	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ข้อ 3)	0	- เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอใดเลย
ข้อ 4)	3	- เมื่อเขียนแผนภูมิวงกลมได้เหมาะสม ครบถ้วนทุกส่วน และถูกต้องทุกส่วนตามที่โจทย์กำหนดให้
	2	- เมื่อเขียนแผนภูมิวงกลมได้ครบทุกส่วน แต่ถูกต้องและเหมาะสมเพียงบางส่วน
	1	- เมื่อมีความพยายามที่จะเขียนแผนภูมิวงกลมบ้าง แต่ไม่ครบทุกส่วน และถูกต้องเหมาะสมเพียงบางส่วน
	0	- เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอใดๆ เลย
ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ (ข้อ 1 – 4 )	3	- เมื่อแสดงการแก้ปัญหาได้ชัดเจน ทุกขั้นตอน มีการอธิบายขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ และทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง
	2	- เมื่อแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการอธิบายขั้นตอนบ้างแต่ไม่ชัดเจน แต่คำตอบถูกต้อง

	1	- เมื่อแสดงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการแสดงวิธีคิดบ้าง แต่ยังไม่ได้คำตอบที่ถูกต้อง
	0	- เมื่อไม่ได้แสดงความพยายามในการแก้ปัญหาเลย
ทักษะกระบวนการ	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ข้อ 1)	3	- เมื่อจำแนกรูปที่มีคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่เหมือนกัน ไว้ด้วยกันอย่างน้อย 2 รูป และอธิบายคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนก ถูกต้อง 3 ข้อ
	2	- เมื่อจำแนกรูปที่มีคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่เหมือนกัน ไว้ด้วยกันอย่างน้อย 2 รูป และอธิบายคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนก ถูกต้อง 2 ข้อ
	1	- เมื่อจำแนกรูปที่มีคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่เหมือนกัน ไว้ด้วยกันอย่างน้อย 2 รูป และอธิบายคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนก ถูกต้อง 1 ข้อ
	0	- เมื่อไม่สามารถจำแนกรูปที่มีคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่เหมือนกัน ไว้ด้วยกันได้เลย
	ข้อ 2)	3
	2	- เมื่อเขียนวิธีคิดในการหาความยาวรอบรูปได้ ถูกต้อง 2 วิธี
	1	- เมื่อเขียนวิธีคิดในการหาความยาวรอบรูปได้ ถูกต้อง 1 วิธี
	0	- เมื่อไม่เขียนวิธีคิดในการหาความยาวรอบรูปเลย

ข้อ 3)	3	- เมื่อแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน และไม่ซ้ำกัน ได้ 5 – 6 รูป
	2	- เมื่อแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน และไม่ซ้ำกัน ได้ 3 – 4 รูป
	1	- เมื่อแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน และไม่ซ้ำกัน ได้ 1 – 2 รูป
	0	- เมื่อไม่สามารถแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กันได้เลย
ทักษะกระบวนการ	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ข้อ 4)	3	- เมื่อเขียนสมการที่เป็นจริง โดยในแต่ละข้อใช้ตัวเลขและเครื่องหมายที่กำหนดให้ และผลลัพธ์เป็นตัวเลขที่กำหนด ถูกต้อง 3 ข้อ
	2	- เมื่อเขียนสมการที่เป็นจริง โดยในแต่ละข้อใช้ตัวเลขและเครื่องหมายที่กำหนดให้ และผลลัพธ์เป็นตัวเลขที่กำหนด ถูกต้อง 2 ข้อ
	1	- เมื่อเขียนสมการที่เป็นจริง โดยในแต่ละข้อใช้ตัวเลขและเครื่องหมายที่กำหนดให้ และผลลัพธ์เป็นตัวเลขที่กำหนด ถูกต้อง 1 ข้อ
	0	- เมื่อไม่สามารถเขียนสมการที่เป็นจริงตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้เลย



#### ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย โปรแกรม G\_String IV Version 6.3.8

- การออกแบบเพื่อวิเคราะห์ Generalizability Theory
- ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย โปรแกรม G\_String IV
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### การออกแบบเพื่อวิเคราะห์ Generalizability Theory

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) ในครั้งนี้ ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 370 คน ทำแบบทดสอบ 1 ฉบับที่มีความยาว 20 ข้อ และถูกตรวจให้คะแนนโดยผู้ตรวจจำนวน 3 คน จึงออกแบบการวัดเป็นแบบ Two-facet design โดยมีรูปแบบการวัดเป็น  $p \times i \times r$

เมื่อ  $p$  แทน ผู้สอบ

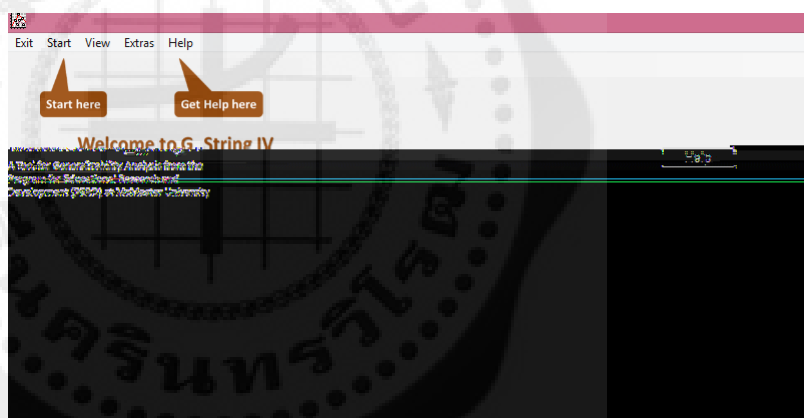
$i$  แทน ความยาวของแบบทดสอบ

$r$  แทน จำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ

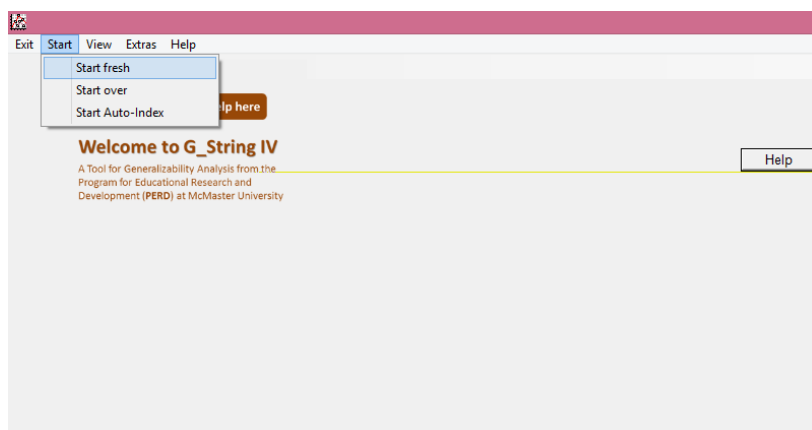
## ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม G\_String IV version 6.3.8

### 1. เปิดโปรแกรม G String IV

เลือก Start



### 2. เลือกเมนู Start > Start fresh



3. ใน Input ตั้งชื่อข้อมูล เลือก Next

Exit Start View Extras Help

Step  
1

Enter project title! Input  
math skills

Next  
Help

4. ช่อง Input ให้เขียนคำอธิบายการวิเคราะห์ เลือก Next

Exit Start View Extras Help

Step  
2

Enter as many lines of comment as necessary. Input  
This is a sample run, using an actual empirical dataset a large number of students are being tested with 370 person each, each 20 items, each 3 raters, with holistic scoring rubric.

Next  
Help

5. ช่อง Subject population ตั้งชื่อกลุ่มตัวอย่าง และเลือกออกแบบการวัดแบบไขว้ทั้งหมด เลือก Next

Exit Start View Extras Help

Step  
3

Define your subject population, a 'one character' abbreviation and indicate whether it is a crossed or nested facet.

Subject population Abbrev. Design  
students | p | crossed nested

Next  
Help

6. ใส่จำนวนฟาเซตที่ต้องการใช้วิเคราะห์ การวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้ฟาเซต จำนวน 2 ฟาเซต เลือก Next

Exit Start View Extras Help

Step  
4

Number of facets  
2

How many facets are there (excluding "subjects")?

Next

Help

7. กำหนดชื่อแต่ละฟาเซตที่ต้องการวิเคราะห์ และเลือกการออกแบบ crossed เลือก Next

Exit Start View Extras Help

Step  
5

For each facet give a descriptive name, a 'one character' abbreviation and indicate whether it is a crossed or nested facet.

Facet name	Abbrev.	Design
		crossed nested
item	i	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>
rater	r	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/>

Next

Help

8. ตรวจสอบข้อมูลของแต่ละฟาเซต เลือก Next

Exit Start View Extras Help

Step  
6

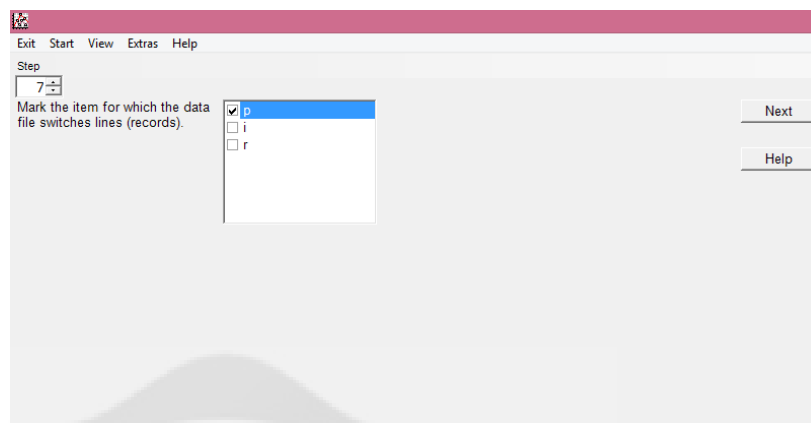
Drag-and-Drop the nested facets to the appropriate 'parents'

From:	To:
	p
	i
	ip
	r
	rp
	ri

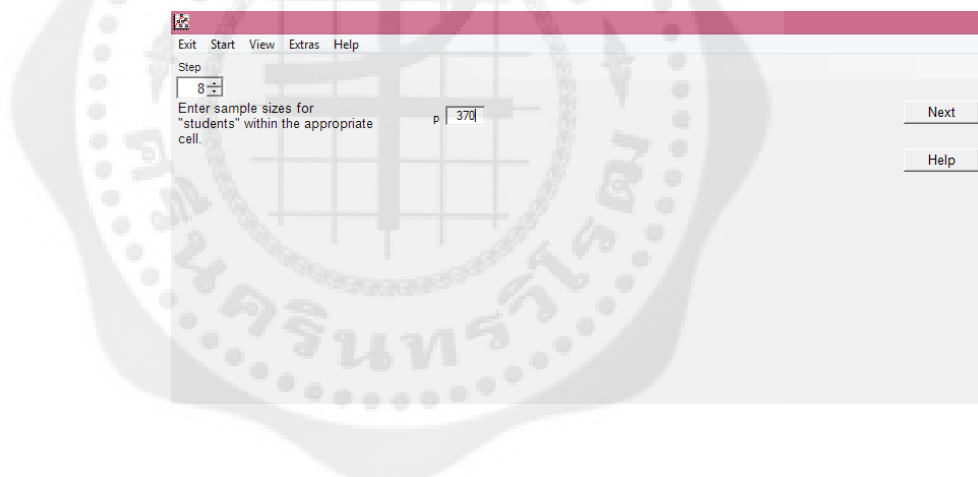
Next

Help

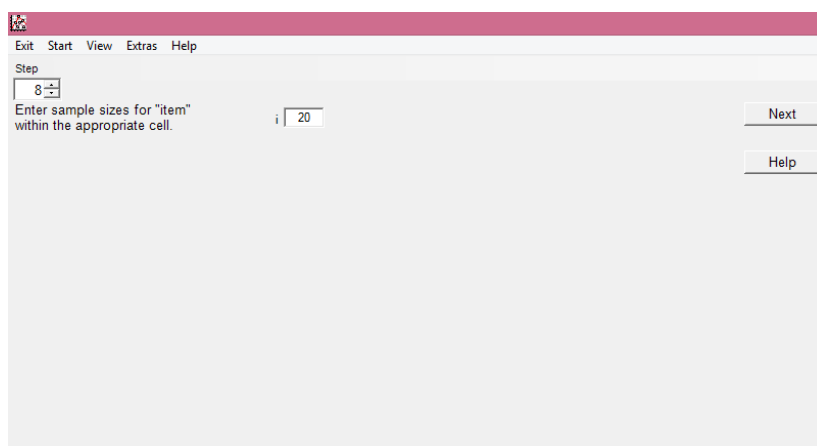
9. เลือกตัวแปรจากข้อมูลที่บันทึกไว้ เลือก Next



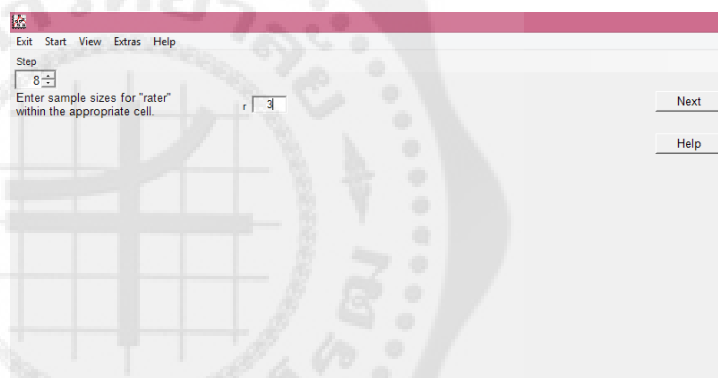
10. ใส่จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 370 คน เลือก Next



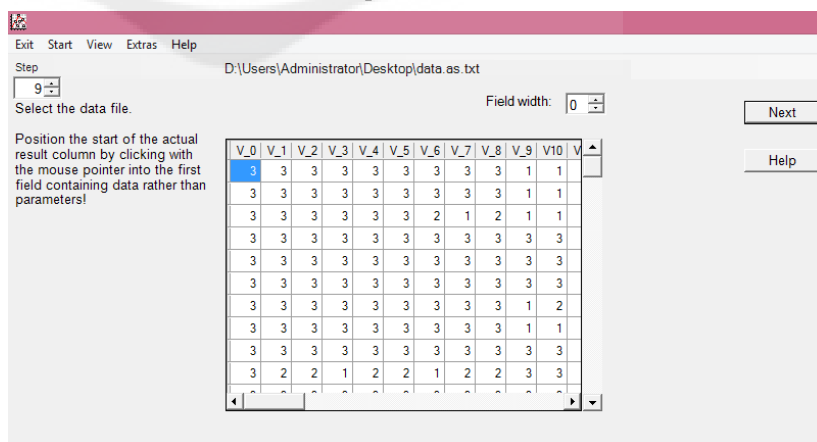
11. ใส่จำนวนความยาวของแบบทดสอบ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ การวิจัยครั้งนี้ใช้ความยาวของแบบทดสอบ ทั้งหมด 20 ข้อ เลือก Next



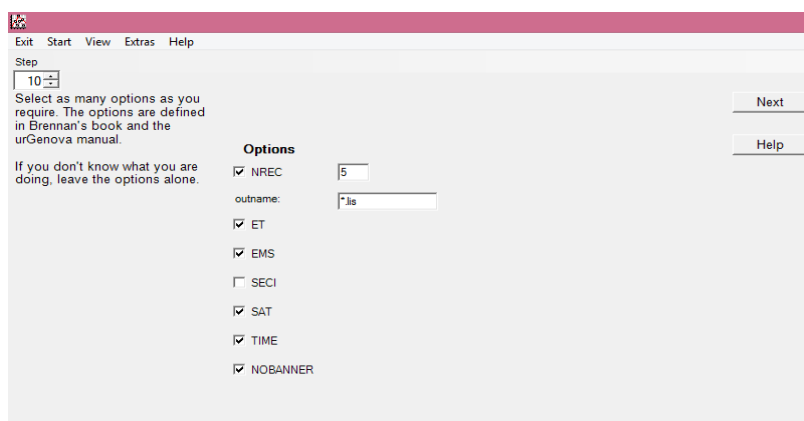
12. ใส่จำนวนผู้ตรวจแบบทดสอบ ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ การวิจัยครั้งนี้ให้ผู้ตรวจแบบทดสอบทั้งหมด 3 คน เลือก Next



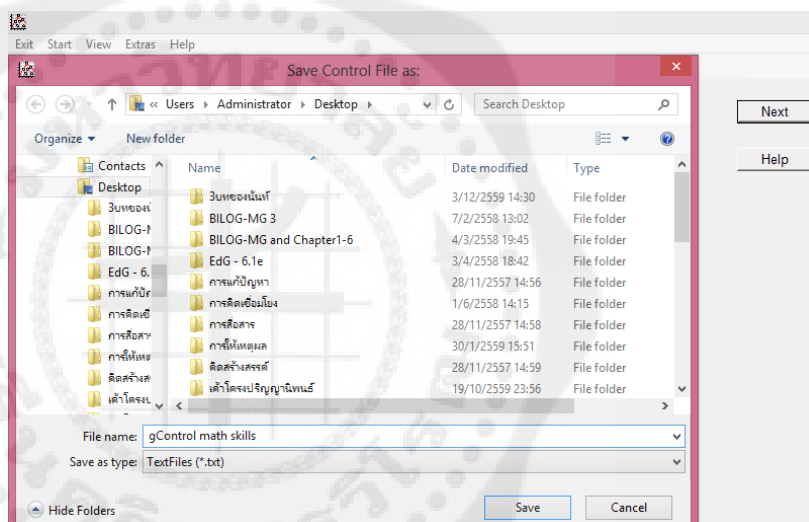
13. นำเข้าข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ในโปรแกรม Notepad หรือข้อมูลที่เป็นไฟล์ .txt เลือก Next



14. ถ้าหากต้องการศึกษาค่าอื่นๆ ศึกษาจากคู่มือเบรเนน เลือก Next



### 15. เลือกจัดเก็บไฟล์แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล



### 16. แสดงผลการวิเคราะห์ G-Study เลือก D-Study เพื่อหาผลการวิเคราะห์ค่า D-Study ในแต่ละเงื่อนไขที่ออกแบบไว้

Exit Start View Extras Help

Step  
12

Facet name	Different	Generalized across		Levels
		random	fixed	
students	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	370.00
item	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	20.00
rater	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.00

**G-Study**

$\sigma^2(\tau) = 0.455$
$\sigma^2(\delta) = 0.034$
$\sigma^2(\Delta) = 0.043$
<b>Absolute error coefficient: <math>\Phi = 0.913</math></b>
<b>Relative error coefficient: <math>E\rho^2 = 0.931</math></b>

D - Study

17. เลือก View > View Results เพื่อต้องการดูข้อมูลคำสั่งการทำงาน และผลการวิเคราะห์ข้อมูล

Exit Start View Extras Help

Step  
12

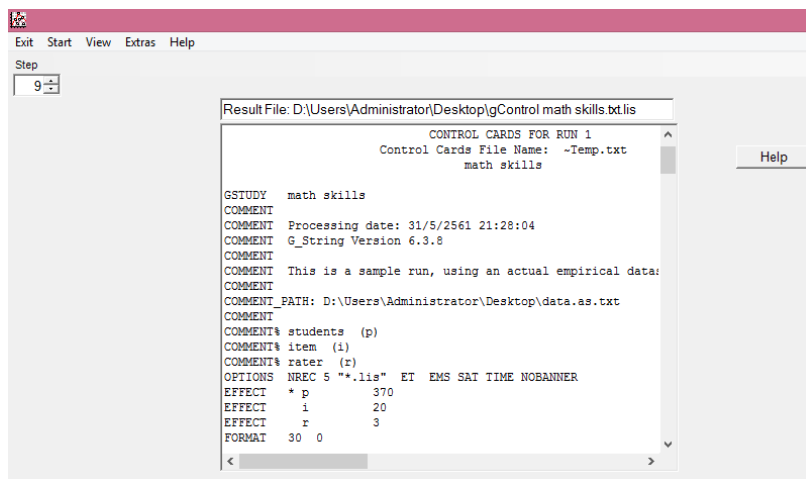
Facet name	Different	Generalized across		Levels
		random	fixed	
students	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	370.00
item	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	20.00
rater	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.00

**G-Study**

$\sigma^2(\tau) = 0.455$
$\sigma^2(\delta) = 0.034$
$\sigma^2(\Delta) = 0.043$
<b>Absolute error coefficient: <math>\Phi = 0.913</math></b>
<b>Relative error coefficient: <math>E\rho^2 = 0.931</math></b>

R - Study

18. ภาพแสดงคำสั่งการทำงานของโปรแกรม



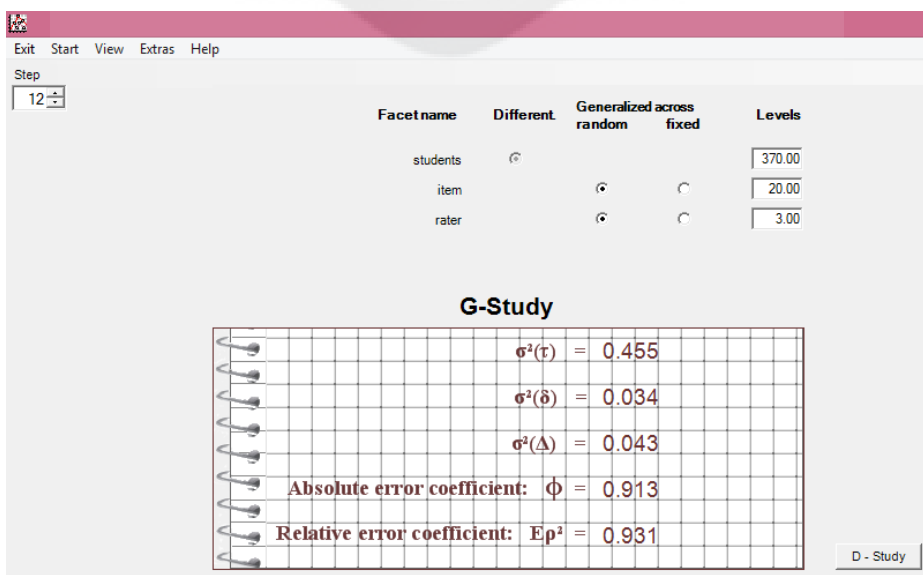
19. ตาราง ANOVA แสดงค่าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละฟากเซท

ANOVA TABLE FOR RUN 1  
math skills

Effect	df	T	SS	MS	VC
p	369	10825.56670	10825.56668	29.33758	0.45531
i	19	3207.07932	3207.07930	168.79365	0.14885
r	2	92.31525	92.31523	46.15761	0.00599
pi	7011	27394.66676	13362.02076	1.90587	0.61228
pr	738	11052.33337	134.45144	0.18218	0.00566
ir	38	3365.33338	65.93883	1.73523	0.00450
pir	14022	28655.33342	967.96117	0.06903	0.06903
Mean		0.00002			
Total	22199		28655.33340		

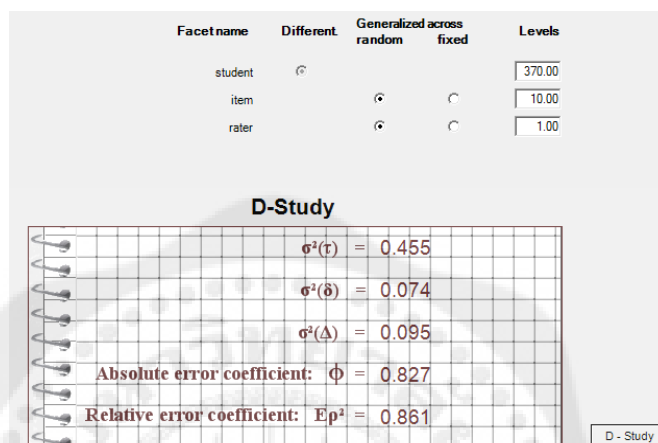
ผลการวิเคราะห์การตรวจคุณภาพเครื่องมือ

ผลการศึกษาเชิงสรุปอ้างอิง (Generalizability Study or G – Study)

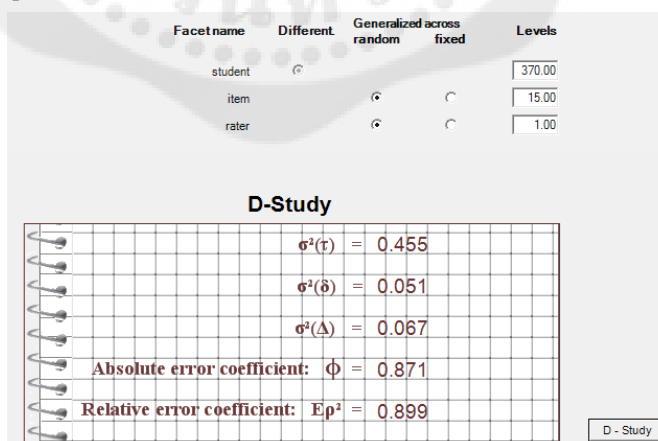


ผลการศึกษาเชิงตัดสินใจ (Decision Study or D - Study)

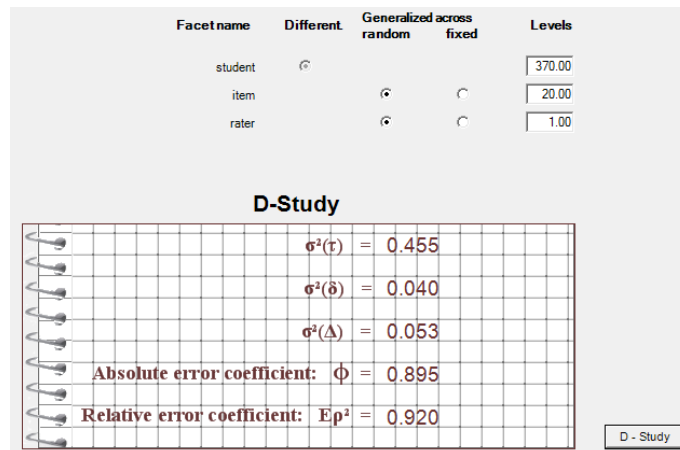
ผู้ตรวจให้คะแนน 1 คน ความยาวของแบบทดสอบ 10 ข้อ



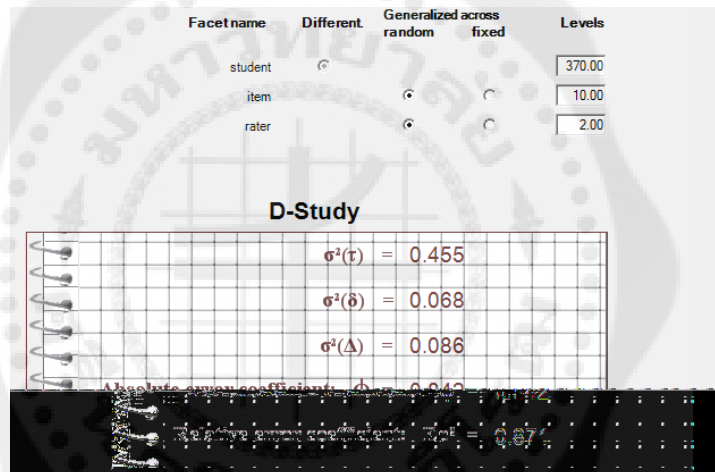
ผู้ตรวจให้คะแนน 1 คน ความยาวของแบบทดสอบ 15 ข้อ



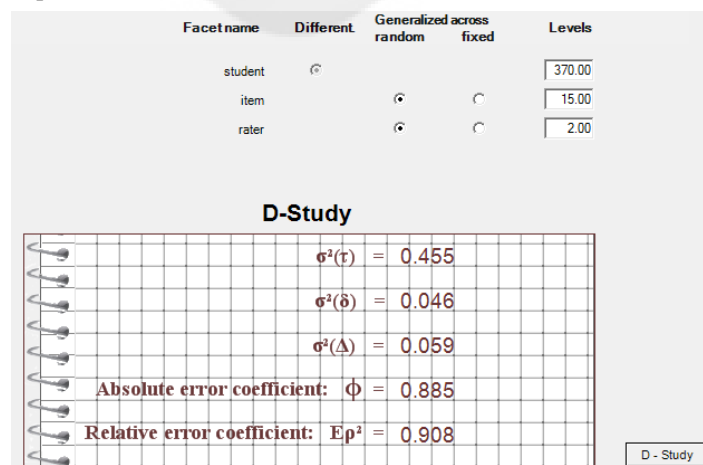
ผู้ตรวจให้คะแนน 1 คน ความยาวของแบบทดสอบ 20 ข้อ



ผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน ความยาวของแบบทดสอบ 10 ข้อ



ผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน ความยาวของแบบทดสอบ 15 ข้อ



ผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน ความยาวของแบบทดสอบ 20 ข้อ

Facet name	Different	Generalized across		Levels
		random	fixed	
student	<input checked="" type="radio"/>			370.00
item		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	20.00
rater		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	2.00

**D-Study**

$\sigma^2(\tau) = 0.455$
$\sigma^2(\delta) = 0.035$
$\sigma^2(\Delta) = 0.046$
<b>Absolute error coefficient: <math>\phi = 0.909</math></b>
<b>Relative error coefficient: <math>E\rho^2 = 0.928</math></b>

D - Study

ผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน ความยาวของแบบทดสอบ 10 ข้อ

Facet name	Different	Generalized across		Levels
		random	fixed	
student	<input checked="" type="radio"/>			370.00
item		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	10.00
rater		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.00

**D-Study**

$\sigma^2(\tau) = 0.455$
$\sigma^2(\delta) = 0.065$
$\sigma^2(\Delta) = 0.082$
<b>Absolute error coefficient: <math>\phi = 0.847</math></b>
<b>Relative error coefficient: <math>E\rho^2 = 0.874</math></b>

D - Study

ผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน ความยาวของแบบทดสอบ 15 ข้อ

Facet name	Different	Generalized across		Levels
		random	fixed	
student	<input checked="" type="radio"/>			370.00
item		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	15.00
rater		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	3.00

**D-Study**

$\sigma^2(\tau) = 0.455$
$\sigma^2(\delta) = 0.044$
$\sigma^2(\Delta) = 0.056$
<b>Absolute error coefficient: <math>\phi = 0.890</math></b>
<b>Relative error coefficient: <math>E\rho^2 = 0.911</math></b>

D - Study

ผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน ความยาวของแบบทดสอบ 20 ข้อ

Facet name	Different	Generalized across		Levels
		random	fixed	
student	0			370.00
item	0	0	0	20.00
เรื่อง	0	0	0	3.18

D Study

$\sigma^2(\theta) = 0.455$   
 $\sigma^2(\delta) = 0.034$   
 $\sigma^2(\Delta) = 0.043$   
 ความยาวของแบบทดสอบ:  $\sigma^2(\theta) = 0.813$   
 จำนวนผู้ตรวจให้คะแนน:  $\sigma^2(\delta) = 0.034$





ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	ศิริขวัญ ไสแสง
วัน เดือน ปีเกิด	4 มิถุนายน 2521
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	58/502 พิ้วสีโมเบียส คอนโด ซ.รามคำแหง 3/1 ถ.รามคำแหง สวนหลวง สวนหลวง กรุงเทพฯ
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนปาดญา พัฒนาการ กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2540	มัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนบ้านเขว้าวิทยายน จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2544	การศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ.) คณิตศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2561	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม) สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ แขนงวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ