การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

นางประนอม บัวแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2560

Development of a Set of Mathematical Process Skills Tests for Mathayom Suksa III Students in Schools under the Secondary Education Service Area Office 40

Mrs. Pranom Buakaew

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Education in Educational Evaluation

School of Educational Studies

Sukhothai Thammathirat Open University

2017

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

ชื่อและนามสกุล นางประนอม บัวแก้ว

แขนงวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณ์ดี แสงประทีปทอง

2. อาจารย์ ดร.ศศิธร บัวทอง

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2561

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กานดา พูนลาภทวี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณ์ดี แสงประทีปทอง)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ศศิธร บัวทอง)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

ผู้วิจัย นางประนอม บัวแก้ว **รหัสนักศึกษา** 2582500431 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (การประเมินการศึกษา) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณ์ดี แสงประทีปทอง (2) อาจารย์ ดร.ศศิธร บัวทอง **ปีการศึกษา** 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 และ (2) ตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 400 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่พัฒนาในการวิจัย ได้แก่ ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดโดยการหา ความยาก อำนาจจำแนก ความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยง

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1 ชุด แบ่งเป็น 5 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1- ฉบับที่ 4 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 10 ข้อ ฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 วัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ฉบับที่ 4 วัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ฉบับที่ 5 เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ 4 ข้อ วัดความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และ (2) ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความตรงเชิงเนื้อหาโดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60 - 1.00 มีค่าความยากตั้งแต่ .43 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .33 - .93 มีความตรงเชิงโครงสร้างโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่าโมเดลมีความสอดคล้อง กับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีค่าความเที่ยงของแบบวัดฉบับที่ 1- ฉบับที่ 5 เท่ากับ .84, .72, .74, .82 และ .90 ตามลำดับ

คำสำคัญ การพัฒนาแบบวัด ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มัธยมศึกษา

Thesis title: Development of a Set of Mathematical Process Skills Tests for Mathayom Suksa III Students in Schools under the Secondary Education Service Area Office 40
Researcher: Mrs. Pranom Buakaew; **ID:** 2582500431;
Degree: Master of Education (Educational Evaluation);
Thesis advisors: (1) Dr. Vandee Sangprateeptong, Associate Professor;
(2) Dr. Sasithon Buathong; **Academic year:** 2017

Abstract

The purposes of this research were (1) to develop a set of mathematical process skills tests for Mathayom Suksa III students in schools under the Secondary Education Service Area Office 40; and (2) to verify quality of the developed set of mathematical process skills tests for Mathayom Suksa III students in schools under the Secondary Education Service Area Office 40.

The research sample consisted of 400 Mathayom Suksa III students in schools under the Secondary Education Service Area Office 40 during the first semester of the 2017 academic year, obtained by multi-stage sampling. The developed research instruments were a set of mathematical process skills tests for Mathayom Suksa III students. Quality verification of the developed set of mathematical process skills tests was undertaken by finding their content validity, difficulty index, discriminating index, construct validity, and reliability.

Research findings revealed that (1) as results of the development, a set of mathematical process skills tests was obtained which comprised five tests: Test 1-Test 4 were 4-choice multiple-choice test each of which containing 10 test items; Test 1 measured mathematical problem solving ability; Test 2 measured mathematical reasoning ability; Test 3 measured mathematical communication, mathematical interpretation and mathematical presentation ability; Test 4 measured mathematical connection ability and the connection of mathematical knowledge with knowledge in other disciplines; and Test 5, which was an essay type test consisting of four test items, measured creative thinking ability; and (2) the developed set of mathematical process skills tests had content validity as shown by the IOC ranging from .60 – 1.00; its difficulty indices ranging from .43 - .80; its discriminating indices ranging from .33 - .93; it also had construct validity as shown by results of confirmatory factor analysis that the synthesized assessment model fitted empirical data; and finally, reliability coefficients of Test 1 – Test 5 were .84, .72, .74, .62, and .90, respectively.

Keywords: Test Development, Mathematical Process Skills, Mathayom Suksa

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ประสบผลสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณ์ดี แสงประทีปทอง และอาจารย์ ดร.ศศิธร บัวทอง ที่ปรึกษา และคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดีจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.เอกชัย จันทา ดร.ธีรพงศ์ จุลสายพันธ์ อาจารย์สันติ สังข์ทอง อาจารย์พัชรี ประภาศิริ และอาจารย์เอื้อมพร อ่อนโอน ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือและให้คำชี้แนะในการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าว ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครูโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ตลอดจนนักเรียนทุกคนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณะครูโรงเรียนพัชรพิทยาคมทุกท่าน ครอบครัว ญาติพี่น้อง ที่ให้โอกาส ส่งเสริม สนับสนุน เป็นกำลังใจ พร้อมคำชี้แนะ จนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณประโยชน์จากการพัฒนาและการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศความดีงามให้แด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้ที่สนใจทุกท่าน

ประนอม บัวแก้ว

เมษายน 2561

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 7

นิยามศัพท์ 7

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 11

การวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 45

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 90

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 105

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 105

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 108

การเก็บรวบรวมข้อมูล 118

การวิเคราะห์ข้อมูล 119

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 123

ผลการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 40 123

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 125
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 145
สรุปการวิจัย 145
อภิปรายผล 148
ข้อเสนอแนะ 153
บรรณานุกรม 155
ภาคผนวก 163
ก รายชื่อและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ รายชื่อโรงเรียนสำหรับเก็บข้อมูล หนังสือขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บข้อมูล 164
ข ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 169
ค คุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 183
ง คู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 197
ประวัติผู้วิจัย 205

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาดโรงเรียน 105
ตารางที่ 3.2 รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย 107
ตารางที่ 3.3 นิยามและตัวบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 109
ตารางที่ 3.4 แผนผังการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 112
ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 115
ตารางที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์ความยากและอำนาจจำแนกของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 116
ตารางที่ 3.7 ค่าสถิติชี้วัดความสอดคล้องของโมเดล 120
ตารางที่ 4.1 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัดฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 126
ตารางที่ 4.2 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัดฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 129
ตารางที่ 4.3 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัดฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ 133
ตารางที่ 4.4 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัด ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ 137
ตารางที่ 4.5 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัดฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 140
ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 141

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.7 ความเที่ยงของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 40 143

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 6
ภาพที่ 2.1 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต 19
ภาพที่ 2.2 กระบวนการแก้ปัญหา DAPIC 20
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 117
ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (Second order confirmatory factor analysis) ของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 142

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงของโลกในยุคปัจจุบันจากศตวรรษที่ 20 สู่ศตวรรษที่ 21 เป็นสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านการเมือง เศรษฐกิจ วิถีชีวิต วัฒนธรรม รวมทั้งสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัว เด็กไทยในศตวรรษที่ 21 ต้องเป็นพลเมืองไทย พลเมืองอาเซียนและพลโลกที่มีคุณภาพ และต้องมีทักษะสำคัญที่จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันอย่างมีความสุข ด้วยความมีคุณธรรมและจริยธรรม การพัฒนาเด็กไทยก็ต้องพัฒนาให้เป็นเด็กดี เด็กเก่ง เด็กมีความสุข เพื่อที่จะยืนอยู่ในเวทีประเทศไทยและเวทีโลกได้อย่างมีความสุขและอยู่รอดปลอดภัยกับภัยธรรมชาติ และอุบัติภัยต่างๆ ได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2558, น. 1) การจัดการศึกษาเพื่อเด็กไทยในศตวรรษที่ 21 ก็คือพัฒนาให้สามารถปรับตัวอยู่ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ ระดับอาเซียน และระดับโลกได้ ซึ่งสอดคล้องกับความมุ่งหมายและหลักการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 3 พ.ศ.2553 มาตรา 6 ซึ่งมีหลักการที่สำคัญคือ การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข และมาตรา 22 ได้กำหนดแนวการจัดการศึกษาไว้ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติ และเต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553, น. 3,8)

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้นและสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วยสาระการเรียนรู้จำนวน 6

สาระ ได้แก่ 1) จำนวนและการดำเนินการ 2) การวัด 3) เรขาคณิต 4) พีชคณิต 5) การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น และ 6) ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, น. 1-3)

สมวงษ์ แปลงประสพโชค (ม.ป.ป., ออนไลน์) ได้กล่าวไว้ว่า เป้าหมายสูงสุดของการเรียนคณิตศาสตร์ก็คือ การนำไปใช้ในชีวิตประจำวันและการนำไปใช้เป็นพื้นฐานการศึกษาวิชาชีพต่างๆ ในความคิดของหลายคนอาจสงสัยว่าไม่เห็นต้องเรียนคณิตศาสตร์มากนัก เนื้อหาก็ยาก เวลาเรียนก็แสนจะน่าเบื่อหน่าย เรียนไปก็ไม่เห็นจะได้ใช้ในชีวิตประจำวันเลย แท้จริงแล้วใครที่คิดเช่นนั้นถือว่าคิดผิด เพราะคณิตศาสตร์มิใช่เพียงต้องให้คิดคำนวณเกี่ยวกับตัวเลขเท่านั้น ในปัจจุบันถ้าเรียนคณิตศาสตร์จะได้คุณสมบัติต่อไปนี้จากการเรียน เช่น ความสามารถในการสำรวจ ความสามารถในการคาดเดา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่ไม่เคยพบได้อย่างมีประสิทธิภาพ คนที่เก่งคณิตศาสตร์นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อตนเองแล้วยังเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติเป็นอย่างมาก เพราะคณิตศาสตร์มิใช่เป็นเพียงราชินีของวิทยาศาสตร์ดังเช่นที่ คาร์ล ฟริดริค เกาส์ (Carl Friedrich Gauss) นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้กล่าวไว้ในอดีตว่า “คณิตศาสตร์เป็นราชินีของวิทยาศาสตร์และเลขคณิตเป็นราชินีของคณิตศาสตร์” (สิริพร ทิพย์คง, 2551, น.11) แต่เป็นพื้นฐานของอีกหลายแขนง เช่น วิศวกรรมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ เกษตรศาสตร์ เป็นต้น สอดคล้องกับชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (2542, น. 1) กล่าวว่า คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ช่วยพัฒนากระบวนความคิดของคนให้รู้จักคิดเป็น คิดอย่างมีเหตุผล มีระบบขั้นตอนในการคิด และยังช่วยสร้างเสริมคุณลักษณะที่สำคัญ มีความจำเป็นในการดำรงชีวิต เช่น ความเป็นผู้มีเหตุผล มีลักษณะนิสัยละเอียด สุขุม รอบคอบ ช่างสังเกต มีไหวพริบ มีปฏิภาณที่ดี อีกทั้งเป็นพื้นฐานในการศึกษาสาขาอื่นต่อไป วิชาคณิตศาสตร์ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่จำเป็นที่สุดสำหรับทุกคนในโลกปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบอบประชาธิปไตยที่ทุกคนจะต้องมีการตัดสินใจอย่างชาญฉลาด สามารถแยกความแตกต่างระหว่างความสมเหตุสมผลกับความไม่สมเหตุสมผลได้ สามารถอภิปรายปัญหาต่างๆ และประเมินค่าได้ สิ่งเหล่านี้ล้วนหาได้จากการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น

จากการที่จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไม่ใช่แค่เพียงต้องการให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการทำข้อสอบเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีจุดมุ่งหมายรวมไปถึงการที่นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก เพราะทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะ

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ และความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, น. 59)

จากความสำคัญของคณิตศาสตร์ ประกอบกับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้กระบวนทัศน์ทางการศึกษาเปลี่ยนแปลงไป การจัดการศึกษาทุกระดับเน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดแบบมีวิจารณญาณ ฯลฯ รวมทั้งการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือแสวงหาความรู้ และการมีทักษะทางสังคม แนวโน้มการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องบูรณาการทั้งด้านศาสตร์ต่างๆ และบูรณาการการเรียนในห้องเรียนและชีวิตจริง ทำให้การเรียนนั้นมีความหมายต่อผู้เรียนซึ่งผู้เรียนจะเห็นประโยชน์และคุณค่าของการเรียน และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ครูผู้สอนในฐานะที่ต้องรับผิดชอบการจัดการเรียนรู้และอยู่ใกล้ชิดกับนักเรียนจึงจำเป็นต้องหาความรู้เพิ่มเติมเพื่อใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ครูต้องมีการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ชัดเจน มีความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ได้แก่ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนก็คือการพัฒนาการวัดและประเมินผล ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2553 มาตรา 26 ที่กำหนดให้สถานศึกษาจัดการประเมินผู้เรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอน ตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา(2553, น. 12) ได้ระบุหลักการดำเนินการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ไว้ว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการเรียนการสอน ต้องดำเนินการด้วยเทคนิควิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถวัดและประเมินผลผู้เรียนได้อย่างรอบด้าน ทั้งด้านความรู้ ความคิดกระบวนการ พฤติกรรมและเจตคติ เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด ธรรมชาติวิชาและระดับชั้นของผู้เรียน โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของความยุติธรรม และเชื่อถือได้ ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 12-13) ที่ได้กำหนดหลักการวัดและประเมินผล

การเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ว่า การวัดและประเมินผลต้องกระทำอย่างต่อเนื่องโดยการใช้คำถามที่สามารถตรวจสอบและส่งเสริมความรู้ความเข้าใจด้านเนื้อหา และส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพราะคำถามจะเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้เกิดปฏิสัมพันธ์ทั้งระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนและกับผู้เรียนด้วยกันเอง การวัดและประเมินผลต้องสอดคล้องกับความรู้ความสามารถของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตามที่ได้ระบุไว้ในหลักสูตร ต้องครอบคลุมทั้งด้านความรู้ความคิด ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ สามารถทำได้โดยใช้วิธีการที่เหมาะสมอย่างหลากหลาย และใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่สำคัญเกี่ยวกับผู้เรียน ดังนั้นการประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการประเมินทางด้านความรู้ความคิด

จากเหตุผลและความจำเป็นที่ต้องพัฒนาการวัดและประเมินผลเพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพที่แท้จริง และความสำคัญของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่ทำให้สามารถนำความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนศาสตร์อื่นๆ และชีวิตประจำวันได้ แต่สภาพของการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันที่มุ่งเน้นให้นักเรียนทำข้อสอบได้คะแนนสูงๆ เพื่อให้สามารถเข้าเรียนต่อในระดับที่สูงขึ้น ทำให้การประเมินผลส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปทางด้านความรู้ความคิด เครื่องมือการประเมินผลในส่วนของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงมีน้อย นอกจากนี้เครื่องมือที่สามารถวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ครบทุกทักษะก็ยังมีน้อยด้วยเช่นกัน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สามารถวัดทักษะกระบวนการได้ครบทุกทักษะ เพื่อนำผลการประเมินมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการประยุกต์องค์ความรู้ สำหรับ ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ รวมถึงการทำแบบทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O-NET) ซึ่งนักเรียนที่เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทุกคนจะต้องทำการทดสอบและเป็นพื้นฐานในการเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของนักเรียนต่อไป

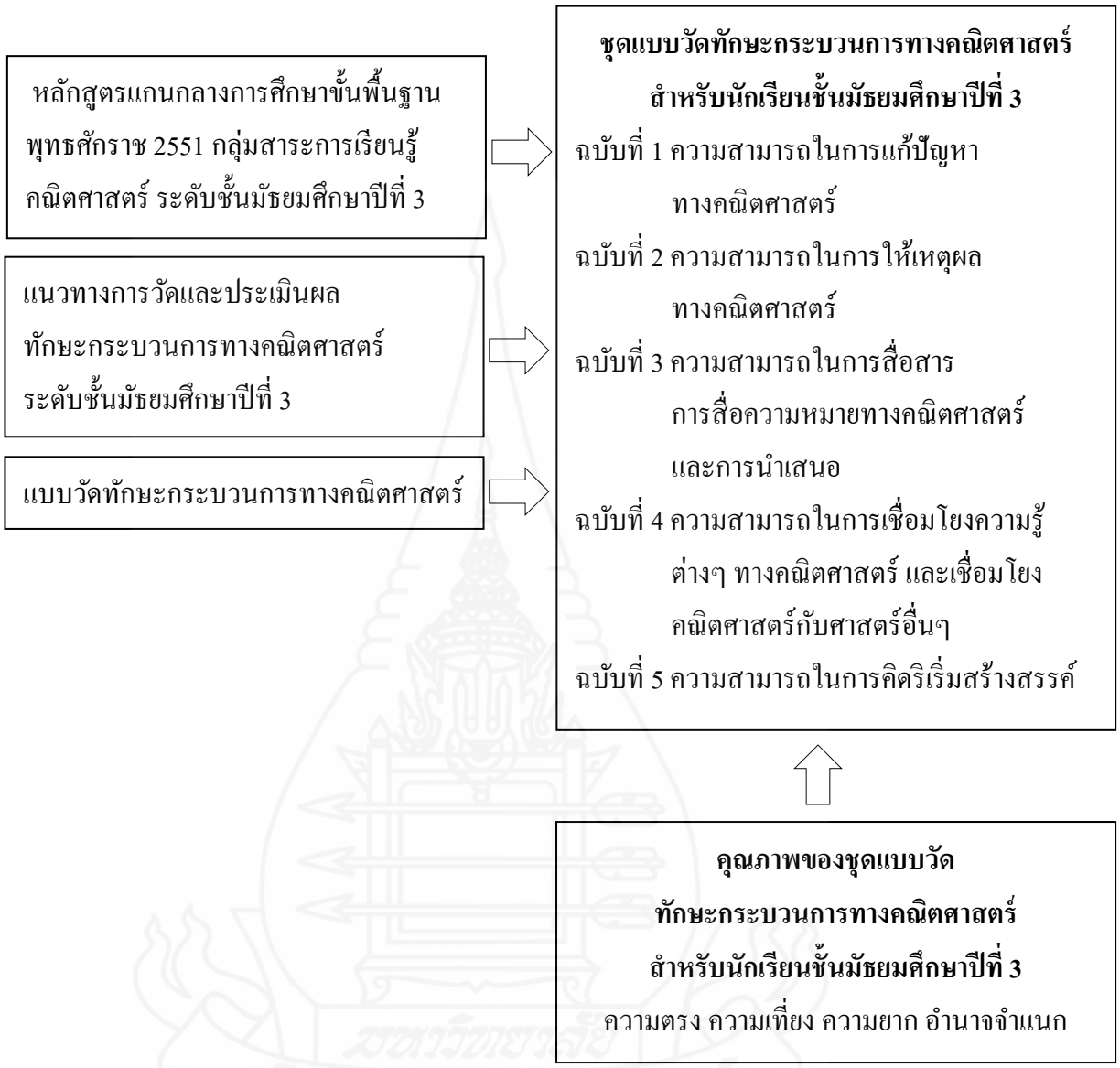
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

2.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐาน ค 6.1 ซึ่งประกอบด้วย 1) มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3) มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) มีความสามารถในการ เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และ 5) มีความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, น. 54-56) รวมทั้งศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาเป็นแนวทางในการกำหนดกรอบแนวคิดการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. ขอบเขตการวิจัย

4.1 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร กราฟ ระบบสมการเชิงเส้น และสถิติ

4.2 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 4,659 คน จาก 39 โรงเรียน

4.3 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้แก่ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และ 5) ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

5. นิยามศัพท์

5.1 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ประกอบด้วย 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และ 5) ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

5.1.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์ที่มีอยู่ และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนจนนำไปสู่คำตอบของปัญหา

5.1.2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์และใช้เหตุผลในการค้นหาความสัมพันธ์ของแนวคิดโดยใช้ข้อเท็จจริง ข้อความ แนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เพื่อสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและตรวจสอบข้อสรุปของแนวคิดนั้น

5.1.3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการถ่ายทอดให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ

5.1.4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลกับความรู้อื่น หรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนสมบูรณ์ขึ้น

5.1.5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และวิจารณญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่หลากหลาย มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเอง เป็นการสร้างแบบจำลองหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ หลากหลายและได้ผลผลิตในรูปแบบใหม่

5.2 ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ประกอบด้วยแบบวัด 5 ทักษะ ได้แก่ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และฉบับที่ 5 เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ รวมถึงคู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการนำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้

5.3 คุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะที่ดี ของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยพิจารณาจากคุณภาพของชุดแบบวัดรายข้อ ได้แก่ ความยากและอำนาจจำแนก และคุณภาพของชุดแบบวัดทั้งฉบับ ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยง

5.3.1 ความยาก (Difficulty) หมายถึง คุณสมบัติของแบบวัดที่ได้จากสัดส่วนของผู้ที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูก โดยแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณหาค่าความยาก (p) และแบบวัดแบบเขียนตอบ คำนวณหาดัชนีค่าความง่าย (P_E)

5.3.2 อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณสมบัติของแบบวัดในการจำแนกกลุ่มผู้สอบที่มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับที่ต่างกันออกจากกันได้ โดยแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณหาค่าอำนาจจำแนก (r) และแบบวัดแบบเขียนตอบ คำนวณหาดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D)

5.3.3 ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบวัดที่ประกอบด้วยข้อคำถามที่สามารถวัดได้สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการวัด จำนวน 5 ทักษะ ได้แก่ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และ 5) ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาและตัดสินจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective consistency : IOC)

5.3.4 ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบวัดในการจัดกลุ่มข้อคำถามได้สอดคล้องกับโครงสร้างของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ ได้แก่ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และ 5) ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ตรวจสอบโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (Second order confirmatory factor analysis)

5.3.5 ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง คุณสมบัติของแบบวัดที่สามารถวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้สอบได้อย่างคงที่แน่นอน โดยแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) และแบบวัดแบบเขียนตอบ ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบาค

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ได้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่สามารถนำไปวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

6.2 ครูผู้สอนสามารถใช้ผลการวัดเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการประยุกต์องค์ความรู้เพื่อใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3 เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้วัดและนำผลไปพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. การวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.1 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีจุดมุ่งหมาย เพื่อมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐานไว้รอบด้าน ทั้งด้านความรู้ สมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 3-4)

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยเหตุผล กระบวนการคิด และการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา 2551, น. 1)

เพื่อให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพและสัมฤทธิผลตามจุดมุ่งหมายหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงได้กำหนดกรอบสาระมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุก

คนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเป็นเกณฑ์สำหรับกำหนดคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละระดับชั้นและจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ และคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไว้ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา 2551, น. 2-3,5)

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

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) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมาย และนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เลขยกกำลัง รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง ใช้การประมาณค่าในการดำเนินการและแก้ปัญหา และนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้

2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม เลือกใช้หน่วยการวัดในระบบต่างๆ เกี่ยวกับความยาว พื้นที่ และปริมาตรได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในชีวิตจริงได้

3. สามารถสร้างและอธิบายขั้นตอนการสร้างรูปเรขาคณิตสองมิติโดยใช้วงเวียนและสันตรง อธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิตสามมิติซึ่งได้แก่ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้

4. มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของความเท่ากันทุกประการและความคล้ายของรูปสามเหลี่ยม เส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และสามารถนำสมบัติเหล่านั้นไปใช้ในการให้เหตุผลและแก้ปัญหาได้ มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิต (Geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation) และนำไปใช้ได้

5. สามารถนึกภาพและอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

6. สามารถวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบรูป สถานการณ์หรือปัญหาและสามารถใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และกราฟในการแก้ปัญหาได้

7. สามารถกำหนดประเด็น เขียนข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ กำหนดวิธีการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภูมิรูปวงกลม หรือรูปแบบอื่นที่เหมาะสมได้

8. เข้าใจค่ากลางของข้อมูลในเรื่องค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมของข้อมูลที่ยังไม่ได้แจกแจงความถี่ และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งใช้ความรู้ในการพิจารณาข้อมูลข่าวสารทางสถิติ

9. เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์และประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ต่างๆ ได้

10. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สำหรับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ใช้มาตรฐาน ค 6.1 และกำหนดตัวชี้วัดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัด ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา 2551, น. 55-56)

ตัวชี้วัด ค 6.1 ม.3/1 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ค 6.1 ม.3/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.3/3 ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.3/4 ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน

ค 6.1 ม.3/5 เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ

ค 6.1 ม.3/6 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 76) ได้ให้ความหมายว่าทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ

ชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ 5 ประการ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังได้ให้ความหมายไว้อีกว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สมรรถภาพที่จำเป็นต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (2555ข, น. 35)

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2551, น. 59) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ และการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 21-22) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถหรือความชำนาญในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นองค์ประกอบสำคัญของศักยภาพทางคณิตศาสตร์ (Mathematics proficiency) ของผู้เรียนทุกคน เพราะเป็นเครื่องมือ (Tool) ของผู้เรียนในการทำให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความหมายและมีคุณค่ามากกว่าเป็นเพียงวิชาที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์และขั้นตอนในการแก้ปัญหาในชั้นเรียน ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เน้นในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วย 5 ทักษะหลัก ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนอ การเชื่อมโยง และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ประกอบด้วย 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และ 5) ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.3 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.3.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

ครูลิค และเรย์ (Krulik & Reys, 1980 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2559, น. 39) ได้ให้ความหมายว่า การแก้ปัญหา หมายถึง การทำงานโดยใช้กระบวนการที่ยังไม่ทราบมาก่อนล่วงหน้าในการหาคำตอบของปัญหา การแก้ปัญหาเป็นทั้งทักษะ (Skill) ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานในการทำความเข้าใจปัญหา และการหาคำตอบของปัญหา และกระบวนการ (Process) ซึ่งเป็นวิธีการหรือขั้นตอนการทำงานที่มีการวิเคราะห์และวางแผนโดยมีการใช้เทคนิคต่างๆ ประกอบ

ดอสเซย์ และคณะ (Dossey, et al., 2002, p. 72) ได้ให้ความหมายว่า การแก้ปัญหา หมายถึง กระบวนการหาคำตอบให้คำถามหรือการจัดการกับสถานการณ์ต่างๆ ปัญหาที่ยากและน่าเบื่อสำหรับคนหนึ่ง อาจไม่น่าเบื่อสำหรับอีกคนหนึ่ง กระบวนการแก้ปัญหาจึงใช้การสร้างองค์ความรู้ตามวิถีทางใหม่ๆ ที่แตกต่างจากเดิม ใช้หลักในการวางแผนหรือยุทธวิธีที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ และเป็นการได้มาซึ่งความรู้ใหม่จากสถานการณ์นั้นๆ เมื่อมีการขยายไปสร้างการเชื่อมโยง กระบวนการนี้อาจยุ่งยากและซับซ้อนขึ้น แต่นักเรียนจะได้ประสบการณ์จากกระบวนการและสามารถพัฒนายุทธวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายได้

สิริพร ทิพย์คง (2551, น. 13) ได้ให้ความหมายว่า การแก้ปัญหา หมายถึง กระบวนการที่ใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ ปัญหาของคนๆ หนึ่งอาจไม่ใช่ปัญหาของอีกคนหนึ่ง ในการแก้ปัญหาจะต้องมีการวางแผนรวบรวมข้อมูลต่างๆ กำหนดสารสนเทศที่ต้องการเพิ่มเติม มีการแสดงความคิดเห็น เสนอแนะแนวทางวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป การแก้ปัญหาจึงเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เพราะในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องอาศัยความคิดรวบยอด ทักษะการคิดคำนวณ หลักการ กฎและสูตรต่างๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 77) ได้ให้ความหมายว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ ขั้นตอนหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลวิธีและยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยมาก่อน และต้องใช้การคิดที่หลากหลาย เช่น คิดวิเคราะห์ คิดเชื่อมโยง คิดเชิงตรรกะ เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ความรู้พื้นฐาน ประสบการณ์ในการแก้ปัญหา และเจตคติต่อการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่กำลังเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นในทันที การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงเป็นกระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิผล และสถานการณ์ที่จะนำมาเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ควรเป็นสถานการณ์ที่กระตุ้นและดึงดูดความสนใจของนักเรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ปัญหา และยุทธวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลายไปใช้ในการแก้ปัญหา (2555ค, น. 7)

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000, p. 52) ได้ให้ความหมายว่า การแก้ปัญหา หมายถึง วิธีการหาคำตอบที่ยังไม่รู้ในการหาคำตอบนักเรียนต้องนำสิ่งที่รู้เข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้พัฒนาจนเกิดความรู้ความเข้าใจใหม่ๆ ทางคณิตศาสตร์อยู่เสมอ การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายเพียงการหาคำตอบ แต่หลักสำคัญอยู่ที่วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบ นักเรียนควรได้ลงมือปฏิบัติ ได้ฝึกฝน ได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อน และมีการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียน

สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์ที่มีอยู่ และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนจนนำไปสู่คำตอบของปัญหา

1.3.2 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya, 1957, p. 16-17) ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นนี้เป็นขั้นวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจปัญหา ต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหาและตัดสินว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหา ได้แก่ ตัวไม่ทราบค่า ข้อมูล และเงื่อนไข ในขั้นนี้ อาจใช้วิธีการพิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาอย่างถี่ถ้วน การพิจารณาซ้ำไปซ้ำมา การพิจารณาในหลายมุมมอง หรือใช้การวาดภาพ การใช้สัญลักษณ์ การเขียนแผนภูมิ หรือการเขียนสาระของปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง เพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ดีขึ้น

2. วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นนี้เป็นการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลในปัญหากับสิ่งที่ต้องการทราบ ต้องการให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่ทราบค่า แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา นำไปสู่ยุทธวิธีที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ถ้าหากไม่สามารถเชื่อมโยงได้ในทันทีอาจต้องใช้ปัญหาอื่นที่เคยพบหรือปัญหาในรูปแบบที่คล้ายคลึงกันช่วยเพื่อให้ได้แผนการแก้ปัญหา

3. ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) ขั้นนี้เป็นการลงมือทำตามแผนที่วางไว้ ต้องการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่างๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ ถ้าแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนต้องค้นหาแผนหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาใหม่อีกครั้ง การค้นหาแผนหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาใหม่ ถือเป็นการพัฒนาผู้แก้ปัญหาที่ดีเช่นกัน

4. ตรวจสอบผล (Looking back) ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าสอดคล้องกับข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหาหรือไม่ ต้องการให้นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้โดยตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีที่ใช้แก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 78) เสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่มีขั้นตอนในการดำเนินการที่ไม่ซับซ้อน ผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้อย่างสะดวกในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

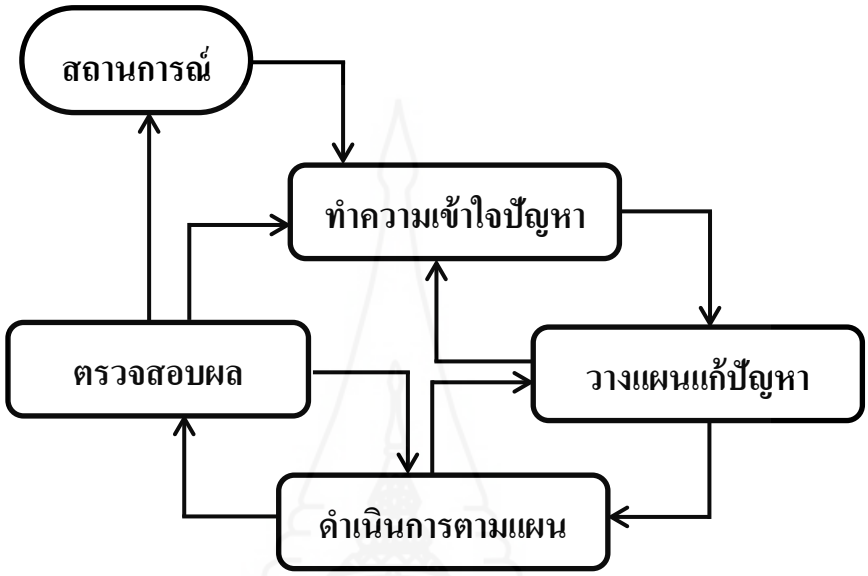
1. ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจปัญหาในประเด็นต่างๆ เช่น คำถามของปัญหาคืออะไร ข้อมูลที่กำหนดให้มีอะไรบ้าง ต้องการข้อมูลใดเพิ่มเติม การวิเคราะห์ปัญหาจะช่วยให้เข้าใจปัญหาชัดเจนมากขึ้น

2. วางแผนการแก้ปัญหา เป็นการคิดวางแผนเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่ได้จาการวิเคราะห์ไว้แล้ว ผู้เรียนต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ในการแก้ปัญหา มาประกอบการวางแผน

3. ดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ และการตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหา

4. ตรวจสอบการแก้ปัญหา เป็นการประเมินการแก้ปัญหาในภาพรวมทั้งด้านกลวิธีและวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการนำไปประยุกต์ใช้ รวมถึงการขยายผลการแก้ปัญหาไปสู่การแก้ปัญหาอื่นๆ

วิลสัน และคณะ (Wilson, et al., 1933, p. 60) ได้เสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาที่แสดงความเป็นพลวัต มีลำดับไม่ตายตัว สามารถวนไปเวียนมาได้ ดังภาพที่ 2.1

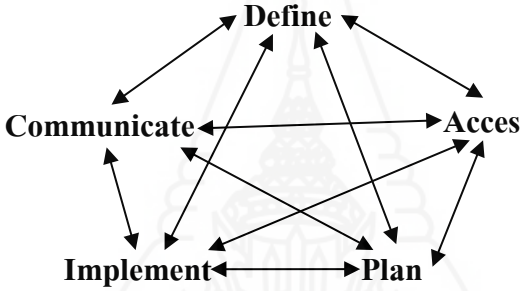


ภาพที่ 2.1 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ

กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต อธิบายได้ว่า เมื่อเผชิญสถานการณ์ที่เป็นปัญหา นักเรียนจะต้องเริ่มจากทำความเข้าใจปัญหา จากนั้นวางแผนแก้ปัญหา กำหนดยุทธวิธี หมาะสม ดำเนินการตามแผนที่วางไว้จนได้คำตอบของปัญหา และพิจารณาความถูกต้องความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ และยุทธวิธีที่ใช้แก้ปัญหา พิจารณาทิศทางของลูกศรจะเห็นว่าเป็นการแสดงการพิจารณาหรือตัดสินใจที่จะเคลื่อนการกระทำจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง หรือการพิจารณาย้อนกลับไปขั้นตอนก่อนหน้าเมื่อพบปัญหาหรือข้อสงสัย เช่น เมื่อนักเรียนแก้ปัญหาในขั้นตอนทำความเข้าใจปัญหา เมื่อมีความเข้าใจปัญหาดีแล้ว ก็สามารถเคลื่อนการกระทำไปสู่ขั้นวางแผนแก้ปัญหา แต่ถ้ายังไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้ก็สามารถย้อนกลับไปทำความเข้าใจกับปัญหาอีกครั้ง หรือเมื่อนักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้แต่ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาจนสามารถหาคำตอบได้ ก็สามารถย้อนกลับไปเริ่มวางแผนใหม่ หรือทำความเข้าใจกับปัญหาอีกครั้งก็ได้

อัมพร ม้าคนอง (2559: น. 40-42) กล่าวว่าการเรียนการสอนการแก้ปัญหาในห้องเรียน มักเริ่มต้นจากปัญหาที่กำหนดให้และดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนที่เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ เมื่อมีปัญหาอื่นที่มีบริบทและวิธีแก้ปัญหาที่แตกต่างไปจากเดิม ก็ต้องเรียนรู้วิธี

แก้ปัญหาที่แตกต่างออกไป ทำให้ผู้เรียนไม่ได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ และเป็นภาพรวมที่จะสามารถนำไปใช้ได้กับปัญหาทุกรูปแบบ การสร้างประสบการณ์หรือพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาให้ผู้เรียน จึงต้องใช้หลักเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนจะสามารถนำไปคิดประกอบในการแก้ปัญหาทั่วๆ ไปได้ จึงได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา DAPIC ที่เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่บูรณาการกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน (Integrated Mathematics , Science , and Technology (IMaST), 2007 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2559, น. 42) โดย DAPIC เป็นชื่อที่เกิดจากการนำอักษรตัวแรกขององค์ประกอบในกระบวนการแก้ปัญหามาเรียงเป็นชื่อเรียกกระบวนการเพื่อให้สื่อถึงความหมายของกระบวนการและง่ายต่อการนำไปใช้ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กระบวนการแก้ปัญหา DAPIC

ที่มา : IMaST (2007 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2559, น. 42)

Define เป็นการทำความเข้าใจปัญหา กำหนดหรือระบุปัญหาที่จะแก้ให้มีความชัดเจน

Access เป็นการระบุหรือเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องและที่จะใช้ในการแก้ปัญหา

Plan เป็นการหาวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และวางแผนการดำเนินงาน

Implement เป็นการนำแผนที่วางไว้มาปฏิบัติ พร้อมทั้งมีการปรับแผนให้ดีขึ้น

Communicate เป็นการนำผลจากการดำเนินการมาวิเคราะห์ สรุป และสื่อสาร

กระบวนการแก้ปัญหา DAPIC เป็นกระบวนการที่ยืดหยุ่น ไม่ซับซ้อน ไม่มีการกำหนดว่าต้องเริ่มต้นจากองค์ประกอบใด และไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับขั้นตอนหรือเป็นวงจรที่ผู้แก้ปัญหาจะพิจารณาตามลักษณะของปัญหาว่าควรเริ่มต้นจากองค์ประกอบใด และจะใช้องค์ประกอบใดบ้าง

ทิศนา แขมมณี (2544, น. 124-125) กล่าวว่า กระบวนการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดหาวิธีแก้ปัญหาต่างๆ มีขั้นตอน ดังนี้

1. สังเกต ให้ผู้เรียนได้ศึกษาข้อมูล รับรู้และทำความเข้าใจในปัญหาจนสามารถสรุป และตระหนักในปัญหานั้น

2. วิเคราะห์ ให้ผู้เรียนได้อภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเพื่อแยกแยะประเด็นปัญหา สภาพ สาเหตุ และลำดับความสำคัญของปัญหา

3. สร้างทางเลือก ให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย ซึ่งอาจมีการทดลอง ค้นคว้า ตรวจสอบ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการทำกิจกรรมกลุ่ม และควรมีการกำหนดหน้าที่ในการทำงานให้แก่ผู้เรียนด้วย

4. เก็บข้อมูลประกอบทางเลือก ผู้เรียนปฏิบัติตามแผนงานและบันทึกการปฏิบัติงานเพื่อรายงานและตรวจสอบความถูกต้องของทางเลือก

5. สรุป ผู้เรียนสังเคราะห์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจจัดทำในรูปของรายงาน

คลัสเมีย และไรเฟิล (Klaussmier & Riple, 1971 อ้างถึงใน สาคร สียางนอก, 2556, น. 24) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1. ตระหนักถึงปัญหา

2. พิจารณาถึงความต้องการของโจทย์ วิธีการต่างๆ ในการแก้ปัญหามิติของปัญหา

3. ระลึกถึงความรู้ของข้อมูลที่มีอยู่ และวิธีการในการแก้ปัญหา

4. ประยุกต์หลักและวิธีการที่รู้

5. พิจารณาความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาหลายๆ วิธี และคาดคะเนความเป็นไปได้ของแต่ละวิธี

6. ประเมินคุณภาพของวิธีที่ยอมรับมาใช้

7. นำวิธีที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหา

สรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มี 4 ขั้นตอน ได้แก่ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และตรวจสอบการแก้ปัญหา

พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, น. 55) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

2. ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 82) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา โดยระบุประเด็นปัญหา กำหนดตัวแปร และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

2. สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้

3. ดำเนินการวางแผนและลงมือแก้ปัญหา

4. ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

5. ตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหา

6. ตรวจสอบขั้นตอนการแก้ปัญหา

7. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics , 2000 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ค, น. 136-137) ได้กำหนดมาตรฐานทางด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนที่เรียนในระดับโรงเรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้น โดยกำหนดมาตรฐานด้านการแก้ปัญหา ที่นักเรียนควรมีความสามารถ ดังนี้

1. สร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ใหม่ๆ ผ่านการแก้ปัญหาได้ (Build new mathematical knowledge through problem solving)

2. แก้ปัญหาทั้งในคณิตศาสตร์และในบริบทอื่นๆ ได้ (Solve problems that arise in mathematics and in other context)

3. เลือกใช้และปรับยุทธวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้อย่างหลากหลาย (Apply and adapt a variety of appropriate strategies to solve problems)

4. ตรวจตราและสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ (Monitor and reflect on the process of mathematical problem solving)

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 39-40) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการทำความเข้าใจปัญหา และวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหา

2. ประเมินความเหมาะสมและประสิทธิภาพของกระบวนการที่ใช้แก้ปัญหา และประเมินความสมเหตุสมผลและความถูกต้องของคำตอบที่ได้

3. พิสูจน์และแปลความหมายผลที่ได้จากการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงปัญหาดั้งเดิม

4. พัฒนาและใช้กลวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลายโดยเน้นปัญหาหลายขั้นตอนและปัญหาที่ไม่คุ้นเคย

5. ปรับเปลี่ยนและขยายความเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญหา ใช้แนวคิดในการหาคำตอบและกลวิธีแก้ปัญหากับปัญหาใหม่

6. บูรณาการกลวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทั้งในและนอกห้องเรียน

7. สร้างสถานการณ์และปัญหาจากชีวิตประจำวัน และตระหนัก ถึงความสำคัญของปัญหาเหล่านั้น

8. ใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ กับสถานการณ์ในชีวิตจริง

9. มีความมั่นใจในการใช้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย

สรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการแสดงออกของพฤติกรรมตามกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

2. ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้

3. กำหนดตัวแปรและบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้

4. เขียนประโยคสัญลักษณ์จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้

5. บอกวิธีการหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาและหาคำตอบของปัญหาได้

6. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

1.4 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

1.4.1 ความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผล การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลไว้ ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2545, น. 114) ได้ให้ความหมายว่า การคิดอย่างมีเหตุผล หมายถึง การคิดที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเข้าใจความคิดที่สามารถอธิบายได้ด้วยหลักเหตุผลโดยสามารถจำแนกข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงและพิจารณาเรื่องที่คิดบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงโดยใช้หลักเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย ประกอบด้วยทักษะย่อยๆ ดังนี้

1. สามารถแยกข้อเท็จจริงและความคิดเห็นออกจากกันได้
2. สามารถใช้เหตุผลแบบนิรนัยหรืออุปนัย พิจารณาข้อเท็จจริงได้
3. สามารถใช้เหตุผลทั้งแบบนิรนัยและอุปนัย พิจารณาข้อเท็จจริงได้

ศุภกิจ เฉลิมวิสุตม์กุล (2546, น. 50-54) ได้ให้ความหมายว่า การให้เหตุผล หมายถึง การอ้างหลักฐานเพื่อยืนยันข้อสรุปของเราว่าเป็นความจริง การให้เหตุผลแต่ละครั้งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นข้ออ้าง ซึ่งหมายถึงหลักฐานหรือเหตุผล (บางครั้งเรียกว่าเหตุ) และส่วนที่เป็นข้อสรุป ซึ่งหมายถึงสิ่งที่เราต้องการบอกว่าเป็นจริง (บางครั้งเรียกว่าผล)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 79) ได้ให้ความหมายว่า ความสามารถในการให้เหตุผล หมายถึง ความสามารถที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์และใช้เหตุผลในการหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลของสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลที่กำหนด โดยเหตุผลที่ใช้อาจแสดงถึงแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง หลักการ ข้อความคาดการณ์ หรือข้อสนับสนุนของข้อสรุปที่ได้ในสถานการณ์นั้นๆ การให้เหตุผลที่ใช้ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์มีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ การให้เหตุผลแบบอุปนัย และการให้เหตุผลแบบนิรนัย และได้ให้ความหมายของการให้เหตุผล ไว้ว่า หมายถึง ทักษะและกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผนตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จึงหมายถึง กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ หรือความคิดสร้างสรรค์ ในการรวบรวมข้อเท็จจริง ข้อความ แนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยง เพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่ และได้จำแนกการให้เหตุผลออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้ (2555ค, น. 39-53)

1. การให้เหตุผลแบบสหัชญาณ เป็นการใช้เหตุผลที่มาจากการใช้ความรู้ที่มีมาแต่กำเนิดหรือสามัญสำนึกซึ่งมนุษย์แต่ละคนอาจมีอยู่มากน้อยแตกต่างกัน มาช่วยแก้ปัญหา เช่น เมื่อน้ำตาลทรายจะขึ้นราคา น้ำตาลทรายมักจะขาดตลาด ชาวบ้านและแม่ค้ามักจะสะสมน้ำตาลทรายในราคาเดิมก่อนขึ้นราคา

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นกระบวนการที่ใช้การสังเกตหรือการทดลองหลายๆ ครั้ง แล้วรวบรวมข้อมูลเพื่อหาแบบรูปที่จะนำไปสู่ข้อสรุป ซึ่งเชื่อว่า น่าจะถูกต้อง น่าจะเป็นจริง มีความเป็นไปได้มากที่สุด แต่ยังไม่ได้พิสูจน์ว่าเป็นจริงและยังไม่พบข้อขัดแย้ง เรียกข้อสรุปนั้นว่า ข้อความคาดการณ์ การยืนยันว่าข้อความคาดการณ์ที่ได้จากการให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นจริง ต้องสืบเสาะค้นหาข้อเท็จจริงมาสนับสนุนให้มากพอหรือแสดงเหตุผลที่ทำให้ยอมรับได้ว่าข้อความคาดการณ์นั้นเป็นจริง ในทางคณิตศาสตร์การแสดงหรือการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์

สามารถยืนยันข้อคาดการณ์ได้ กล่าวคือ ถ้าแสดงหรือพิสูจน์ได้ว่า ข้อความคาดการณ์เป็นจริงในกรณีทั่วไป ข้อความคาดการณ์นั้นจะเป็นทฤษฎีบท แต่ถ้าสามารถยกตัวอย่างค้านได้แม้เพียงกรณีเดียวข้อความคาดการณ์นั้นจะเป็นเท็จทันที

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นกระบวนการที่ยกเอาสิ่งที่รู้ว่าเป็นจริงหรือยอมรับว่าเป็นจริงโดยไม่ต้องพิสูจน์ แล้วใช้เหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ อ้างจากสิ่งที่รู้ว่าเป็นจริงนั้น เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปหรือผลสรุปที่เพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ การให้เหตุผลแบบนิรนัย ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่

3.1 เหตุหรือสมมติฐาน หมายถึง สิ่งที่เป็นจริงหรือยอมรับว่าเป็นจริงโดยไม่ต้องพิสูจน์ ได้แก่ คำอนิยาม บทนิยาม สัจพจน์ ทฤษฎีบท ที่พิสูจน์แล้ว กฎหรือสมบัติต่างๆ

3.2 ผลหรือผลสรุป หมายถึง ข้อสรุปที่ได้จากเหตุหรือสมมติฐาน

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989, p. 81) ได้ให้ความหมายว่า การให้เหตุผล หมายถึง การสร้างข้อคาดเดาและตรวจสอบข้อคาดเดาโดยการใช้การให้เหตุผลทั้งแบบอุปนัยและนิรนัย

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 48-53) ได้ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของการคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้ออ้างอิงทั่วไปและการหาข้อสรุปที่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิดหรือวิธีการที่สิ่งต่างๆ เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กัน การให้เหตุผล มีความสำคัญทั้งในการเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้และใช้งานคณิตศาสตร์ และการดำรงชีวิตมนุษย์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ แม้จะเป็นการใช้ความสัมพันธ์เชิงตรรกะ (Logical interconnections) ในทางคณิตศาสตร์ แต่ในปัจจุบัน มุมมองของการสอนการให้เหตุผลเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมตามความจำเป็นของการใช้งานตามยุคสมัย กล่าวคือ การให้เหตุผลไม่ใช่เป็นเพียงการหาค่าความจริงที่เป็นจริงหรือเท็จ โดยใช้ตัวเชื่อม “และ” “หรือ” “ถ้า...แล้ว” “ก็ต่อเมื่อ” แต่เป็นเรื่องที่อยู่ในชีวิตมนุษย์ทุกคน เพียงแต่มีการใช้ในระดับที่มากหรือน้อยต่างกันเท่านั้น การให้เหตุผลจึงเป็นเรื่องใกล้ตัวผู้เรียนและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในการทำงานหรือในชีวิตประจำวันได้มากขึ้น จำแนกการให้เหตุผลเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logical reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่ใช้การคิดเชิงตรรกะ ประกอบด้วยการให้เหตุผล 2 ประเภท ดังนี้

1.1 การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลตามการคิดแบบอุปนัยซึ่งเป็นการคิดจากข้อเท็จจริงย่อย โดยการสังเกตลักษณะร่วมที่สำคัญหรือแบบแผนของสิ่งที่พบเพื่อนำไปสู่กฎเกณฑ์หรือหลักการทั่วไป เป็นการใช้ข้อมูลที่เป็นจริงจาก

ข้อมูลย่อยๆ ไปสู่ข้อสรุปหรือความจริงทั่วไป หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า เป็นการหาความสัมพันธ์จากสมาชิกบางส่วนในกลุ่ม เพื่ออ้างอิงไปใช้กับสมาชิกส่วนอื่นของกลุ่มเดียวกัน

1.2 การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นการให้เหตุผลตามการคิดแบบนิรนัยซึ่งเป็นการคิดจากหลักเกณฑ์ หลักการ หรือข้อสรุปทั่วไปไปสู่ข้อเท็จจริงย่อย เป็นการใช้ข้อสรุปที่เป็นกฎหรือหลักเกณฑ์ทั่วไปที่ยอมรับกันว่าเป็นจริงโดยมีการพิสูจน์มาแล้วเป็นหลักในการหาข้อสรุปของกรณีเฉพาะที่สอดคล้องกับกฎหรือหลักเกณฑ์นั้น

2. การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (Proportional reasoning) เป็นการให้เหตุผลโดยใช้ความคิดเกี่ยวกับสัดส่วน ทั้งสัดส่วนที่เกี่ยวข้องกับจำนวน ตัวเลข และข้อมูลเชิงคุณภาพ แบ่งออกได้ ดังนี้

2.1 การให้เหตุผลเชิงคุณภาพ (Qualitative reasoning) เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนและเศษส่วน เมื่อตัวเศษและ/หรือตัวส่วนของเศษส่วนเดิมเพิ่มขึ้น ลดลง หรือเท่าเดิม การให้เหตุผลเชิงคุณภาพ เป็นการให้เหตุผลที่เกิดจากการทำงาน 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบเชิงคุณภาพเป็นการเปรียบเทียบระดับคุณภาพจากข้อมูลที่มีอยู่ และ 2) การบอกทิศทางของการเปลี่ยนแปลงเป็นการระบุทิศทางของการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลที่กำหนดให้

2.2 การให้เหตุผลเชิงตัวเลข (Numerical reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) การระบุค่าของตัวเลขเป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับที่มาของค่าของตัวแปรจากปัญหาสัดส่วน และ 2) การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขเป็นการให้เหตุผลจากการเปรียบเทียบอัตราส่วนหรือเศษส่วน

2.3 การให้เหตุผลเชิงปริภูมิ (Spatial reasoning) เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับมิติสัมพันธ์ หรือสิ่งที่ปรากฏในมิติต่างๆ เช่น ภาพ 2 มิติ หรือทรง 3 มิติ และการให้เหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตทั้งในมิติเดียวกันและมิติต่างกัน รวมถึงการให้เหตุผลเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นภาพหรือทรงมิติต่างๆ เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนขึ้น

อลิซและชิเรล (Alice & Shirel, 1994, p.114) ได้ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนที่ทำให้การแก้ปัญหาสมบูรณ์ นักเรียนจะไม่สามารถเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหา หรือวางแผนในการแก้ปัญหาได้หากปราศจากการให้เหตุผล กล่าวได้ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญควบคู่ไปกับการแก้ปัญหา

โอดาฟเฟอร์และธอร์นควิส (O'Daffer & Thornquist, 1990, p. 378) ได้ให้ความหมายว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ในด้านที่เกี่ยวกับการสร้างหลักการ การสรุปแนวคิดที่สมเหตุสมผล และการหาความสัมพันธ์ของ

แนวคิด นอกจากนี้ ยังให้ความหมายอีกว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่หลากหลายในการค้นหาความสัมพันธ์ของแนวคิด การทำความเข้าใจแนวคิด การสร้างข้อสรุปและตรวจสอบข้อสรุปของแนวคิด และแก้ปัญหาเกี่ยวกับแนวคิดนั้น (1993, p. 43)

สรุปได้ว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์และใช้เหตุผลในการค้นหาความสัมพันธ์ของแนวคิดโดยใช้ข้อเท็จจริง ข้อความ แนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เพื่อสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและตรวจสอบข้อสรุปของแนวคิดนั้น

1.4.2 กระบวนการคิดเชิงเหตุผล และพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

กระบวนการคิดเชิงเหตุผล

ครูลิคและรูดนิค (Krulik & Rudnick, 1995 อ้างถึงใน สุจิตรา ใจสุข, 2554, น. 22) ได้กล่าวถึง การคิดเชิงเหตุผล ว่าประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวม (Focus) เป็นขั้นตอนในการทำความเข้าใจข้อมูล หรือสถานการณ์ ต้องอาศัยทักษะการให้คำจำกัดความ การสังเกต และการทำให้ชัดเจน เพื่อให้เข้าใจข้อมูลความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ
2. วิเคราะห์ (Analyze) เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบข้อมูล โดยการเปรียบเทียบความเหมือน ความต่าง และแยกแยะข้อเท็จจริงจากข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งต้องอาศัยทักษะการจัดระบบ เช่น การทำรายงาน การใช้ตาราง หรือการวาดภาพ
3. ตัดสินใจ (Resolve) เป็นการลงข้อสรุป หรือการตัดสินใจในคำตอบสุดท้ายซึ่งควรจะเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการสังเกต และวิเคราะห์สถานการณ์แล้ว
4. ตรวจสอบ (Validate) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นภายหลังการลงข้อสรุปแล้ว เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการตัดสินใจ และฝึกให้นักเรียนอธิบายเหตุผลที่เลือกข้อสรุปนั้นๆ โดยการตรวจสอบข้อสรุป และอธิบายว่าเหตุใดข้อสรุปที่เลือกจึงถูกต้อง
5. สะท้อนกลับ (Reflect) หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ นักเรียนสามารถขยายความคิดเพิ่มขึ้นได้โดยการค้นหาปัญหาอื่นๆ สังเคราะห์ข้อสรุป ประยุกต์ใช้คำตอบกับสถานการณ์อื่นๆ และค้นหาทางเลือกอื่น

เรนเนอร์ และสแตฟฟอร์ด (Renner & Stafford, 1979 อ้างถึงใน สุจิตรา ใจสุข, 2554, น. 22-23) ได้กล่าวถึงการคิดเชิงเหตุผล ว่าเกิดจากกระบวนการคิดในลักษณะต่างๆ กัน 10 ประการ ดังนี้

1. การระลึกได้ (Recalling) เป็นการใช้ความคิดซึ่งเกิดจากการสะสมความรู้ ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานแรกของการคิด

2. การเปรียบเทียบ (Comparing) เป็นการเปรียบเทียบระหว่างของสองสิ่งหรือหลายสิ่ง

3. การลงความเห็น (Inferring) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นหลังจากรวบรวมหรือสะสมข้อมูลได้ เป็นการอธิบายการกระทำหรือเหตุการณ์อย่างหนึ่งในหลายๆ การกระทำหรือเหตุการณ์ที่ได้รวบรวมไว้

4. การสรุป (Generalizing) เป็นการสรุปซึ่งเกิดจากการลงความเห็น

5. การคิดในทางตรงข้าม (Deducing) เป็นการคิดย้อนกลับของการคิด เช่น เมื่อคิดจากเหตุมาสู่ผลได้ ก็ต้องคิดได้ว่า ผลนี้มาจากสาเหตุใด

6. การจำแนกหมวดหมู่ (Classifying) การจัดแบ่งข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่จะช่วยให้การสรุปหรือลงความเห็นจากข้อมูลง่ายขึ้น

7. การวิเคราะห์ (Analyzing) เป็นการแบ่งแยก และตรวจสอบข้อมูลต่างๆ

8. การจินตนาการ (Imagining) เป็นการนึกถึงหรือเห็นภาพของสิ่งที่ได้รับฟัง

9. การสังเคราะห์ (Synthesizing) เป็นการนำความรู้ต่างๆ ที่ได้รับมาปะติดปะต่อกันเพื่อให้เกิดรูปแบบความรู้ใหม่ขึ้น

10. การประเมินผล (Evaluating) เป็นการประเมินความรู้ต่างๆ ที่ได้รับมาทั้งหมดและตั้งเป็นกฎเกณฑ์ขึ้น

สรุปได้ว่า กระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจข้อมูลหรือสถานการณ์หรือปัญหา การตรวจสอบข้อมูล การลงข้อสรุปหรือการตัดสินใจในคำตอบสุดท้าย การตรวจสอบความถูกต้องของการตัดสินใจ และการขยายความคิด

พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, น. 55) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการให้เหตุผล ดังนี้ ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 82) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการให้เหตุผล ดังนี้

1. รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแก้ปัญหา

2. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล

3. ตัดสินความถูกต้องของข้อสรุป

4. เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป

5. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ค, น. 137) ได้กำหนดมาตรฐานทางด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนที่เรียนในระดับโรงเรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้นโดยกำหนดมาตรฐานด้านการให้เหตุผลที่นักเรียนควรมีความสามารถ ดังนี้

1. เห็นคุณค่าของการให้เหตุผลในฐานะที่เป็นรากเหง้าของคณิตศาสตร์ได้ (Recognize reasoning as fundamental aspects of mathematics)

2. สร้างและสืบสวนข้อความคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ (Make and investigate mathematics conjectures)

3. พัฒนาและประเมินการอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ (Develop and evaluate mathematical arguments)

4. เลือกและใช้รูปแบบการให้เหตุผลอย่างหลากหลาย (Select and use various types of reasoning)

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 49) ได้กล่าวถึงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. หาข้อสรุปที่เป็นเหตุผลเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

2. ใช้ความรู้และข้อมูลในการวิเคราะห์สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ และในการอธิบายความคิดของตนเอง

3. เข้าใจและสามารถใช้กระบวนการให้เหตุผลในสถานการณ์เฉพาะใดๆ

4. สร้าง ทดสอบ และประเมินข้อคาดการณ์และข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

5. ให้เหตุผลโดยใช้การอุปนัยและการนิรนัยทางคณิตศาสตร์

6. ตรวจสอบและประเมินความคิดของตนเอง

7. เห็นคุณค่าและความสำคัญของการใช้เหตุผลซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของคณิตศาสตร์และสามารถนำไปใช้ได้

สรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นการแสดงออกของพฤติกรรมตามกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา
2. เปรียบเทียบความเหมือน ความต่าง และแยกแยะข้อเท็จจริงจากข้อมูลที่มีอยู่
3. เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป
4. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

1.5 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

1.5.1 ความหมายของความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการสื่อสาร ทักษะการสื่อสาร และความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอไว้ ดังนี้

คมเพชร ฉัตรศุภกุล (2546, น. 130) ได้ให้ความหมายว่า การสื่อสาร หมายถึง การที่บุคคลหนึ่งติดต่อบุคคลอีกหนึ่งคน หรือกลุ่มบุคคล เพื่อส่งข่าวสารข้อเท็จจริง รายละเอียด ข้อมูลบางอย่าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่ได้รับการติดต่อได้รับรู้สิ่งต่างๆ และเข้าใจความหมายตรงกันกับผู้สื่อสาร

เนตรชนก คงทน (2545, น. 2) ได้ให้ความหมายว่า การสื่อสาร เป็นกระบวนการถ่ายทอดข้อมูล ข่าวสาร จากผู้ส่งสารไปยังผู้รับสาร โดยผ่านช่องทางการสื่อสาร เพื่อให้มีอิทธิพลต่อผู้รับสารไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง

บาเกอร์ (Barker, 1981, p. 3) ได้ให้ความหมายว่า การสื่อสารเป็นกระบวนการในการแลกเปลี่ยนข่าวสารที่มีลักษณะเป็นพลวัต (Dynamic) เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Everchanging) และไม่มีที่สิ้นสุด (Unending)

เธอเบอร์ (Thurber, 1976, p. 513) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการตั้งสถานการณ์ในกิจกรรมการเขียนหรือพูดในเรื่องประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนซึ่งจะมีผลต่อการปรับปรุงที่ดีขึ้นต่อตนเอง เมื่อผู้เรียนได้ฝึกหัดเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีพลังในการคิดด้วยตนเอง

มังกร ทองสุขดี (2535, น. 137) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะการสื่อสารเป็นการใช้ภาษา ไม่ว่าจะเป็นคำพูด ตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ใดๆ ย่อมมีการจัดประเภทความคิดรวบยอด (Concept) และมีบทบาทต่อการนำไปใช้ในการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ (Communication in Mathematics)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ค, น. 60-62) ได้ให้ความหมายว่า การสื่อสารเป็นกระบวนการถ่ายทอดข่าวสารจากผู้ส่งสาร (Source) ไปยังผู้รับ

สาร (Receiver) โดยนำเสนอผ่านช่องทางการสื่อสาร (Chanel) ต่างๆ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน การดู และการแสดงท่าทาง โดยอาจใช้หรือไม่ใช้สื่อต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ วารสาร และอินเทอร์เน็ต สำหรับการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นกระบวนการสื่อสารที่นอกจากนำเสนอผ่านช่องทางการสื่อสารตามปกติแล้ว ยังเป็นการสื่อสารที่มีลักษณะพิเศษ โดยมีการใช้สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ สมการ อสมการ ฟังก์ชัน หรือแบบจำลอง เป็นต้น มาช่วยในการสื่อความหมาย นอกจากนี้ยังได้ให้ความหมายการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ว่าเป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดของตนให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ รวมทั้งได้ให้ความหมายความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ว่าเป็นความสามารถในการพูดและ การเขียน การใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ รูปภาพ และแบบจำลอง เพื่อแสดงแนวคิดหรืออธิบายแนวความคิดของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง มีความกระชับ ชัดเจน และเหมาะสม (2555ก, น. 79)

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics , 2000, p. 214) ได้ให้ความหมายว่า การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงแนวคิด สามารถทำความเข้าใจแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิด

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 56-57) ได้ให้ความหมายว่า การสื่อสารเป็นการสื่อความหมายระหว่างผู้ส่งสารกับผู้รับสารให้มีความเข้าใจตรงกัน การสื่อสารทางคณิตศาสตร์จึงเป็นการสื่อสารและสื่อความหมายที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ระหว่างผู้ส่งสารกับผู้รับสาร และได้ให้ความหมายของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ว่าเป็นความสามารถในการอธิบาย ชี้แจง แสดงความเข้าใจหรือความคิดเห็นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้ จึงรวมความสามารถเกี่ยวกับการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอไว้ด้วย ตัวอย่างของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ การใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมายและการนำเสนอ การอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงาน การแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่ได้ การใช้ตาราง กราฟ หรือค่าสถิติ ในการอธิบายหรือนำเสนอข้อมูล

สรุปได้ว่า ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการถ่ายทอดให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ

1.5.2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, น. 56) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ดังนี้ ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 82) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ดังนี้

1. เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายและนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. สื่อความหมายของสิ่งที่อ่านหรือฟังได้อย่างชัดเจน
3. อธิบายความคิดหรือการทำงานของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน
4. ใช้ข้อความ ศัพท์ สูตร สมการ หรือแผนภูมิที่เป็นสากล ประกอบตามลำดับขั้นตอนของการนำเสนอได้เป็นระบบ ชัดเจน และเหมาะสม
5. บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
6. สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้
7. เสนอความคิดเห็นที่เหมาะสมกับปัญหา

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ค, น. 138) ได้กำหนดมาตรฐานทางด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนที่เรียนในระดับโรงเรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้น โดยกำหนดมาตรฐานด้านการสื่อสารและการนำเสนอ ที่นักเรียนควรมีความสามารถ ดังนี้

1. ใช้การสื่อสารช่วยในการรวบรวมและจัดระบบความคิดทางคณิตศาสตร์ได้ (Organize and consolidate their mathematical thinking through communication)
2. สื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์กับเพื่อน ครู และบุคคลอื่นๆ ได้อย่างเป็นเรื่องเป็นราวและชัดเจน (Communicate their mathematical thinking coherently and clearly to peers, teachers, and others)

3. วิเคราะห์และประเมินความคิดและยุทธวิธีทางคณิตศาสตร์ของบุคคลอื่นได้ (Analyze and evaluate the mathematical thinking and strategies of others)

4. ใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างตรงประเด็น (Use the language of mathematics to express mathematical ideas precisely)

5. สร้างและใช้การนำเสนอในการรวบรวม บันทึก และสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ (Create and use representations to organize, record, and communicate mathematical ideas)

6. เลือกใช้ ประยุกต์ และปรับเปลี่ยนการนำเสนอทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ ในการแก้ปัญหาได้ (Select, apply and translate among mathematical to solve problems)

7. ใช้การนำเสนอในการจำลองและตีความปรากฏการณ์ทางกายภาพ ทางสังคม และทางคณิตศาสตร์ได้ (Use representations to model and interpret physical, social, and mathematical phenomena)

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 57-58) ได้กล่าวถึงความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ดังนี้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสื่อรูปธรรม รูปภาพ และแผนภาพกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์

2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาในชีวิตประจำวันกับภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และสามารถใช้ภาษาและสัญลักษณ์ในการสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์

3. ใช้ทักษะการอ่านและฟังในการแปลความหมายและประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และสามารถเขียนด้วยความเข้าใจ

4. สร้างคำจำกัดความทางคณิตศาสตร์และอธิบายสิ่งที่ค้นพบจากการตรวจสอบ

5. สร้างสถานการณ์โดยใช้การพูดและเขียน วัตถุรูปธรรม รูปภาพ กราฟ และวิธีการทางพีชคณิต

6. ออกแบบและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน

7. สะท้อน อภิปราย และอธิบายแนวคิดและความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อความคาดการณ์หรือข้อความขัดแย้งที่น่าสนใจ

8. สะท้อนและอธิบายแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับแนวคิดและสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวาจาและด้วยการเขียน

9. ถามคำถามขยายความที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ที่เคยอ่านหรือเคยได้ยินมาก่อน

10. เห็นคุณค่าของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และบทบาทของสัญลักษณ์เหล่านั้นในการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์

11. ตระหนักว่าการแสดง การอภิปราย การอ่าน การเขียน และการฟังเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เป็นส่วนสำคัญสำหรับการเรียนรู้และการใช้คณิตศาสตร์

สรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ได้แก่

1. เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอที่เหมาะสม

2. แปลข้อมูลที่กำหนดให้เป็นประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ได้

3. บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล

4. สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้ได้

5. นำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

1.6 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

1.6.1 ความหมายของความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ไว้ ดังนี้

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555, น. 124-125) ได้ให้ความหมายของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันภายในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นหรือคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ค, น. 84-112) ได้ให้ความหมายว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล ระหว่างความรู้และทักษะกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์

กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนสมบูรณ์ขึ้น นอกจากนี้ ยังได้ให้ความหมายของความสามารถของความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ว่าเป็นความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลกับความรู้อื่น หรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (2555ก, น. 80) สำหรับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สามารถจำแนกตามลักษณะการเชื่อมโยง ได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำความรู้และทักษะกระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีหรือวิธีกะทัดรัดขึ้น ส่งผลให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายสำหรับนักเรียนมากยิ่งขึ้น

2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นการนำความรู้และทักษะกระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับเนื้อหาและความรู้ของศาสตร์อื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ดาราศาสตร์ พันธุกรรมศาสตร์ จิตวิทยา และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ส่งผลให้การเรียนคณิตศาสตร์น่าสนใจ มีความหมาย และนักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1991, p. 102) ได้ให้ความหมายว่า การเชื่อมโยง หมายถึง การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกัน ให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน การเชื่อมโยงแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กันเพื่อให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยนักเรียนในการทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชา ทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีความหมาย

การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการรวมศาสตร์ต่างๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวข้อเรื่องที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน เช่น คณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬา หรือศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในสาขาต่างๆ มากกว่า 1 สาขา ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง และตรงกับสภาพชีวิตจริง

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 60) ได้ให้ความหมายว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมากับความรู้ ปัญหา หรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบ การเชื่อมโยงอาจทำได้หลากหลาย แต่การเชื่อมโยงที่นิยมทำในห้องเรียนคณิตศาสตร์ มี 3 ลักษณะ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระ องค์ความรู้ หรือกระบวนการภายในคณิตศาสตร์ เช่น การเชื่อมโยงความรู้เรื่องเส้นจำนวน ระบบพิกัดฉาก คู่ลำดับ กราฟ ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน เป็นต้น

2. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น เป็นการเชื่อมโยงความรู้หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกัน เช่น การเชื่อมโยงความรู้เรื่องสัญกรณ์วิทยาศาสตร์กับนาโนเทคโนโลยี และการแบ่งตัวของแบคทีเรีย

3. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน เป็นการเชื่อมโยงความรู้หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน เช่น การใช้ความรู้เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสอธิบายว่าการเดินทางลัดเป็นการเดินในระยะทางที่สั้นกว่าการเดินตามเส้นทางปกติ

สรุปได้ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลกับความรู้อื่น หรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนสมบูรณ์ขึ้น

1.6.2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, น. 56) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ดังนี้ เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 83) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ดังนี้

1. หาความสัมพันธ์ของความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกัน
2. เชื่อมโยงสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

4. เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้มโนทัศน์ที่ซับซ้อน

5. สรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ค, น. 138-139) ได้กำหนดมาตรฐานทางด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนที่เรียนในระดับโรงเรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้น โดยกำหนดมาตรฐานด้านการเชื่อมโยง ที่นักเรียนควรมีความสามารถ ดังนี้

1. ระลึกและใช้การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ได้ (Recognize and use connection among mathematical ideas)

2. เข้าใจแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ว่าเชื่อมโยงกันอย่างไร และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใหม่ที่สอดคล้องกับของเดิมได้ (Understand how mathematical thinking interconnect and build on one another to produce a coherent whole)

3. ระลึกและประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในบริบทอื่นๆ นอกเหนือจากคณิตศาสตร์ได้ (Recognize and apply mathematics in contexts outside of mathematics)

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 61) ได้กล่าวถึงความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. เชื่อมโยงและสัมพันธ์ความรู้เชิงมโนทัศน์กับความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ

2. ใช้คณิตศาสตร์ในสาขาวิชาอื่น เช่น ศิลปะ ดนตรี จิตวิทยา วิทยาศาสตร์ ธุรกิจ และในชีวิตประจำวัน

3. เชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาหรือหัวข้อคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย รวมถึงการใช้งานของเนื้อหาหรือหัวข้อเหล่านั้น และมองเห็นคณิตศาสตร์เป็นภาพรวมของการบูรณาการ

4. วิเคราะห์ปัญหาและอธิบายผลโดยใช้กราฟ ตัวเลข วัตถุ ภาษา แบบจำลอง และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

5. ใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในการทำความเข้าใจความคิดทางคณิตศาสตร์อื่น และความคิดในศาสตร์อื่น

6. เชื่อมโยงวิธีการที่แตกต่างกันที่ใช้ในการแสดงมโนทัศน์เดียวกัน และที่ใช้ในการนำเสนออย่างเดียวกัน

7. เห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสังคมและวัฒนธรรมของตนเอง

8. ใช้และเห็นคุณค่าของการเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อต่างๆ ของคณิตศาสตร์และระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

สรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้แก่

1. เชื่อมโยงปัญหาหรือสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้
2. หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้
3. เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์
4. เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ
5. เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

1.7 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.7.1 ความหมายของความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2545, น. 4) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

วนิช สุธารัตน์ (2547, น. 69) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่เกิดจากสมองซีกขวาเช่นเดียวกับการจินตนาการและสหัชญาณ ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่เกิดขึ้นโดยอาศัยจินตนาการเป็นพื้นฐานอันสำคัญ หากบุคคลขาดจินตนาการความคิดสร้างสรรค์ย่อมเกิดขึ้นไม่ได้ ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่มีลักษณะแตกต่างไปจากความคิดของบุคคลอื่นๆ โดยอาศัยพื้นฐานจากประสบการณ์เดิม คือ ความรู้ ข้อมูล ข่าวสาร โดยใช้ทั้งประสบการณ์เดิมและสติปัญญาในการจัดสิ่งต่างๆ ขึ้นเป็นรูปแบบใหม่ ทำให้เกิดสิ่งต่างๆ ที่มีลักษณะเป็นเอกลักษณ์

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์ (2544, น. 2) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์มีความหมายใน 2 ประการ ได้แก่ ประการที่หนึ่ง ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึงเรื่องที่สลับซับซ้อนยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอนตายตัว และความหมายประการที่สอง เป็นการให้ความหมายโดยพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ใน 3 ลักษณะ ดังนี้ 1) พิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน (Product) ผลงานนั้นต้องเป็นงานที่แปลกใหม่ มีคุณค่าและเป็นที่ยอมรับ 2) พิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงกระบวนการ (Process) กระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็นการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งของหรือ

ความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน และ 3) พิจารณาความคิดสร้างสรรค์เชิงบุคคล (Person) บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ จะต้องเป็นผู้ที่มีความคิดที่แปลกใหม่เป็นตัวของตัวเอง (Originality) มีความคิดคล่อง (Fluency) มีความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้นได้ (Elaboration) นอกจากนี้ยังได้ให้ความหมาย ไว้อีกว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่างๆ ในแง่มุมใหม่ๆ เป็นการคิดที่ไม่ธรรมดา หรือเป็นการกระทำสิ่งต่างๆ ได้อย่างมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวหรือไม่ซ้ำแบบใครอย่างมีความแปลกใหม่ เป็นการเชื่อมโยงสิ่งที่ไม่สัมพันธ์ให้กลายเป็นสิ่งใหม่ได้อย่างเหมาะสม ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดอเนกนัย (Divergent thinking) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) (2553, น.79)

อารี พันธ์มณี (2537, น. 9) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัย อันนำไปสู่การค้นพบสิ่งแปลกใหม่ ด้วยการคิดดัดแปลง ปรุงแต่งความคิดเดิม ผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมถึงการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งต่างๆ ตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎี หลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้มิใช่แต่คิดในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่เป็นเหตุเป็นผลเพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่การจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่ แต่ต้องควบคู่กันไปกับความพยายามที่จะสร้างความคิดฝันหรือจินตนาการให้เป็นไปได้ ซึ่งก็คือ จินตนาการประยุกต์นั่นเอง จึงทำให้เกิดผลงานจากความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ใน 3 ลักษณะ ดังนี้ (2540, น. 6)

1. ลักษณะทางกระบวนการ หมายถึง ความรู้สึกไวต่อปัญหา และความสามารถแก้ไขปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ นำผลไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในสิ่งใหม่ต่อไป

2. ลักษณะของบุคคล หมายถึง บุคคลมีความอยากรู้ อยากเห็น กระตือรือร้น กล้าคิด กล้าแสดงออก มีความคิดสร้างสรรค์ มีอารมณ์ขัน มีจินตนาการ มีความยืดหยุ่นทั้งความคิดและการกระทำ เป็นบุคคลที่มีความสุขกับการทำงาน หรือสิ่งที่ตนพอใจ ตลอดจนไม่หวังผลต่อการประเมินภายนอก

3. ลักษณะทางผลผลิต หมายถึง คุณภาพของผลงานที่เกิดขึ้น มีตั้งแต่ขั้นต่ำสุดเป็นการผลิตงานที่ต้องอาศัยทักษะ การแสดงความคิดใหม่ของตนเอง การประดิษฐ์อย่างสร้างสรรค์ การพัฒนางานที่ได้คิดอย่างสร้างสรรค์ จนถึงขั้นสูงสุด ซึ่งจะออกมาในรูปทฤษฎี หรือสิ่งที่เป็นนามธรรม

กิลฟอร์ด (Guilford, 1959, p. 380) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่สามารถคิดได้หลายทิศทาง หรือ คิดแบบอเนกนัย ความคิดสร้างสรรค์

ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดที่เป็นของตนเองโดยเฉพาะคนที่มีความคิดสร้างสรรค์เป็นคนที่กล้าคิด ไม่กลัวถูกวิพากษ์วิจารณ์ และมีอิสระในการคิด

เทอร์แรนซ์ (Torrance, 1962, p. 16) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดสร้างสรรค์ผลิตผล หรือสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่รู้จักมาก่อนสิ่งต่างๆ เหล่านี้อาจจะเกิดจากการรวมความรู้ต่างๆ ที่ได้รับประสบการณ์แล้วเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่

เกอร์ฮาร์ด (Gerhard, 1971, p. 157) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นการสร้างหรือจัดระบบความคิดใหม่จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ ริเริ่ม คาดไม่ถึง และมองเห็นผลผลิตในรูปแบบใหม่

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 81 และ 2555ค, น. 113-122) ได้ให้ความหมายว่า ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดที่อาศัยความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และวิจารณญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์มีหลายระดับ ตั้งแต่ระดับพื้นฐานที่สูงกว่าความคิดพื้นๆ เพียงเล็กน้อย ไปจนถึงความคิดที่อยู่ในระดับสูงมาก บางครั้งมากจนไร้ขอบเขตจำกัด จนคนอื่นคิดไปไม่ถึง มองดูเหมือนเป็นการเพ้อฝัน ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในทางคณิตศาสตร์ มักเป็นความคิดแปลกใหม่ในการแก้ปัญหาหรือทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น การคิดหาวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แปลกใหม่ องค์ประกอบสำคัญที่นำไปสู่ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีดังนี้

1. ความคิดคล่อง เป็นความสามารถในการคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบจำนวนมากที่แตกต่างกันหรือหลากหลายวิธี

2. ความคิดยืดหยุ่น เป็นความสามารถในการคิดปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์คิดแล้วเลือกหรือนำไปใช้ให้ตรงกับสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่กำหนดเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องมีความแปลกแตกต่างกันออกไป

3. ความคิดริเริ่ม เป็นความสามารถในการคิดเพื่อให้ได้ความคิด ที่มีลักษณะแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดพื้นๆ เป็นความคิดที่เกิดขึ้นครั้งแรกที่แตกต่างจากความคิดพื้นๆ ที่มีอยู่เดิมและอาจไม่เคยมีใครนึกหรือคิดมาก่อน

4. ความคิดละเอียดลออ เป็นความสามารถในการคิดเพื่อให้ได้ความคิดที่มีรายละเอียดอย่างลุ่มลึก หลายแง่มุมของแต่ละคำตอบของปัญหาจนกระทั่งสามารถสร้างผลงานหรือชิ้นงานขึ้นมาได้สำเร็จ เป็นส่วนเสริมให้องค์ประกอบสำคัญ 3 ข้อข้างต้นมีความสมบูรณ์ นำไปสู่ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่มีประสิทธิภาพ

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 64) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นการคิดระดับสูง เป็นความสามารถของผู้เรียนในการคิดออกนอกกรอบความคิดเดิมที่มีอยู่ทำให้ได้แนวทางใหม่ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน เป็นความคิดที่ถูกสร้างขึ้นใหม่โดยไม่มีการลอกเลียนแบบความคิดอื่นๆ เป็นความสามารถในการคิดสิ่งแปลกใหม่ หาแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหา และนำความคิดมาผสมผสานเป็นแนวคิดใหม่ที่แตกต่างจากเดิม ประกอบด้วยองค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง เป็นการคิดได้หลายคำตอบในประเด็นหรือปัญหาเดียวกัน ทำให้ได้คำตอบที่หลากหลาย

2. ความคิดยืดหยุ่น เป็นการคิดได้หลากหลายวิธี หลากหลายแนวทางโดยมีการปรับวิธีคิดหรือขั้นตอนการทำงานให้สอดคล้องกับเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่กำหนด ทำให้ได้กลุ่มความคิดที่หลากหลาย

3. ความคิดริเริ่ม เป็นการคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากเดิม ไม่เคยมีใครคิดมาก่อน อาจใช้ความรู้เดิมเป็นพื้นฐานในการประยุกต์สิ่งใหม่ ให้มีความแปลกใหม่ และมีประโยชน์มากกว่าเดิม

4. ความคิดละเอียดลออ เป็นการคิดเชิงลึก และคิดในรายละเอียดปลีกย่อยอย่างรอบคอบ

สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และวิจารณญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่หลากหลาย มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเอง เป็นการสร้างแบบจำลองหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ หลากหลาย และได้ผลผลิตในรูปแบบใหม่

1.7.2 กระบวนการคิดสร้างสรรค์ และพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

กระบวนการคิดสร้างสรรค์

ทอร์แรนซ์ (Torrance, 1964 อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง, 2559, น. 65) ได้กล่าวว่า กระบวนการเกิดความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเริ่มต้น เป็นขั้นของการเริ่มต้นคิด ซึ่งมักจะต้องมีการรวบรวมข้อมูล สารสนเทศ และแนวคิดต่างๆ เพื่อทำความเข้าใจในปัญหาหรือสถานการณ์

2. ขั้นคิดไตร่ตรอง เป็นขั้นที่ต้องใช้ความคิดอย่างหลากหลายโดยมีการเชื่อมโยงทั้งระหว่างข้อมูล ระหว่างกระบวนการ และระหว่างข้อมูลกับกระบวนการ

3. ขั้นเกิดความคิดแปลกใหม่ เป็นขั้นที่มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่คิด ซึ่งเป็นสิ่งที่แปลกใหม่ไม่เหมือนกับที่มีผู้อื่นคิดไว้

4. ขั้นปรับปรุง เป็นขั้นการปรับความคิดที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 3 ให้เหมาะสมกับบริบทและเงื่อนไขของปัญหา

พงษ์เทพ บุญศรีโรจน์ (2546 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ค, น. 132-134) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับขั้นตอนการพัฒนาความคิดของนักเรียนเพื่อนำไปสู่ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. คิดกำหนดปัญหาให้ชัดเจน ในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับเป้าหมายของการคิดเพื่อแก้ปัญหา การกำหนดปัญหาให้ชัดเจนถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดที่จะช่วยให้กระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหาในลำดับต่อมาเป็นไปอย่างถูกต้อง เป็นการกำหนดเป้าหมายของการคิดที่ชัดเจน บางครั้งเรียกขั้นตอนนี้ว่า การคิดถูกทาง

2. คิดหาคำตอบที่หลากหลาย ในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนคิดหาคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ และหลากหลายแนวทางเพราะในคำตอบที่มากมายหลากหลายนั้น อาจมีคำตอบที่เป็นคำตอบที่ไม่เคยมีใครคิดมาก่อน ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นสิ่งที่มีค่าเป็นสิ่งที่เป็นความคิดริเริ่มแปลกใหม่ก็ได้

3. คิดพิจารณา ไตร่ตรอง วิเคราะห์ อย่างถ้วนถี่ รอบคอบ และสมเหตุสมผล ในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนนำความรู้เดิมหรือประสบการณ์ มาช่วยในการคิดพิจารณา แล้ววิเคราะห์ความเหมาะสมและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากขั้นที่ 2 ว่า คำตอบใดจะเป็นคำตอบที่เหมาะสม สมเหตุสมผลและดีที่สุด คำตอบใดที่น่าจะตัดทิ้งไป การคิดในขั้นตอนนี้เรียกว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4. ตัดสินใจ ในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนตัดสินว่าจะเลือกใช้คำตอบหรือแนวทางใดในการแก้ปัญหา ถ้าคำตอบหรือแนวทางที่เลือกไว้ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้ นักเรียนก็อาจย้อนกลับไปดูคำตอบที่ได้จากขั้นที่ 2 แล้วตัดสินใจเลือกใช้คำตอบหรือแนวทางในการแก้ปัญหาใหม่อีกครั้งก็ได้

ฮาดามาร์ด (Hadamard, 1945, p. 165) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และอธิบายกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้วยทฤษฎีจิตวิเคราะห์และทฤษฎีการสัมพันธ์เชื่อมโยงเข้าด้วยกัน โดยแบ่งกระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นตอนที่ได้รับปัญหาและบุคคลมีการกระทำต่อปัญหานั้นในระดับที่รู้ตัว (Conscious) อย่างเป็นระบบ (Systematic) โดยวิธีการเชิงตรรกะ

(Logical Approach) ซึ่งความพยายามในระดับที่รู้ตัวนี้จะเป็นการกระตุ้นในแนวทางทั่วๆ ไป ในการแก้ปัญหา ซึ่งแนวทางดังกล่าวจะเข้าสู่กระบวนการขั้นครุ่นคิดต่อไป

2. ขั้นครุ่นคิด (Incubation) เป็นขั้นตอนที่มีกระบวนการคิดที่ไม่รู้ตัว (Unconscious Thinking Processes) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เกิดการรวมกันของความคิดต่างๆ แบบสุ่ม และจะมีเพียงความคิดที่ดีเท่านั้นที่จะขึ้นสู่ระดับความมีสติรู้ตัว (Consciousness)

3. ขั้นรู้แจ้ง (Illumination) เป็นขั้นที่เกิดจุดวิกฤต (Critical Point) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นในระดับรู้ตัว

4. ขั้นตรวจสอบ เสนอผลและการนำไปใช้ (Verification, Exposition and Utilization of the Results) เป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการคิดสร้างสรรค์ซึ่งเกิดในระดับรู้ตัวทั้งหมด ในการตรวจสอบความชัดเจนถูกต้องนั้น วิธีการหนึ่งที่ทำได้คือ การพูดสื่อสาร ซึ่งกระทำได้ 2 ลักษณะ คือ การพูดสื่อสารกับตนเอง และการพูดสื่อสารกับบุคคลอื่น

ในกระบวนการคิดสร้างสรรค์นั้น ขั้นรู้แจ้ง เป็นขั้นที่สำคัญที่เกิดจุดวิกฤตขึ้น ซึ่งเป็นการใช้จุดวิกฤตนี้แบ่งแยกขั้นเตรียมและขั้นครุ่นคิด ออกจากขั้นตรวจสอบ

สรุปได้ว่า กระบวนการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นเตรียม ขั้นครุ่นคิด ขั้นรู้แจ้ง และขั้นตรวจสอบ เสนอผลและการนำไปใช้

พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, น. 56) ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ดังนี้ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ณัฏฐพงษ์ เจริญทิพย์ (2542 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 130-131) ได้เสนอลักษณะสำคัญของผู้ที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่พอจะอนุโลมให้เป็นลักษณะสำคัญของผู้ที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. มีความอยากรู้อยากเห็น เป็นอาการหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงความต้องการที่จะเรียนรู้ หรือเพิ่มเติมจากสิ่งที่รู้แล้วหรือยังไม่รู้ เพื่อปรับปรุงความรู้เดิมหรือเพื่อให้ได้ความรู้ด้านต่างๆ

2. ความไวต่อปัญหา เป็นอาการหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงการเกิดความคิดอย่างฉับพลันสืบเนื่องจากการรับรู้หรือการได้ประสบกับเหตุการณ์ในด้านต่างๆ

3. ความคิดแหวกแนว เป็นอาการหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงการมีแนวคิดที่แตกต่างไปจากบุคคลโดยทั่วไปที่มีต่อประเด็นขบคิดอย่างเดียวกันในด้านต่างๆ

4. ชอบทำในสิ่งที่ท้าทายความคิด เป็นอาการหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงการชอบคิดหรือทำในสิ่งที่ยากหรือต้องใช้ความพยายามมากกว่าปกติในด้านต่างๆ

5. ชอบการเปลี่ยนแปลง เป็นอาการหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงการชอบคิดชอบทำในสิ่งแปลกใหม่และหลีกเลี่ยงการคิดและทำในสิ่งที่ซ้ำซากจำเจในด้านต่างๆ

6. ทำงานเพื่อความพอใจ เป็นอาการหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงการคิดหรือทำงานโดยมีความพอใจที่จะได้ใช้ความรู้ความคิดของตนเป็นแรงจูงใจมากกว่าการได้รับสินจ้างรางวัลหรือคำชมเชย

7. อารมณ์ขัน เป็นอาการหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงการมีมุมมองที่หลากหลาย และใช้มุมมองที่หลากหลายนั้นผ่อนคลายความตึงเครียดในลักษณะของความสนุกสนานหรือมีอารมณ์ขัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 83) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ใช้ความรู้หรือมโนทัศน์เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่
2. สร้างสรรค์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือชิ้นงานที่มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้
3. คิดค้นวิธีการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1999 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2555ค, น. 140) ได้กำหนดมาตรฐานทางด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนที่เรียนในระดับโรงเรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้น โดยกำหนดมาตรฐานด้านความสามารถทางด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ที่นักเรียนควรมีความสามารถ ดังนี้

1. สังเคราะห์แนวคิด สร้างแนวคิดใหม่ และระบุประสิทธิภาพของแนวคิดต่างๆ ได้ (Synthesize ideas, generate new ideas and determine their effectiveness)

2. ตัดสินใจและสร้างผลิตผลขึ้นมาใหม่ได้ (Make decisions and generate new end products)

อัมพร ม้าคะนอง (2559, น. 57-58) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะที่มีความสำคัญต่อการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ดังนี้

1. แสดงความอยากรู้อยากเห็น
2. ทุ่มเทและมุ่งมั่นในการคิดและการทำงาน

3. กล้าเสี่ยง กล้าที่จะเผชิญกับสิ่งที่เกิดขึ้น
4. มีความสนใจที่หลากหลาย
5. อดทนต่อความคลุมเครือหรือความไม่ชัดเจน
6. เห็นคุณค่าของผลงานต้นแบบ
7. เปิดรับประสบการณ์ใหม่ๆ อยู่เสมอ
8. มีความคิดอิสระ และสามารถปรับเปลี่ยนความคิดได้เสมอ

สรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ใช้ความรู้หรือความคิดรวบยอดที่ได้จากการเรียนเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้
2. สร้างสรรค์ตัวแบบหรือผลงานทางคณิตศาสตร์ที่มีประโยชน์ต่อการเรียนคณิตศาสตร์ได้
3. คิดค้นวิธีการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ได้

2. การวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.1 วิธีและเครื่องมือประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นการประเมินความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในประเทศไทยได้ถูกเน้นมากขึ้นเมื่อมีการใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ทำให้การประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีและเครื่องมือในการประเมิน ที่หลากหลายถูกพัฒนามากขึ้นด้วยโดยวิธีและเครื่องมือที่นิยมใช้ในการประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากสะดวกต่อการสร้างและใช้ (อัมพร ม้าคนอง, 2559, น. 164-172) ได้แก่

2.1.1 การใช้ข้อสอบปรนัย (Objective test) ผู้สอนส่วนใหญ่นิยมใช้ข้อสอบปรนัยในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพราะความสะดวกในการสร้างและการตรวจให้คะแนน ข้อสอบมีหลายรูปแบบ ดังนี้

1) แบบเลือกตอบ (Multiple choice test) เป็นข้อสอบที่คำถามแต่ละข้อมีหลายตัวเลือกให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

2) แบบถูก-ผิด (True-false test) เป็นข้อสอบที่ให้พิจารณาว่าประโยคหรือข้อความทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้แต่ละข้อถูกหรือผิด

3) แบบจับคู่ (Matching test) เป็นข้อสอบที่กำหนดชุดข้อความ คำศัพท์ สูตรนิยาม ความหมาย ฯลฯ จำนวน 2 ชุด ให้เลือกจับคู่สิ่งที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างชุดทั้งสอง

4) แบบเรียงลำดับ (Ordering test) เป็นข้อสอบที่กำหนดขั้นตอนการทำงาน กระบวนการพิสูจน์ ฯลฯ ให้เรียงขั้นตอนหรือกระบวนการตามลำดับที่ถูกต้อง

5) แบบเติมคำ (Completion test) เป็นข้อสอบที่ให้ผู้เรียนเติมคำตอบ หรือข้อความสั้นๆ ลงในช่องว่างที่เว้นไว้

ข้อสอบปรนัยมักถูกนำมาใช้วัดทักษะการแก้ปัญหาที่ตรงกับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยระดับการนำไปใช้โดยใช้วัดความสามารถในการหาคำตอบสุดท้ายหรือแก้ปัญหามากกว่าวัดกระบวนการระหว่างการแก้ปัญหา ส่วนทักษะอื่นๆ ก็สามารถใช้วัดได้ ขึ้นอยู่กับคำถามหรือปัญหาที่ถาม การสร้างข้อสอบเพื่อประเมินจึงต้องพิจารณาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนจะนำมาใช้เป็นหลัก แล้วจึงสร้างคำถามหรือปัญหาภายหลัง

2.1.2 การใช้ข้อสอบอัตนัยให้เขียนอธิบาย (Written test) การใช้ข้อสอบอัตนัยประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ยังมีไม่มากนัก เพราะการสร้างข้อสอบที่ดีต้องใช้เวลามาก และไม่สะดวกทั้งในการใช้และการตรวจให้คะแนน ถึงแม้ว่าการประเมินทักษะโดยใช้ข้อสอบอัตนัยให้ผู้เรียนได้เขียนอธิบายวิธีคิดและขั้นตอนการทำงาน จะช่วยให้ผู้สอนประเมินผู้เรียนได้หลากหลายทักษะและหลากหลายมุมมอง การสร้างข้อสอบอัตนัยเพื่อประเมินทักษะใดๆ สามารถทำได้ง่ายกว่าการสร้างข้อสอบปรนัยเพื่อประเมินทักษะเดียวกัน เพราะผู้สอนสามารถถามเพื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมของทักษะนั้นได้โดยตรง

2.1.3 การใช้คำถาม (Questioning) การใช้คำถามเป็นการกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนและทำให้ผู้สอนประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ ส่วนการที่จะประเมินได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับของคำถามที่ผู้สอนใช้ คำถามที่ใช้ประเมินทักษะมักเป็นคำถามระดับสูงที่ต้องใช้การคิดที่หลากหลายมาช่วยในการวิเคราะห์ พิจารณาและตัดสินใจ หรือเป็นคำถามขยายความคิดที่ผู้เรียนต้องใช้การวิเคราะห์ สังเคราะห์ อย่างรอบคอบ ร่วมกับการใช้ทักษะต่างๆ ทางคณิตศาสตร์

2.1.4 การสังเกต (Observation) การสังเกตพฤติกรรมและการทำงานของผู้เรียนเพื่อประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็นการสังเกตแบบไม่เป็นทางการ (Informal observation) เพื่อแก้ไขและพัฒนาทักษะให้ผู้เรียนในกระบวนการเรียนการสอน ทำได้โดยการเดินดูและช่วยเหลือผู้เรียนในการทำกิจกรรม และการสังเกตแบบเป็นทางการ (Formal observation) เพื่อนำผลการสังเกตไปใช้ประโยชน์ เช่น ตัดสินผลการประเมินทักษะ ปรับปรุงกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะ หรือทำวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ทำได้โดยสร้างแบบสังเกตที่มี

ลักษณะต่างๆ ตามจุดประสงค์ของการใช้งาน แบบสังเกตที่ใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีดังนี้

1) แบบสังเกตแบบสำรวจรายการ (Observation checklist) ประกอบด้วยรายการแสดงพฤติกรรมของผู้เรียนในการเรียนหรือทำกิจกรรมคณิตศาสตร์ ผู้สังเกตเป็นผู้ตรวจสอบว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมในแต่ละรายการหรือไม่

2) แบบสังเกตแบบมาตรประมาณค่า (Observation rating scale) มีระดับของพฤติกรรมให้ผู้สังเกตประเมินว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมหรือปฏิบัติตามข้อความในแต่ละรายการในระดับมากหรือน้อยเพียงใด

3) แบบสังเกตแบบแสดงความคิดเห็นทั่วไป (Observation comment card) ให้ผู้สังเกตเขียนข้อมูลที่สังเกตได้ในภาพรวมของการเรียนรู้ การทำงาน และพฤติกรรมทั่วไปของผู้เรียน รวมถึงการให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้

ในการใช้แบบสังเกต สิ่งสำคัญคือข้อความในแบบสังเกตต้องสอดคล้องและสื่อถึงการใช้ทักษะของผู้เรียนที่ผู้สอนต้องประเมินได้อย่างแท้จริง การสร้างข้อความต้องสามารถประเมินพฤติกรรมของทักษะ และการประเมินต้องใช้มาตรฐานหรือเกณฑ์เดียวกันกับผู้เรียนทุกคน

2.1.5 การประเมินผลงาน (Student's work) การประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้ผลการปฏิบัติงานหรือผลงานของผู้เรียน เป็นการประเมินที่ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนทำงานหรือกิจกรรม เช่น โครงงาน แฟ้มสะสมงาน ชิ้นงาน ใบงาน ใบกิจกรรม เป็นต้น โดยผู้สอนจะใช้การปฏิบัติงานหรือผลงานของนักเรียนเป็นข้อมูลในการพิจารณาว่าผู้เรียนได้เรียนรู้หรือใช้ทักษะที่มีอยู่ทำงานได้ดีเพียงใด การประเมินลักษณะนี้เป็นการประเมินตามสภาพจริงที่จะทำให้ผู้สอนเห็นความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน สิ่งสำคัญในการประเมินทักษะจากผลงาน คือ การกำหนดงานให้สอดคล้องกับทักษะที่ต้องการประเมิน ผลงานที่มอบหมายให้ผู้เรียนทำชิ้นหนึ่งๆ อาจใช้ประเมินทักษะได้หลายทักษะในขณะเดียวกัน รวมทั้งอาจใช้ประเมินคุณลักษณะที่พึงประสงค์ เช่น ความรับผิดชอบ ความตรงเวลา ได้อีกด้วย

2.1.6 การประเมินบันทึกการเรียนรู้ (Student's journal) บันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นบันทึกที่ผู้สอนให้ผู้เรียนเขียนแสดงความรู้ความเข้าใจ ความสามารถ และสิ่งต่างๆ ที่ผู้สอนต้องการทราบโดยให้เขียนเฉพาะประเด็นที่สำคัญๆ ไม่ถามหลายประเด็นจนทำให้ผู้เรียนให้ความสำคัญกับแต่ละประเด็นน้อยลง รูปแบบของบันทึกการเรียนรู้จะยืดหยุ่นตามประเด็นหรือข้อมูลที่ผู้สอนต้องการ ใช้คำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเขียนได้อย่างอิสระ บันทึกการเรียนรู้จึงเป็น

การสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ผู้สอนสามารถใช้ประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์บางทักษะ เช่น ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการสื่อสาร และทักษะการเชื่อมโยง

2.1.7 การสัมภาษณ์ (Interview) การสัมภาษณ์เพื่อประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนใช้เมื่อต้องการประเมินเชิงลึกเพื่อนำผลการประเมินไปใช้ประโยชน์เฉพาะ เช่น ทำวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน หรือเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งหรือเกิดขึ้นกับผู้เรียนส่วนใหญ่ การจะได้ข้อมูลตามที่ต้องการหรือไม่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความสามารถของผู้สัมภาษณ์เป็นสำคัญ การสัมภาษณ์ที่นิยมใช้ มี 2 ลักษณะ ดังนี้

1) การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview) มีการกำหนดประเด็นหลักและประเด็นย่อยของการสัมภาษณ์ไว้อย่างชัดเจนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับประเด็นที่ต้องการ นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดกรอบของคำถามในแต่ละประเด็นไว้เพื่อทำให้การสัมภาษณ์มีความสมบูรณ์มากขึ้น

2) การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured interview) ไม่จำเป็นต้องจัดทำโครงสร้างของแบบสัมภาษณ์ เพียงแต่กำหนดประเด็นหรือข้อมูลที่ต้องการไว้ล่วงหน้า ในขณะที่สัมภาษณ์ก็จะสัมภาษณ์ในแง่มุมต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการอย่างหลากหลาย

2.1.8 การใช้แบบประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ก, น. 89-92) แบบประเมินมีการกำหนดสถานการณ์ หรือกิจกรรมต่างๆ ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และประเมินพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนได้โดยตรงในระหว่างการทำกิจกรรม เช่น การวางแผนการทำงาน การดำเนินงานตามแผน การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ การบันทึกข้อมูล การจัดกระทำกับข้อมูล การวิเคราะห์ การแปลผล การลงสรุป รวมถึงการเสนอแนวทางในการนำความรู้ไปใช้ แบบประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1) สถานการณ์ เป็นเนื้อหาสาระ ข้อสนเทศ หรือความรู้ที่ผู้เรียนต้องใช้ในการลงมือปฏิบัติภาระงาน

2) คำสั่งหรือคำชี้แจง เป็นเงื่อนไข หรือสิ่งที่ระบุให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อให้ผู้เรียนแสดงออกถึงพฤติกรรมที่ต้องการวัดซึ่งต้องครอบคลุมทักษะปฏิบัติ ได้แก่ การวางแผนการดำเนินงาน การลงมือปฏิบัติ การวิเคราะห์และแปลผล และการสร้างความรู้และนำความรู้ไปใช้

3) การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เน้นที่กระบวนการทางคณิตศาสตร์และพัฒนาการที่เพิ่มมากขึ้นมากกว่าการมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาสาระ ก่อนการประเมิน

ผู้สอนควรวางแผนการประเมินล่วงหน้าด้วยการดำเนินการต่อไปนี้ (อัมพร ม้าคนอง, 2559, น. 171-173)

4) กำหนดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จะประเมิน ผู้สอนต้องสอนและประเมินให้ครอบคลุมทุกทักษะที่มีความสำคัญต่อผู้เรียน ไม่จำเป็นต้องประเมินในครั้งเดียวกัน แต่ควรกำหนดทักษะที่ต้องการประเมินไว้ทุกครั้งที่จะมีการประเมิน

5) กำหนดวิธีและเครื่องมือที่จะใช้ในการประเมิน ผู้สอนควรกำหนดวิธีและเครื่องมือที่จะใช้ประเมินแต่ละทักษะหรือหลายทักษะร่วมกัน

6) กำหนดแผนการประเมินอย่างเป็นระบบ ผู้สอนควรกำหนดว่าจะประเมินทักษะผู้เรียนเมื่อใดบ้าง เช่น ประเมินทุกเดือน ประเมินเมื่อสอนจบบางหัวข้อหรือจบบท ประเมินกลางภาค หรือประเมินปลายภาค

7) กำหนดว่าจะนำผลการประเมินไปใช้ทำอะไรบ้าง ผู้สอนควรกำหนดไว้ล่วงหน้าว่าจะนำผลจากการประเมินไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง จึงจะคุ้มค่ากับเวลาและงานที่ทั้งผู้เรียน และผู้สอนต้องทำ

สรุปได้ว่า การประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถใช้วิธีและเครื่องมือในการประเมินที่หลากหลายโดยวิธีและเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากสะดวกในการสร้างและใช้ ได้แก่ การใช้ข้อสอบปรนัยการใช้ข้อสอบอัตนัยให้เขียนอธิบาย การใช้คำถาม การสังเกต การประเมินผลงาน การประเมินบันทึกการเรียนรู้ การสัมภาษณ์ และการใช้แบบประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือขึ้นอยู่กับทักษะที่จะประเมินและลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ

2.2 การประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2.1 การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา และการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

ชาร์ล เลสเตอร์ และโอดาฟเฟอร์ (Charles, Lester & O'Daffer, 1987, p. 15-16) ได้แนะนำวิธีประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ 4 วิธี ดังนี้

1. การสังเกตและการถามคำถามนักเรียน (Observing and questioning) เป็นวิธีการประเมินที่มีคุณค่ามาก สามารถใช้ประเมินในขณะที่นักเรียนแก้ปัญหาเป็นรายบุคคลหรือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม โดยครูจะประเมินในขณะที่เดินตรวจตราไปยังกลุ่มต่างๆ ขณะที่นักเรียนกำลังลงมือแก้ปัญหา และบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในเครื่องมือที่ใช้ให้ตรงประเด็นทันทีที่ได้ข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แบบบันทึกผลการสังเกต (Comment card) แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) และมาตรประมาณค่า (Rating scale)

2. การประเมินโดยใช้ข้อมูลจากการประเมินตนเองของนักเรียน (Self-assessment data from students) การประเมินด้วยวิธีนี้จะได้รับประโยชน์มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับสิ่งที่นักเรียนเขียนสะท้อนออกมาเกี่ยวกับความรู้สึก ความเชื่อ ความตั้งใจ รูปแบบการคิด และอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาออกมามากน้อยและตรงกับความเป็นจริงเพียงใด การประเมินตนเองแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่

2.1 การให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การประเมินแบบนี้ทำได้หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาเสร็จใหม่ๆ โดยให้นักเรียนนึกถึงประสบการณ์ขณะที่กำลังแก้ปัญหา แล้วเขียนอธิบายว่าตนเองคิดอย่างไรในขณะที่กำลังแก้ปัญหา

2.2 การให้นักเรียนตอบแบบประเมินผลการรายงานหรือการบันทึกประสบการณ์การแก้ปัญหาซึ่งมีลักษณะเป็นชุดของข้อคำถามที่ให้นักเรียนตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหา และเจตคติต่อการแก้ปัญหาของตนเอง

3. การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric scoring) เป็นการให้คะแนนที่ประเมินจากผลงานที่นักเรียนทำ หรือพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก มีการกำหนดระดับคะแนนพร้อมระบุรายละเอียดของผลงาน หรือพฤติกรรมของนักเรียนไว้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม การให้คะแนนแบบรูบริคที่นิยมใช้ในการประเมินงานมี 2 แบบ ดังนี้

3.1 การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic scoring) เป็นการให้คะแนนตามองค์ประกอบของสิ่งที่ต้องการประเมิน เช่น การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาสามารถแยกพิจารณาเป็น ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา กลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา และการสรุปคำตอบของปัญหา มีการกำหนดเกณฑ์ของคะแนนในแต่ละด้าน เวลาให้คะแนนจะรายงานผลโดยจำแนกเป็นด้านๆ อาจสรุปเป็นคะแนนรวมของทุกด้านด้วยก็ได้ การให้คะแนนแบบนี้ มักนำมาใช้ในการประเมินผลที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยหาจุดเด่น หรือจุดด้อยของนักเรียนในแต่ละด้าน เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปใช้ในการส่งเสริมจุดเด่นหรือแก้ไขจุดด้อยเหล่านั้น การประเมินผลด้วยวิธีนี้ มีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับวิธีการประเมินผลอย่างอื่น เช่น การสังเกตและการใช้คำถาม

3.2 การให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic scoring) เป็นการให้คะแนนที่ประเมินจากผลงานของนักเรียนโดยการกำหนดระดับคะแนนพร้อมระบุรายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของนักเรียนที่ควรมีเป็นภาพรวมของการทำงานทั้งหมด ไม่แยกเป็นด้านๆ การให้คะแนนแบบนี้ มักนำมาใช้ในการประเมินผลที่มีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสิน หรือสรุปผลการเรียนของ

นักเรียน เป็นการประเมินที่เหมาะสำหรับการประเมินที่มีพิสัยกว้างๆ และต้องการผลที่เป็นภาพรวมกว้างๆ

4. การใช้แบบทดสอบ (Tests) แบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินผลการแก้ปัญหามี 2 ประเภท ดังนี้

4.1 แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple choice test) แบบทดสอบชนิดนี้ ประกอบด้วยข้อคำถามซึ่งแต่ละคำถามจะมีตัวเลือกหลายๆ ตัวเลือกให้นักเรียนเลือกที่คิดว่าถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

4.2 แบบทดสอบชนิดเติมคำ (Completion test) แบบทดสอบชนิดนี้ ประกอบด้วยข้อสอบที่เว้นช่องว่างเอาไว้เพื่อให้นักเรียนเติมคำ ตัวเลข ชุดของสัญลักษณ์ หรือประโยคที่คิดว่าถูกต้องลงในช่องว่าง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 127-128) ได้กล่าวถึง การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ควรมีรายการประเมินที่แสดงถึงขั้นตอนการแก้ปัญหาทั้ง 4 ประเด็น ได้แก่ 1) ความเข้าใจปัญหา 2) การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา 3) การใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหา และ 4) การสรุปคำตอบ การให้คะแนนต้องกำหนดเกณฑ์ที่มีรายละเอียดเพียงพอที่จะใช้ประเมินผลผู้เรียน นอกจากนี้ควรมีการบันทึกเพิ่มเติมในกรณีที่ผู้เรียนแสดงความสามารถในการมองปัญหาย้อนกลับโดยการตรวจสอบขั้นตอนการแก้ปัญหา วิธีแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้ ตลอดจนการขยายผลการแก้ปัญหาให้อยู่ในรูปของหลักการทั่วไปได้ ในการประเมินแต่ละครั้ง ผู้ประเมินอาจกำหนดน้ำหนักคะแนนของการแก้ปัญหาแตกต่างกันได้ตามความสำคัญของปัญหา มีการสรุปและบันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลไว้ด้วยทุกครั้งที่มีการประเมิน

อัมพร ม้าคนอง (2559,น.173-174) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาว่า สามารถประเมินได้หลากหลายตามความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ดังนี้

1. การแก้ปัญหาได้ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการหาคำตอบ ผลเฉลย หรือแนวทางในการจัดการกับปัญหา

2. การสร้างโจทย์หรือประเด็นปัญหา เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ อันจะนำไปสู่การสร้างโจทย์ ปัญหา สถานการณ์ หรือคำถาม

3. การใช้วิธีการที่หลากหลาย เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการที่แตกต่างกันหลายวิธี

4. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ เป็นความสามารถในการพิจารณาคำตอบหรือการแก้ปัญหาที่ได้ว่าเหมาะสม สอดคล้อง และสมเหตุสมผลเพียงใด

5. การขยายความคิดจากผลการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการนำผลการแก้ปัญหาไปคิดต่อ

การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาตามความสามารถดังกล่าว ผู้สอนมักใช้ปัญหาหนึ่งๆ ประเมินความสามารถหลายๆ อย่างร่วมกัน สิ่งที่ประเมินได้มากคือ การแก้ปัญหาได้ และการใช้วิธีที่หลากหลายในการแก้ปัญหา แต่สิ่งที่ยังทำได้ไม่มาก คือ การประเมินการสร้างโจทย์ การตรวจสอบความสมเหตุสมผล และการขยายความคิดจากผลการแก้ปัญหา สำหรับเครื่องมือที่ใช้ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา มักใช้แบบทดสอบลักษณะเดียวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นข้อสอบปรนัยระดับการนำไปใช้ ผลรวมของคะแนนสอบเป็นเพียงภาพรวมของระดับความสามารถที่ผู้เรียนมี ทั้งที่การแก้ปัญหาไม่ได้อาจจะมีระดับความบกพร่องแตกต่างกัน แบบทดสอบที่จะใช้ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา จึงควรมีลักษณะเปิดโดยอาจเปิดที่คำตอบให้มีคำตอบได้หลากหลายคำตอบ หรือเปิดที่กระบวนการ คือ มีวิธีแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเต็มศักยภาพ แบบทดสอบการแก้ปัญหาแบบหนึ่งที่นิยมใช้คือ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ให้ผู้เรียนแสดงวิธีทำงาน 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของโพลยา เพื่อที่จะประเมินความสามารถในการใช้กระบวนการแก้ปัญหาของผู้เรียน

สรุปได้ว่า การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถทำได้โดยการสังเกตและการถามคำถามนักเรียน การประเมินโดยใช้ข้อมูลจากการประเมินตนเองของนักเรียน การให้คะแนนแบบรูบริค และการใช้แบบทดสอบ การเลือกเครื่องมือสำหรับการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา ขึ้นอยู่กับว่าผู้ประเมินต้องการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาด้านใดบ้าง รวมถึงการเลือกใช้เกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานและเหมาะสมกับปัญหา ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2.2.2 การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการให้เหตุผล และการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

มอลลอย (Malloy, 1999, p. 13) ได้กล่าวถึง แนวทางในการพัฒนาการให้เหตุผลในระดับมัธยมศึกษาโดยเสนอให้ผู้สอนใช้แนวทางการสืบสอบ (Inquiry approach) ในการ

ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เหตุผลในการตรวจสอบและอภิปรายเกี่ยวกับบริบทของปัญหา และเชื่อมโยงปัญหากับเนื้อหาและความรู้ทางคณิตศาสตร์อื่นที่เกี่ยวข้อง

สเติร์นเบิร์ก (Sternberg, 1999, p. 37) ได้กล่าวถึง แนวคิดในการพัฒนาทักษะและประเมินการให้เหตุผลของผู้เรียนไว้ว่า ผู้สอนควรต้องคำนึงถึงกระบวนการทางปัญญา 5 ขั้น ได้แก่ การระบุปัญหา การสร้างกลวิธีเพื่อแก้ปัญหา การสร้างมโนภาพจากข้อมูลในปัญหา การวางแผนและการจัดการทรัพยากรเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา และการกำกับและประเมินคำตอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547, น. 50-52) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลไว้ว่า นอกจากจะพิจารณาความสามารถในการให้เหตุผลแล้ว ผู้ประเมินควรคำนึงถึงความสามารถในด้านต่อไปนี้

1. ความสามารถในการใช้พื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการให้เหตุผล
2. ความสามารถในการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์สร้างข้อคาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้น
1. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์และการพิสูจน์
2. ความสามารถในการเลือกใช้รูปแบบหรือวิธีการที่หลากหลายในการให้เหตุผลหรือพิสูจน์

นอกจากนี้ ในการประเมินผลควรจะคำนึงถึงจุดมุ่งหมายในการประเมินด้วยว่าประเมินเพื่อจุดมุ่งหมายอะไร เช่น ประเมินเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดการเรียนการสอน หรือประเมินเพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผล ซึ่งการประเมินเพื่อจุดมุ่งหมายนี้ อาจใช้การให้คะแนนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผล ครูอาจใช้การประเมินแบบองค์รวม โดยใช้เกณฑ์ที่มีผู้พัฒนาไว้แล้ว หรืออาจจะตั้งเกณฑ์ขึ้นเองจากประสบการณ์จริงที่พบได้ในชั้นเรียน โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการให้คะแนนแบบกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) เพื่อมุ่งหวังที่จะขจัดปัญหาที่จะเกิดจากการให้คะแนน ป้องกันการลำเอียง และเสริมสร้างความเป็นธรรมในการให้คะแนน ตลอดจนสร้างระบบการประเมินที่จะนำไปสู่การพัฒนา ทั้งนี้อาจเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989, p. 219) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การสังเกตและการใช้คำถาม วิธีนี้จะใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่าเกี่ยวกับการแสดงออกของนักเรียน โดยขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ครูสามารถสังเกตและตั้งคำถาม

ได้ตลอดเวลา การสังเกตโดยตรงและการถามคำถามอย่างระมัดระวังขณะที่นักเรียนกำลังเรียนหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ครูกำหนด ถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดของการประเมิน

2. การเขียนบันทึกเชิงไตร่ตรอง การเขียนรายงานหรือการบันทึกการให้เหตุผลของนักเรียนทำให้นักเรียนคิดทบทวนคำถามได้ใหม่ คำถามสำคัญที่ครูควรใช้เพื่อช่วยให้นักเรียนมองย้อนกลับและอธิบายความคิดของนักเรียนขณะแก้ปัญหากิจกรรมการให้เหตุผล ได้แก่

2.1 นักเรียนมีวิธีการคิดในการหาคำตอบอย่างไร

2.2 นักเรียนสามารถคิดแบบอื่นได้อีกหรือไม่ อย่างไร

2.3 นักเรียนมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบที่ได้อย่างไร

3. การใช้แบบทดสอบ แบบทดสอบที่ใช้ประเมินความสามารถในการให้เหตุผลมี 2 แบบ ได้แก่ แบบทดสอบแบบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่ให้เขียนเชิงบรรยาย มีลักษณะคือให้ตอบโดยจำกัดความยาวเท่ากับช่องว่างที่ให้ไว้ หรือให้ตอบโดยไม่จำกัดความยาวสามารถตอบโดยอิสระ และแบบทดสอบแบบปรนัยซึ่งมีหลายแบบ ได้แก่ แบบถูกผิด แบบเติมคำ แบบจับคู่ แบบตอบสั้น แบบจัดอันดับ แบบเลือกตอบ และแบบตัวเลือก

4. การประเมินจากแฟ้มผลงาน แฟ้มผลงานเป็นแหล่งรวบรวมผลงานที่ดีที่สุดของผู้เรียนอย่างเป็นระบบและมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน แฟ้มผลงานเปิดโอกาสให้นักเรียนมีเวลาคิดในการพัฒนางาน และเห็นความก้าวหน้าในการพัฒนาความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ของตนเอง การประเมินจากแฟ้มผลงานมีข้อดี คือประหยัดเวลา สามารถประเมินความสามารถของนักเรียนได้หลายด้าน เช่น ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ด้านความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการนำเสนอ เป็นต้น

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 176-178) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลไว้ว่า การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลมักประเมินตามประเภทของการให้เหตุผลและลักษณะของเนื้อหาคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การให้เหตุผลเชิงตรรกะ เป็นการใช้หลักตรรกศาสตร์ในการอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย การให้เหตุผลแบบอุปนัย และการให้เหตุผลแบบนิรนัย

2. การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน เป็นการให้เหตุผลโดยใช้ความคิดเกี่ยวกับสัดส่วนของปริมาณที่หายไปหรือที่เปลี่ยนแปลงด้วยการเพิ่มขึ้นหรือลดลง

3. การให้เหตุผลเชิงปริภูมิ เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับสิ่งที่ปรากฏเป็นมิติต่างๆ

การประเมินความสามารถในการให้เหตุผล ส่วนมากใช้ปัญหาหรือกิจกรรมเป็นเครื่องมือในการประเมินการให้เหตุผลตามบริบทของปัญหาหรือกิจกรรมนั้น ซึ่งอาจประเมิน

การให้เหตุผลหลายอย่างในปัญหาเดียวกัน ปัญหาหรือคำถามที่ใช้มีความสำคัญต่อการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดเพื่อหาเหตุผลมาอธิบายคำตอบ ดังนั้นคำถามที่ใช้ควรเอื้อต่อการให้เหตุผลที่หลากหลาย เพื่อผู้สอนจะประเมินได้ว่า การให้เหตุผลของผู้เรียนมีลักษณะอย่างไร และอยู่ในระดับใด

สรุปได้ว่า การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สามารถทำได้โดยการสังเกต การใช้คำถาม การเขียนบันทึกเชิงไตร่ตรอง การใช้แบบทดสอบ การประเมิน จากแฟ้มผลงาน และการใช้แนวทางการสืบสอบ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกเป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2.2.3 การประเมินความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ดังนี้

เคนเนดี้ และ ทิปส์ (Kennedy & Tipps, 1994, p. 112) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า สามารถแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ภาษาทางคณิตศาสตร์ (Mathematics language)
   - 1.1 ไม่ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์หรือใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์อย่างไม่เหมาะสม
   - 1.2 ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมเป็นบางครั้ง
   - 1.3 ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมเกือบทุกครั้ง
   - 1.4 ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ถูกต้อง สละสลวย
2. การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical representations)
   - 2.1 ไม่แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์
   - 2.2 แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์
   - 2.3 แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้องเหมาะสม
   - 2.4 แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง ชัดเจน
3. ความชัดเจนของการนำเสนอ (Clarity of presentation)
   - 3.1 การนำเสนอไม่ชัดเจน (สับสน ไม่สมบูรณ์ ขาดรายละเอียด)
   - 3.2 การนำเสนอมีความชัดเจนในบางส่วน
   - 3.3 การนำเสนอมีความชัดเจนเกือบสมบูรณ์

3.4 การนำเสนอมีความชัดเจนสมบูรณ์ (เป็นระบบ มีรายละเอียดครบสมบูรณ์)

เลสเตอร์ และโครล (Lester & Kroll, 1991, p. 278-282) ได้เสนอเทคนิคการประเมินความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอว่าสามารถประเมินได้โดยใช้เทคนิคการประเมินในชั้นเรียน ดังนี้

1. การสังเกตและสอบถาม การสังเกตและสอบถามขณะที่นักเรียนกำลังทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ จะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับทักษะ กระบวนการ เจตคติ และความเชื่อ การสังเกตสามารถทำได้ทั้งอย่างไม่เป็นทางการ และอย่างเป็นทางการ

2. การตรวจผลงาน เป็นการพิจารณาถึงกระบวนการแก้ปัญหา โดยพิจารณาและให้ความสำคัญกับวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาของนักเรียนมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้ วิธีการตรวจผลงานที่สำคัญ มี 2 วิธี ได้แก่

2.1 การตรวจให้คะแนนแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหา เป็นการตรวจให้คะแนนโดยกำหนดระดับหรือจุดการให้คะแนนในแต่ละระดับพฤติกรรม

2.2 การตรวจให้คะแนนภาพรวม เป็นการให้คะแนนภาพรวมของผลการแก้ปัญหาโดยให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดที่สัมพันธ์กับกระบวนการคิดในการแก้ปัญหา ให้ค่าคะแนนหนึ่งค่าสำหรับผลการแก้ปัญหาทั้งหมด

3. การประเมินการเขียน การเขียนนับว่าเป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การประเมินจากการเขียนสามารถพิจารณาได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

3.1 การเขียนรายงานผลของตนเอง เหมาะสำหรับใช้ประเมินความรู้สึกและความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ มากกว่าที่จะใช้วัดพฤติกรรมการแสดงออก ควรใช้ประกอบกับการประเมินแบบอื่นๆ

3.2 การเขียนรายงานในชั้นหรือการบ้าน เหมาะสำหรับใช้ประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ครูสามารถนำผลการประเมินเป็นข้อมูลในการวางแผนบทเรียนต่อไป

3.3 การเขียนในการทดสอบ การเขียนส่วนใหญ่ในทางคณิตศาสตร์มักจะเป็นการเขียนในการทดสอบ

4. การประเมินจากแฟ้มผลงาน แฟ้มผลงานจะรวบรวมข้อมูลจากทั้งการสอบ การบ้าน และผลงานอื่นๆ ที่เป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำมาประเมินผลรวมสุดท้ายเพื่อตัดสินผลการเรียน นอกจากนี้ สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่จำเป็นต้องปรากฏอยู่ในแฟ้มผลงานของผู้เรียน คือ การใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

และการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ศัพท์และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม รวมทั้งการเลือกใช้รูปแบบและเทคนิคต่างๆ ในการนำเสนอเพื่อให้เกิดความชัดเจนและสามารถสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี (สถาบันส่งเสริมการสอนคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ก, น. 162)

5. การทดสอบ แบบทดสอบโดยทั่วไปมักจะเน้นให้นักเรียนหาคำตอบที่ถูกต้องของปัญหา ไม่ได้เน้นที่กระบวนการคิดแก้ปัญหา ดังนั้น ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ควรจะกำหนดข้อคำถามที่มุ่งประเมินกระบวนการคิดของนักเรียน โดยการเน้นให้นักเรียนได้สื่อสาร และนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองออกมา

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 179-181) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ไว้ว่า ความสามารถในการสื่อสารรวมถึงความสามารถในการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอสิ่งที่ตนเข้าใจให้ผู้อื่นรับทราบตรงกัน ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ ดังนี้

1. การสื่อสาร เป็นการอธิบายโดยการพูด เขียน หรือแสดงให้เห็น

2. การสื่อความหมาย เป็นการทำความเข้าใจ ตีความ แปลความหรือวิเคราะห์ความหมายของสิ่งที่ตนพบ

3. การนำเสนอ เป็นการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอข้อมูล ความคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกัน

การประเมินความสามารถในการสื่อสารในห้องเรียนมักเน้นที่การให้อธิบายวิธีการหรือเหตุผลโดยใช้การพูดและการเขียนอธิบาย การสร้าง ประเด็น หรือเงื่อนไข ที่จะทำให้ผู้เรียนคิดได้หลากหลายแง่มุม ซึ่งจะเป็นสถานการณ์ที่เอื้อต่อการสื่อสาร สื่อความหมาย หรือการนำเสนอความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกัน นอกจากนี้ ยังมุ่งให้ผู้เรียนได้ประเมินประสิทธิภาพในการสื่อสารของตนเองควบคู่ไปด้วย

สรุปได้ว่า การประเมินความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ สามารถทำได้โดยใช้เทคนิคการประเมินผลในชั้นเรียน ได้แก่ การสังเกตและสอบถาม การตรวจผลงาน การประเมินการเขียน การประเมินจากแฟ้มผลงาน การทดสอบ รวมทั้งการให้นักเรียนอธิบายวิธีการหรือเหตุผลโดยใช้การพูด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

2.2.4 การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 12-27) ได้กล่าวถึง หลักการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ไว้ว่า การวัดและประเมินผล ต้องครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามสาระการเรียนรู้ที่จัดไว้ในหลักสูตรของสถานศึกษา โดยเน้นการเรียนรู้ด้วยการทำงานหรือทำกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดสมรรถภาพทั้ง 3 ด้าน ในส่วนของความสามารถในการเชื่อมโยงงานหรือกิจกรรมควรมีลักษณะ ดังนี้

1. สาระในงานหรือกิจกรรมต้องใช้การเชื่อมโยงความรู้หลายเรื่อง
2. งานหรือกิจกรรมควรมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ซึ่งจะก่อให้เกิดความตระหนักในคุณค่าของคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับวิธีการวัดและประเมินผลดังกล่าวข้างต้น จำแนกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบ เป็นเครื่องมือวัดที่ผู้สอนสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบประเภทต่างๆ ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบถูกผิด แบบจับคู่ แบบเปรียบเทียบ แบบเติมคำ แบบเขียนตอบ แบบต่อเนื่อง แบบสองขั้นตอน และแบบแสดงวิธีทำ
2. ภาระงานที่ได้รับมอบหมาย เป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้สอนและผู้เรียนอาจมีส่วนร่วมกันกำหนดขอบเขตและเกณฑ์ต่างๆ ในการทำงาน ภาระงานที่ได้รับมอบหมายเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีอยู่หลายลักษณะ แต่ละลักษณะมีรายละเอียด ดังนี้ (2555ก, น. 96-186)

1.1 แบบฝึกหัด เป็นภาระงานที่ผู้เรียนได้รับมอบหมายให้ทำเมื่อเรียนจบเนื้อหาแต่ละตอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนความรู้ในเนื้อหาสาระต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การทำแบบฝึกหัดท้ายบทหรือแบบฝึกหัดระคน เป็นการทำแบบฝึกหัดที่ต้องใช้ความรู้และวิธีการที่หลากหลายผสมผสานกันเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ด้านต่างๆ หรือเพื่อเป็นการทบทวนความรู้และฝึกทักษะเพิ่มเติม

1.2 ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่มีเนื้อหาสาระ กระบวนการ หรือความรู้ที่ผู้เรียนไม่เคยพบเห็นมาก่อน และไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที การหาคำตอบจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ รวมทั้งความสามารถด้านการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ ให้เหตุผล และการตัดสินใจ ลักษณะของปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ ข้อมูลมีความทันสมัยและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือเป็นเหตุการณ์ที่เป็นไปได้จริง และใช้ความรู้หรือเนื้อหาสาระหลายเรื่องประกอบกันเพื่อให้มีการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในการแก้ปัญหา เป็นการแก้ปัญหาเชิงบูรณาการ

1.3 การค้นคว้าทางคณิตศาสตร์ เป็นภาระงานที่ผู้เรียนได้รับมอบหมายให้ศึกษาค้นคว้า เรียบเรียง เพื่อให้ได้ความรู้ครอบคลุมประเด็นที่ต้องการศึกษาและนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบต่างๆ ผู้สอนมีหน้าที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาระหว่างการค้นคว้า การศึกษาค้นคว้าเป็นการส่งเสริมผู้เรียนในการฝึกการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

1.4 การร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการให้โอกาสผู้เรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะต่างๆ เช่น การเข้าร่วมกิจกรรมการสาธิต การทดลอง การศึกษาสำรวจ และการชมนิทรรศการ กิจกรรมแต่ละกิจกรรมทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้หลายๆ เรื่อง ในกิจกรรมเดียวกัน เป็นการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการรวบรวมข้อมูล

2. โครงงานคณิตศาสตร์ การทำโครงงานคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นลักษณะเดียวกับการแก้ปัญหา แต่มีความซับซ้อนหรือเป็นระบบมากกว่า โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้สืบเสาะหาความรู้ ลงมือปฏิบัติ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามประเด็นที่สนใจ และมีการเชื่อมโยงทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ความรู้ความสามารถและประสบการณ์เดิมกับประเด็นที่ต้องการศึกษา ทั้งนี้การทำโครงงานคณิตศาสตร์อาจมีลักษณะเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลโดยมีผู้สอนหรือผู้รู้ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา

3. แฟ้มสะสมงาน การจัดทำแฟ้มสะสมงานเป็นการรวบรวมผลงานของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ มีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน ผลงานที่เก็บรวบรวมไว้ในแฟ้มสะสมงาน จัดเป็นหลักฐานหรือร่องรอยที่ใช้ในการประเมินสมรรถภาพของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ผลการประเมินจะช่วยให้ผู้เรียน ผู้สอน หรือผู้เกี่ยวข้องได้ทราบถึงระดับความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน การทำแฟ้มสะสมงานเป็นการส่งเสริมให้มีการบูรณาการระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามมาตรฐาน การเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล รวมทั้งการเชื่อมโยงการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 181) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงไว้ว่า การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยง ส่วนใหญ่ประเมินการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ และระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เช่น การให้นักเรียนยกตัวอย่างความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนใช้ในชีวิตประจำวัน หรือการให้นักเรียนทำกิจกรรมหรือทำงานโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ที่นักเรียนได้เรียนมา ในการประเมินดังกล่าว จะทำให้ผู้สอนเห็นความสามารถในการเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ย่อยๆ ที่เรียนเป็นเรื่องๆ แยกจากกัน เข้าด้วยกัน เมื่อจะนำไปใช้งาน ผู้เรียนจะต้องประมวลความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องมาใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์

สรุปได้ว่า การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ สามารถทำได้โดยการใช้แบบทดสอบประเมินจากภาระงานที่ได้รับมอบหมาย การให้นักเรียนทำโครงงานคณิตศาสตร์ และประเมินจากแฟ้มสะสมงานในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

2.2.5 การประเมินความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ไว้ ดังนี้

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2549, น. 45-48) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า มีหลักการเดียวกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางภาษาหรือด้านศิลปะ กล่าวคือ ให้ผู้ตอบคิดหาคำตอบได้หลายรูปแบบให้มากที่สุด รูปแบบของแบบทดสอบมีลักษณะ ดังนี้

1. การตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนสร้างโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่คำนวณแล้วได้ผลลัพธ์เท่าที่กำหนดให้ ให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด
2. การตั้งคำถาม โดยให้นักเรียนอ่านโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่กำหนดให้แล้วสร้างคำถามให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด
3. การสร้างแบบรูปทางคณิตศาสตร์ โดยให้เติมตัวเลขลงในรูปสี่เหลี่ยมที่กำหนด ซึ่งตัวเลขที่เติมใช้เลข 0 ถึงเลข 9 จะใช้ตัวเลขกี่ครั้งก็ได้ ให้ได้ผลลัพธ์ที่กำหนดให้ภายในเวลาที่กำหนด
4. การเปรียบเทียบเชิงปริมาณ โดยให้นักเรียนเปรียบเทียบข้อมูลที่กำหนดให้ ให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

สถาบันส่งเสริมการสอนคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 204-213) ได้กล่าวถึง การวัดและประเมินผลความสามารถในการคิดไว้ว่า การประเมินจะเน้นกระบวนการคิดที่มีการถ่ายโอนความรู้ จากเนื้อหาหนึ่งไปยังเนื้อหาอื่น การแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุป และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันโดยมีจุดมุ่งหมายของการนำผลประเมินไปใช้เพื่อ

1. เป็นตัวบ่งชี้ถึงความพร้อมในการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. ระบุจุดเด่นและจุดด้อยในการเรียนรู้ของผู้เรียน
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน และการจัดการเรียนการสอนของผู้สอน

การวัดและประเมินผลความสามารถในการคิด จะต้องอาศัยสิ่งเร้าต่างๆ เช่น สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการเผชิญกับสถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปัญหา เครื่องมือที่นำมาใช้วัดมีหลายรูปแบบ เช่น ข้อสอบแบบสัมภาษณ์ และแบบสังเกต การเลือกใช้เครื่องมือรูปแบบใด ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 182-183) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ไว้ว่า การประเมินความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์มักประเมินการคิดหาวิธีที่หลากหลายและแปลกใหม่ในการแก้ปัญหา โดยการใช้ปัญหาแบบเปิดเพื่อให้นักเรียนได้คิดริเริ่มในการหาวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย ส่งผลให้ได้ผลงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

อารี พันธ์มณี (2545, น. 209-212) ได้กล่าวถึง การวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็กไว้ว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ไม่เพียงแต่จะทำให้ทราบระดับความคิดสร้างสรรค์ของเด็กหรือเป็นข้อมูลสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กให้สูงขึ้นเท่านั้น แต่ยังสามารถสกัดกั้นอุปสรรคต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ด้วย ทำให้การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทำได้สมบูรณ์ขึ้น วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ของเด็ก สรุปได้ดังนี้

1. การสังเกต เป็นการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์ โดยสังเกตพฤติกรรมการเลียนแบบ การทดลอง การปรับปรุงและตกแต่งสิ่งต่างๆ การแสดงละคร การอธิบายและบรรยายให้เกิดภาพชัดเจน การเล่านิทาน การแต่งเรื่องใหม่ การเล่นและคิดเกมใหม่ๆ ตลอดจนพฤติกรรมที่แสดงความรู้สึกซาบซึ้งต่อความสวยงาม
2. การวาดภาพ เป็นการให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นการถ่ายทอดความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรม และสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดให้เด็กอาจเป็นวงกลม สี่เหลี่ยม แล้วให้เด็กวาดต่อเติมให้เป็นภาพ

3. รอยหยดหมึก เป็นการให้เด็กดูภาพรอยหยดหมึก แล้วคิดตอบจากภาพที่เด็กเห็น มักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษา เพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี

4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ เป็นการให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด และการประเมินจากงานศิลปะของนักเรียน นักจิตวิทยามีความเห็นสอดคล้องกันว่าเด็กในวัยประถมศึกษามีความสำคัญยิ่ง หรือจัดเป็นช่วงวิกฤติของการพัฒนาความคิดเชิงสร้างสรรค์ เด็กมีความสนใจในการเขียนสร้างสรรค์และแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ในงานศิลปะ

5. แบบทดสอบ เป็นการให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มีทั้งใช้ภาษาเป็นสื่อและที่ใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเป็นสิ่งเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ กิลฟอร์ด แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของเทอร์แรนซ์ เป็นต้น

สรุปได้ว่า การประเมินความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์สามารถทำได้ โดยการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน การใช้แบบทดสอบ การแบบสัมภาษณ์ การวาดภาพ การให้นักเรียนดูรอยหยดหมึก การเขียนเรียงความและงานศิลปะ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบวัดแบบเขียนตอบเป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.3 การพัฒนาแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.3.1 รูปแบบของข้อสอบที่ใช้ในแบบทดสอบ

ข้อสอบที่ใช้ในแบบทดสอบมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีลักษณะข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ข้อสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มี 5 รูปแบบ ได้แก่ ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบถูกผิด ข้อสอบแบบจับคู่และแบบเปรียบเทียบ ข้อสอบแบบเขียนตอบ และข้อสอบแบบต่อเนื่อง ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบ และข้อสอบแบบเขียนตอบซึ่งมีลักษณะ ข้อดี ข้อจำกัด และแนวทางการสร้าง ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555ก, น. 30-73; รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 19-25; ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 85-121)

1) ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน เพราะสามารถวัดได้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ความคิด หลักการ ทฤษฎี การตัดสินใจ การแปลความหมายข้อมูล การแสดงความเข้าใจในธรรมชาติของคณิตศาสตร์ ตลอดจนความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และตรวจให้คะแนนได้แน่นอน มีความสะดวกในการตรวจ สามารถใช้แทนข้อสอบรูปแบบอื่นๆ ได้ดี

2) ลักษณะของข้อสอบ ข้อสอบแบบเลือกตอบพัฒนามาจากข้อสอบแบบความเรียงและข้อสอบแบบเติมคำ เป็นการเลือกคำตอบผิดมาหลายๆ คำตอบ มาวางเรียงกับคำตอบถูก ให้ผู้ตอบเลือกตอบ จึงมีคำตอบหลายๆ คำตอบ หรือเรียกว่า ตัวเลือกหลายๆ ตัวเลือก (Multiple choice) ข้อสอบประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนคำถาม (Stem) และส่วนตัวเลือก (Alternative หรือ Choice) ตัวเลือกยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ตัวเลือกที่เป็นตัวถูก (Key) กับตัวเลือกที่เป็นตัวลวง (Foils หรือ Distractors) ซึ่งส่วนใหญ่จะมีตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

(1) แนวทางการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ มีแนวทาง ดังนี้

(1) การสร้างคำถาม คำถามที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

ก. คำถามควรกะทัดรัดไม่ใช้คำฟุ่มเฟือย ถามตรงจุด ได้ใจความชัดเจน และใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่าย

ข. ใช้เป็นประโยคบอกเล่า ไม่ควรใช้คำปฏิเสธหรือปฏิเสธซ้อนกัน เพราะผู้อ่านอาจสับสนและตีความหมายของโจทย์ผิดพลาดจากจุดมุ่งหมายของผู้ออกข้อสอบได้ ในกรณีที่มีการใช้คำปฏิเสธ เช่น ไม่ หรือห้าม ต้องเน้นด้วยการทำตัวหนา หรือขีดเส้นใต้คำที่แสดงการปฏิเสธ

ค. คำถามแต่ละข้อจะต้องเป็นอิสระต่อกัน การตอบคำถามของข้อหนึ่งจะต้องไม่ชี้นำหรือขึ้นอยู่กับอีกข้อหนึ่ง หรือใช้คำตอบของข้อหนึ่งเป็นคำถามของอีกข้อหนึ่ง และข้อคำถามหนึ่งควรถามเรื่องเดียว ควรเป็นการถามให้ผู้ตอบความคิดเดียว แทนที่จะถามสองคำถามหรือสามคำถาม ถ้าอยากถามหลายคำถามควรแยกเป็นข้อย่อย

ง. หลีกเลี่ยงการใช้ภาษาที่ชี้นำหรือสื่อความไปถึงคำตอบที่ถูกหรือคำตอบที่ผิด และภาษาที่ใช้ควรให้เหมาะสมกับระดับของผู้สอบ ควรใช้คำศัพท์ที่ยากง่ายพอเหมาะกับระดับชั้นของผู้สอบ

จ. แต่ละคำถามต้องมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ยกเว้นข้อสอบเพื่อการวิเคราะห์ที่มีคำตอบถูกหลายคำตอบได้ แต่การแปลผลจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแต่ละคำตอบ

ฉ. คำถามควรเร้าให้ผู้ตอบได้ใช้ความคิด การเขียนคำถามควรให้สูงกว่าความจำ เพราะคำถามที่ถามขั้นสูงขึ้นนั้น ผู้ที่จะตอบได้ก็ต้องอาศัยความสามารถด้านการจำด้วยเช่นกัน

(2) การสร้างตัวเลือก จำนวนตัวเลือกโดยทั่วไป มีจำนวน 3-5 ตัวเลือก การกำหนดจำนวนตัวเลือกในข้อสอบจะต้องคำนึงถึงระดับและความสามารถของผู้เรียน ตัวเลือกที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

ก. ตัวเลือกไม่ควรแนะนำคำตอบ ตัวเลือกที่จะแนะคำตอบส่วนใหญ่จะเขียนพ้องกับคำถาม ควรพยายามไม่ให้คำตอบพ้องกับข้อคำถาม แต่ถ้าคำพ้องนั้นอยู่ในตัวเลือกผิดจะถือว่าเป็นตัวลวงที่ดี

ข. ตัวเลือกควรเป็นเรื่องหรือประเด็นเดียวกัน ถามลักษณะเดียวกัน และมีความยาวใกล้เคียงกัน

ค. ตัวเลือกควรเขียนให้กะทัดรัดไม่ยาวยืดเยื้อหรือเพิ่มคำที่ไม่จำเป็น ใช้คำที่สั้น ได้ใจความชัดเจน และหลีกเลี่ยงการใช้คำศัพท์หรือข้อความที่เข้าใจได้ยาก

ง. ตัวเลือกที่ไม่ควรใช้ ได้แก่ “ถูกทุกข้อ” “ผิดทุกข้อ” “ไม่มีข้อถูก” หรือ “ถูกทั้ง ก. และ ข.” เพราะเป็นการสื่อความหมายถึงความไม่แน่ใจในคำถามหรือการเลือกตอบด้วยความไม่มั่นใจ และตัวเลือกพวกนี้ทำให้ตัวเลือกแคบลงไป สำหรับ “ไม่มีข้อถูก” มักใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อลวงผู้เรียนที่ทำผิดแล้ว หาคำตอบไม่ได้ หรือการให้ลงข้อสรุปในทางตรรกวิทยา อาจใช้คำว่า “ยังสรุปแน่นอนไม่ได้” แทนก็จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

จ. ไม่ควรสร้างตัวเลือกโดยใช้ระดับของความถูกต้องเป็นประเด็นให้คิด เช่น ถูกครึ่ง-ผิดครึ่ง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน เพราะอาจทำให้เกิดความสับสนในการตัดสินใจเลือกคำตอบ

ฉ. ตัวลวงต้องมีทางเป็นไปได้ ในการสร้างตัวเลือก จะต้องคำนึงถึงสิ่งที่ผู้เรียนชอบทำผิด หรือภาษาที่ผู้สอบมักใช้ หรือให้ใกล้เคียงกับคำตอบถูก ในวิชาคณิตศาสตร์จะต้องมองในรูปแบบที่ผู้เรียนจะทำผิด

(2) ข้อดีของข้อสอบแบบเลือกตอบ

ก. วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา และสามารถใช้ได้กับเนื้อหาทุกสาระการเรียนรู้

ข. วัดได้ครอบคลุมพฤติกรรม ข้อสอบแบบเลือกตอบสามารถเขียนเพื่อวัดพฤติกรรมระดับต่ำไปยังพฤติกรรมระดับสูงได้ สามารถแปลงการวัดพฤติกรรมที่ง่ายหรือที่ซับซ้อนมาวัดโดยใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบได้อย่างดี ทั้งวัดความจำ ความคิด การสร้างสรรค์ก็สามารถใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบได้

ค. ตรวจให้คะแนนได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และมีความเป็นปรนัยสูง ข้อสอบแบบเลือกตอบสามารถตรวจให้คะแนนตรงกัน ข้อคำถามเข้าใจตรงกัน และการแปลคะแนนก็สามารถทำให้ตรงกันได้ง่าย

ง. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบในด้านความสมเหตุสมผลตามเนื้อหา ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกได้

จ. ปรับปรุงหรือแก้ไขคำถามและตัวเลือกเพื่อนำไปใช้ในโอกาสอื่นๆ ได้

ฉ. ประหยัดเวลาทำงาน ทั้งเวลาทดสอบที่ใช้น้อยกว่าการทดสอบรูปแบบอื่น การตรวจยังสามารถตรวจให้คะแนนได้ทันที และรวดเร็ว ทำให้ประหยัดได้ทั้งเวลาและแรงงาน

ช. ควบคุมความยากของแต่ละข้อได้โดยอาศัยการเขียนตัวเลือกดีๆ หรือเปลี่ยนแปลงตัวเลือกในรูปแบบต่างๆ เช่น ตัวเลือกมากๆ หรือตัวเลือกที่มีลักษณะเป็นเอกพันธุ์ (Homogenous)

(3) ตัวเลือกในข้อสอบแบบเลือกตอบใช้ประโยชน์ในการสอบเพื่อวินิจฉัยได้โดยใช้ข้อมูลจากการเลือกตอบตัวเลือกของผู้สอบมาใช้พิจารณา นอกจากนั้นยังส่งเสริมความสามารถในการอ่านได้เป็นอย่างดี

(4) ข้อสอบเลือกตอบมีโอกาสให้ความยุติธรรมสูง เพราะออกได้ครอบคลุมทั้งความรู้และพฤติกรรม และมีความแม่นยำในการตรวจคะแนน

(3) ข้อจำกัดของข้อสอบแบบเลือกตอบ

ก. สร้างคำถามที่ชัดเจน เป็นปรนัย ตรงประเด็น หรือมีประเด็นเดียวได้ยาก ผู้สร้างข้อสอบจึงต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์

ข. สร้างคำถามที่วัดความรู้ระดับสูง เช่น การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และความคิดสร้างสรรค์ ได้ยาก ส่วนใหญ่จะวัดได้ในระดับความรู้ ความจำ และความเข้าใจ

ค. ไม่สามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหา หรือวัดความสามารถในการเรียบเรียงหรือแสดงแนวคิดได้

2) ข้อสอบแบบเขียนตอบ ข้อสอบแบบเขียนตอบจะใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนแสดงความรู้ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการอธิบาย และสื่อความหมาย ด้วยการเขียนตอบ ข้อสอบแบบเขียนตอบมีหลายลักษณะ เช่น การเติมคำตอบในช่องว่าง การเขียนตอบอย่างสั้น การแสดงวิธีทำและการเขียนตอบอย่างละเอียด การสร้างข้อสอบแบบเขียนตอบจะต้องคำนึงถึงระดับและความสามารถของผู้เรียน เนื้อหาสาระ พฤติกรรมที่ต้องการวัด และเวลาที่ใช้ในการทดสอบ ในที่นี้จะนำเสนอข้อสอบแบบเขียนตอบที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย ดังนี้

ก. ลักษณะของข้อสอบ ข้อสอบแบบแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบายเป็นข้อสอบที่ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาอย่างอิสระด้วยการเขียนตอบ ผู้เรียนต้องใช้วิธีการ

ที่หลากหลาย หรือเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีประกอบกันในการแก้ปัญหา เป็นข้อสอบที่ใช้วัดประเมินผลได้ครอบคลุมทั้งมโนทัศน์ วิธีการคิด และการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน ตลอดจนการใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัย ควรสร้างเกณฑ์การให้คะแนนที่มีความชัดเจนและครอบคลุมประเด็นต่างๆ อย่างครบถ้วน

1.3.2 แนวทางการสร้างข้อสอบแบบแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย มีหลักการดังนี้

1) ควรสร้างโจทย์หรือคำถาม เพื่อให้ได้คำตอบที่สะท้อนความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2) ควรใช้คำถามที่วัดการคิดและระดับพฤติกรรมที่สูงกว่าความรู้ความจำ

3) สร้างโจทย์หรือคำถามที่ชัดเจนเพื่อสื่อความหมายให้ผู้ตอบเข้าใจตรงกัน

4) กำหนดกรอบของแนวการตอบตามประเด็นของคำถาม และครอบคลุมคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด

5) มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนอย่างครอบคลุมและชัดเจน โดยการกำหนดประเด็นการให้คะแนนและน้ำหนักคะแนนของแต่ละประเด็นไว้ด้วย

1.3.3 ข้อดีของข้อสอบแบบแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย

1) ใช้วัดความรู้และกระบวนการทำงานของผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถด้านภาษาในการสื่อสารและการแสดงความคิด

2) ใช้วัดการคิดระดับสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

3) ใช้วัดทักษะ กระบวนการ ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิม ความรู้ใหม่ และข้อมูลจากโจทย์ปัญหา

4) ใช้จำแนกผู้เรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน

5) ใช้วัดความสามารถในการเขียนตอบได้

6) ลดการเดา เนื่องจากไม่มีตัวเลือกให้ผู้ตอบเลือกตอบผู้ตอบจึงไม่สามารถเดาคำตอบได้

7) เหมาะกับผู้สอบที่มีจำนวนน้อย เนื่องจากต้องใช้เวลาในการตรวจมาก ถ้ามีผู้สอบจำนวนมากจะทำให้ใช้เวลาในการตรวจมาก

1.3.4 ข้อจำกัดของข้อสอบแบบแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย

1) ใช้เวลาในการตอบมากกว่าข้อสอบแบบอื่น ทำให้มีจำนวนข้อสอบน้อย และอาจวัดได้ไม่ครอบคลุมกับสิ่งที่ต้องการ

2) ใช้เวลาในการตรวจมาก และตรวจให้คะแนนตรงกันได้ยาก ทำให้มีความเที่ยงต่ำ

3) การสร้างเกณฑ์การให้คะแนนทำได้ยาก

4) โจทย์ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย จะกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนได้ยาก

5) ไม่สามารถใช้กับผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการอ่าน และการเขียนได้

สรุปได้ว่า ข้อสอบที่ใช้ในแบบทดสอบมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีลักษณะ ข้อดี และข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ข้อสอบแบบเลือกตอบ วัดได้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ความคิด หลักการ ทฤษฎี การตัดสินใจ การแปลความหมายข้อมูล การแสดงความเข้าใจในธรรมชาติของคณิตศาสตร์ ตลอดจนความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และข้อสอบแบบเขียนตอบ ใช้วัดความรู้ วัดการคิดระดับสูง และกระบวนการทำงานของผู้เรียน เป็นข้อสอบที่ใช้วัดประเมินผลได้ครอบคลุมทั้งมโนทัศน์ วิธีการคิด และการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนตลอดจนการใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.3.5 การสร้างแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ การประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงเป็นการประเมินความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้วิธีและเครื่องมือที่หลากหลาย และเครื่องมือที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุดก็คือ แบบทดสอบ การสร้างแบบทดสอบเพื่อให้มีคุณภาพและสามารถวัดทักษะที่ต้องการได้ ผู้สร้างจึงต้องคำถึงสิ่งสำคัญ 3 ประการ คือ ลักษณะที่ดีของแบบทดสอบ หลักการสร้างแบบทดสอบและขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

1) ลักษณะที่ดีของแบบทดสอบ แบบทดสอบที่ดีมีลักษณะดังนี้ (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 14-15; พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544, น. 109-113)

(1) ความตรง (Validity) แบบทดสอบที่มีความตรงเป็นแบบทดสอบที่สามารถวัดสิ่งที่ต้องการจะวัดได้ จึงเป็นสมบัติที่สำคัญของแบบทดสอบ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ความตรงตามโครงสร้าง หรือความตรงตามทฤษฎี (Construct validity) และความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion validity)

(2) ความเที่ยง (Reliability) แบบทดสอบที่มีความเที่ยงเป็นแบบทดสอบที่มีความคงเส้นคงวาหรือความคงที่ของผลการวัด กล่าวคือ ไม่ว่าใช้แบบทดสอบนั้นวัดครั้งใดๆ ก็ได้ผลเหมือนเดิม แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความเที่ยงแบบความคงที่ ความเที่ยงแบบ

ความสมมูล และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ตามปกติแบบทดสอบควรมีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7

(4) ความเป็นปรนัย (Objectivity) แบบทดสอบที่มีความเป็นปรนัย เป็นแบบทดสอบที่มีความชัดเจนในคำถาม หมายถึงทุกคนที่อ่านข้อสอบ ไม่ว่าจะเป็นผู้สอบหรือผู้ตรวจข้อสอบย่อมจะเข้าใจตรงกัน มีความชัดเจนในการตรวจให้คะแนนและการแปลความหมายของคะแนน หมายถึง ไม่ว่าใครก็ตามที่มาอ่านคำชี้แจงก็จะเข้าใจตรงกัน การตรวจให้คะแนนก็ให้เท่ากัน และการแปลผลก็จะแปลผลได้เหมือนกัน

(5) ความยาก (Difficulty) แบบทดสอบที่ดีควรมีความยาก-ง่ายพอเหมาะ หรือมีความยาก-ง่ายปานกลาง ถ้าข้อสอบยากหรือง่ายเกินไปก็ไม่สามารถเร้าให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ต้องการวัดออกมาได้ ค่าความยากของแบบทดสอบที่นิยมใช้ คือค่าความยากระหว่าง 0.20 ถึง 0.80

(6) อำนาจจำแนก (Discrimination) แบบทดสอบที่ดีควรจะสามารถจำแนกผู้เรียนออกได้เป็นกลุ่มเก่ง-กลุ่มอ่อน กลุ่มรอบรู้-กลุ่มไม่รอบรู้ ผู้ที่มีความสนใจ-ผู้ที่ไม่มีความสนใจ หรือผู้ที่มีความถนัด-ผู้ที่ไม่มีความถนัด ได้ แบบทดสอบที่จะใช้ได้ ควรมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

(7) มีความยั่วยุ (Exemplary) แบบทดสอบที่ดีต้องมีลักษณะท้าทายชวนให้คิดต่อ ทำให้อยากรู้เรื่องนั้นให้กว้างขวางลึกซึ้งยิ่งขึ้น ยั่วยุ เร้าใจ ให้ผู้สอบต้องการตอบข้อสอบลักษณะนี้ต้องมีความยากง่ายพอเหมาะ ถ้าเป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบควรเรียงข้อสอบจากข้อที่ง่ายไปหาข้อที่ยาก คำถามกะทัดรัดวัดได้ใจความ และมีข้อคำถามไม่มากเกินไป

(8) ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) แบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพคือแบบทดสอบที่วัดความรู้ได้มากที่สุดในเวลาที่กำหนดให้ การตรวจให้คะแนนทำได้รวดเร็วถูกต้อง สะดวกในการดำเนินการสอบ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดไม่ว่าจะเป็นการลงทุนในแง่เวลา แรงงาน และทุนทรัพย์ แต่ประโยชน์ที่ได้จากการสอบคุ้มค่า และสะดวกต่อการนำไปใช้ ข้อสอบลักษณะนี้จะเป็นข้อสอบที่วัดได้ตรง อำนาจจำแนกสูง และความเที่ยงสูง

(9) ความยุติธรรม (Fairness) แบบทดสอบที่ดีต้องมีความยุติธรรม ไม่ลำเอียง ผู้ตอบต้องไม่ได้เปรียบหรือเสียเปรียบกัน อันเนื่องมาจากสภาพหรือบริบทที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น เพศ วัย วัฒนธรรม เป็นต้น

(10) ถามลึก (Searching) คำถามในแบบทดสอบไม่ควรถามแค่เพียงความรู้ความจำ ควรถามความเข้าใจ ลึกไปถึงขั้นการนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่า

(11) เฉพาะเจาะจง (Definite) คำถามที่ดีต้องไม่ถามกว้างเกินไป ไม่ถามคลุมเครือหรือเล่นสำนวนให้ผู้สอบงง ผู้สอบอ่านแล้วต้องเข้าใจชัดเจนว่าต้องการถามอะไร ส่วนจะตอบได้หรือไม่อยู่ที่ความสามารถของผู้ตอบเป็นสำคัญ

(12) ความสามารถในการนำไปใช้ (Usability) แบบทดสอบที่ดีจะต้องสามารถนำไปใช้ได้ กล่าวคือ ง่ายต่อการนำไปใช้ กำหนดเวลาที่ใช้ในการตอบอย่างเหมาะสม ง่ายต่อการตรวจให้คะแนน และง่ายต่อการแปลความหมายของคะแนน

สรุปได้ว่า แบบทดสอบที่ดีต้องมีความตรง ความเที่ยง ความเป็นปรนัย มีความยากง่ายพอเหมาะ สามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มได้ คำถามมีความยั่วยุ เร้าใจ ให้ผู้สอบต้องการตอบ ไม่ถามแค่ความรู้ความจำ แต่ควรถามไปถึงขั้นการนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า ครอบคลุมทั้งเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด แบบทดสอบมีความยุติธรรมสำหรับผู้สอบ มีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการนำไปใช้

1. หลักการสร้างแบบทดสอบ

การสร้างแบบทดสอบให้เป็นแบบทดสอบที่ดีมีหลักในการสร้างแบบทดสอบดังนี้ (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 15-16)

1. ถามให้ครอบคลุมครบตามหลักสูตร แบบทดสอบที่ดีควรจะวัดให้ครอบคลุม ครบถ้วนตามหลักสูตรหรือเป้าหมายการจัดการศึกษาที่วางไว้

2. ถามให้ลึกครบทุกพฤติกรรม แบบทดสอบที่ดีต้องถามให้ครอบคลุมระดับพฤติกรรมทั้งความรู้ ความจำ จนถึงระดับประเมินค่า

3. ถามเฉพาะสิ่งที่สำคัญ แบบทดสอบที่ดีจะต้องถามในสิ่งที่เป็นประเด็นสำคัญๆ ที่เป็นตัวแทนของพฤติกรรมหรือตัวแทนเนื้อหา

4. ถามในสิ่งที่เป็นแบบอย่างที่ดี แบบทดสอบที่ดีจะถามในสิ่งที่เป็นแบบอย่างที่ดีที่ผู้สอบสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในการดำรงชีวิตมากกว่าจะถามในสิ่งที่ไม่ดีที่ไม่ควรปฏิบัติ

5. ถามให้เฉพาะเจาะจง ไม่คลุมเครือ แบบทดสอบที่ดีควรจะถามให้มีความเฉพาะเจาะจง ชัดเจน ไม่ใช้คำถามที่จะทำให้ผู้ตอบสับสน เช่น ใช้ปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ

บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 73-74) ได้กล่าวถึง หลักในการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ ไว้ดังนี้

1. คำถาม ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด ตัวคำถามมีความหมาย แจ่มชัด และคำถามแบบปฏิเสธ ควรใช้ให้เหมาะสมและขีดเส้นใต้หรือพิมพ์ตัวใหญ่หรือตัวหนาตรงปฏิเสธนั้น

2. คำตอบ คำตอบที่ถูกกับคำตอบที่ผิดไม่แตกต่างกันจนเด่นชัดเกินไป แต่ละข้อจะต้องมีคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว และตัวคำตอบที่ถูกจะต้องไม่มีลักษณะรูปแบบแตกต่างจากตัวลวงอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด

3. ตัวลวงควรเป็นคำตอบที่มีคุณค่าสำหรับเป็นตัวลวง

4. ตัวเลือก มี 4 หรือ 5 ตัวเลือก ตัวเลือกแต่ละตัวไม่ก้าวก่ายกัน ตัวเลือกปลายเปิดใช้ให้เหมาะสม เรียงลำดับตัวเลือกที่เป็นตัวเลข และไม่ควรให้ตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งมีโอกาสถูกบ่อยจนเกินไป

5. ไม่ใช้คำฟุ่มเฟือย

สรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบให้มีคุณภาพมีหลักการ ดังนี้ ถามให้ครอบคลุมครบตามหลักสูตร ครบทุกพฤติกรรม ถามเฉพาะสิ่งที่สำคัญและสิ่งที่เป็นแบบอย่างที่ดีที่ผู้สอบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และถามให้ชัดเจน ตรงประเด็น คำถามไม่ชี้นำไปสู่คำตอบ และตัวเลือกต้องมีคุณค่าทั้งคำตอบที่ถูกและตัวลวง

2. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

สถาบันและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึง ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบไว้ ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 68-73) ได้กล่าวถึง ขึ้นตอนการสร้างแบบทดสอบไว้ว่า ควรดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชา ว่ามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และที่ต้องการจะวัด

2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ พิจารณาว่าจะวัดพฤติกรรมย่อยซึ่งก็คือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ว่าวัดอะไรบ้าง อย่างละกี่ข้อ

3. กำหนดรูปแบบของคำถามและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ พิจารณาและตัดสินใจว่าจะใช้ข้อคำถามรูปแบบใด ศึกษาวิธีการ หลักการ และเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักในการเขียนข้อสอบ

4. ลงมือเขียนข้อสอบ เขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตามรูปแบบและจำนวนที่ได้กำหนดไว้

5. ตรวจทานข้อสอบ พิจารณาทบทวนความถูกต้องตามหลักวิชา และการวัดพฤติกรรมย่อยว่าตรงตามที่ต้องการหรือไม่

6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความตรงตามเนื้อหา นำข้อสอบให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและด้านเนื้อหาจำนวนไม่ต่ำกว่า 3 คน พิจารณาว่าแต่ละข้อวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ได้ระบุไว้หรือไม่

7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง

8. ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง นำแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่างจริง นำผลการสอบวิเคราะห์หาค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

9. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง โดยเน้นรูปแบบการพิมพ์ที่ประณีต มีความถูกต้อง มีคำชี้แจงที่ละเอียดแจ่มชัด อ่านเข้าใจง่าย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 17-23, น. 204-208) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบไว้ว่า ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการวางแผน การวางแผนที่ดีจะช่วยให้สร้างแบบทดสอบที่มีเนื้อหาสาระและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่เหมาะสมและอยู่ในกรอบของมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตร ขั้นตอนการวางแผนการสร้างแบบทดสอบ มีดังนี้

1.1 การศึกษาหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วยให้สามารถกำหนดกรอบแนวคิดของเนื้อหาสาระและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่เหมาะสมในแต่ละระดับชั้น

1.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมที่ต้องการวัด สามารถพิจารณาได้โดยตรงจากมาตรฐานการเรียนรู้ เป็นการกำหนดลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมที่บ่งชี้และลักษณะคำถาม

1.3 การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด เพื่อเป็นการกำหนดความสำคัญของเนื้อหาและระดับพฤติกรรมที่ระบุไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้

1.4 การเลือกชนิดของแบบทดสอบ การเลือกที่จะใช้แบบทดสอบลักษณะใดขึ้นอยู่กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ระดับของผู้เรียน ผู้ประเมิน การนำไปใช้

2. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

2.1 การออกแบบแบบทดสอบ เริ่มจากการสร้างแบบทดสอบฉบับร่าง เป็นการออกแบบแบบทดสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมของผู้เรียน การออกแบบการตรวจ การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน และการแปลความหมายคะแนน

2.2 การตรวจสอบคุณภาพ หลังจากได้แบบทดสอบฉบับร่าง ควรมีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบในเบื้องต้น และถ้าต้องการให้แบบทดสอบมีความน่าเชื่อถือ

ต้องมีการนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่เป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มที่ใช้จริง คุณภาพของแบบทดสอบที่สำคัญ ได้แก่ ความตรง ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก

2.3 การจัดทำแบบทดสอบที่มีคุณภาพเพื่อนำไปใช้ เป็นการจัดทำแบบทดสอบฉบับจริงหลังจากการนำข้อมูลที่ได้จากการหาคุณภาพของแบบทดสอบมาปรับปรุงแบบทดสอบให้มีคุณภาพ

รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์ (2557, น. 27-30) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนสำคัญในการสร้างแบบทดสอบไว้ดังนี้

1. ขั้นวางแผนการสร้างแบบทดสอบ ประกอบด้วย

1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย ของการเรียนรู้และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1.2 กำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ผู้สร้างข้อสอบจะต้องจำแนกเนื้อหาที่ต้องการวัดให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด สำหรับพฤติกรรมที่ต้องการวัดนั้นอาจจำแนกตามทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่ง เช่น ทฤษฎีของบลูม ซึ่งจำแนกพฤติกรรมเป็น 6 ระดับ คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

1.2 จัดทำตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและแผนผัง การออกข้อสอบเพื่อให้จุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน และการสร้างแบบทดสอบมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกัน แผนผังช่วยให้มองเห็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัดผล การให้น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา ทำให้ผู้สร้างข้อสอบรู้ว่าจะต้องสร้างข้อสอบในพฤติกรรมใด พฤติกรรมละกี่ข้อ

1.3 กำหนดลักษณะหรือรูปแบบของแบบทดสอบ ข้อสอบแต่ละรูปแบบมีลักษณะและความสามารถในการวัดผลการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน การเลือกรูปแบบของข้อสอบแต่ละชนิดควรเลือกให้เหมาะสมกับผลการเรียนรู้ที่มุ่งวัด

2. ขั้นดำเนินการสร้างแบบทดสอบ ประกอบด้วย

2.1 เขียนข้อสอบ ผู้เขียนจะลงมือเขียนข้อสอบหลังจากสร้างตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและแผนผังการออกข้อสอบ โดยมีขั้นตอนการเขียน ดังนี้

1) กำหนดลักษณะของข้อสอบ (Item specification) ลักษณะของข้อสอบเป็นรูปแบบทั่วไปของข้อสอบที่สามารถใช้วัดสมรรถภาพตามจุดประสงค์การเรียนรู้ แต่ละจุดประสงค์ ช่วยให้ผู้สอนสามารถใช้สร้างข้อสอบได้หลายข้อ เพื่อรวมเป็นแบบทดสอบได้หลายฉบับ หรือนำไปทำเป็นข้อสอบแบบคู่ขนานได้

2) ร่างข้อสอบ ผู้สอนร่างข้อสอบตามลักษณะของข้อสอบแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาที่ต้องการวัด ตามสัดส่วนความสำคัญที่กำหนดไว้ และต้องคำนึงถึงความยากง่ายของข้อสอบด้วย

3) ทบทวนร่างข้อสอบ เพื่อให้แน่ใจว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา และมีความยากง่ายเหมาะสม

4) จัดทำต้นร่างแบบทดสอบ เมื่อสร้างข้อสอบครบทุกข้อแล้ว ควรนำมาจัดทำต้นร่างแบบทดสอบ โดยนำข้อสอบมาเรียบเรียงรวมกันเป็นแบบทดสอบซึ่งพร้อมที่จะนำไปทดลองใช้

3. ขั้นตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้ เป็นการนำแบบทดสอบไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ในประเด็นดังต่อไปนี้

3.1 ตรวจสอบคุณภาพโดยการพิจารณาความเหมาะสม เป็นวิธีพื้นฐานสำหรับตรวจสอบคุณภาพโดยใช้ดุลยพินิจพิจารณาตามความเหมาะสมถูกต้องตามหลักการ โดยผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาเองหรือให้ผู้อื่นที่มีความเชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาก็ได้

3.2 ตรวจสอบคุณภาพโดยการทดลองใช้ เป็นการนำแบบทดสอบที่จะดำเนินการวัดและประเมินผลไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำผลมาวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือก่อนนำไปใช้จริง คุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ ได้แก่ ความยาก อำนาจจำแนก และคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ ได้แก่ ความตรง และความเที่ยง

แฮมเบิลตัน (Hambleton, 1978 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 172-173) ได้สรุปขั้นตอนการสร้างข้อสอบไว้ ดังนี้

1. เลือกจุดประสงค์

2. เตรียมกำหนดรายละเอียดของข้อสอบ ในข้อนี้จะต้องคิดเวลาที่เหมาะสม จำนวนข้อ ขอบเขตรายละเอียด คำศัพท์ที่เหมาะสม การให้คะแนน

3. เขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์

4. ตรวจทานข้อคำถามขั้นต้น

5. กำหนดความตรงตามเนื้อหาของข้อคำถาม

5.1 อาศัยผู้ชำนาญทางเนื้อหา

5.2 วิเคราะห์จากการตอบของผู้สอบ

6. ตรวจพิจารณาข้อคำถามอีกครั้ง

7. รวมเป็นแบบทดสอบ

7.1 กำหนดจำนวนข้อ

7.2 เตรียมคำชี้แจงและตัวอย่างข้อคำถาม

7.3 เตรียมแบบทดสอบเป็นเล่มเพื่อจะใช้สอบ

7.4 เตรียมเฉลยแบบทดสอบ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนน

7.5 เตรียมกระดาษคำตอบ

8. กำหนดมาตรฐานที่จะแปลผลของผู้สอบ

9. ดำเนินการสอบ

10. หาคุณภาพ คือ ความเที่ยง และความตรง

11. เตรียมทำคู่มือดำเนินการสอบ

12. ศึกษาหาข้อมูลเพื่อปรับปรุง

การนำแบบทดสอบไปใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องคำถึงถึงปัจจัยรอบด้านที่จะมีอิทธิพลต่อการสอบของผู้เรียน ดังนี้ (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 31)

1. คำสั่งในการสอบ เป็นสิ่งที่ผู้ที่ได้รับคำสั่งจะต้องปฏิบัติอย่างเคร่งครัด ประกอบด้วยคำสั่ง 2 ชุด สำหรับผู้คุมสอบและผู้สอบ

2. กำหนดเวลาในการสอบ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการสอบขึ้นอยู่กับ ประเภทของข้อสอบ ความซับซ้อนของจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด และอายุของผู้สอบ

3. สิ่งแวดล้อมในการสอบ ผู้คุมสอบควรจัดสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับการสอบและเป็นมาตรฐานเดียวกัน

4. การนำผลการสอบไปใช้ เมื่อการสอบเสร็จเรียบร้อย ต้องรายงานผลการสอบเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน และปรับปรุงการสอนของผู้สอนต่อไป

สรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบที่มีคุณภาพประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผนการสร้าง การดำเนินการสร้าง และการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบก่อนนำไปใช้ สำหรับการนำแบบทดสอบไปใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องคำถึงถึงปัจจัยรอบด้านที่จะมีอิทธิพลต่อการสอบของผู้เรียน ได้แก่ คำสั่งในการสอบ กำหนดเวลาในการสอบ สิ่งแวดล้อมในการสอบ และต้องรายงานผลการสอบ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน

1.3.6 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบเป็นการดำเนินการก่อนการวัด และประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่จะนำไปใช้ แบบทดสอบที่มีคุณภาพจะให้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ เมื่อนำข้อมูลไปประเมินผลก็จะทำให้มีความถูกต้องและเชื่อถือได้การ

ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบจะดำเนินการในประเด็น ดังต่อไปนี้ (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 37-38)

1) ตรวจสอบคุณภาพโดยการพิจารณาความเหมาะสม เป็นวิธีพื้นฐานสำหรับตรวจสอบคุณภาพโดยใช้ดุลยพินิจพิจารณาตามความเหมาะสมถูกต้องตามหลักการ ทำได้โดยผู้สอนหรือผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณา โดยพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้

(1) ตรวจสอบข้อคำถามว่าตรงตามพฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัดหรือไม่

(2) ตรวจสอบความถูกต้องตามหลักวิชา

(3) ตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม

(4) ตรวจสอบความสำคัญหรือคุณค่าของข้อคำถาม

(5) ตรวจสอบความเหมาะสมของระยะเวลาและระดับของผู้เรียน

2) ตรวจสอบคุณภาพโดยการทดลองใช้ (Try out) เป็นการนำแบบทดสอบที่จะดำเนินการวัดและประเมินผลไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บข้อมูลจริงเพื่อนำผลมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง สามารถตรวจสอบได้ ดังนี้

(1) วิเคราะห์คุณภาพรายข้อ โดยการหาคุณภาพ ดังนี้

ก. ค่าความยาก (Difficulty) เป็นค่าแสดงถึงร้อยละหรือสัดส่วนของผู้ที่ตอบข้อคำถามถูก เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ “p” มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 (กรณีใช้ระบบร้อยละ) หรือ .00 ถึง 1.00 (กรณีใช้ระบบสัดส่วน) ค่าความยากที่มีค่าเข้าใกล้ .00 แสดงว่าแบบทดสอบค่อนข้างยาก ถ้าค่าความยากเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบค่อนข้างง่าย แบบทดสอบที่ง่ายเกินไปและยากเกินไปถือว่าเป็นข้อสอบที่ไม่ควรนำมาใช้วัด (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 95-96) การหาค่าความยากเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ไม่เน้นหาค่าความยากของข้อสอบ เพราะจุดเน้นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ คือการที่ผู้สอบสามารถทำแบบทดสอบได้ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การหาค่าความยากทำได้ดังนี้

ก) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ คำนวณจากสูตร (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 39) ดังนี้

$$p = \frac{H+L}{N_H+N_L}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

ข) แบบทดสอบแบบเขียนตอบ ความยาก (p) ของแบบทดสอบคำนวณจากดัชนีค่าความง่าย (P_E) โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 199-200) ดังนี้

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

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความง่าย

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

การแปลความหมายค่าความยากมีเกณฑ์ในการพิจารณา (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2545 อ้างถึงใน รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 40) ดังนี้

ค่าความยาก	**ความหมาย**
.81 - 1.00	ข้อสอบง่ายมาก
.61 - .80	ข้อสอบง่าย
.51 - .60	ข้อสอบค่อนข้างง่าย
.50	ข้อสอบยากง่ายพอเหมาะ
.40 - .49	ข้อสอบค่อนข้างยาก
.20 - .39	ข้อสอบยาก
.00 - .19	ข้อสอบยากมาก

ค่าความยากที่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ระหว่าง .20 ถึง .80

2.1.2 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นความสามารถในการจำแนกกลุ่มผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่มได้ นั่นคือจำแนกคนที่มีคุณลักษณะนั้นสูงกับคนที่มีคุณลักษณะนั้นต่ำ แยกเป็นค่าอำนาจจำแนกแบบอิงกลุ่ม ซึ่งเป็นความสามารถในการจำแนกให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล เช่น กลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน กลุ่มที่มีความถนัดและไม่มีความถนัดและค่าอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ เป็นความสามารถในการจำแนกกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มรอบรู้ และไม่รอบรู้

ค่าอำนาจจำแนกเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ “r” มีค่าอยู่ระหว่าง -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่มีคุณภาพในด้านอำนาจจำแนก ควรมีค่าอำนาจจำแนกเป็นบวก ยิ่งมีค่ามากยิ่งดี ข้อที่ได้รับการเลือกเข้าเป็นแบบทดสอบ จะต้องมีค่าอำนาจจำแนกไม่ต่ำกว่า .20 (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 96-97) การหาค่าอำนาจจำแนกทำได้ดังนี้

1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

แบบทดสอบอิงกลุ่ม ค่าอำนาจจำแนก (r) คำนวณจากสูตร (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 41) ดังนี้

ค่าอำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก

$$r = \frac{H - L}{N_H} \text{ หรือ } r = \frac{H - L}{N_L}$$

ค่าอำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวลวง

$$r = \frac{L - H}{N_H} \text{ หรือ } r = \frac{L - H}{N_L}$$

(กรณีที่จำนวนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำมีจำนวนเท่ากัน)

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนกมีเกณฑ์ในการพิจารณา (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 43) ดังนี้

ค่าอำนาจจำแนก	**ความหมาย**
.40 ขึ้นไป	ข้อสอบที่จำแนกได้ดีมาก
.30 - .39	ข้อสอบที่จำแนกได้ค่อนข้างดี แต่ถ้าเป็นไปได้ควรปรับปรุงแก้ไข
.20 - .29	ข้อสอบที่จำแนกได้บ้าง แต่ควรปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้
ต่ำกว่า .19	ข้อสอบที่จำแนกได้น้อย ควรตัดออกหรือปรับปรุงใหม่

ค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมเท่ากับ .20 ขึ้นไป

2) แบบทดสอบอิงเกณฑ์ ค่าอำนาจจำแนกสามารถดำเนินการได้หลายวิธี ดังนี้

(1) ดัชนีความไว (Sensitivity index) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ความแตกต่างระหว่างการสอบก่อนสอนและการสอบหลังสอน คำนวณโดยใช้สูตร (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 43) ดังนี้

ดัชนีความไวของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก

$$S = \frac{R_{post} - R_{pre}}{N}$$

ดัชนีความไวของตัวเลือกที่เป็นตัวลวง

$$S = \frac{R_{pre} - R_{post}}{N}$$

เมื่อ S แทน ดัชนีความไว

R_{post} แทน จำนวนผู้ตอบถูกหลังสอน

R_{pre} แทน จำนวนผู้ตอบถูกก่อนสอน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

การแปลความหมายค่าดัชนีความไว มีเกณฑ์ในการพิจารณา (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 44) ดังนี้

ค่าดัชนีความไว	**ความหมาย**
1.00	เป็นข้อสอบที่ดี เป็นไปตามทฤษฎี
.80 - .99	เป็นข้อสอบที่ดี หาได้ในเชิงปฏิบัติ
.30 - .79	เป็นข้อสอบที่พอใช้ได้
.00 - .29	เป็นข้อสอบที่ไม่ดี ควรตัดทิ้ง
-1.00 - .00	เป็นข้อสอบที่ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง

การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก ถ้าค่า S เป็นบวกใกล้ +1.00 หมายถึง การเรียนการสอนบรรลุตามเป้าหมาย กล่าวคือ ก่อนเรียนไม่มีความรู้ หลังจากเรียนแล้วมีความรู้ ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่ถ้าค่า S เป็นลบใกล้ -1.00 หมายถึงก่อนเรียนมีความรู้ แต่เมื่อเรียนจบแล้วไม่มีความรู้เลย

(2) ดัชนีบี (B-index) เป็นวิธีหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่เสนอโดยเบรนนัน (Brennan) ค่าอำนาจจำแนกที่หาโดยวิธีนี้เรียกว่า ดัชนีบี (B-Index หรือ Brennan Index) คำนวณโดยใช้สูตร (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 44) ดังนี้

$$B = \frac{H}{N_H} - \frac{L}{N_L}$$

เมื่อ B แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มรอบรู้ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก

L แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มไม่รอบรู้ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก

N_H แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มรอบรู้ทั้งหมด

N_L แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มไม่รอบรู้ทั้งหมด

การแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มรอบรู้และไม่รอบรู้ให้ยึดคะแนนจุดตัดเป็นหลัก จำนวนนักเรียนในกลุ่มรอบรู้และไม่รอบรู้อาจจะไม่เท่ากันก็ได้

การแปลความหมายค่าดัชนีบี มีเกณฑ์ในการพิจารณา (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 45) ดังนี้

ค่าดัชนีบี	**ความหมาย**
1.00	บ่งชี้ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องทุกคน
.50 - .99	บ่งชี้ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
.20 - .49	บ่งชี้ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้เป็นบางส่วน
.00 - .19	บ่งชี้ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องน้อยมากหรือไม่ถูกเลย
ต่ำกว่า .00 หรือเป็นค่าติดลบ	บ่งชี้ผู้รอบรู้-ไม่รอบรู้ผิดพลาดหรือตรงกันข้ามกับความเป็นจริง

3) แบบทดสอบแบบเขียนตอบ ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบคำนวณจากดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D)โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 201) ดังนี้

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

เมื่อ D แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

การหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1. นำข้อสอบไปสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างแล้วตรวจให้คะแนน
2. เรียงคะแนนของนักเรียนจากคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุด
3. แบ่งกลุ่มคะแนนของนักเรียนออกเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ
4. คำนวณผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูงและผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ

2.2 วิเคราะห์คุณภาพทั้งฉบับ โดยการหาคุณภาพ ดังนี้

2.2.1 การตรวจสอบความตรง (Validity) เป็นความสามารถในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด ว่าสามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัด เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของแบบทดสอบ แบบทดสอบทุกฉบับจะต้องมีคุณภาพด้านความตรง จึงจะเชื่อได้ว่า เป็นแบบทดสอบที่ดีและผลที่ได้จากการวัดจะถูกต้องตรงตามต้องการ ความตรงในการวัดจำแนกตามคุณลักษณะหรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัดได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เป็นความสามารถในการวัดว่าตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการให้วัดหรือไม่ การพิจารณาความตรงจะใช้การวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล ความตรงจึงขึ้นอยู่กับบุคคลที่จะวิเคราะห์ จำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

(1) ความตรงเชิงเหตุผล เป็นความตรงที่พิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา พิจารณาว่าข้อคำถามแต่ละข้อสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ ค่าความตรงคำนวณจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อ (Index of Item Objective Congruence : IOC) โดยใช้สูตรของโรวิเนลลีและแฮมเบลตัน (Rowinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 248-251) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ถ้าค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า .5 แสดงว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัดความตรงเชิงพินิจ เป็นความตรงที่พิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตรงตามคุณลักษณะที่นิยามไว้

หรือไม่ เป็นความตรงที่เหมาะสำหรับแบบทดสอบ วัดด้านความรู้สึก เช่น การวัดด้านบุคลิกภาพ ค่านิยม เป็นต้น

1. ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) เป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่นำผลการวัดของแบบทดสอบไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่ต้องการ เช่น เกณฑ์เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ หรือผลการเรียนในปัจจุบัน เพื่อใช้ในการพยากรณ์ จำแนกออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 251-259)

2. ความตรงเชิงสภาพ (Concurrent validity) เป็นความตรงที่นำผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปหาความสัมพันธ์กับสภาพปัจจุบัน การคำนวณหาค่าความตรงเชิงสภาพจะจำแนกวิธีคำนวณตามชนิดของแบบทดสอบ

3. ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity) เป็นความตรงที่ได้มาจากการนำผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปคำนวณหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในอนาคต เพื่อที่จะนำผลการสอบไปพยากรณ์ผลความสำเร็จในอนาคต การคำนวณหาความตรงเชิงพยากรณ์จะคำนวณตามชนิดของแบบทดสอบ

4. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) เป็นความสามารถในการวัดว่าตรงตามลักษณะหรือตามทฤษฎีต่างๆ ของโครงสร้างนั้น หรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะของโครงสร้างของแบบทดสอบมาตรฐาน การคำนวณสามารถทำได้ ดังนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 259-265)

คำนวณจากค่าความสัมพันธ์ เป็นการคำนวณโดยนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบกับคะแนนที่ได้จากการทดสอบแบบมาตรฐานที่วัดลักษณะเดียวกัน ไปคำนวณหาค่าความสัมพันธ์จากสูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 260) ดังนี้

$$r_{xy} = \frac{N\Sigma xy - \Sigma x\Sigma y}{\sqrt{\left[N\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2\right]\left[N\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2\right]}}$$

จากสูตร ค่า x จะเป็นคะแนนของแบบทดสอบที่ต้องการหาความตรงตามโครงสร้าง ส่วน y เป็นคะแนนที่ได้จากผลการสอบแบบทดสอบมาตรฐานที่วัดลักษณะเดียวกัน นอกจากนี้ยังหาความตรงเชิงโครงสร้างโดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบแต่ละส่วน หรือแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับคะแนนรวมของแบบทดสอบ แล้วเฉลี่ยเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในแต่ละส่วนกับคะแนนรวม

1. คำนวณจากหลายลักษณะวิธี (Multitrait multimethod matrix) เป็นวิธีหาความตรงของแบบทดสอบที่ประกอบด้วยลักษณะที่วัดมีสองลักษณะหรือมากกว่าสองลักษณะ และมีวิธี

วัดสองวิธีหรือมากกว่าสองวิธีแล้วคำนวณหาความตรงสองลักษณะ ได้แก่ ความตรงเชิงเหมือน (Convergent validity) และความตรงเชิงจำแนก (Discriminant validity)

2. คำนวณจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) เป็นวิธีคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ภายในของข้อสอบแต่ละข้อ หรือแบบทดสอบย่อยแต่ละฉบับ แล้วหาค่าน้ำหนักขององค์ประกอบเพื่อพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อหรือแบบทดสอบย่อยแต่ละฉบับนั้นวัดองค์ประกอบเดียวกันหรือไม่

3. คำนวณจากกลุ่มที่รู้ชัดอยู่แล้ว (Known-group technique) เป็นวิธีที่เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่รู้ว่ามีลักษณะที่ต้องการวัดกับกลุ่มที่รู้ว่าไม่มีลักษณะที่ต้องการวัด โดยนำผลการทดสอบเปรียบเทียบกันด้วยวิธีการทดสอบค่าที (t-test) จากสูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 265) ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_N}{\sqrt{\frac{S_H^2}{n_H} + \frac{S_N^2}{n_N}}}$$

ที่ $df = n_H + n_N - 2$

เมื่อ $\bar{X}_H$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่มี (Have : H) สิ่งที่ต้องการวัด

$\bar{X}_N$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ไม่มี (Non : N) สิ่งที่ต้องการวัด

S_H^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มที่มีสิ่งที่ต้องการวัด

S_N^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มที่ไม่มีสิ่งที่ต้องการวัด

n_H แทน จำนวนคนในกลุ่มที่มีสิ่งที่ต้องการวัด

n_N แทน จำนวนคนในกลุ่มที่ไม่มีสิ่งที่ต้องการวัด

2.2.2 การตรวจสอบความเที่ยง (Reliability) เป็นความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการสอบนักเรียนคนเดียวกันหลายครั้งด้วยแบบทดสอบชุดเดิม ความเที่ยง จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 การพิจารณาจะพิจารณาเฉพาะค่าที่เป็นบวกเท่านั้น และควรมีค่ามากกว่า .70 จึงจะถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความเที่ยง การคำนวณหาค่าความเที่ยงจะจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความเที่ยงของแบบทดสอบอิงกลุ่ม (Reliability of norm-referenced test) และความเที่ยงของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Reliability of criterion-referenced test) แต่ละประเภทมีวิธีการคำนวณดังนี้ (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544, น. 122-139; ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 209-245)

1) การหาความเที่ยงของแบบบทดสอบอิงกลุ่ม มีวิธีที่ใช้แพร่หลายทั่วไป 3 วิธี ดังนี้

(1) ความเที่ยงแบบความคงที่ของคะแนน (Stability reliability) โดยใช้วิธีการสอบซ้ำ (Test-retest method) เป็นการนำแบบทดสอบชุดเดียวกัน ไปสอบกับผู้เรียนกลุ่มเดิมสองครั้งในเวลาที่ต่างกัน แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ การคำนวณพิจารณาจากลักษณะของคะแนนสอบที่ได้ ดังนี้

ก. คะแนนผลการสอบอยู่ในมาตราอันตรภาค (Interval scale) คำนวณโดยใช้สูตรคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product –moment coefficient correlation) จากสูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 210-211) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{N\Sigma xy - \Sigma x\Sigma y}{\sqrt{\left[N\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2\right]\left[N\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2\right]}}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

N แทน จำนวนนักเรียนที่เข้าสอบ

Σx แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของการสอบครั้งแรก

Σx^2 แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสองของการสอบครั้งแรก

Σy แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของการสอบครั้งที่สอง

Σy^2 แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสองของการสอบครั้งที่สอง

$\Sigma x\Sigma y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่างคะแนนของการสอบครั้งแรกกับครั้งที่สอง

ข. คะแนนผลการสอบอยู่ในมาตราจัดอันดับ(Ordinal scales) คำนวณโดยใช้สูตรคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัพันธ์ของสเปียร์แมน (Spearman Brown rank correlation) จากสูตร (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544, น. 123-124) ดังนี้

$$r_s = 1 - \frac{6\Sigma D^2}{N(N^2 - 1)}$$

เมื่อ r_s แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

D แทน ผลต่างของอันดับที่ได้จากการจัดอันดับ ทั้ง 2 ครั้ง

N แทน จำนวนผู้ที่ถูกจัดอันดับ

(2) ความเที่ยงโดยใช้แบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับ (Equivalent-form reliability) เป็นการนำแบบทดสอบที่มีลักษณะวัดสิ่งเดียวกันหรือคู่ขนานกัน (Parallel form) ซึ่งมีความเท่าเทียมกันในเรื่องเนื้อหา ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อ ตลอดจนมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับแบบทดสอบอื่น ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน แล้วนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสองฉบับไปคำนวณหาค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สูตรสัมประสิทธ์สหสัพันธ์ของเพียร์สัน

(3) ความเที่ยงโดยใช้ความสอดคล้องภายใน (Internal consistency reliability) เป็นการหาความเที่ยงโดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวสอบผู้เรียนครั้งเดียวมีวิธีการหา ดังนี้

ก. วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split half method) การหาค่าความเที่ยงวิธีนี้ ใช้การแบ่งแบบทดสอบเป็นสองส่วนโดยให้แต่ละส่วนมีลักษณะเป็นคู่ขนานกัน ส่วนใหญ่นิยมแบ่งเป็นข้อคู่และข้อคี่ นำข้อสอบที่วิเคราะห์ความยากง่ายและเรียงข้อ จากข้อง่ายไปข้อยาก เรียบร้อยแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียน ตรวจให้คะแนนโดยแยกเป็นสองฉบับ นำคะแนนมาหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของสองฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธ์สหสัพันธ์ของเพียร์สันจะได้ค่าความเที่ยงเพียงครึ่งฉบับ จากนั้นจึงนำไปหาค่าความเที่ยงทั้งฉบับโดยใช้สูตร สัมประสิทธิ์สหสัพันธ์ของสเปียร์แมน (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 213) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{2r_{\frac{1}{2}}}{1 + r_{\frac{1}{2}}}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ

$r_{\frac{1}{2}}$ แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบครึ่งฉบับ

ข. วิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson procedure) เป็นวิธีหาค่าความเที่ยงที่เสนอโดยคูเดอร์และริชาร์ดสัน แบบทดสอบที่จะหาความเที่ยงโดยวิธีนี้จะต้องมีเนื้อหาเป็นเอกพันธ์ กล่าวคือต้องวัดความรู้ ความสามารถ และทักษะเดียวกัน การตรวจให้คะแนนใช้วิธีศูนย์หนึ่ง กล่าวคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน สูตรที่ใช้ในการคำนวณมี 2 สูตร (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 49-52) ดังนี้

$$KR - 20 = \left[\frac{k}{k - 1}\right]\left[1 - \frac{\Sigma p(1 - p)}{S_x^2}\right]$$

$$KR - 21 = \left[\frac{k}{k - 1}\right]\left[1 - \frac{\bar{x}(k - \bar{x})}{kS_x^2}\right]$$

เมื่อ KR - 20 แทน ค่าความเที่ยง

KR - 21 แทน ค่าความเที่ยง

k แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบข้อสอบถูก

S_x^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวม

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมทั้งหมด

ความแตกต่างของสูตรทั้งสองนี้ อยู่ที่ KR - 21 มีข้อตกลงว่าข้อสอบทุกข้อในแบบทดสอบมีระดับค่าความยากเท่ากัน และมักจะให้ค่าความเที่ยง ต่ำกว่าความเที่ยงที่หาด้วยสูตร KR - 20

1. วิธีของครอนบาค (Cronbach alpha procedure) เป็นวิธีที่ปรับปรุงมาจากสูตร KR - 20 ใช้ได้ทั้งกับแบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนใช้วิธีศูนย์หนึ่ง หรือแบบทดสอบชนิดอื่นที่ไม่ใช้วิธีให้คะแนนแบบศูนย์หนึ่ง เช่น แบบทดสอบอัตนัย หรือแบบทดสอบแบบอื่นที่ให้คะแนนแต่ละข้อไม่เท่ากัน แต่ต้องเป็นการวัดที่ข้อมูลต่อเนื่อง คำนวณโดยใช้สูตร (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544, น. 128) ดังนี้

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

เมื่อ α แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2. วิธีของฮอยท์ (Hoyt's ANOVA procedure) เป็นการหาค่าความเที่ยงโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน เหมาะสำหรับแบบทดสอบที่ตรวจให้คะแนนแต่ละข้อไม่เท่ากัน แต่ต้องเป็นการวัดที่ข้อมูลต่อเนื่อง คำนวณโดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 220) ดังนี้

$$r_{tt} = 1 - \frac{MS_E}{MS_P}$$

เมื่อ MS_E แทน คะแนนความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

MS_P แทน คะแนนความแปรปรวนระหว่างคน

2) การหาความเที่ยงของแบบบทดสอบอิงเกณฑ์ มีวิธีที่ใช้อยู่หลายวิธี ดังนี้

(1) ความเที่ยงแบบหาความคงที่ของความรอบรู้ (Stability reliability) เป็นการคำนวณหาความเที่ยงโดยการนำผลจากการทำแบบทดสอบฉบับเดียวกัน 2 ครั้ง มาหาความคงที่ของการรอบรู้ และไม่รอบรู้ที่ได้จากการกำหนดคะแนนจุดตัดที่เหมาะสม

(2) ความเที่ยงแบบความสอดคล้องในการตัดสินใจ (Decision consistency reliability) เป็นการหาความสอดคล้องในการจำแนกผู้รอบรู้หรือผู้ที่สอบผ่านกับผู้ไม่รอบรู้หรือผู้ที่สอบไม่ผ่าน จากการทดสอบ 2 ครั้งจากแบบทดสอบฉบับเดียว หรือแบบทดสอบที่คู่ขนานกัน 2 ฉบับ ซึ่งคาร์เวอร์ (Carver) ได้เสนอสูตรในการคำนวณ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 110-111) ดังนี้

$$r_{cc} = \frac{a + c}{N}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

กรณีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน

a แทน จำนวนผู้สอบผ่านทั้งสองฉบับ

c แทน จำนวนผู้สอบไม่ผ่านทั้งสองฉบับ

กรณีใช้วิธีสอบกลุ่มเดิม 2 ครั้ง

a แทน จำนวนผู้สอบผ่านทั้งสองครั้ง

c แทน จำนวนผู้สอบไม่ผ่านทั้งสองครั้ง

N แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมด

(3) ความเที่ยงของแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการสอบเพียงครั้งเดียว มีวิธีหาหลายวิธี ดังนี้

ก. หาโดยใช้สูตรของลิฟวิงสตัน (Livingston, 1972 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 236) ดังนี้

$$r_{cc} = \frac{\sigma^2(KR\text{-}20) + (\mu - KC)^2}{\sigma^2 + (\mu - KC)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

σ^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

C แทน สัดส่วนของเกณฑ์ที่ผ่าน

μ แทน คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบ

KR-20 แทน ความเที่ยงของแบบทดสอบที่หาจากสูตร KR-20

ข. หาโดยใช้สูตรไบโนเมียล (Binomial formula) ของโลเวตต์ (Lovett, 1978 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 238-239) ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{K\Sigma x_i - \Sigma x_i^2}{(K-1)\Sigma(x_i - c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

Σx_i แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

Σx_i^2 แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

x_i แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน

c แทน คะแนนจุดตัดของแบบทดสอบ

ค. หาโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน คำนวณโดยใช้สูตรของฮอยท์ (Hoyt's ANOVA procedure)

ง. หาโดยวิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ โดยใช้สูตร สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน เช่นเดียวกับการหาความเที่ยงของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม แล้วใช้สูตรปรับแก้ของแองกอฟฟ์ (Angoff, 1953 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 243) ดังนี้

$$r_{cc} = \frac{r_{12}\sigma^2}{(\sigma_1 + r_{12}\sigma_2)(\sigma_2 + r_{12}\sigma_1)}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

σ^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

σ_1 แทน ความเบี่ยงเบนของคะแนนข้อคู่

σ_2 แทน ความเบี่ยงเบนของคะแนนข้อคี่

r_{12} แทน สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคู่กับข้อคี่

จ. หาโดยใช้สูตรของ แฮร์ริส (Harris, 1972 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 243) ดังนี้

$$r_{cc} = \frac{SS_b}{SS_b + SS_w}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

SS_b แทน ผลรวมกำลังสองระหว่างกลุ่ม

SS_w แทน ผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม

(4) ความเที่ยงที่คำนึงถึงจุดประสงค์ของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ หาโดยใช้สูตรคอนเจนเนอริค (Congeneric) ซึ่งเสนอโดยราชู (Raju, 1982 อ้างถึงในล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 244) ดังนี้

$$r_{cc} = \frac{\sigma^2 + (\mu - C)^2 - \Sigma\left[\sigma_i^2 + (\mu_i - C)^2\right]}{\left[\sigma^2 + (\mu - C)^2\right]\left[1 - \Sigma\lambda_i^2\right]}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

σ^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

σ_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

μ แทน คะแนนเฉลี่ยทั้งฉบับ

μ_i แทน คะแนนเฉลี่ยในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

λ_i แทน $\frac{K_i}{\Sigma K_i}$ เมื่อ K_i คือจำนวนข้อสอบในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

C แทน คะแนนจุดตัดของแต่ละจุดประสงค์

สรุปได้ว่า การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ เป็นการดำเนินการก่อนการวัดและประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่จะนำไปใช้ การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบจะดำเนินการโดยการพิจารณาความเหมาะสม การตรวจสอบคุณภาพโดยการทดลองใช้ (Try out) เป็นการนำแบบทดสอบที่จะดำเนินการวัดและประเมินผลไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บข้อมูลจริง การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเป็นการหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยการหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก การวิเคราะห์คุณภาพทั้งฉบับโดยการหาคุณภาพในด้านการตรวจสอบความตรง และการตรวจสอบความเที่ยง การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยตรวจสอบทางด้านความตรง ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก ดังนี้

1. ความตรงเชิงเนื้อหาของชุดแบบวัด โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยใช้สูตรของโรวิเนลลีและแฮมเบลตัน (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 47)

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

2. ความตรงเชิงโครงสร้างของชุดแบบวัด โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความกลมกลืนของโมเดล

3. ความยาก (p) ของแบบวัดฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณจากสูตร (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 39) ดังนี้

$$p = \frac{H+L}{N_H+N_L}$$

4. ความยาก (p) ของแบบวัดฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ คำนวณจากดัชนีค่าความง่าย (P_E) โดยใช้สูตรของวิทนีย์และชาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 199-200)

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

5. อำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณโดยใช้สูตร (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น.41) ดังนี้

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

6. อำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ คำนวณจากดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D)โดยใช้สูตรของวิทนีย์และชาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 201) ดังนี้

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

7. ความเที่ยงของแบบวัดฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 49-52) ดังนี้

$$KR - 20 = \left[\frac{k}{k - 1}\right]\left[1 - \frac{\Sigma p(1- p)}{S_x^2}\right]$$

8. ความเที่ยงของแบบวัดฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ คำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – coefficient) ของครอนบาค (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544, น. 128) ดังนี้

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

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ

จริยาวดี ชูวงศ์ศิริกุล (2550, น. 58-83) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาภูเก็ต มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาภูเก็ต และ 2) ตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาภูเก็ต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 600 คน เครื่องมือเป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรงเชิงเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัย พบว่า 1) ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ฉบับ 36 ข้อ แบ่งเป็นตอนที่ 1 เป็นข้อสอบแบบปรนัย 32 ข้อ วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ตอนที่ 2 เป็นข้อสอบแบบอัตนัย 4 ข้อ วัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และ 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีคุณภาพดังนี้ มีความตรงเชิงเนื้อหาโดยค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .80 - 1.00 ความยากของข้อสอบ ตอนที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง .48 - .59 และตอน ที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง .52 - .63 อำนาจจำแนกของข้อสอบตอนที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง .47 - .77 และตอนที่ 2 มีค่าอยู่ระหว่าง .56 - .73 ความเที่ยงของแบบวัด ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากับ .99 ด้านความสามารถในการให้เหตุผลเท่ากับ .98 ด้านความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอเท่ากับ .99 ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เท่ากับ .98 ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เท่ากับ .99 และความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .97

สาคร สียางนอก (2556, น.127-164) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้าง

แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) หาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ3) สร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2554 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 27 จำนวน 324 คน เครื่องมือเป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรงเชิงเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยง และความตรงเชิงโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ฉบับ ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนฉบับละ 10 ข้อ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ตามลำดับ ฉบับที่ 5 เป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ วัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีคุณภาพดังนี้ ดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ .80 -1.00 ความยากฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 5 มีค่าตั้งแต่ .39 - .67, .45 - .59, .32 - .53, .30 - .81 และ .46 - .59 ตามลำดับ อำนาจจำแนกฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 5 มีค่าตั้งแต่ .53 - .76, .40 - .87, .44 - .87, .40 - .73 และ .57 - .71 ตามลำดับ ความเที่ยงฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 5 มีค่า .86, .89, .91, .93 และ .95 ตามลำดับ การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างพบว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และ 3) เกณฑ์ปกติของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีค่าดังนี้ ทักษะที่ 1 ตั้งแต่ T_{30} - T_{80} ทักษะที่ 2 ตั้งแต่ T_{32} - T_{80} ทักษะที่ 3 มีค่า T_{30} - T_{80} ทักษะที่ 4 ตั้งแต่ T_{21} - T_{77} และ ทักษะที่ 5 ตั้งแต่ T_{23} - T_{71} เกณฑ์ปกติของทักษะกระบวนการทั้ง 5 ฉบับ ตั้งแต่ T_{26} - T_{77}

ณัฐพร ตื้อจันตา (2552, น. 100-139) วิจัย เรื่อง การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 2) หาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3) สร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ 4) สร้างคู่มือการใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจังหวัดเชียงใหม่ และสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชนจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1,940 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรงเชิงเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ

วัดความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ทักษะละ 20 ข้อ และวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 3 ข้อ 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีคุณภาพดังนี้ ความตรงเชิงเนื้อหา ทักษะที่ 1 มีค่าตั้งแต่ .60 - 1.00 ทักษะที่ 2 - ทักษะที่ 4 มีค่าตั้งแต่ .67 - 1.00 และทักษะที่ 5 มีค่าเท่ากับ 1.00 ค่าความยาก ทักษะที่ 1 - ทักษะที่ 5 มีค่า .63, .58, .57, .53 และ .45 ตามลำดับ ค่าอำนาจจำแนก ทักษะที่ 1 - ทักษะที่ 5 มีค่า .67, .57, .67, .63 และ .40 ตามลำดับ ค่าความเที่ยง ทักษะที่ 1 - ทักษะที่ 5 มีค่า .83, .82, .78, .81 และ .83 ตามลำดับ 3) เกณฑ์ปกติของแบบวัดทักษะกระบวน การทางคณิตศาสตร์ มีค่าดังนี้ ทักษะที่ 1 ตั้งแต่ T_{28} - T_{73} ทักษะที่ 2 ตั้งแต่ T_{28} - T_{100} ทักษะที่ 3 ตั้งแต่ T_{22} - T_{80} ทักษะที่ 4 ตั้งแต่ T_{20} - T_{82} และทักษะที่ 5 ตั้งแต่ T_{15} - T_{85}

รัชภูมิ น้อยคนดี (2552, น. 57-84) วิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เพชรบูรณ์ เขต 1 และ 2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถม ศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เพชรบูรณ์ เขต 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 600 คน เครื่องมือเป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตรวจสอบคุณภาพโดยหา ความตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ฉบับ 40 ข้อ แบ่งเป็นตอนที่ 1 เป็นข้อสอบแบบปรนัย วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ 32 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นข้อสอบแบบอัตนัยวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 8 ข้อ 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีคุณภาพดังนี้ ความตรงเชิงเนื้อหาดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง .60 - 1.00 ความยากของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง .46 - .71 และอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง .26 - .62ความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ .99

วนัสสุดา เจตนา (2555, น. 75-97) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ศรีสะเกษ เขต 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทาง

คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ศรีสะเกษ เขต 2 และ 2) ตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ศรีสะเกษ เขต 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 600 คน เครื่องมือเป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ฉบับ 20 ข้อ แบ่งเป็นตอนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 12 ข้อ วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และ การให้เหตุผล ด้านละ 3 ข้อ ตอนที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัย 8 ข้อ วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และการให้เหตุผล ด้านละ 1 ข้อ และด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 4 ข้อ 2) แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีคุณภาพดังนี้ ความตรงเชิงเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง .60 - 1.00 ความเที่ยงของแบบวัดตอนที่ 1 มีค่าเท่ากับ .80 ตอนที่ 2 มีค่าเท่ากับ .81 ความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ .78 ความยากของแบบวัดมีค่าอยู่ระหว่าง .28 - .58 และอำนาจจำแนกของแบบวัดมีค่าอยู่ระหว่าง .53 - .89

สายสุณี อินจันทร์ (2556, น. 93-119) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 และ 2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2555 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 จำนวน 500 คน เครื่องมือเป็นแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรงเชิงเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ชั้นประถม ศึกษาปีที่ 3 แบ่งเป็นตอนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 15 ข้อ วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และตอนที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัย 4 ข้อ วัดด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และ 2) แบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีคุณภาพดังนี้ ความตรงเชิงเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง .60 - 1.00 ความยากมีค่าระหว่าง .31 - .79 อำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง .31 - .85 มีความตรงเชิงโครงสร้างโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พบว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทุกด้าน และความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ .85

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

พรพิมล สร้อยสนธิ์ (2549, น. 72-88) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 วัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 3) สร้างเกณฑ์ปกติสำหรับแปลความหมายของคะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 5 จำนวน 650 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตรวจสอบคุณภาพโดยหา ความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงของแบบทดสอบ ความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนน และความตรงเชิงโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยประเภทจำกัดคำตอบ ประกอบด้วยโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 6 ข้อ แต่ละข้อมีคำสั่งย่อย 6 ข้อ และเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบใช้รูปแบบการตรวจให้คะแนนแบบแยกส่วน 2) แบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีคุณภาพดังนี้ ความยากมีค่าตั้งแต่ .54 - .68 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .54 - .68 ความเที่ยงของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.98 ความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนนมีค่าเท่ากับ .99 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความตรงเชิงเนื้อหาดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ .83 - 1.00 และ 3) เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{26} - T_{77}

วาสนา ไกรแก้ว (2556, น. 79-95) วิจัย เรื่อง การสร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) หาคุณภาพของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 3) สร้างเกณฑ์ปกติของคะแนนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 (อำนาจเจริญ) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 (อำนาจเจริญ) เครื่องมือเป็นแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตรวจสอบคุณภาพโดยหา ความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนนและความเที่ยงของแบบทดสอบ ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ แต่ละข้อวัดทักษะย่อย 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะวิเคราะห์และตีความหมายจากโจทย์ การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผลลัพธ์ เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดใช้รูปแบบการตรวจให้คะแนนแบบแยกส่วน 2) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต มีคุณภาพดังนี้ ความตรงเชิงเนื้อหามีค่าตั้งแต่ .67 - 1.00 ความยากมีค่าตั้งแต่ .47 - .66 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .27 - .42 ความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนนมีค่าเท่ากับ .99 ความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ .91 และ 3) เกณฑ์ปกติของคะแนนทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 29 (อำนาจเจริญ) มีคะแนน T ปกติ ตั้งแต่ T_{22} - T_{80} นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 37.57 ระดับสูงและต่ำร้อยละ 23.67 ระดับสูงมากร้อยละ 8.88 และระดับต่ำมากร้อยละ 6.51

อำมาลา สารชาติ (2548, น. 88-125) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2) หาคุณภาพทั้งฉบับและรายข้อของแบบสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ศึกษาในรายวิชาคณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค102 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 490 คน เครื่องมือเป็นแบบสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตรวจสอบคุณภาพโดยหา

ความตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วย 5 กรณีศึกษา กรณีศึกษาละ 4 ข้อคำถาม รวม 20 ข้อ เนื้อหาที่ใช้ คือ อัตราส่วนและร้อยละ วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ 4 ขั้น โดยเรียงลำดับในการถามทุกกรณีศึกษาดังนี้ คำถามที่ 1 วัดความสามารถในการกำหนดปัญหา คำถามที่ 2 วัดความสามารถในการตั้งสมมติฐาน คำถามที่ 3 วัดความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูล และคำถามที่ 4 วัดความสามารถในการตัดสินปัญหา และ 2) แบบสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีคุณภาพดังนี้ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับความสามารถที่ต้องการวัดมีค่าตั้งแต่ .80 - 1.00 ความยากของแบบสอบมีค่าตั้งแต่ .40 - .61 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .32 - .66 มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนทั้งรายข้อและทั้งฉบับโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ .91 - 1.00 และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดมีค่าเท่ากับ .22

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

มนัส เมืองมัจฉา (2551, น. 59-82) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 2) สร้างเกณฑ์ปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 494 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบ 3 ฉบับดังนี้ ฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 30 ข้อวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยการอ้างอิงความรู้ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยการอ้างอิงข้อมูลหรือข้อเท็จจริง ตามลำดับ และฉบับที่ 3 เป็นแบบเขียนตอบ 2 ข้อ วัดความสามารถในการให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์โดยการสร้างตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพ ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีคุณภาพดังนี้ ความตรงตามเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ .60 - 1.00 ความยากมีค่าตั้งแต่ .37 - .80 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .20 - .84 ความเที่ยงของแบบทดสอบฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 3 มีค่า .91, .94 และ .99 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีคะแนน T ปกติดังนี้ ฉบับที่ 1 ตั้งแต่ T_{27} - T_{62} ฉบับที่ 2 ตั้งแต่ T_{26} - T_{58} และ ฉบับที่ 3 ตั้งแต่ T_{28} - T_{67}

วิสุดา รักชู (2547, น. 59-101) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดระนอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดระนอง ในประเด็นต่อไปนี้ 1) หาคุณภาพของแบบทดสอบ และ 2) สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้แบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดระนอง จำนวน 356 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับดังนี้ ฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงความรู้ ฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงข้อมูล หรือข้อเท็จจริง และฉบับที่ 3 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการสร้างตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพ ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัย พบว่า 1) แบบทดสอบมีคุณภาพดังนี้ ความตรงตามเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ .60 - 1.00 ความตรงตามสภาพของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ .90 - .94 และมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกฉบับ ความยากมีค่าตั้งแต่ .37 - .80 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .20 - .84 ความเที่ยงของแบบทดสอบฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 3 มีค่าเท่ากับ .91, .94 และ .93 ตามลำดับ ส่วนความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนนมีค่าเท่ากับ .99 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีคะแนน T ปกติ ดังนี้ ฉบับที่ 1 ตั้งแต่ T_{16} - T_{77} ฉบับที่ 2 ตั้งแต่ T_{21} - T_{70} และ ฉบับที่ 3 ตั้งแต่ T_{28} - T_{67}

วิชุดา หนูจันทร์ (2558, น.46-67) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีรูปแบบต่างกันในจังหวัดหนองคาย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีรูปแบบต่างกันในจังหวัดหนองคาย และ 2) หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีรูปแบบต่างกันในจังหวัดหนองคาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ในจังหวัดหนองคาย จำนวน 800 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก 3 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ ที่มีอัตราส่วนของรูปแบบคำถามเดี่ยวต่อตัวเลือกคงที่ต่อสถานการณ์ เท่ากับ 32 : 4 : 4, 24 : 8 : 8 และ 16 : 12 : 12 ตามลำดับ ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยง และความตรง ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบมีคุณภาพดังนี้ คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ และฉบับคำถามเดี่ยว มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 17.22 - 20.34 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตั้งแต่ 6.81 - 8.89 ความยากของ

แบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ และฉบับคำถามเดี่ยว มีค่าตั้งแต่ .42 - .52 อำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ และฉบับคำถามเดี่ยว มีค่าตั้งแต่ .47 - .56 ความเที่ยงของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ และฉบับคำถามเดี่ยว มีค่าตั้งแต่ .81 - .89 และความตรงของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับ และฉบับคำถามเดี่ยว ที่ได้รับการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ ผลปรากฏว่าผ่านเกณฑ์ทุกฉบับ กล่าวโดยสรุปแบบทดสอบฉบับที่ 3 ที่มีอัตราส่วนรูปแบบคำถามเดี่ยวต่อรูปแบบตัวเลือกคงที่ต่อรูปแบบสถานการณ์ที่มีอัตราส่วน 16 : 12 : 12 มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้มากที่สุด เนื่องจากแบบทดสอบมีค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงที่เหมาะสม ส่วนอีก 2 ฉบับสามารถนำไปสลับสับเปลี่ยนแทนกันได้ โดยพิจารณาอัตราส่วนของรูปแบบของแบบทดสอบที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างความแปลกใหม่ในการสร้างแบบทดสอบต่อไป

เกรียงศักดิ์ รำพรรณ์ (2552, น. 54-90) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ในเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ในเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 2 ดังนี้ 1) หาคุณภาพของแบบทดสอบ และ 2) สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้แบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดราชบุรี เขต 2 จำนวน 265 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับดังนี้ ฉบับที่ 1 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงความรู้ ฉบับที่ 2 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการอ้างอิงข้อมูล หรือข้อเท็จจริง และฉบับที่ 3 วัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยการสร้างตาราง แผนภูมิ หรือแผนภาพ ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบทดสอบมีคุณภาพดังนี้ ความตรงตามเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ .60 - 1.00 ความยากมีค่าตั้งแต่ .32 - .74 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .20 - .88 ความเที่ยงของแบบทดสอบฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 3 มีค่าเท่ากับ .91, .94 และ .93 ตามลำดับ ความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนนมีค่าเท่ากับ .99 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีคะแนน T ปกติดังนี้ ฉบับที่ 1 ตั้งแต่ T_{16} - T_{77} ฉบับที่ 2 ตั้งแต่ T_{21} - T_{70} และฉบับที่ 3 ตั้งแต่ T_{28} - T_{67}

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

ธิดารัตน์ พรหมณะ (2546, น. 55-79) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ สำหรับนักเรียน

ชั้นประถม ศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในประเด็นต่อไปนี้ 1) หาคุณภาพของแบบทดสอบ และ 2) สร้างเกณฑ์ปกติ และคู่มือการใช้แบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 864 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบเขียนตอบเพื่อวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการแปลงปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่รูปแบบที่เข้าใจง่าย และฉบับที่ 2 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการแปลผลจากปัญหา หรือสถานการณ์ไปสู่ประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบทดสอบมีคุณภาพดังนี้ ความตรงตามเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ .71 - 1.00 ความตรงตามโครงสร้างทั้ง 2 ฉบับ ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับมีค่าตั้งแต่ .83 - .96 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ ความยากมีค่าตั้งแต่ .49 - .72 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .37 - .94 ความเที่ยงของแบบทดสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ .97 และ .95 ตามลำดับ และความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนนฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ .94 และ .97 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีคะแนน T ปกติ ดังนี้ ฉบับที่ 1 ตั้งแต่ T_{31} - T_{64} และฉบับที่ 2 ตั้งแต่ T_{19} - T_{63}

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

ปาจรีย์ ไทยงาม (2549, น. 74-108) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ในประเด็นต่อไปนี้ 1) หาคุณภาพของแบบทดสอบ และ 2) สร้างเกณฑ์ปกติ และคู่มือการใช้แบบทดสอบกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ปีการศึกษา 2547 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาตรัง เขต 1 และ เขต 2 จำนวน 440 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถในการอ้างอิง ประยุกต์ใช้ความรู้ เนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัด

ความสามารถในการนำความรู้ หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในวิชาอื่น และฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการนำความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ในชีวิตประจำวัน ตรวจสอบคุณภาพโดยหา ความตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัย พบว่า 1) แบบทดสอบมีคุณภาพดังนี้ ความตรงตามเนื้อหา ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ .75 - 1.00 ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับมีค่าตั้งแต่ .59 - .71 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ ความยากมีค่าตั้งแต่ .35 - .73 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .28 - .55 ความเที่ยงของแบบทดสอบฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 3 มีค่าเท่ากับ .75, .77 และ .76 ตามลำดับ และความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนนฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 3 มีค่าเท่ากับ .86, .93 และ .88 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีคะแนน T ปกติ ดังนี้ ฉบับที่ 1 ตั้งแต่ T_{28} - T_{71} ฉบับที่ 2 ตั้งแต่ T_{30} - T_{69} และฉบับที่ 3 ตั้งแต่ T_{29} - T_{70}

อรรจนีย์ ชูช่วยสุวรรณ (2552, น. 73-82) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่วัดเฉพาะความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชา และ 2) หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่วัดเฉพาะความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 374 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบอัตนัยวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่วัดเฉพาะความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความยาก อำนาจจำแนก ความตรง และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่วัดเฉพาะความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชามีคุณภาพดังนี้ ดัชนีความยากมีค่าตั้งแต่ .43 - .61 ดัชนีอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .55 - .71 ความตรงเชิงโครงสร้างมีค่าตั้งแต่ .82 - .90 ความเที่ยงของแบบทดสอบมีค่า .82 ความเที่ยงของผู้ตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน และผู้ตรวจ 3 คน ดัชนีความสอดคล้องมีค่าเท่ากับ .929 และ .934 ตามลำดับ กล่าวได้ว่านักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 71.39

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ศศิธร เวียงอินทร์ (2547, น. 64-107) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงาน

เขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) หาคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และ 3) สร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2546 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 จำนวน 600 คน เครื่องมือเป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด จำนวน 12 ฉบับ ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรง อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 12 ฉบับ มีคุณภาพดังนี้ อำนาจจำแนกของแบบวัดหาโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) พบว่าข้อสอบแต่ละข้อสามารถจำแนกกลุ่มสูงกลุ่มต่ำได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความเที่ยงของคะแนนความคล่องแคล่วในการคิดมีค่าเท่ากับ .77 ความเที่ยงของคะแนนความคิดยืดหยุ่นในการคิดมีค่าเท่ากับ .75 และความเที่ยงของคะแนนความคิดริเริ่มมีค่าเท่ากับ .76 ความตรงของแบบทดสอบ ความตรงโดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน คิดเป็นร้อยละ 100 และความตรงเชิงโครงสร้างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 ด้าน และ 2) เกณฑ์ปกติของคะแนนทั้ง 3 ด้าน มีคะแนน T ปกติ ดังนี้ คะแนนความคล่องแคล่ว ในการคิดมีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{27} - T_{80} คะแนนความคิดยืดหยุ่นในการคิดมีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{28} - T_{80} คะแนนความคิดริเริ่มมีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{27} – T_{75} และคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{27} – T_{77}

ยุพิน ฐิตะสาร (2550, น. 101-138) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 2) หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และ 3) สร้างเกณฑ์ปกติระดับท้องถิ่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2548 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี จำนวน 771 คน เครื่องมือเป็นแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยสร้างตามแนวคิดของกิลฟอร์ด ประกอบด้วยข้อคำถามความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ตรวจสอบคุณภาพโดยหาอำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบทดสอบวัดทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ ด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ ด้านสัญลักษณ์แบบระบบ ด้านสัญลักษณ์แบบการประยุกต์ ด้านภาษาแบบความสัมพันธ์ ด้านภาษาแบบระบบ และด้านภาษาแบบการประยุกต์ 2) แบบทดสอบ มีคุณภาพดังนี้ อำนาจจำแนกของความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มีค่าเท่ากับ .43, .36 และ .81 ตามลำดับ และความเที่ยงทั้งฉบับของความคิด

คล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม มีค่าเท่ากับ .87, .87 และ .88 ตามลำดับ และ 3) เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบ มีคะแนน T ปกติ ดังนี้ ด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{25} - T_{78} ด้านสัญลักษณ์แบบระบบ มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{32} - T_{77} ด้านสัญลักษณ์แบบการประยุกต์มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{35} - T_{80} ด้านภาษาแบบความสัมพันธ์มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{39} - T_{80} ด้านภาษาแบบระบบมีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{40} - T_{79} และด้านภาษาแบบการประยุกต์มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{41} - T_{81}

สำรวล สัณฐมิตร (2551, น. 53-83) วิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในประเด็นต่อไปนี้ 1) หาคุณภาพของแบบทดสอบ และ 2) สร้างเกณฑ์ปกติ และคู่มือการใช้แบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2550 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากระบี่ จำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความคล่องแคล่วในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดความยืดหยุ่น ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความคิดริเริ่มในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และฉบับที่ 4 แบบทดสอบวัดความคิดละเอียดลออในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรง อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัย พบว่า 1) แบบทดสอบมีคุณภาพดังนี้ ความตรงเชิงโครงสร้าง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าดังนี้ ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 มีค่าตั้งแต่ .64 - .87, .50 - .83, .49 - .73 และ .48 - .79 ตามลำดับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อำนาจจำแนกฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 มีค่าตั้งแต่ .26 - .40, .21 - .66, .23 - .73 และ .48 - .79 ตามลำดับ ความเที่ยงฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 มีค่าเท่ากับ .88, .62, .66 และ .78 ตามลำดับ และ 2) เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีคะแนน T ปกติ ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 ตั้งแต่ T_{22} - T_{73} , T_{20} - T_{80} T_{24} - T_{75} และ T_{27} - T_{70}

ธิดารัตน์ ธนะขว้าง (2553, น. 71-99) วิจัย เรื่อง การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดด้านความเที่ยงและความตรง และ 3) สร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาน่าน เขต 2 จำนวน 700 เครื่องมือเป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 9 ฉบับ ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด มีลักษณะ เป็นแบบเขียนตอบ จำนวน 9 ฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ ได้แก่ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านภาพ ด้านสัญลักษณ์ และด้านภาษา แต่ละด้านประกอบด้วยแบบวัดย่อย 3 แบบ ได้แก่ แบบจำพวก แบบความสัมพันธ์ และแบบระบบ โดยให้คะแนนเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 9 ฉบับมีคุณภาพดังนี้ ความตรงเชิงเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ .71 - 1.00 ความตรงเชิงโครงสร้าง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ .82 ความยากมีค่าตั้งแต่ .25 - .53 มีอำนาจจำแนกทุกข้อจากการทดสอบค่าที พบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มสูงมากกว่ากลุ่มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความเที่ยงมีค่าตั้งแต่ .70 - .88 และ 3) เกณฑ์ปกติของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้เกณฑ์ปกติท้องถิ่นที่มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ T_{19} - T_{81}

ภิมณกาญจน์ สิรไชยพัฒน์ (2555, น. 93-115) วิจัยเรื่อง การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 2) หาคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 3) สร้างเกณฑ์ปกติของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 2 เครื่องมือเป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่สร้างตามแนวคิดของกิลฟอร์ด จำนวน 6 ด้าน ตรวจสอบคุณภาพโดยหาความตรง อำนาจจำแนก และความเที่ยง ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 1 ฉบับ แบ่งเป็น 6 ตอน จำนวน 15 ข้อ เป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ ด้านสัญลักษณ์ระบบ ด้านสัญลักษณ์แบบการประยุกต์ ด้านภาษาแบบความสัมพันธ์ ด้านภาษาแบบระบบ และด้านภาษาแบบประยุกต์ 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์มีคุณภาพดังนี้ ความตรงเชิงเนื้อหา ดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง .80 - 1.00 อำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง .41 - .80 และความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .89 และ 3) เกณฑ์ปกติของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้เกณฑ์ปกติ ที่มีคะแนน T ปกติตั้งแต่ $T_{23} – T_{78}$

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่า การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เครื่องมือที่พัฒนาส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบที่นิยมใช้ในการพัฒนาจะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และแบบเขียนตอบ มีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบโดยการหาคุณภาพด้านความตรง ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยง รูปแบบของการวัดมีทั้งวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทุกทักษะและแยกวัดเป็นบางทักษะ เนื่องจากในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละครั้ง ผู้เรียนมักจะใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

หลายทักษะในการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงต้องครอบคลุมทักษะกระบวนการทุกทักษะ การแยกวัดทีละทักษะจะทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองงบประมาณ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ประกอบด้วยแบบทดสอบจำนวน 5 ฉบับ แต่ละฉบับใช้วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 4,659 คน จาก 39 โรงเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 400 คน จาก 9 โรงเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi - stage random sampling) ขั้นตอนการดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1.2.1 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละครั้งไม่ต่ำกว่า 100 คน (วรรณ์ดี แสงประทีปทอง, 2555, น. 29) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มที่ 1 ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพชุดแบบวัดรายข้อ ได้แก่ ความยากและอำนาจจำแนก ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน

2) กลุ่มที่ 2 ใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพชุดแบบวัดทั้งฉบับ ได้แก่ ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยง ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน

1.2.2 การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสุ่มหลายขั้นตอน ดังนี้

1) สุ่มโรงเรียนโดยใช้วิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) ใช้โรงเรียนแต่ละขนาดเป็นชั้น (Strata) จากการแบ่งขนาดของโรงเรียนตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

(1) โรงเรียนขนาดเล็ก คือ โรงเรียนที่มีนักเรียนตั้งแต่ 1 - 500 คน

(2) โรงเรียนขนาดกลาง คือ โรงเรียนที่มีนักเรียนตั้งแต่ 501 - 1,500 คน

(3) โรงเรียนขนาดใหญ่ หมายถึง โรงเรียนที่มีนักเรียนตั้งแต่ 1,501 - 2,500 คน

(4) โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ หมายถึง โรงเรียนที่มีนักเรียนตั้งแต่ 2,501 ขึ้นไป

จากการแบ่งขนาดของโรงเรียน พบว่าโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 มีการกระจายของขนาดโรงเรียนตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และส่วนใหญ่เป็นโรงเรียนขนาดเล็กมีนักเรียนจำนวนน้อย ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของโรงเรียนเป็น 3 ขนาด ดังนี้

โรงเรียนขนาดเล็ก คือ โรงเรียนที่มีนักเรียนตั้งแต่ 1 - 500 คน

โรงเรียนขนาดกลาง คือ โรงเรียนที่มีนักเรียนตั้งแต่ 501 – 1,500 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ หมายถึง โรงเรียนที่มีนักเรียนตั้งแต่ 1,501 คน ขึ้นไป

กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มย่อย โดยเทียบสัดส่วนระหว่างประชากรแต่ละขนาดโรงเรียนกับขนาดกลุ่มตัวอย่าง รายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาดโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน	จำนวนโรงเรียน	จำนวนประชากร (คน)	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)		รวม
			หาความยากและอำนาจจำแนก	หาความตรงและความเที่ยง	
ใหญ่-ใหญ่พิเศษ	6	2,280	95	95	190
กลาง	11	1,286	55	55	110
เล็ก	22	1,093	50	50	100
รวมทั้งสิ้น	39	4,659	200	200	400

สุ่มโรงเรียนแต่ละขนาดโดยวิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม (Sampling unit) เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ - ใหญ่พิเศษ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก อย่างละ 3 โรงเรียน

1) สุ่มนักเรียนโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่มได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างสำหรับตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รายละเอียดดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ขนาดโรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)		รวม
		หาความยากและอำนาจจำแนก	หาความตรงและความเที่ยง	
ใหญ่-ใหญ่พิเศษ	นิยมศิลป์อนุสรณ์	25	25	50
	หล่มสักวิทยาคม	35	35	70
	เพชรพิทยาคม	35	35	70
	รวม	95	95	190
กลาง	บึงสามพันวิทยาคม	55	-	55
	น้ำหนาววิทยาคม	-	25	25
	ดงขุยวิทยาคม	-	30	30
	รวม	55	55	110
เล็ก	นาสนุ่นวิทยาคม	-	50	50
	แคมป์สนวิทยาคม	30	-	30
	วังโป่งศึกษา	20	-	20
	รวม	50	50	100
	รวมทั้งสิ้น	200	200	400

2. เครื่องมือที่พัฒนาในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่พัฒนาในการวิจัย ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 1 ชุด แบ่งเป็นแบบวัดสำหรับวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ จำนวน 5 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผนการพัฒนาชุดแบบวัด

1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ดังนี้

1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

1.1.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

1.2 ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาชุดแบบวัด ดังนี้

1.3 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้

1.4 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แนวทางการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.5 ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดชนิดต่างๆ การเขียนข้อคำถาม การเขียนคำตอบ และการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน

1.6 กำหนดนิยามและตัวบ่งชี้ของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ ผู้วิจัยได้รวบรวมความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาเอกสารต่างๆ และจากการปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์และสังเคราะห์เขียนเป็นนิยามและตัวบ่งชี้สำหรับพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของนิยามและการกำหนดตัวบ่งชี้จนได้นิยามและตัวบ่งชี้ของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการวัด รายละเอียดดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 นิยามและตัวบ่งชี้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	นิยาม	ตัวบ่งชี้
1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์ที่มีอยู่ และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนจนนำไปสู่คำตอบของปัญหา	1. ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ 2. ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ 3. กำหนดตัวแปรและบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ 4. เขียนประโยคสัญลักษณ์จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้ 5. บอกวิธีการหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาและหาคำตอบของปัญหาได้ 6. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	นิยาม	ตัวบ่งชี้
2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์และใช้เหตุผล ในการค้นหาความสัมพันธ์ของแนวคิดโดยใช้ข้อเท็จจริง ข้อความ แนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เพื่อสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและตรวจสอบ	1. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา 2. เปรียบเทียบความเหมือน ความต่าง และแยกแยะข้อเท็จจริงจากข้อมูลที่มีอยู่ 3. เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป 4. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล
3. ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ	ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์หรือกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ศัพท์ สัญลักษณ์และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการถ่ายทอดให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนและมีประสิทธิภาพ	1. เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอที่เหมาะสม 2. แปลข้อมูลที่กำหนดให้เป็นประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ได้ 3. บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล 4. สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้ได้ 5. นำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมกับปัญหา หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	นิยาม	ตัวบ่งชี้
4. ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ	ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลกับความรู้อื่น หรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนสมบูรณ์ขึ้น	1. เชื่อมโยงปัญหาหรือสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ 2. หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ 3. เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์ 4. เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ 5. เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้
5. ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์	ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และวิจารณญาณในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่หลากหลาย มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเอง เป็นการสร้างแบบจำลองหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ หลากหลาย และได้ผลผลิตในรูปแบบใหม่	1. ใช้ความรู้หรือความคิดรวบยอดที่ได้ จากการเรียนเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ 2. สร้างสรรค์ตัวแบบหรือผลงานทางคณิตศาสตร์ที่มีประโยชน์ต่อการเรียนคณิตศาสตร์ได้ 3. คิดค้นวิธีการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ได้

1.7 กำหนดลักษณะของชุดแบบวัดและแผนผังการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังนี้

1.7.1 กำหนดลักษณะของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเป็นชุดแบบวัด จำนวน 1 ชุด แบ่งเป็นแบบวัด จำนวน 5 ฉบับ ดังนี้ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และเป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ จำนวน 1 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.7.2 กำหนดแผนผังการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้นิยามและตัวบ่งชี้ของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นแนวทางในการพัฒนาชุดแบบวัด รายละเอียดดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แผนผังการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ตัวบ่งชี้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1. ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้	1
	2. ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้	1
	3. กำหนดตัวแปรและบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้	2
	4. เขียนประโยคสัญลักษณ์จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้	2
	5. บอกวิธีการหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาและหาคำตอบของปัญหาได้	2
	6. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบได้	2
	รวม	10

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ตัวบ่งชี้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	1. ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา	2
	2. เปรียบเทียบความเหมือน ความต่าง และแยกแยะข้อเท็จจริงจากข้อมูลที่มีอยู่	2
	3. เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป	3
	4. ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล	3
	รวม	10
3. ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ	1. เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอที่เหมาะสม	2
	2. แปลข้อมูลที่กำหนดให้เป็นประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ได้	2
	3. บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล	2
	4. สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้ได้	2
	5. นำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมกับปัญหา หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	2
	รวม	10
4. ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ	1. เชื่อมโยงปัญหาหรือสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้	2
	2. หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้	2
	3. เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์	2
	4. เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ	2
	5. เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้	2
	รวม	10

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ตัวบ่งชี้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
5. ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์	1. ใช้ความรู้หรือความคิดรวบยอดที่ได้จากการเรียนเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้	1
	2. สร้างสรรค์ตัวแบบหรือผลงานทางคณิตศาสตร์ที่มีประโยชน์ต่อการเรียนคณิตศาสตร์ได้	2
	3. คิดค้นวิธีการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ได้	1
	รวม	4
	รวมทั้งสิ้น	44

ขั้นที่ 2 ขั้นดำเนินการพัฒนาชุดแบบวัด

2.1 พัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับร่าง จำนวน 44 ข้อ ตามแผนผังที่กำหนดไว้ ดังนี้ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2.2 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

2.2.1 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 ฉบับ ฉบับละ 10 ข้อ กำหนดคะแนนตอบถูกได้ข้อละ 1 คะแนน ตอบผิดได้ข้อละ 0 คะแนน คะแนนรวม 40 คะแนน

2.2.2 แบบวัดแบบเขียนตอบ จำนวน 1 ฉบับ จำนวน 4 ข้อ ข้อละ 2.5 คะแนน รวมคะแนน 10 คะแนน และสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบรูบริค (Rubrics) ซึ่งปรับปรุงมาจากเอกสารการวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 58) รายละเอียดดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
2.5	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 5 แบบ
2.0	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 4 แบบ
1.5	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 3 แบบ
1.0	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 2 แบบ
0.5	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 1 แบบ
0	ผู้ตอบไม่แสดงแนวคิดหรือแสดงแนวคิดไม่ถูกต้อง

ขั้นที่ 3 ขั้นตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัด

ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

3.1 ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยนำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับตัวบ่งชี้ในแต่ละทักษะที่ต้องการวัดโดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังต่อไปนี้

+1 ถ้าแน่ใจ ว่าข้อสอบวัดได้ตรงหรือสอดคล้องกับตัวบ่งชี้

0 ถ้าไม่แน่ใจ ว่าข้อสอบวัดได้ตรงหรือสอดคล้องกับตัวบ่งชี้

-1 ถ้าแน่ใจ ว่าข้อสอบวัดไม่ตรงหรือไม่สอดคล้องกับตัวบ่งชี้

3.2 วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับตัวบ่งชี้ที่ต้องการวัด (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 47) โดยเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป ถือว่าข้อสอบข้อนั้นวัดได้ตรงตามเนื้อหานั้นๆ แสดงว่าเป็นข้อคำถามที่ใช้ได้ พบว่าค่า IOC ของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 44 ข้อ มีค่าอยู่ระหว่าง .60 ถึง 1.00 แสดงว่าข้อสอบทั้ง 44 ข้อ มีความตรงด้านเนื้อหา จัดพิมพ์ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.3 นำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 จำนวน 200 คน นำผลการทดสอบตรวจสอบคุณภาพรายข้อโดยหาค่าความยากและอำนาจจำแนก คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป รายละเอียดดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์ความยากและอำนาจจำแนกของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

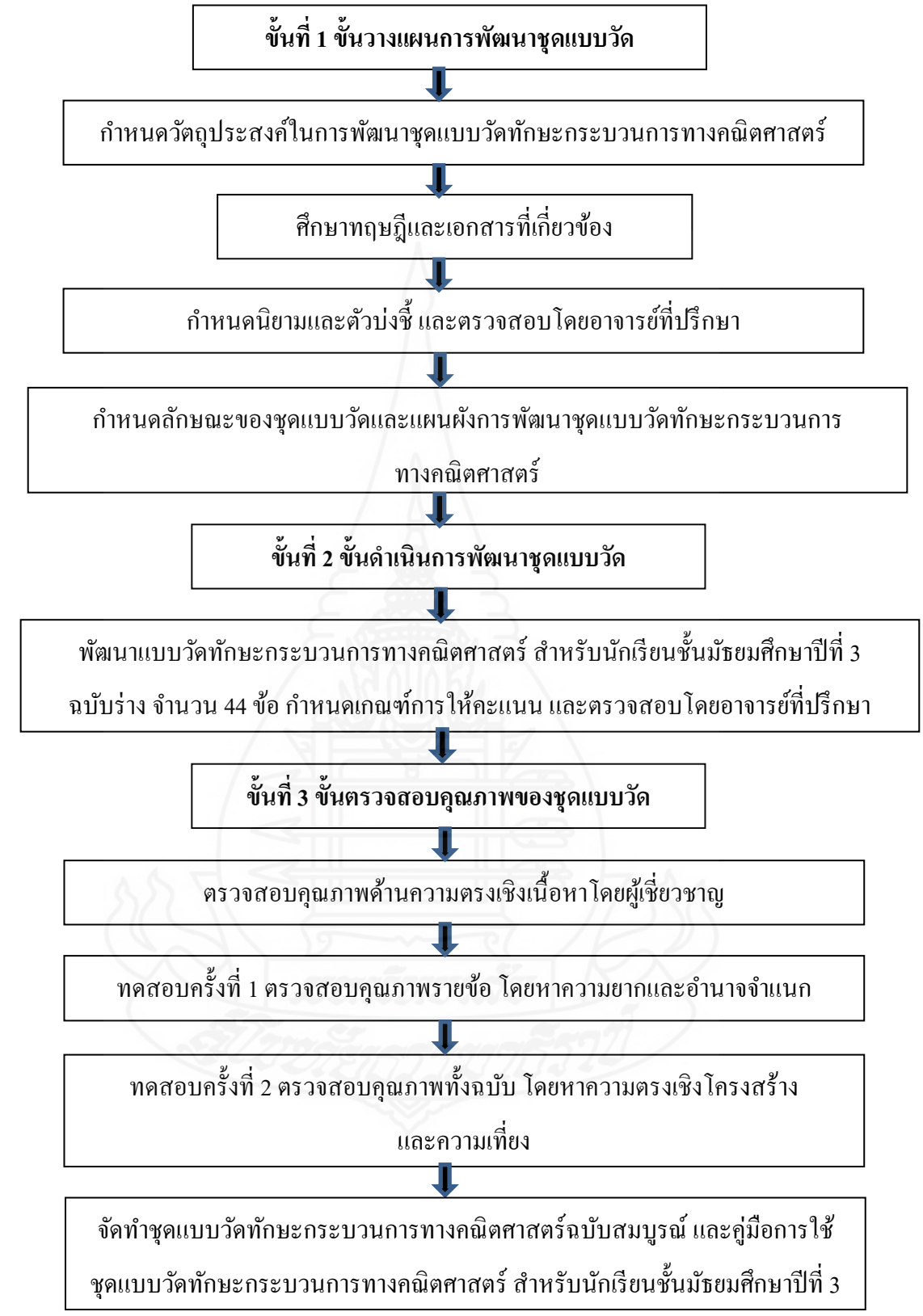
แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก
ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1 - 10	.45 - .72	.56 - .93
ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	11 - 20	.53 - .80	.33 - .81
ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	21 - 30	.53 - .80	.35 - .65
ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ	31 - 40	.51 - .67	.48 - .83
ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์	41 - 44	.43 - .59	.55 - .75
รวมทั้งฉบับ		.43 - .80	.33 - .93

3.4 จัดพิมพ์ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยแบบวัดจำนวน 5 ฉบับ รวมทั้งสิ้น 44 ข้อ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข, น. 170-184)

3.5 นำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 จำนวน 200 คน นำผลการทดสอบตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทั้งฉบับโดยหาค่าความตรงเชิงโครงสร้างและค่าความเที่ยง

3.6 จัดทำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ฉบับสมบูรณ์และคู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง, น. 200-207)

จากวิธีการพัฒนาชุดแบบวัดดังกล่าว สามารถสรุปขั้นตอนการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือจากสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พร้อมกับชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนาขึ้น พร้อมทั้งวิธีการและขั้นตอนการพัฒนาชุดแบบวัด ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยนำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ติดต่อกับโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดวันและเวลาในการนำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ครั้ง ดังนี้

3.2.1 ครั้งที่ 1 ทดลองเพื่อหาคุณภาพรายข้อกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 4 - 15 เดือนกันยายน พ.ศ.2560 โดยดำเนินการ ดังนี้

1) เตรียมชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และกระดาษคำตอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนในแต่ละครั้ง วางแผนและดำเนินการสอบร่วมกับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2) อธิบายวัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รวมทั้งวิธีการทำและการตอบแบบวัด ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ก่อนการทดสอบ

3) นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนำคะแนนที่ได้วิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อ

3.2.2 ครั้งที่ 2 ทดลองเพื่อหาคุณภาพทั้งฉบับกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 28 เดือนกันยายน พ.ศ.2560 ถึงวันที่ 13 เดือนตุลาคม พ.ศ.2560 โดยดำเนินการสอบแล้วนำคะแนนที่ได้วิเคราะห์หาคุณภาพทั้งฉบับ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้แก่

4.1 สถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)

1) การหาค่าเฉลี่ย (Mean) หาค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง คำนวณโดยใช้สูตร ดังนี้

สูตร $\bar{x} = \frac{\Sigma x}{N}$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

Σx แทน ผลรวมของคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.2 การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง คำนวณโดยใช้สูตร ดังนี้

สูตร $S = \sqrt{\frac{N\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{N(N-1)}}$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Σx^2 แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\Sigma x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีดังนี้

4.2.1 ความตรงเชิงเนื้อหาของชุดแบบวัดโดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับตัวบ่งชี้ที่ต้องการวัด คำนวณโดยใช้สูตรของโรวิเนลลีและแฮมเบลตัน (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 47) ดังนี้

สูตร $IOC = \frac{\Sigma R}{N}$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ΣR แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.2.2 ความตรงเชิงโครงสร้างของชุดแบบวัดโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (Second order confirmatory factor analysis) โดยการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล (กริช แรงสูงเนิน, 2554, น. 77) ดังนี้

ตารางที่ 3.7 ค่าสถิติชี้วัดความสอดคล้องของโมเดล

สถิติชี้วัดความสอดคล้อง	เกณฑ์พิจารณา
ค่า Chi-square (χ^2)	ค่า p-value ต้องสูงกว่า .05 จะแสดงว่าโมเดลมีความเหมาะสม และสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์
Relative Chi-square (/ df)	< 3.00
ค่า Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	ระหว่าง .05 - .08 โดยค่าที่เข้าใกล้ 0 เป็นค่าที่ดีที่สุด
ค่า Goodness of Fit Index (GFI)	ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่า 1 หมายถึงค่าชี้วัดที่แสดงว่าโมเดลนั้นๆ เหมาะสมที่สุด ค่าดัชนีที่ระดับ .90 เป็นระดับที่โมเดลควรจะถูกยอมรับ
ค่า Incremental Fit Index (IFI)	ผลการเปรียบเทียบจะให้ค่าระหว่าง 0 และ 1 ค่าดัชนีที่ระดับ .90 เป็นระดับที่โมเดลควรจะถูกยอมรับ
ค่า Comparative Fit Index (CFI)	ผลการเปรียบเทียบจะให้ค่าระหว่าง 0 และ 1 ค่าดัชนีที่ระดับ .90 เป็นระดับที่โมเดลควรจะถูกยอมรับ

4.2.3 ความยาก (p) ของแบบวัดฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณโดยใช้สูตรอย่างง่าย (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 39) ดังนี้

$$p = \frac{H + L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N_H แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มเก่ง

N_L แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มอ่อน

4.2.4 ความยาก (p) ของแบบวัดฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ คำนวณจากดัชนีค่าความง่าย (P_E) โดยใช้สูตรของวิทนีย์และชาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างถึงในล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 199-200)

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

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความง่าย

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

4.2.5 อำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณโดยใช้สูตรอย่างง่าย (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 41) ดังนี้

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

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มเก่งที่เลือกตัวเลือกนั้น

L แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มอ่อนที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมดในกลุ่มเก่ง

4.2.6 อำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ คำนวณจากดัชนี ค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตรของวิทนีย์และชาเบอร์ (Whitney and Sabers, 1970 อ้างถึงในล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 201) ดังนี้

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

เมื่อ D แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

4.2.7 ความเที่ยงของแบบวัดฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คำนวณโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson, 1937 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 215) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k - 1}\left[1 - \frac{\Sigma p(1 - p)}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเที่ยงของแบบวัด

k แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้คนที่ทำข้อนั้นได้

$$p = \frac{\text{จำนวนนักเรียนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมด}}$$

$1 - p$ แทน สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่งๆ

S^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ

$$S^2 = \frac{n\Sigma x^2 - \Sigma x}{n^2}$$

4.2.8 ความเที่ยงของแบบวัดฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ คำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach, 1951 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 218) ดังนี้

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

เมื่อ α แทน ค่าความเที่ยงของแบบวัด

k แทน จำนวนข้อสอบในแบบวัด

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบในแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของข้อสอบทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ผู้วิจัยเสนอผลการพัฒนาตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

1. ผลการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในครั้งนี้ ได้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 และคู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะ ดังนี้

1.1 ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ชุด แบ่งเป็น 5 ฉบับ จำนวน 44 ข้อ ดังนี้

ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดความสามารถ 6 ตัวบ่งชี้ จำนวน 10 ข้อ ดังนี้ 1) ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ จำนวน 1 ข้อ 2) ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการได้ จำนวน 1 ข้อ 3) กำหนดตัวแปรและบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ จำนวน 2 ข้อ 4) เขียนประโยคสัญลักษณ์จากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้ จำนวน 2 ข้อ 5) บอกวิธีการหรือขั้นตอนการแก้ปัญหา และหาคำตอบของปัญหาได้ จำนวน 2 ข้อ และ 6) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ จำนวน 2 ข้อ

ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดความสามารถ 4 ตัวบ่งชี้ จำนวน 10 ข้อ ดังนี้ 1) ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา จำนวน 2 ข้อ 2) เปรียบเทียบความเหมือน ความต่าง และแยกแยะข้อเท็จจริงจากข้อมูลที่มีอยู่ จำนวน 2 ข้อ 3) เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป จำนวน 3 ข้อ และ 4) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล จำนวน 3 ข้อ

ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดความสามารถ 5 ตัวบ่งชี้ จำนวน 10 ข้อ ดังนี้ 1) เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอที่เหมาะสม จำนวน 2 ข้อ 2) แปลข้อมูลที่กำหนดให้เป็นประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ได้ จำนวน 2 ข้อ 3) บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล จำนวน 2 ข้อ 4) สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้ได้ จำนวน 2 ข้อ และ 5) นำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ จำนวน 2 ข้อ

ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดความสามารถ 5 ตัวบ่งชี้ จำนวน 10 ข้อ ดังนี้ 1) เชื่อมโยงปัญหาหรือสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ จำนวน 2 ข้อ 2) หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ จำนวน 2 ข้อ 3) เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ข้อ 4) เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ จำนวน 2 ข้อ และ 5) เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ จำนวน 2 ข้อ

ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ วัดความสามารถ 3 ตัวบ่งชี้ จำนวน 4 ข้อ ดังนี้ 1) ใช้ความรู้หรือความคิดรวบยอดที่ได้จากการเรียนเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ จำนวน 1 ข้อ 2) สร้างสรรค์ตัวแบบหรือผลงานทางคณิตศาสตร์ที่มีประโยชน์ต่อการเรียนคณิตศาสตร์ได้ จำนวน 2 ข้อ และ 3) คิดค้นวิธีการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ได้ จำนวน 1 ข้อ

1.2 คู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือประกอบการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ความหมายของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จุดมุ่งหมายของการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิธีการดำเนินการทดสอบ

วิธีการตรวจให้คะแนน และเกณฑ์การแปลความหมายคะแนนของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข, น. 199-206)

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

การตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยตรวจสอบคุณภาพชุดแบบวัดรายข้อ ได้แก่ ความยาก และอำนาจจำแนก และตรวจสอบคุณภาพชุดแบบวัดทั้งฉบับ ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยง ได้ผลการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดรายข้อ

ผลการตรวจสอบความยากและอำนาจจำแนก พบว่า ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความยากและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม ดังนี้ ฉบับที่ 1 มีค่าความยากตั้งแต่ .45 - .72 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .56 - .93 ฉบับที่ 2 มีค่าความยากตั้งแต่ .53 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .33 - .81 ฉบับที่ 3 มีค่าความยากตั้งแต่ .53 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .35 - .65 ฉบับที่ 4 มีค่าความยากตั้งแต่ .51 - .67 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .48 - .83 ฉบับที่ 5 มีค่าความยากตั้งแต่ .43 - .59 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .55 - .75 และชุดแบบวัดมีค่าความยากตั้งแต่ .43 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .33 - .93

2.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทั้งฉบับ

2.2.1 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ตั้งแต่ .60 - 1.00 ฉบับที่ 3 และฉบับที่ 4 ตั้งแต่ .80 - 1.00 และฉบับที่ 5 เท่ากับ 1.00 และมีค่าดัชนีความสอดคล้องของชุดแบบวัดตั้งแต่ .60 - 1.00

2.2.2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (Second order confirmatory factor analysis) พบว่า โครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงว่าชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยทักษะ 5 ทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยพิจารณาจากค่าสถิติชี้วัดความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ทุกค่า ดังนี้ $\chi^2 = 689.141$, df = 637, $\chi^2 / df = 1.082$, p-value = .075, RMSEA = .020, GFI = .901, IFI = .982 และ CFI = .980 และแต่ละทักษะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานตั้งแต่ .37 - 1.00

2.2.3 ผลการตรวจสอบความเที่ยง (reliability) พบว่า ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงดังนี้ ฉบับที่ 1 เท่ากับ .84 ฉบับที่ 2 เท่ากับ .72 ฉบับที่ 3 เท่ากับ .74 ฉบับที่ 4 เท่ากับ .82 และฉบับที่ 5 เท่ากับ .90

แบบวัดและคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 40 ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 5 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 - ตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัดฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
ใช้โจทย์ที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 1 - 6 แม่ค้าขายมะขามสองชนิด ชนิดที่หนึ่งขายในราคากิโลกรัมละ 40 บาท ชนิดที่สองขายราคากิโลกรัมละ 50 บาท ถ้าแม่ค้าขายมะขามได้ทั้งหมด 35 กิโลกรัม จะได้เงินทั้งสิ้น 1,550 บาท อยากทราบว่า แม่ค้าขายมะขามได้ชนิดละกี่กิโลกรัม			
1. ข้อใด***ไม่ใช่***สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ก. ราคามะขามชนิดที่หนึ่ง ข. ราคามะขามชนิดที่สอง ค. จำนวนเงินที่ขายมะขามได้ทั้งหมด ง. จำนวนเงินที่ได้จากการขายมะขามแต่ละชนิด	.80	.72	.56
2. ข้อใดคือสิ่งที่โจทย์ต้องการ ก. จำนวนมะขามที่ขายได้ทั้งหมด ข. จำนวนมะขามที่ขายได้แต่ละชนิด ค. จำนวนเงินที่ได้จากการขายมะขามทั้งหมด ง. จำนวนเงินที่ได้จากการขายมะขามแต่ละชนิด	1.00	.54	.85

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
3. ข้อใดกำหนดตัวแปรเพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง ก. กำหนดให้ขายมะขามชนิดที่ 1 ได้ x กิโลกรัม ขายมะขามชนิดที่ 2 ได้ 35 - x กิโลกรัม ข. กำหนดให้ขายมะขามชนิดที่ 1 ได้ x กิโลกรัม ขายมะขามชนิดที่ 2 ได้ 35 + x กิโลกรัม ค. กำหนดให้ขายมะขามชนิดที่ 1 ได้ x กิโลกรัม ขายมะขามชนิดที่ 2 ได้ x - 35 กิโลกรัม ง. กำหนดให้ขายมะขามชนิดที่ 1 ได้ x - 35 กิโลกรัม ขายมะขามชนิดที่ 2 ได้ x + 35 กิโลกรัม	1.00	.50	.89
4. ข้อใดคือประโยคสัญลักษณ์ที่ใช้หาคำตอบเมื่อกำหนดให้ x แทนสิ่งที่โจทย์ต้องการ ก. $40x + \left[(35 - x)\times 50\right] = 1{,}550$ ข. $40x + \left[(x - 35)\times 50\right] = 1{,}550$ ค. $\left[40\times(35 - x)\right] + 50x = 1{,}550$ ง. $\left[40\times(x - 35)\right] + 50x = 1{,}550$	1.00	.54	.93
5. แม่ค้าขายมะขามได้ชนิดละกี่กิโลกรัม ก. ชนิดที่ 1 ขายได้ 10 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 ขายได้ 25 กิโลกรัม ข. ชนิดที่ 1 ขายได้ 15 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 ขายได้ 20 กิโลกรัม ค. ชนิดที่ 1 ขายได้ 20 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 ขายได้ 15 กิโลกรัม ง. ชนิดที่ 1 ขายได้ 25 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 ขายได้ 10 กิโลกรัม	.60	.47	.76

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
6. ข้อใดสรุปผลการขายมะขามของแม่ค้าได้ถูกต้อง ก. จำนวนมะขามชนิดที่ 1 ขายได้มากกว่าชนิดที่ 2 และเงินที่ได้จากการขายมะขามชนิดที่ 1 มากกว่าชนิดที่ 2 ข. จำนวนมะขามชนิดที่ 1 ขายได้มากกว่าชนิดที่ 2 แต่เงินที่ได้จากการขายมะขามชนิดที่ 1 น้อยกว่าชนิดที่ 2 ค. จำนวนมะขามชนิดที่ 1 ขายได้น้อยกว่าชนิดที่ 2 และเงินที่ได้จากการขายมะขามชนิดที่ 1 น้อยกว่าชนิดที่ 2 ง. จำนวนมะขามชนิดที่ 1 ขายได้น้อยกว่าชนิดที่ 2 แต่เงินที่ได้จากการขายมะขามชนิดที่ 1 มากกว่าชนิดที่ 2	1.00	.49	.91
ใช้โจทย์ที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 7 - 10 ถังเก็บน้ำมันแห่งหนึ่งเป็นทรงกลม ความยาวเส้นรอบวงเส้นที่ยาวที่สุดวัดได้ 8.8 เมตร ต้องการทาสีรอบนอกถัง โดยเว้นเนื้อที่ที่เป็นส่วนรองรับถังซึ่งคิดเป็นพื้นที่ 4.25 ตารางเมตร ถ้าสี 1 ลิตร ทาได้พื้นที่ประมาณ 2 ตารางเมตร ในการทาสีครั้งนี้จะต้องใช้สีทั้งหมดประมาณกี่ลิตร			
7. กำหนดให้ r คือ รัศมีของทรงกลม สมการที่ใช้ในการหาค่า r คือข้อใด ก. $r = \frac{8.8}{2}$ ข. $2\pi r = 8.8$ ค. $\pi r^2 = 8.8$ ง. $4\pi r^2 = 8.8$	1.00	.48	.85
8. ข้อใดคือประโยคสัญลักษณ์ที่ใช้หาปริมาณสีที่ต้องการใช้ ก. $4\pi r^2$ ข. $4\pi r^2 - 4.25$ ค. $\left(4\pi r^2 - 4.25\right)\times 2$ ง. $\left(4\pi r^2 - 4.25\right)\div 2$	1.00	.50	.74
9. ถ้าต้องการทราบปริมาณสีที่ต้องใช้ในการทาถังน้ำมัน จะต้องคำนวณหาสิ่งใดเป็นอันดับแรก ก. ปริมาณสีที่จะใช้ ข. พื้นที่ที่ต้องการทาสี ค. พื้นที่ที่ไม่ต้องการทาสี ง. พื้นที่ทั้งหมดของถังน้ำมัน	.80	.47	.91

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

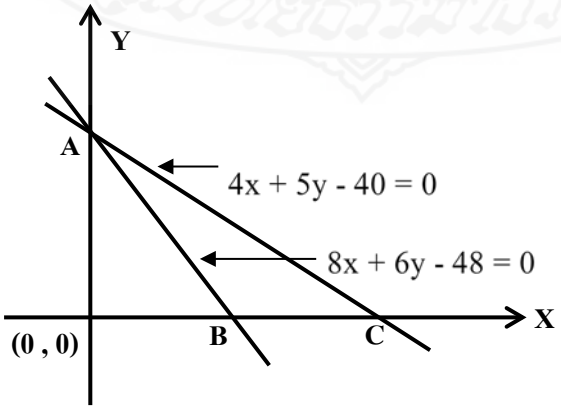
แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
10. ถ้าต้องการซื้อสีสำหรับทาถังน้ำมันถังนี้ ปริมาณสีในข้อใดเหมาะสมมากที่สุด (สีขนาด 1 แกลลอนบรรจุ 3.785 ลิตร) ก. 2 แกลลอน ข. 3 แกลลอน ค. 4 แกลลอน ง. 5 แกลลอน	1.00	.45	.83

จากตารางที่ 4.1 พบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60 - 1.00 มีค่าความยากตั้งแต่ .45 - .72 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .56 - .93

ตารางที่ 4.2 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัด ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
ใช้รูปที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 11 - 14 **รูป A** **รูป B** **รูป C**			
11. จากรูปข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง ก. หาปริมาณสิ่งของที่บรรจุอยู่เต็มรูป A ต้องใช้สูตร $\pi r^2 h$ ข. หาปริมาณสิ่งของที่บรรจุอยู่เต็มรูป B ต้องใช้สูตร ความกว้าง x ความยาว x ความสูง ค. หาขนาดกระดาษที่ใช้ห่อด้านข้างรูป B ต้องใช้สูตร ความยาวเส้นรอบฐาน x ความสูง ง. หาขนาดกระดาษที่ใช้ในรูป A ต้องใช้สูตร $2\pi rh + \pi rl$	1.00	.63	.74

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
12. ถ้าฐานของรูป A , B และ C เป็นรูปเหลี่ยมด้านเท่า มุมเท่า ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง ก. รูป A มีฐานเหมือนกับ รูป B ข. รูป A มีฐานเหมือนกับ รูป C ค. รูป B มีฐานเหมือนกับ รูป C ง. รูป A มีฐานเหมือนกับ รูป B และรูป C	.80	.56	.72
13. กำหนดให้รูป B มีฐานยาวด้านละ 4 เซนติเมตร ความสูง 6 เซนติเมตร ข้อใดคือปริมาตรของรูป B ก. $12\sqrt{3}$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ข. $24\sqrt{3}$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ค. 32 ลูกบาศก์เซนติเมตร ง. 96 ลูกบาศก์เซนติเมตร	.80	.56	.69
14. จากรูป A , B และ C ซึ่งมีฐานเป็นรูปเหลี่ยมด้านเท่า มุมเท่าถ้ากำหนดให้ความยาวของฐานและความสูงของทุกรูปเท่ากัน ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง ก. รูป A มีปริมาตรเท่ากับ รูป B ข. รูป B มีปริมาตรเท่ากับ รูป C ค. รูป A มีปริมาตรเป็นสามเท่าของ รูป B ง. รูป A มีปริมาตรเป็นสามเท่าของ รูป C	1.00	.56	.81
ใช้รูปที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 15 - 18  			

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
15. ถ้าต้องการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ABC ต้องใช้ความรู้ความเข้าใจ ในข้อใด ก. คู่อันดับ ข. ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ค. จุดตัดแกน X จุดตัดแกน Y ง. คำตอบของระบบสมการ	.80	.62	.65
16. จุด A , B และ C คือคู่อันดับในข้อใด เรียงตามลำดับ ก. (8,0) , (10,0) , (0,6) ข. (8,0), (0,6) , (0,10) ค. (0,8) , (10,0) , (6,0) ง. (0,8), (6,0) , (10,0)	1.00	.65	.63
17. รูปสามเหลี่ยม ABC มีพื้นที่เท่ากับเท่าไร ก. 16 ตารางหน่วย ข. 24 ตารางหน่วย ค. 32 ตารางหน่วย ง. 40 ตารางหน่วย	.80	.53	.76
18. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับคำตอบของระบบสมการ $4x + 5y - 40 = 0$ และ $8x + 6y - 48 = 0$ ก. ระบบสมการนี้ไม่มีคำตอบ ข. ระบบสมการนี้มีคำตอบเดียว ค. ระบบสมการนี้มีจำนวนคำตอบมากมายนับไม่ถ้วน ง. ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะหาคำตอบ	1.00	.62	.69
ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 19 - 20 จากการสำรวจนักเรียนห้องหนึ่งพบว่า 1) จำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์เป็นเลขคี่ 2) จำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์ 7 หารลงตัว 3) ผลรวมเลขโดดของจำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์ เท่ากับ 13			
19. จากผลการสำรวจมีนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์กี่คน ก. 49 คน ข. 63 คน ค. 67 คน ง. 91 คน	.60	.80	.33

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
20. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เงื่อนไขที่สามารถตัดออกแล้วคำตอบยังเหมือนเดิมคือข้อใด ก. จำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์เป็นเลขคี่ ข. จำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์ 7 หารลงตัว ค. ผลรวมเลขโดดของจำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์ เท่ากับ 13 ง. ถูกทั้ง ข้อ ก. ข้อ ข. และ ข้อ ค.	1.00	.56	.63

จากตารางที่ 4.2 พบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความตรงเชิงเนื้อหาโดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60 - 1.00 มีค่าความยากตั้งแต่ .53 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .33 - .81

ตารางที่ 4.3 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัด ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ใช้ตอบคำถามข้อ 21 - 25 โรงเรียนแห่งหนึ่งมีนักเรียน 240 คน ต้องการพานักเรียนไปทัศนศึกษาแหล่งเรียนรู้นอกสถานที่ ฝ่ายวางแผนการจัดกิจกรรมจึงทำการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับสถานที่ที่นักเรียนอยากไป เพื่อวางแผนการจัดกิจกรรมดังกล่าว			
21. ควรใช้วิธีการใดในการสำรวจข้อมูล ก. การสัมภาษณ์ ข. การใช้แบบสอบถาม ค. การสอบถามทางโทรศัพท์ ง. ถูกทั้ง ข้อ ข. และ ข้อ ค.	1.00	.80	.41
22. จากผลการสำรวจข้อมูลในข้อ 21. พบว่า “มีนักเรียนต้องการไปเที่ยวทะเล จำนวน 88 คน ประกอบด้วย นักเรียนชายคิดเป็น 2 ใน 3 ของนักเรียนชายทั้งหมด และนักเรียนหญิง 28 คน” จากข้อมูลดังกล่าว ประโยคสัญลักษณ์ที่ใช้หาจำนวนนักเรียนชายทั้งหมดคือข้อใด ก. $\frac{2}{3}x + 28 = 88$ ข. $\frac{2}{3}x - 28 = 88$ ค. $\frac{3}{2}x + 28 = 88$ ง. $\frac{3}{2}x - 28 = 88$	1.00	.65	.56
23. จากผลการสำรวจในข้อ 21. พบว่า นักเรียนต้องการไปทะเล 88 คน ไปพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ 30 คน ไปภูเขามีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่งของไปทะเล ไปสวนสัตว์มีจำนวนเป็นสองเท่าของไปพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ และนักเรียนที่เหลือต้องการไปเมืองโบราณ ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง ก. นักเรียนต้องการไปภูเขา 44 คน ข. นักเรียนต้องการไปสวนสัตว์ 60 คน ค. นักเรียนต้องการไปเมืองโบราณ 18 คน ง. ถูกทั้ง ข้อ ก. ข้อ ข. และ ข้อ ค.	1.00	.69	.57

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
24. จากผลการสำรวจในข้อ 21. ข้อใดเรียงลำดับสถานที่ที่นักเรียนต้องการไปจากมากไปหาน้อยได้ถูกต้อง ก. ทะเล พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ ภูเขา สวนสัตว์ เมืองโบราณ ข. ทะเล ภูเขา สวนสัตว์ พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ เมืองโบราณ ค. ทะเล สวนสัตว์ ภูเขา พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ เมืองโบราณ ง. ทะเล สวนสัตว์ พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ ภูเขา เมืองโบราณ	1.00	.62	.54
25. จากผลการสำรวจในข้อ 21. ควรเลือกนำเสนอข้อมูลด้วยรูปแบบใด ก. แผนภูมิแท่ง ข. แผนภูมิรูปภาพ ค. แผนภูมิวงกลม ง. กราฟเส้น	1.00	.73	.35
ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 26 - 29 เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2560 Thoth Zocial จัดงาน **Thailand Zocial Awards 2017** ได้สรุปข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ Social Media ของคนไทย ตลอดปี 2016 ถึง เดือนพฤษภาคม 2017 พบว่าคนไทยใช้ Facebook ถึง 47 ล้านคนแต่โตขึ้นเพียง 15% ขณะที่คนใช้ Instagram 11 ล้านคน โตขึ้นถึง 41% LINE มีผู้ใช้ 41 ล้านคน ส่วน Twitter นั้นน่าจับตามองสุดๆ เพราะเติบโตมากที่สุดในทุก Social Media ในไทย โดยมีผู้ใช้ถึง 9 ล้านคน โตขึ้น 70% คาดว่าเป็นผลจากดาราต่างประเทศ โดยเฉพาะเกาหลี ญี่ปุ่นและ Superstar ที่ใช้ Twitter มากขึ้น ที่มา : Facebook Thoth Zocial 26. การนำเสนอข้อมูลด้วยรูปแบบใดเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่กำหนดให้ ก. ตาราง ข. แผนภูมิแท่ง ค. แผนภูมิรูปวงกลม ง. กราฟเส้น	.80	.53	.65

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
27. จากข้อความ “คนไทยใช้ Facebook ถึง 47 ล้านคน แต่โตขึ้นเพียง 15%” ข้อใดคือความหมายของการโตขึ้นเพียง 15% ก. คนใช้ Facebook เพิ่มขึ้น 15 คน ถ้าปีที่ผ่านมาที่มีคนใช้ 47 คน ข. คนใช้ Facebook เพิ่มขึ้น 15 คน ถ้าปีที่ผ่านมาที่มีคนใช้ 100 คน ค. คนใช้ Facebook เพิ่มขึ้น 15 คน ถ้าปีที่ผ่านมาที่มีคนใช้ 53 คน ง. คนใช้ Facebook เพิ่มขึ้น 15 คน ถ้าปีที่ผ่านมาที่มีคนใช้ 147 คน	1.00	.59	.56
28. ข้อใดเรียงลำดับการเติบโตของการใช้ Social Media จากมากไปหาน้อยได้ถูกต้อง ก. Twitter LINE Instagram Facebook ข. Twitter Instagram LINE Facebook ค. Facebook LINE Instagram Twitter ง. ไม่สามารถเรียงลำดับได้	.80	.55	.57
29. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ Social Media ของคนไทย ตลอดปี 2016 ถึง เดือนพฤษภาคม 2017 ก. การเติบโตของ Twitter เป็นผลมาจากการใช้ของดารา ต่างประเทศ โดยเฉพาะเกาหลี ญี่ปุ่นและ Superstar ข. การนำเสนอข้อมูลมีการนำค่าเฉลี่ยและร้อยละมาใช้ ค. ผู้บริโภคส่วนใหญ่ใช้ Facebook น้อยลง ง. มีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ	1.00	.62	.54

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
30. จากประชากรทั้งหมด 68 ล้านคน คนไทยใช้ Social Media จำนวน 38 ล้านคน คิดเป็น 56% ของประชากร จากข้อมูลดังกล่าวนักเรียนกลุ่มหนึ่งได้ศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้ Internet และ Social Media ปรากฏผล ดังนี้ 40% ใช้ Messengers 33% ดูวิดีโอผ่านสื่อมือถือ 33% เล่นเกมบนมือถือ 30% ใช้บริการ Mobile Bankin 32% ใช้แผนที่บนมือถือ ที่มา http://wearesocial.com จากข้อมูลข้างต้น นักเรียนควรเลือกการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบใด ก. ตาราง ข. แผนภูมิแท่ง ค. แผนภูมิรูปวงกลม ง. กราฟ	.80	.63	.59

จากตารางที่ 4.3 พบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ มีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .80 - 1.00 มีค่าความยากตั้งแต่ .53 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .35 - .65

ตารางที่ 4.4 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัดฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
31. แม่ให้เงินบุตร 3 คน ไปโรงเรียน คนละเท่าๆ กัน โดยให้เงินเป็นรายสัปดาห์ รวมเงินทั้งหมดที่แม่ต้องจ่ายสัปดาห์ละ 750 บาท (ไม่นับรวมวันเสาร์ – อาทิตย์) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในข้อใดใช้หาจำนวนเงินที่บุตรแต่ละคนจะได้รับในแต่ละวัน ก. $3x = \frac{750}{5}$ ข. $\frac{3x}{5} = 750$ ค. $(3x)(5) = 750$ ง. มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ	1.00	.60	.76
ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 32 - 33 สายใจต้องการลาพักผ่อนเพื่อท่องเที่ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดขอนแก่น โดยวางแผนค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว ดังนี้ ค่าที่พัก 5,000 บาท ค่าอาหาร 5,100 บาท และใช้ตารางค่าใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ดังนี้			

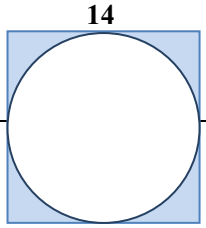
จังหวัด / ค่าใช้จ่าย(บาท)	เพชรบูรณ์	ขอนแก่น
ค่าที่พัก/วัน	1,000	500
ค่าอาหาร/วัน	500	900

32. ถ้าสายใจต้องการทราบจำนวนวันที่ใช้ในการท่องเที่ยว จะสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหานี้ ได้ดังข้อใด ก. $1,000x + 500y = 5,000$ และ $500x + 1,000y = 5,100$ ข. $1,000x + 900y = 5,000$ และ $500x + 500y = 5,100$ ค. $1,000x + 500y = 5,000$ และ $500x + 900y = 5,100$	1.00	.67	.56

ง. $1,000x + 900y = 5,000$

และ $1,000x + 500y = 5,100$

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
33. จากงบประมาณที่กำหนด สายใจจะเที่ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์และขอนแก่นอย่างละกี่วัน ก. เที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ 4 วัน และจังหวัดขอนแก่น 4 วัน ข. เที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ 4 วัน และจังหวัดขอนแก่น 3 วัน ค. เที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ 3 วัน และจังหวัดขอนแก่น 4 วัน ง. เที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ 3 วัน และจังหวัดขอนแก่น 3 วัน	1.00	.62	.65
34. ถ้า $\frac{P-3}{8} = \frac{5}{4}$ แล้ว $P + 3$ มีค่าเท่ากับข้อใด ก. 8 ข. 10 ค. 13 ง. 16	1.00	.57	.59
35. สมการในข้อใดต่อไปนี้มีคำตอบเหมือนกัน 1) $14.5 + 2x = -3.5x - 35$ 2) $4x - 6x - 1.5 = 3x - 50$ 3) $0.5x + 0.83 = 0.06x - 4.03 - 0.1x$ ก. ข้อ 1) และ 2) ข. ข้อ 1) และ 3) ค. ข้อ 2) และ 3) ง. ถูกทั้งข้อ ก. ข้อ ข. และ ข้อ ค.	1.00	.56	.69
36. ที่ดินรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 4 แปลง มีอาณาเขตติดกัน ดังรูป ถ้าที่ดินที่มีพื้นที่ 25 ตารางวา มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ดินแปลง x จะมีพื้นที่กี่ตารางวา 10 | x 25 | 20 ก. 8 ตารางวา ข. 12 ตารางวา ค. 15 ตารางวา ง. 24 ตารางวา	1.00	.54	.70
37. จากรูปพื้นที่ส่วนที่แรเงาเท่ากับเท่าไร  ก. 42 ตารางหน่วย ข. 96 ตารางหน่วย	1.00	.60	.69

ค. 112 ตารางหน่วย

ง. 196 ตารางหน่วย

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
38. ท่อนไม้ปริมาตร 4 ลูกบาศก์เมตร มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.25 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะมีมวลกี่กรัม (สูตรความหนาแน่น $D = \frac{M}{V}$ เมื่อ D แทนความหนาแน่น มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร M แทนมวลสารมีหน่วยเป็นกิโลกรัม และ V แทนปริมาตรมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร) ก. 16 กรัม ข. 100 กรัม ค. 1,000 กรัม ง. 1,600 กรัม	1.00	.51	.83
39. บุษบาเป็นคนรักสุขภาพแต่ก็ชอบทานขนมหวาน เนื่องจากขนมหวานจากท้องตลาดมีรสหวานเกินไป บุษบาจึงทำขนม ด้วยตนเอง เธอแบ่งขนมให้แก่เพื่อนบ้าน $\frac{2}{5}$ ของจำนวนชิ้นของขนมที่ทำ ถ้าเพื่อนบ้านได้รับขนมไป 40 ชิ้น บุษบาทำขนมทั้งหมดกี่ชิ้น ก. 40 ชิ้น ข. 50 ชิ้น ค. 80 ชิ้น ง. 100 ชิ้น	.80	.63	.48
40. ตะวันมีตะกร้า 2 ใบ ใบที่หนึ่งมีส้ม a ผล ใบที่สองมีส้ม b ผล ต้องการแบ่งส้มในตะกร้าทั้งสองใบ ให้เด็ก 10 คน คนละเท่าๆกัน ถ้าเด็กได้ส้มคนละ 3 ผล ข้อใดคือจำนวนส้ม a ผล และ b ผล ก. a มี 20 ผล และ b มี 10 ผล ข. a มี 17 ผล และ b มี 13 ผล ค. a มี 5 ผล และ b มี 25 ผล ง. ถูกทั้งข้อ ก. ข้อ ข. และ ข้อ ค.	.80	.61	.70

จากตารางที่ 4.4 พบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ มีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .80 - 1.00 มีค่าความยากตั้งแต่ .51 - .67 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .48 - .83

ตารางที่ 4.5 แบบวัด ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัด ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

แบบวัด	ค่า IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก
41. แม่มีเงินทั้งหมด 200,000 บาท แบ่งให้บุตร 3 คน คนโตได้รับส่วนแบ่ง 80,000 บาท จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงสร้างคำถามทางคณิตศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสถานการณ์ จำนวน 5 คำถาม	1.00	.43	.61
42. กำหนด $a * b = (a \times b) - b$ เช่น $1 * 2 = (1 \times 2) - 2 = 0$ ให้นักเรียนใช้ * และตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ จำนวน 5 ประโยค (สามารถใช้ * ได้มากกว่า 1 ครั้ง)	1.00	.53	.75
43. กำหนด $a \otimes b = (a + b)^2$ เช่น $1 \otimes 2 = (1 + 2)^2 = 9$ ให้นักเรียนใช้ $\otimes$ และตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ จำนวน 5 ประโยค (สามารถใช้ $\otimes$ ได้มากกว่า 1 ครั้ง)	1.00	.56	.65
44. ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ลดราคาสินค้า ดังนี้ แชมพูลดราคาเหลือขวดละ 20 บาท ครีมอาบน้ำ ลดราคาเหลือขวดละ 40 บาท ครีมทาผิว ลดราคาเหลือขวดละ 50 บาท ถ้าสุดาต้องการซื้อของใช้ทั้ง 3 ชนิด ในวงเงิน 500 บาท สุดาจะซื้อของใช้ทั้ง 3 ชนิดได้อย่างละกี่ขวด	1.00	.59	.55

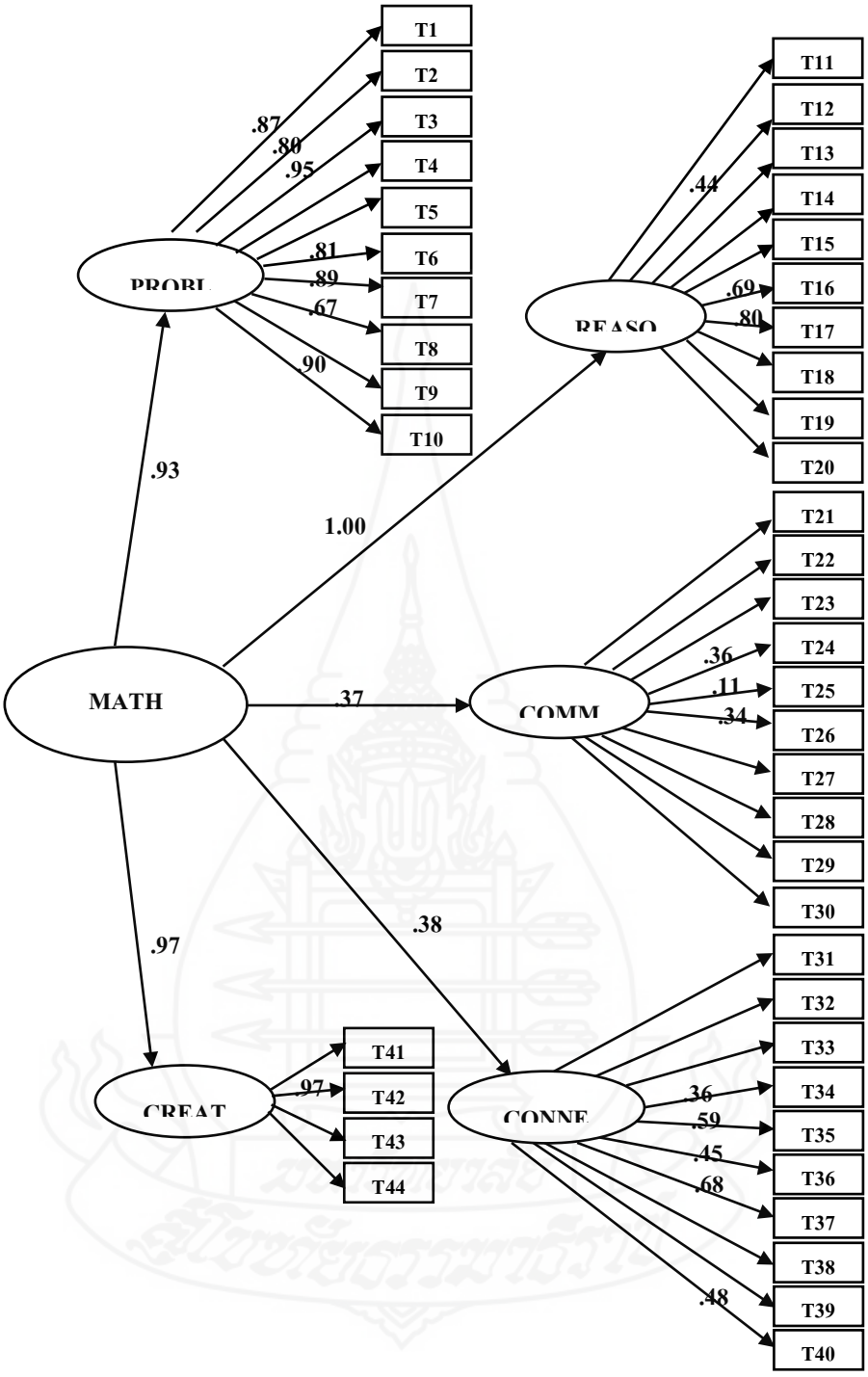
จากตารางที่ 4.5 พบว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความตรงเชิงเนื้อหา

โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 มีค่าความยากตั้งแต่ .43 - .59 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .55 - .75

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

สถิติชี้วัดความสอดคล้อง	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการวิเคราะห์	การแปลผล
ไค-สแควร์ (χ^2)	p> .05	689.141 (p = .075)	ผ่านเกณฑ์
ไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2 / df)	< 2.00	1.082	ผ่านเกณฑ์
รากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA)	.05-0.08	.020	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI)	.90	.901	ผ่านเกณฑ์
ดัชนี Incremental Fit Index (IFI)	.90	.982	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนสัมพัทธ์ (CFI)	.90	.980	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 4.6 พบว่า โครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาจากค่าสถิติชี้วัดความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ทุกค่า ดังนี้ ค่า ไค-สแควร์ (χ^2) ที่ระดับองศาอิสระ(df) เท่ากับ 637 เท่ากับ 689.141 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2 / df) เท่ากับ 1.082 ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value) เท่ากับ .075 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .020 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .901 ค่าดัชนี Incremental Fit Index (IFI) เท่ากับ .982 และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนสัมพัทธ์ (CFI) เท่ากับ .980



χ^2 = 689.141; df = 637; χ^2 / df = 1.082;p = .075;

RMSEA = .020; GFI = .901; IFI = .982; CFI = .980

ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (Second order confirmatory factor analysis) ของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

จากภาพที่ 4.1 พบว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบ ดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (PROBLEM) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .93 ประกอบด้วยข้อสอบ 10 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1- ข้อ 10 (T1 - T10) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .87, .80, .95, .79, .86, .81, .89, .67, .76 และ .90 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (REASON) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 1.00 ประกอบด้วยข้อสอบ 10 ข้อ ได้แก่ ข้อ 11 - ข้อ 20 (T11 - T20) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .78, .44, .50, .62, .58, .69, .80, .66, .60 และ .27 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ (COMMU) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .37 ประกอบด้วยข้อสอบ 10 ข้อ ได้แก่ ข้อ 21 - ข้อ 30 (T21 - T30) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .37, .51, .68, .36, .11, .34, .57, .41, .40 และ .69 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ (CONNECT) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .38 ประกอบด้วยข้อสอบ 10 ข้อ ได้แก่ ข้อ 31 - ข้อ 40 (T31 - T40) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .62, .48, .57, .36, .59, .45, .68, .89, .47 และ .65 ตามลำดับ องค์ประกอบที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (CREATIVE) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .97 ประกอบด้วยข้อสอบ 4 ข้อ ได้แก่ ข้อ 41- ข้อ 44 (T41 - T44) มีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .84, .97, .97 และ .93 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ความเที่ยงของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

ฉบับที่	ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ข้อที่	ความเที่ยง
1	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1 - 10	.84
2	ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	11 - 20	.72
3	ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	21 - 30	.74
4		31 - 40	.82

5	ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์	41 - 44	.90

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีค่าความเที่ยงดังนี้ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .84 ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .72 ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .74 ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .82 และฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .90

การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ได้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ชุด แบ่งเป็น 5 ฉบับ จำนวนรวม 44 ข้อ ดังนี้ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ชุดแบบวัดมีคุณภาพตามเกณฑ์ ดังนี้ มีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60 - 1.00 มีค่าความยากและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม โดยมีค่าความยากตั้งแต่ .43 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .33 - .93 มีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง พบว่า โครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาจากค่าสถิติชี้วัดความสอดคล้อง ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกค่า มีความเที่ยงโดยมีค่าความเที่ยง ตั้งแต่ .72 - .90 และได้คู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ผู้วิจัยได้สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

1.1.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1) ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 4,659 คน จาก 39 โรงเรียน

2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 400 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน

1.3 เครื่องมือที่พัฒนาในการวิจัย ได้แก่ ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 1 ชุด แบ่งเป็น 5 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ฉบับที่ 4 ความสามารถในการ

เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการดังนี้

1.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือจากสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พร้อมกับชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนาขึ้น พร้อมทั้งวิธีการและขั้นตอนการพัฒนาชุดแบบวัด ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

1) นำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ติดต่อกับโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดวันและเวลาในการนำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2) วางแผนและดำเนินการสอบร่วมกับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

3) นำผลการสอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนำคะแนนที่ได้วิเคราะห์หาคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.5 การตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดำเนินการดังนี้

1.5.1 ตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดรายข้อ ดังนี้

ตรวจสอบความยากและอำนาจจำแนกของแบบวัด ดังนี้ ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยใช้สูตรอย่างง่าย และฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ โดยใช้สูตรดัชนีความง่ายและดัชนีอำนาจจำแนกของวิทนีย์และชาเบอร์

1.5.2 ตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทั้งฉบับ ดังนี้

1) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของชุดแบบวัด โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตรของโรวิเนลลีและแฮมเบลตัน

2) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของชุดแบบวัด โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง

3) ตรวจสอบความเที่ยงของชุดแบบวัด โดยฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – coefficient) ของครอนบาค

1.6 ผลการวิจัย

1.6.1 ผลการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 1 ชุด แบ่งเป็น 5 ฉบับ จำนวน 44 ข้อ ดังนี้ ฉบับที่ 1- ฉบับที่ 4 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนฉบับละ 10 ข้อ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ตามลำดับ และฉบับที่ 5 เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ วัดความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และได้คู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วย ความหมายของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จุดมุ่งหมายของการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ วิธีการดำเนินการทดสอบ วิธีการตรวจให้คะแนน และเกณฑ์การแปลความหมายคะแนนของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.6.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 ได้ผลการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดรายข้อ ความยากและอำนาจจำแนก ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความยากและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม ดังนี้ ฉบับที่ 1 มีค่าความยากตั้งแต่ .45 - .72 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .56 - .93 ฉบับที่ 2 มีค่าความยากตั้งแต่ .53 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .33 - .81 ฉบับที่ 3 มีค่าความยากตั้งแต่ .53 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .35 - .65 ฉบับที่ 4 มีค่าความยากตั้งแต่ .51 - .67 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .48 - .83 ฉบับที่ 5 มีค่าความยากตั้งแต่ .43 - .59 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .55 - .75 และมีค่าความยากของชุดแบบวัดตั้งแต่ .43 - .80 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .33 - .93

2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทั้งฉบับ

ความตรงเชิงเนื้อหา ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ตั้งแต่ .60 - 1.00 ฉบับที่ 3 และฉบับที่ 4 ตั้งแต่ .80 - 1.00 และฉบับที่ 5 เท่ากับ 1.00 และมีค่าดัชนีความสอดคล้องของชุดแบบวัดตั้งแต่ .60 - 1.00

(1) ความตรงเชิงโครงสร้าง ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยทักษะ 5 ทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยพิจารณาจากค่าสถิติชี้วัดความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ทุกค่า ดังนี้ ค่าไค-สแควร์(χ^2) ที่ระดับองศาอิสระ(df) เท่ากับ 637 เท่ากับ 689.141 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2 / df) เท่ากับ 1.082 ค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value) เท่ากับ .075 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .020 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .901 ค่าดัชนี Incremental Fit Index (IFI) เท่ากับ .982 และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนสัมพัทธ์ (CFI) เท่ากับ .980 และแต่ละทักษะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานตั้งแต่ .37 - 1.00

(2) ความเที่ยง ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงดังนี้ ฉบับที่ 1 มีค่าเท่ากับ .84 ฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ .72 ฉบับที่ 3 มีค่าเท่ากับ .74 ฉบับที่ 4 มีค่าเท่ากับ .82 และฉบับที่ 5 มีค่าเท่ากับ .90

2. อภิปรายผล

จากผลการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 มีประเด็นที่นำมาอภิปรายผล ดังนี้

2.1 การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 จำนวน 1

ชุด แบ่งเป็น 5 ฉบับ ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 10 ข้อ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และฉบับที่ 5 เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ วัดความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดแบบวัดที่ประกอบด้วยแบบวัดที่วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ครบทั้ง 5 ทักษะ เพื่อนำผลการประเมินมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในด้านที่นักเรียนมีความสามารถต่ำกว่าเกณฑ์ และกำหนดลักษณะของข้อสอบที่โจทย์เดียวแต่มีคำถามหลายข้อที่ต่อเนื่องกัน เพื่อประเมินความสามารถของนักเรียนตามตัวบ่งชี้ของแต่ละทักษะ เนื่องจากในการวิเคราะห์โจทย์หรือสถานการณ์หนึ่งครั้งจะสามารถวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ตามลำดับขั้น การใช้คำถามต่อเนื่องจึงทำให้ประหยัดเวลาในการทำแบบทดสอบเพราะนักเรียนไม่ต้องวิเคราะห์โจทย์ทุกครั้งในการเริ่มทำข้อสอบข้อใหม่ การพัฒนาชุดแบบวัดผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ ขั้นวางแผนการพัฒนา กำหนดวัตถุประสงค์ในการพัฒนาชุดแบบวัด กำหนดนิยามและตัวบ่งชี้จากผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้จากเอกสารต่างๆ และข้อคิดเห็นและคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ และการวัดและประเมินผล กำหนดลักษณะของชุดแบบวัดและแผนผังการพัฒนาตามตัวบ่งชี้ที่กำหนดไว้ ขั้นดำเนินการพัฒนา พัฒนาชุดแบบวัดฉบับร่างตามแผนผังที่กำหนดไว้โดยคำนึงถึงหลักการพัฒนาชุดแบบวัดให้มีคุณภาพ ดังนี้ ถามให้ครอบคลุมครบตามหลักสูตรและตัวบ่งชี้ ถามเฉพาะสิ่งที่สำคัญและเป็นแบบอย่างที่ดีที่ผู้สอบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ถามให้ชัดเจนตรงประเด็น คำถามไม่ชี้นำไปสู่คำตอบ และตัวเลือกต้องมีคุณค่าทั้งคำตอบที่ถูกต้องและตัวลวง สอดคล้องกับ รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์ (2557, น. 15-16) ที่กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบที่ดีต้องถามให้ครอบคลุมครบตามหลักสูตร ครบทุกพฤติกรรม ถามสิ่งที่สำคัญ เป็นแบบอย่างที่ดี ถามให้เฉพาะเจาะจง เช่นเดียวกับ บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 73-74) ที่ได้กล่าวถึง หลักในการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบไว้ว่า คำถามควรเป็นเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด มีความหมาย มีความแจ่มชัด คำตอบที่ถูกกับผิดไม่แตกต่างกันจนเด่นชัดเกินไป คำตอบที่ถูกที่สุดมีเพียงคำตอบเดียวและจะต้องไม่มีลักษณะรูปแบบแตกต่างจากตัวลวงอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด ตัวลวงควรเป็นคำตอบที่มีคุณค่าสำหรับเป็นตัวลวง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่มีรายละเอียดเพียงพอที่จะใช้ประเมินผลผู้เรียน ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ชัดเจนและครอบคลุมประเด็นที่จะประเมินอย่างครบถ้วน เพื่อขจัดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากการให้คะแนน ป้องกันการ

ลำเอียง และสร้างความเป็นธรรมในการให้คะแนน และขั้นตรวจสอบคุณภาพ เพื่อให้ได้ชุดแบบวัดที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพชุดแบบวัดในด้านความยากและอำนาจจำแนก ความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยง จากการดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าว พบว่าการวางแผนการพัฒนาเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ทำให้การพัฒนาชุดแบบวัดทำได้ง่ายขึ้น และตรงกับสิ่งที่ต้องการวัดในแต่ละทักษะ การระบุตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนจะเป็นกรอบและแนวทางในการพัฒนาชุดแบบวัดได้เป็นอย่างดี การตรวจสอบคุณภาพทำให้ได้ชุดแบบวัดที่มีคุณภาพเหมาะสมตามเกณฑ์ และการทดลองใช้ทำให้ได้ชุดแบบวัดที่มีความเหมาะสมทางด้านเนื้อหา เวลาที่ใช้ในการสอบ และช่วงวัยของผู้สอบ

2.2 การตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพรายข้อและคุณภาพทั้งฉบับ ดังนี้

2.2.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดรายข้อ

ความยากและอำนาจจำแนกของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลการตรวจสอบความยากและอำนาจจำแนก พบว่าความยากมีค่าตั้งแต่ .43 - .80 และอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ .33 - .93 แสดงว่า ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีค่าความยากและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม ตามที่ รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์ (2557, น. 39, 42) กล่าวไว้ว่า ความยากและอำนาจจำแนกที่เหมาะสมควรมีค่าความยากระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ .20 ขึ้นไป เช่นเดียวกับ ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, น. 184-185) ที่กล่าวว่า ข้อสอบที่เหมาะสมต้องมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .20 - .80 และข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกใช้ได้จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ .20 ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกใกล้ 1 แสดงว่าข้อสอบนั้นสามารถจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ถูกต้องสูงมาก สอดคล้องกับ บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 96-97) ที่กล่าวว่า ข้อสอบที่ง่ายเกินไปและยากเกินไปถือว่าเป็นข้อสอบที่ไม่สมควรใช้วัด ค่าความยากที่อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมอยู่ระหว่าง .20 - .80 และข้อสอบที่มีคุณภาพในด้านอำนาจจำแนกควรมีค่าอำนาจจำแนกเป็นบวกยิ่งมีค่ามากยิ่งดี ข้อสอบที่ได้รับการคัดเลือกเป็นแบบทดสอบจะต้องมีค่าอำนาจจำแนกไม่ต่ำกว่า .20 ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยพัฒนาชุดแบบวัดโดยใช้ตัวบ่งชี้ที่กำหนดมาจากพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถของแต่ละทักษะเป็นกรอบในการพัฒนา ซึ่งพฤติกรรมบ่งชี้ดังกล่าวมีระดับการวัดตั้งแต่การจำ (Remembering) การเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) การวิเคราะห์ (Analysing) การประเมินผล (Evaluating) จนถึงการสร้างสรรค์ (Creating) ข้อสอบที่มีระดับการวัดที่แตกต่างกันก็จะมีผลต่อความยากต่างกันกล่าวคือ ข้อสอบที่วัดในระดับที่สูงกว่าย่อมยากกว่า

ข้อสอบที่วัดในระดับที่ต่ำกว่า การพัฒนาแบบวัดโดยคำนึงถึงระดับการวัดจึงเป็นสิ่งจำเป็น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้คำนึงถึงหลักการสร้างข้อคำถามตามแนวปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่ การใช้คำถามเชิงบวก คำถามแต่ละคำถามสามารถใช้ตัวเลือกได้มากเท่าที่ต้องการ ในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบ 4 ตัวเลือก และใช้ตัวเลือก “ไม่มีข้อใดถูกต้อง” ด้วยความระมัดระวัง และคำนึงถึงหลักการสร้างคำถามและตัวเลือกที่ดีโดยการใช้คำถามที่ชัดเจนตรงประเด็น คำถามไม่ชี้นำไปสู่คำตอบ และตัวเลือกต้องมีคุณค่าทั้งคำตอบที่ถูกต้องและตัวลวง เพราะข้อสอบที่ไม่เป็นมาตรฐานจะทำให้นักเรียนตอบถูกได้ยากกว่าข้อสอบที่เป็นมาตรฐานทำให้ไม่สามารถแยกแยะนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้ นอกจากลักษณะของข้อสอบแล้วปัจจัยที่ส่งผลให้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความยากและอำนาจจำแนกที่เหมาะสมก็คือการหาคุณภาพของชุดแบบวัดโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอ

2.2.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของชุดแบบวัดทั้งฉบับ

1) ความตรงเชิงเนื้อหาของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับตัวบ่งชี้ในแต่ละทักษะที่ต้องการวัดโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการวัดและประเมินผล มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .60 - 1.00 ซึ่งเป็นข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ ตามที่ รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์ (2557, น. 47) กล่าวไว้ว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า .50 แสดงว่า ข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้วางแผนการพัฒนาชุดแบบวัดโดยการศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดนิยามและตัวบ่งชี้ของแต่ละทักษะเพื่อเป็นกรอบและแนวทางในการพัฒนาชุดแบบวัด รวมทั้งขอคำแนะนำและข้อคิดเห็นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของนิยามและการกำหนดตัวบ่งชี้ จนได้นิยามและตัวบ่งชี้ของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการวัด แล้วจึงดำเนินการพัฒนาชุดแบบวัด โดยยึดหลักการพัฒนาชุดแบบวัดให้มีคุณภาพ ข้อคำถามมีความชัดเจนและไม่มีตัวชี้แนะคำตอบ ทำให้ผู้ตอบเข้าใจข้อคำถามตรงกัน ตัวเลือกและตัวลวงมีความเหมาะสม การจัดเรียงข้อสอบตามทักษะที่ต้องการวัดทำให้ง่ายต่อการอ่านและทำความเข้าใจ และชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผ่านการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับตัวบ่งชี้ในแต่ละทักษะที่ต้องการวัดจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญทางด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมีค่าดัชนีความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ทุกข้อ จึงทำให้ชุดแบบวัดมีความตรงเชิงเนื้อหา

2) ความตรงเชิงโครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองเพื่อยืนยันว่า ทักษะกระบวนการทาง

คณิตศาสตร์ประกอบด้วยทักษะ 5 ทักษะ ได้ค่าสถิติชี้วัดความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ทุกค่า ดังนี้ χ^2 = 689.141, df = 637, χ^2 / df = 1.082, p-value = .075, RMSEA = .020, GFI = .901, IFI = .982 และ CFI = .980 แต่ละทักษะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานตั้งแต่ .37 - 1.00 ทักษะที่มีน้ำหนักองค์ประกอบสูงสุดได้แก่ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รองลงมาคือ ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 1.00, .97, .93, .38 และ .37 ตามลำดับ จากค่าสถิติที่ได้จะเห็นว่า ค่าไค-สแควร์ ไม่มีนัยสำคัญ (p> .05) แสดงว่าโครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ เท่ากับ 1.082 ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 3 ค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) มีค่าเข้าใกล้ 0 ถือว่าเป็นค่าที่ดี ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ค่าดัชนี Incremental Fit Index (IFI) และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนสัมพัทธ์ (CFI) มีค่ามากกว่า .90 ซึ่งเป็นระดับที่โมเดลจะถูกยอมรับ (กริช แรงสูงเนิน, 2554, น. 77) เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของแต่ละทักษะ พบว่าทุกค่าเป็นบวกและมีค่ามากกว่า .30 แสดงว่าโมเดลเหมาะสม จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว แสดงว่าโครงสร้างตามกรอบความคิดในการวิจัยมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สรุปได้ว่าชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความตรงเชิงโครงสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นวิธีการตรวจสอบที่มีคุณภาพสูง เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับทฤษฎีที่กำหนดและเป็นวิธีที่ยอมให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันได้ ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องยิ่งขึ้น (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542, น. 150) จึงเหมาะกับการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของชุดแบบวัดที่พัฒนาขึ้นมากกว่าวิธีอื่น นอกจากนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดแบบวัดโดยคำนึงถึงหลักการพัฒนาชุดแบบวัดให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ ทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาก่อนนำไปทดลองใช้เพื่อหาคุณภาพของชุดแบบวัดรายข้อ จากนั้นจึงนำชุดแบบวัดที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ไปเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง มีการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบองค์ประกอบของแบบวัดกับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ก่อนการสร้างโมเดล จึงทำให้ชุดแบบวัดที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงโครงสร้าง

3) ความเที่ยงของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยง ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 5 เท่ากับ .84, .72, .74, .82 และ .90 ตามลำดับ แสดงว่าชุดแบบวัดทักษะ

กระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความเที่ยงเหมาะสม ตามที่ ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, น. 209) กล่าวไว้ว่า แบบทดสอบควรมีค่าความเที่ยงมากกว่า .70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเที่ยง ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยพัฒนาชุดแบบวัดให้มีความชัดเจนในคำถาม ทำให้ทุกคนที่อ่านข้อสอบไม่ว่าจะเป็นผู้สอบหรือผู้ตรวจข้อสอบมีความเข้าใจตรงกัน มีการกำหนดวิธีการตรวจ เกณฑ์การให้คะแนนและการแปลความหมายของคะแนนที่ชัดเจน ทำให้ชุดแบบวัดมีความเป็นปรนัยสูง (รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, 2557, น. 14-15) ในส่วนของเนื้อหาผู้วิจัยแบ่งแบบวัดเป็น 5 ฉบับ แบบวัดหนึ่งฉบับจะมีเนื้อหาที่วัดทักษะเดียวกันทำให้ข้อสอบมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อสูง มีจำนวนข้อที่เหมาะสมและมากพอที่จะประเมินความสามารถในแต่ละทักษะได้ และจากการตรวจสอบคุณภาพด้านอำนาจจำแนกพบว่า ชุดแบบวัดที่พัฒนาขึ้นมีค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสม ซึ่งความเป็นปรนัย ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบ จำนวนข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกที่สูงก็จะส่งผลให้ค่าความเที่ยงที่คำนวณได้มีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากคุณสมบัติของข้อสอบแล้ววิธีการตรวจสอบก็มีส่วนสำคัญต่อค่าความเที่ยง ผู้วิจัยใช้วิธีการตรวจสอบค่าความเที่ยงที่เหมาะสมกับลักษณะของแบบวัด โดยแบบวัดแบบเลือกตอบใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) และแบบวัดแบบเขียนตอบใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) นอกจากนี้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนที่มากพอและมีความสามารถที่แตกต่างกัน มีการชี้แจงรายละเอียดก่อนทำการทดสอบ และใช้เวลาในการทดสอบที่เหมาะสม จึงทำให้ชุดแบบวัดที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยง

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 การนำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3ไปใช้ ผู้สอนควรศึกษารายละเอียดในคู่มือการใช้ให้เข้าใจ และชี้แจงรายละเอียดและขั้นตอนการสอบให้นักเรียนเข้าใจก่อนทำการสอบ

3.1.2 ในการนำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3ไปใช้ ผู้สอนสามารถแยกใช้แบบวัดแต่ละฉบับได้ ขึ้นอยู่กับทักษะที่ผู้สอนต้องการวัด โดยใช้เวลาในการสอบตามคู่มือการใช้

3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรมีการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในเนื้อหาและระดับชั้นอื่นๆ เพื่อนำผลการประเมินมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น

3.2.2 ควรมีการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบอื่นๆ เพื่อให้ได้เครื่องมือสำหรับวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับระดับของผู้เรียนหลากหลายรูปแบบ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

_____. (2553). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กริช แรงสูงเนิน. (2554). *การวิเคราะห์ปัจจัยด้วย SPSS และ AMOS เพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2545). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย.

เกรียงศักดิ์ รำพรรณ์. (2552). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ในเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี, กาญจนบุรี.

คมเพชร ฉัตรศุภกุล. (2546). *กิจกรรมกลุ่มในโรงเรียน*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ธนธัชการพิมพ์.

จริยาวดี ชูวงศ์ศิริกุล. (2550). *การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาภูเก็ต* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2542). *การสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ณัฐพร ตื้อจันตา. (2552). *การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) . มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ทิศนา แขมมณี. (2545). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอร์มาสเตอร์กรุ๊ป แมนเนจเม้นท์.

ธิดารัตน์ ธนะขว้าง. (2553). *การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) . มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ธิดารัตน์ พรหมณะ. (2546). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *โมเดลลิสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เนตรชนก คงทน. (2545). *ความรู้เบื้องต้นการสื่อสาร, โครงการส่งเสริมเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ*. สถาบันราชภัฏนครราชสีมา.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุริวิยาสาส์น.

ปาจรีย์ ไทยงาม. (2549). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

พรพิมล สร้อยสนธิ์. (2549). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะพื้นฐานการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). *การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2558). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภิมณกาญจน์ สิรไชยพัฒน์. (2555). *การสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

มนัส เมืองมัจฉา. (2551). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 1* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

มังกร ทองสุขดี. (2535). *การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุพิน ฐิตะสาร. (2550). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์. (2557). การสร้างเครื่องมือวัดด้านพุทธิพิสัย. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

รัชภูมิ น้อยคนดี. (2552). *การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา เพชรบูรณ์ เขต 1* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุรีวิยาสาส์น.

_____. (2542). *การวัดด้านจิตพิสัย.* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุรีวิยาสาส์น.

_____. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุรีวิยาสาส์น.

วนัสสุดา เจตนา. (2555). *การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

วนิช สุธารัตน์. (2547). *ความคิดและความคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรรณ์ดี แสงประทีปทอง. (2555). การออกแบบการเลือกกลุ่มตัวอย่าง. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วาสนา ไกรแก้ว. (2556). *การสร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

วิชุดา หนูจันทร์. (2558). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีรูปแบบต่างกันในจังหวัดหนองคาย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

วิสุดา รักชู. (2547). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดระนอง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555). *ครบเครื่องเรื่องควรรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์: หลักสูตร การสอนและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.

ศศิธร เวียงอินทร์. (2547). *การพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ศุภกิจ เฉลิมวิสุตม์กุล. (2546). *สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน ช่วงชั้นที่ 4 เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: แม็ค.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สกสค.ลาดพร้าว.

_____. (2547). *การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: เอส.พี.เอ็น.การพิมพ์.

_____.(2555ก). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

_____.(2555ข). *การอบรมครูด้วยระบบทางไกล หลักสูตรมาตรฐานการอบรมครู ปีที่ 2 (ฉบับปรับปรุง) ปีงบประมาณ 2555 สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: สกสค.ลาดพร้าว.

_____. (2555ค). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: 3 – คิว มีเดีย.

_____. (2557). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพฯ: สกสค.ลาดพร้าว.

_____. (2557). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพฯ: สกสค.ลาดพร้าว.

สมวงษ์ แปลงประสพโชค. (ม.ป.ป.). *เราเรียนคณิตศาสตร์ไปเพื่ออะไร*. [เว็บบล็อก]. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2559, จาก : http://www.a2code.com/viewthread.php?tid=2475.

สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์. (2544). *เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

สาคร สียางนอก. (2556). *การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สายสุณี อินจันทร์. (2556). *การพัฒนาแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2549). *แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์.* กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

_____. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

_____. (2553). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำรวล สัณฐมิตร. (2551). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

สิริพร ทิพย์คง. (2551). *ฝึกคิด คณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking).* กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สุจิตรา ใจสุข. (2554). *ผลของการฝึกการคิดระดับสูงที่มีต่อกระบวนการตัดสินใจของนักเรียนประถมศึกษา.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อรรจนีย์ ชูช่วยสุวรรณ. (2552). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อัมพร ม้าคะนอง. (2559). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารี พันธ์มณี. (2537). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ 1412.

_____. (2540). *ความคิดสร้างสรรค์กับการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: คอมแพคท์พริ้นท์.

_____. (2545). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ใยไหม.

อำมาลา สารชาติ. (2548). *การพัฒนาแบบสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

Alice, F. Artzt. and Shirel, Yaola – Femia. (1994). Mathematical Reasoning During Small – Group Problem Solving. *Developing Mathematical Reasoning in Grades K – 12*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Barker, L.L. (1981). *Communication*. New Jersey: Printice – Hall.

Charles, Randall.; Lester, Frank.; and O'Daffer, Phares. (1987). *How to Evaluate Progress in Problem Solving*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Dossey, John A.; et al. (2002). *Mathematics Method and Modeling for Today's Mathematics Classroom. A Contemporary Approach to Teaching Grade 7 – 12*. Pacific Grove: BROOKS/COLE.

Gerhard, Muriel. (1971). *Effective Teaching Strategies with the Behavioral Outcomes Approach*. New York: Parker Publishing.

Guilford, J. Paul. (1959). *Personality*. New York: Mcgraw – Hill.

Hadamard, J. (1945). *The Psychology of Invention in the Mathematical Field*. New Jersey: Princeton University Press.

Kennedy, Leonard M. and Tipps, Steve. (1994). *Guiding Children's Learning of Mathematics, 7th ed*. Belmont, California: Wadsworth.

Lester, F. K. and Kroll, D. L. (1991). Evaluation a New Vision. *The Mathematics Teacher*. New York: Macmillan Publish.

Malloy, C. (1999). *Developing Mathematical Reasoning in the Middle Grades Recognizing Diversity. In Developing Mathematical Reasoning in Grades K - 12*. Stiff, Lee V. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

National Council of Teachers of Mathematics. (1991). *Professional Standard for Teaching Mathematics*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

_____. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

_____. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

O'Daffer, Phares G. and Thornquist, Bruce A. (1990). Inductive and Deductive Reasoning. *The Mathematics Teacher*. New York: Macmillan Publish.

Polya, G. (1957). *How to Solve It*. New Jersey: Princeton University Press.

Sternberg, R. (1999). *The Nature of Mathematical Reasoning in Grades K - 12*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Thurber, W.A. (1976). *Teaching Science in today's secondary schools*. Boston: Allyn and Bacon.

Torrance, E. Paul. (1962). *Guilding Creative Talent. Engle Cliffs.* New Jersey: Prentice – Hall.

Wilson, J. W.; Fernandez, M. l.; and Hadaway, N. (1933). Mathematical Problem Solving. *In Research Ideas for the Classroom: High School Mathematics*. New York: Macmillan Publish.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อโรงเรียนสำหรับเก็บข้อมูล

หนังสือขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บข้อมูล

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

1. ดร.เอกชัย จันทา	ตำแหน่ง ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 วุฒิการศึกษา กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร)
2. ดร.ธีรพงศ์ จุลสายพันธ์	ตำแหน่ง ครูชำนาญการ โรงเรียนเพชรพิทยาคม อ.เมืองเพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 วุฒิการศึกษา กศ.ด. (การวิจัยและประเมินทางการศึกษา)
3. นายสันติ สังข์ทอง	ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเพชรพิทยาคม อ.เมืองเพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 วุฒิการศึกษา กศ.ม. (คณิตศาสตร์)
4. นางพัชรี ประภาศิริ	ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนวิทยานุกูลนารี อ.เมืองเพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 วุฒิการศึกษา กศ.ม. (คณิตศาสตร์)
5. นางสาวเอื้อมพร อ่อนโอน	ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนวิทยานุกูลนารี อ.เมืองเพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40 วุฒิการศึกษา กศ.ม. (คณิตศาสตร์)

ที่ ศธ ๐๕๒๒.๑๖ (บ)/๒๖๕

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๑๐ สิงหาคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓
จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางประนอม บัวแก้ว นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา แขนงวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา วิชาเอกการประเมินการศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๔๐

การจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว นักศึกษาได้ทำการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ และได้รับความเห็นชอบเบื้องต้นจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไว้ชั้นหนึ่งแล้ว แต่เพื่อให้เครื่องมือที่จัดทำนั้นมีความครอบคลุมเนื้อหาวิชา แนวปฏิบัติ และสอดคล้องกับหลักและกระบวนการวิจัย ทางสาขาวิชา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้โปรดพิจารณาตรวจสอบและให้ความคิดเห็นเพื่อการปรับปรุงการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ของนักศึกษาผู้นี้ด้วยสำหรับรายละเอียดอื่นๆ นักศึกษาจะนำเรียนด้วยตนเอง

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างดี จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๓-๒๘๗๐
โทรสาร ๐-๒๕๐๓-๓๓๖๖-๗

รายชื่อโรงเรียนสำหรับเก็บข้อมูล

1. โรงเรียนเพชรพิทยาคม อ.เมืองเพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
2. โรงเรียนดงขุยวิทยาคม อ.ชนแดน จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
3. โรงเรียนวังโป่งศึกษา อ.วังโป่ง จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
4. โรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์ อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
5. โรงเรียนบึงสามพันวิทยาคม อ.บึงสามพัน จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
6. โรงเรียนนาสนุ่นวิทยาคม อ.ศรีเทพ จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
7. โรงเรียนหล่มสักวิทยาคม อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
8. โรงเรียนน้ำหนาววิทยาคม อ.น้ำหนาว จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40
9. โรงเรียนแคมป์สนวิทยาคม อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์
   สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

ที่ ศธ ๐๕๒๒.๑๖ (บ)/๒๘๖

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๒๐

๑ กันยายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียน.....

ด้วยนางประนอม บัวแก้ว นักศึกษาหลักสูตรบัณฑิตศึกษา แขนงวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา วิชาเอกการประเมินการศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๔๐

ในการนี้ นักศึกษาจำเป็นจะต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยจาก นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ในโรงเรียนของท่าน

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ในการขออนุญาตให้นักศึกษาดำเนินการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย ตามวัน เวลา และรายละเอียดที่นักศึกษาเสนอมาพร้อมนี้ หวังว่าจะได้รับความกรุณาจากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ฝ่ายบัณฑิตศึกษา
โทร. ๐-๒๕๓-๒๘๗๐
โทรสาร ๐-๒๕๐๓-๓๓๖๖-๗

ภาคผนวก ข

ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง 1. ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ชุดนี้ ประกอบด้วยแบบวัดจำนวน 5 ฉบับ ดังนี้

- ฉบับที่ 1 - 4 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว และทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบที่กำหนดให้
- ฉบับที่ 5 เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้

2. นักเรียนมีเวลาในการทำแบบวัดฉบับละ 30 นาที รวมเวลาทั้งหมด 2 ชั่วโมง 30 นาที
3. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณใดๆ ทั้งสิ้น

****

<u>ฉบับที่ 1</u> ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ใช้โจทย์ที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 1 - 6

แม่ค้าขายมะขามสองชนิด ชนิดที่หนึ่งขายในราคากิโลกรัมละ 40 บาท ชนิดที่สองขายราคากิโลกรัมละ 50 บาท ถ้าแม่ค้าขายมะขามได้ทั้งหมด 35 กิโลกรัม จะได้เงินทั้งสิ้น 1,550 บาท อยากทราบว่า แม่ค้าขายมะขามได้ชนิดละกี่กิโลกรัม

1. ข้อใด***ไม่ใช่***สิ่งที่โจทย์กำหนดให้
   ก. ราคามะขามชนิดที่หนึ่ง ข. ราคามะขามชนิดที่สอง
   ค. จำนวนเงินที่ขายมะขามได้ทั้งหมด ง. จำนวนเงินที่ได้จากการขายมะขามแต่ละชนิด
2. ข้อใดคือสิ่งที่โจทย์ต้องการ
   ก. จำนวนมะขามที่ขายได้ทั้งหมด ข. จำนวนมะขามที่ขายได้แต่ละชนิด
   ค. จำนวนเงินที่ได้จากการขายมะขามทั้งหมด ง. จำนวนเงินที่ได้จากการขายมะขามแต่ละชนิด
3. ข้อใดกำหนดตัวแปรเพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง
   ก. กำหนดให้ขายมะขามชนิดที่ 1 ได้ x กิโลกรัม ขายมะขามชนิดที่ 2 ได้ $35 - x$ กิโลกรัม
   ข. กำหนดให้ขายมะขามชนิดที่ 1 ได้ x กิโลกรัม ขายมะขามชนิดที่ 2 ได้ $35 + x$ กิโลกรัม
   ค. กำหนดให้ขายมะขามชนิดที่ 1 ได้ x กิโลกรัม ขายมะขามชนิดที่ 2 ได้ $x - 35$ กิโลกรัม
   ง. กำหนดให้ขายมะขามชนิดที่ 1 ได้ $x - 35$ กิโลกรัม ขายมะขามชนิดที่ 2 ได้ $x + 35$ กิโลกรัม

4. ข้อใดคือประโยคสัญลักษณ์ที่ใช้หาคำตอบ เมื่อกำหนดให้ x แทนสิ่งที่โจทย์ต้องการ

ก. $40x + \left[(35 - x)\times 50\right] = 1{,}550$ ข. $40x + \left[(x - 35)\times 50\right] = 1{,}550$

ค. $\left[40\times(35 - x)\right] + 50x = 1{,}550$ ง. $\left[40\times(x - 35)\right] + 50x = 1{,}550$

5. แม่ค้าขายมะขามได้ชนิดละกี่กิโลกรัม

ก. ชนิดที่ 1 ขายได้ 10 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 ขายได้ 25 กิโลกรัม

ข. ชนิดที่ 1 ขายได้ 15 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 ขายได้ 20 กิโลกรัม

ค. ชนิดที่ 1 ขายได้ 20 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 ขายได้ 15 กิโลกรัม

ง. ชนิดที่ 1 ขายได้ 25 กิโลกรัม ชนิดที่ 2 ขายได้ 10 กิโลกรัม

6. ข้อใดสรุปผลการขายมะขามของแม่ค้าได้ถูกต้อง

ก. จำนวนมะขามชนิดที่ 1 ขายได้มากกว่าชนิดที่ 2 และเงินที่ได้จากการขายมะขามชนิดที่ 1 มากกว่าชนิดที่ 2

ข. จำนวนมะขามชนิดที่ 1 ขายได้มากกว่าชนิดที่ 2 แต่เงินที่ได้จากการขายมะขามชนิดที่ 1 น้อยกว่าชนิดที่ 2

ค. จำนวนมะขามชนิดที่ 1 ขายได้น้อยกว่าชนิดที่ 2 และเงินที่ได้จากการขายมะขามชนิดที่ 1 น้อยกว่าชนิดที่ 2

ง. จำนวนมะขามชนิดที่ 1 ขายได้น้อยกว่าชนิดที่ 2 แต่เงินที่ได้จากการขายมะขามชนิดที่ 1 มากกว่าชนิดที่ 2

ใช้โจทย์ที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 7 - 10

ถังเก็บน้ำมันแห่งหนึ่งเป็นทรงกลม ความยาวเส้นรอบวงเส้นที่ยาวที่สุดวัดได้ 8.8 เมตร ต้องการทาสีรอบนอกถัง โดยเว้นเนื้อที่ที่เป็นส่วนรองรับถังซึ่งคิดเป็นพื้นที่ 4.25 ตารางเมตร ถ้าสี 1 ลิตร ทาได้พื้นที่ประมาณ 2 ตารางเมตร ในการทาสีครั้งนี้จะต้องใช้สีทั้งหมดประมาณกี่ลิตร

7. กำหนดให้ r คือ รัศมีของทรงกลม สมการที่ใช้ในการหาค่า r คือข้อใด

ก. $r = \frac{8.8}{2}$ ข. $2\pi r = 8.8$ ค. $\pi r^2 = 8.8$ ง. $4\pi r^2 = 8.8$

8. ข้อใดคือประโยคสัญลักษณ์ที่ใช้หาปริมาณสีที่ต้องการใช้

ก. $4\pi r^2$ ข. $4\pi r^2 - 4.25$

ค. $\left(4\pi r^2 - 4.25\right)\times 2$ ง. $\left(4\pi r^2 - 4.25\right)\div 2$

9. ถ้าต้องการทราบปริมาณสีที่ต้องใช้ในการทาถังน้ำมัน จะต้องคำนวณหาสิ่งใดเป็นอันดับแรก

ก. ปริมาณสีที่จะใช้ ข. พื้นที่ที่ต้องการทาสี

ค. พื้นที่ที่ไม่ต้องการทาสี ง. พื้นที่ทั้งหมดของถังน้ำมัน

10. ถ้าต้องการซื้อสีสำหรับทาถังน้ำมันถังนี้ ปริมาณสีในข้อใดเหมาะสมมากที่สุด
(สีขนาด 1 แกลลอนบรรจุ 3.785 ลิตร)

ก. 2 แกลลอน ข. 3 แกลลอน ค. 4 แกลลอน ง. 5 แกลลอน

****

<u>ฉบับที่ 2</u> ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ใช้รูปที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 11 - 14

รูป A

รูป B

รูป C

11. จากรูปข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. หาปริมาณสิ่งของที่บรรจุอยู่เต็มรูป A ต้องใช้สูตร $\pi r^2 h$

ข. หาปริมาณสิ่งของที่บรรจุอยู่เต็มรูป B ต้องใช้สูตร ความกว้าง x ความยาว x ความสูง

ค. หาขนาดกระดาษที่ใช้ห่อด้านข้างรูป B ต้องใช้สูตร ความยาวเส้นรอบฐาน x ความสูง

ง. หาขนาดกระดาษที่ใช้ในรูป A ต้องใช้สูตร $2\pi rh + \pi rl$

12. ถ้าฐานของรูป A , B และ C เป็นรูปเหลี่ยมด้านเท่า มุมเท่า ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. รูป A มีฐานเหมือนกับ รูป B ข. รูป A มีฐานเหมือนกับ รูป C

ค. รูป B มีฐานเหมือนกับ รูป C ง. รูป A มีฐานเหมือนกับ รูป B และรูป C

13. กำหนดให้รูป B มีฐานยาวด้านละ 4 เซนติเมตร ความสูง 6 เซนติเมตร ข้อใดคือปริมาตรของรูป B

ก. $12\sqrt{3}$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ข. $24\sqrt{3}$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

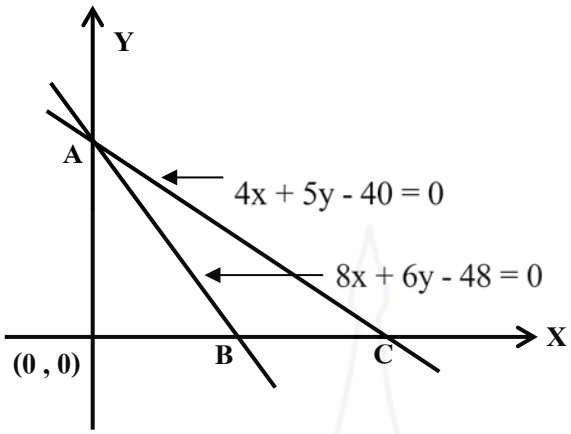
ค. 32 ลูกบาศก์เซนติเมตร ง. 96 ลูกบาศก์เซนติเมตร

14. จากรูป A , B และ C ซึ่งมีฐานเป็นรูปเหลี่ยมด้านเท่า มุมเท่า ถ้ากำหนดให้ความยาวของฐาน และความสูงของทุกรูปเท่ากัน ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. รูป A มีปริมาตรเท่ากับ รูป B ข. รูป B มีปริมาตรเท่ากับ รูป C

ค. รูป A มีปริมาตรเป็นสามเท่าของ รูป B ง. รูป A มีปริมาตรเป็นสามเท่าของ รูป C

ใช้รูปที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 15 - 18



15. ถ้าต้องการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ABC ต้องใช้ความรู้ ความเข้าใจ ในข้อใด

ก. คู่อันดับ ข. ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

ค. จุดตัดแกน X จุดตัดแกน Y ง. คำตอบของระบบสมการ

16. จุด A , B และ C คือคู่อันดับในข้อใด เรียงตามลำดับ

ก. (8,0) , (10,0) , (0,6) ข. (8,0), (0,6) , (0,10)

ค. (0,8) , (10,0) , (6,0) ง. (0,8), (6,0) , (10,0)

17. รูปสามเหลี่ยม ABC มีพื้นที่เท่ากับเท่าไร

ก. 16 ตารางหน่วย ข. 24 ตารางหน่วย

ค. 32 ตารางหน่วย ง. 40 ตารางหน่วย

18. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับคำตอบของระบบสมการ $4x + 5y - 40 = 0$ และ $8x + 6y - 48 = 0$

ก. ระบบสมการนี้ไม่มีคำตอบ ข. ระบบสมการนี้มีคำตอบเดียว

ค. ระบบสมการนี้มีจำนวนคำตอบมากมายนับไม่ถ้วน ง. ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะหาคำตอบ

ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 19 - 20

จากการสำรวจนักเรียนห้องหนึ่งพบว่า

1) จำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์เป็นเลขคี่

2) จำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์ 7 หารลงตัว

3) ผลรวมเลขโดดของจำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์ เท่ากับ 13

19. จากผลการสำรวจมีนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์กี่คน

ก. 49 คน ข. 63 คน ค. 67 คน ง. 91 คน

20. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ เงื่อนไขที่สามารถตัดออกแล้วคำตอบยังเหมือนเดิมคือข้อใด

ก. จำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์เป็นเลขคี่

ข. จำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์ 7 หารลงตัว

ค. ผลรวมเลขโดดของจำนวนนักเรียนที่ชอบเรียนคณิตศาสตร์ เท่ากับ 13

ง. ถูกทั้ง ข้อ ก. ข้อ ข. และ ข้อ ค.

<u>ฉบับที่ 3</u> ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ใช้ตอบคำถามข้อ 21 - 25

โรงเรียนแห่งหนึ่งมีนักเรียน 240 คน ต้องการพานักเรียนไปทัศนศึกษาแหล่งเรียนรู้นอกสถานที่ ฝ่ายวางแผนการจัดกิจกรรมจึงทำการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับสถานที่ ที่นักเรียนอยากไปเพื่อวางแผนการจัดกิจกรรมดังกล่าว

21. ควรใช้วิธีการใดในการสำรวจข้อมูล

ก. การสัมภาษณ์ ข. การใช้แบบสอบถาม

ค. การสอบถามทางโทรศัพท์ ง. ถูกทั้ง ข้อ ข. และ ข้อ ค.

22. จากผลการสำรวจข้อมูลในข้อ 21. พบว่า “มีนักเรียนต้องการไปเที่ยวทะเล จำนวน 88 คน ประกอบด้วยนักเรียนชายคิดเป็น 2 ใน 3 ของนักเรียนชายทั้งหมด และนักเรียนหญิง 28 คน” จากข้อมูลดังกล่าว ประโยคสัญลักษณ์ที่ใช้หาจำนวนนักเรียนชายทั้งหมดคือข้อใด

ก. $\frac{2}{3}x + 28 = 88$ ข. $\frac{2}{3}x - 28 = 88$

ค. $\frac{3}{2}x + 28 = 88$ ง. $\frac{3}{2}x - 28 = 88$

23. จากผลการสำรวจในข้อ 21. พบว่า นักเรียนต้องการไปทะเล 88 คน ไปพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ 30 คน ไปภูเขามีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่งของไปทะเล ไปสวนสัตว์มีจำนวนเป็นสองเท่าของไปพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ และนักเรียนที่เหลือต้องการไปเมืองโบราณ ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

ก. นักเรียนต้องการไปภูเขา 44 คน ข. นักเรียนต้องการไปสวนสัตว์ 60 คน

ค. นักเรียนต้องการไปเมืองโบราณ 18 คน ง. ถูกทั้ง ข้อ ก. ข้อ ข. และ ข้อ ค.

24. จากผลการสำรวจในข้อ 21. ข้อใดเรียงลำดับสถานที่ที่นักเรียนต้องการไปจากมากไปหาน้อยได้ถูกต้อง

ก. ทะเล พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ ภูเขา สวนสัตว์ เมืองโบราณ

ข. ทะเล ภูเขา สวนสัตว์ พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ เมืองโบราณ

ค. ทะเล สวนสัตว์ ภูเขา พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ เมืองโบราณ

ง. ทะเล สวนสัตว์ พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ ภูเขา เมืองโบราณ

25. จากผลการสำรวจในข้อ 21. ควรเลือกนำเสนอข้อมูลด้วยรูปแบบใด

ก. แผนภูมิแท่ง ข. แผนภูมิรูปภาพ

ค. แผนภูมิวงกลม ง. กราฟเส้น

ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 26 - 29

เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2560 Thoth Zocial จัดงาน **Thailand Zocial Awards 2017** ได้สรุปข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ Social Media ของคนไทย ตลอดปี 2016 ถึง เดือนพฤษภาคม 2017 พบว่า คนไทยใช้ Facebook ถึง 47 ล้านคนแต่โตขึ้นเพียง 15% ขณะที่คนใช้ Instagram 11 ล้านคน โตขึ้นถึง 41% LINE มีผู้ใช้ 41 ล้านคน ส่วน Twitter นั้นน่าจับตามองสุดๆเพราะเติบโตมากที่สุดในทุก Social Media ในไทย โดยมีผู้ใช้ถึง 9 ล้านคน โตขึ้น 70% คาดว่าเป็นผลจากดาราต่างประเทศ โดยเฉพาะเกาหลี ญี่ปุ่นและ Superstar ที่ใช้ Twitter มากขึ้น

ที่มา : Facebook Thoth Zocial

26. การนำเสนอข้อมูลด้วยรูปแบบใดเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่กำหนดให้

ก. ตาราง ข. แผนภูมิแท่ง

ค. แผนภูมิรูปวงกลม ง. กราฟเส้น

27. จากข้อความ “คนไทยใช้ Facebook ถึง 47 ล้านคนแต่โตขึ้นเพียง 15%” ข้อใดคือความหมายของการโตขึ้นเพียง 15%

ก. คนใช้ Facebook เพิ่มขึ้น 15 คน ถ้าปีที่ผ่านมาที่มีคนใช้ 47 คน

ข. คนใช้ Facebook เพิ่มขึ้น 15 คน ถ้าปีที่ผ่านมาที่มีคนใช้ 100 คน

ค. คนใช้ Facebook เพิ่มขึ้น 15 คน ถ้าปีที่ผ่านมาที่มีคนใช้ 53 คน

ง. คนใช้ Facebook เพิ่มขึ้น 15 คน ถ้าปีที่ผ่านมาที่มีคนใช้ 147 คน

28. ข้อใดเรียงลำดับการเติบโตของการใช้ Social Media จากมากไปหาน้อยได้ถูกต้อง

ก. Twitter LINE Instagram Facebook ข. Twitter Instagram LINE Facebook

ค. Facebook LINE Instagram Twitter ง. ไม่สามารถเรียงลำดับได้

29. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ Social Media ของคนไทย ตลอดปี 2016 ถึง เดือนพฤษภาคม 2017

ก. การเติบโตของ Twitter เป็นผลมาจากการใช้ของดาราต่างประเทศ โดยเฉพาะเกาหลี ญี่ปุ่นและ Superstar

ข. การนำเสนอข้อมูลมีการนำค่าเฉลี่ยและร้อยละมาใช้

ค. ผู้บริโภคส่วนใหญ่ใช้ Facebook น้อยลง

ง. มีข้อถูกมากกว่า 1 ข้อ

30. จากประชากรทั้งหมด 68 ล้านคน คนไทยใช้ Social Media จำนวน 38 ล้านคน คิดเป็น 56% ของประชากร จากข้อมูลดังกล่าวนักเรียนกลุ่มหนึ่งได้ศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคในการใช้ Internet และ Social Media ปรากฏผล ดังนี้

40% ใช้ Messengers
33% ดูวิดีโอผ่านสื่อมือถือ
33% เล่นเกมบนมือถือ
30% ใช้บริการ Mobile Banking
32% ใช้แผนที่บนมือถือ

ที่มา http://wearesocial.com

จากข้อมูลข้างต้น นักเรียนควรเลือกการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบใด

ก. ตาราง
ข. แผนภูมิแท่ง
ค. แผนภูมิรูปวงกลม
ง. กราฟ

****

<u>ฉบับที่ 4</u> ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

31. แม่ให้เงินบุตร 3 คน ไปโรงเรียน คนละเท่าๆ กัน โดยให้เงินเป็นรายสัปดาห์ รวมเงินทั้งหมดที่แม่ต้องจ่ายสัปดาห์ละ 750 บาท (ไม่นับรวมวันเสาร์ - อาทิตย์) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในข้อใด ใช้หาจำนวนเงินที่บุตรแต่ละคนจะได้รับในแต่ละวัน

ก. $3x = \frac{750}{5}$
ข. $\frac{3x}{5} = 750$
ค. $(3x)(5) = 750$
ง. มีคำตอบถูกมากกว่า 1 ข้อ

ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 32 - 33

สายใจต้องการลาพักผ่อนเพื่อท่องเที่ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดขอนแก่น โดยวางแผนค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยว ดังนี้ ค่าที่พัก 5,000 บาท ค่าอาหาร 5,100 บาท และใช้ตารางค่าใช้จ่ายของนักท่องเที่ยวเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ดังนี้

จังหวัด / ค่าใช้จ่าย(บาท)	เพชรบูรณ์	ขอนแก่น
ค่าที่พัก/วัน	1,000	500
ค่าอาหาร/วัน	500	900

32. ถ้าสายใจต้องการทราบจำนวนวันที่ใช้ในการท่องเที่ยวจะสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหานี้ ได้ดังข้อใด

ก. $1,000x + 500y = 5,000$ และ $500x + 1,000y = 5,100$

ข. $1,000x + 900y = 5,000$ และ $500x + 500y = 5,100$

ค. $1,000x + 500y = 5,000$ และ $500x + 900y = 5,100$

ง. $1,000x + 900y = 5,000$ และ $1,000x + 500y = 5,100$

33. จากงบประมาณที่กำหนด สายใจจะเที่ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์ และขอนแก่นอย่างละกี่วัน

ก. เที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ 4 วัน และจังหวัดขอนแก่น 4 วัน

ข. เที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ 4 วัน และจังหวัดขอนแก่น 3 วัน

ค. เที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ 3 วัน และจังหวัดขอนแก่น 4 วัน

ง. เที่ยวจังหวัดเพชรบูรณ์ 3 วัน และจังหวัดขอนแก่น 3 วัน

34. ถ้า $\frac{P - 3}{8} = \frac{5}{4}$ แล้ว $P + 3$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. 8 ข. 10 ค. 13 ง. 16

35. สมการในข้อใดต่อไปนี้มีคำตอบเหมือนกัน

1) $14.5 + 2x = -3.5x - 35$

2) $4x - 6x - 1.5 = 3x - 50$

3) $0.5x + 0.83 = 0.06x - 4.03 - 0.1x$

ก. ข้อ 1) และ 2) ข. ข้อ 1) และ 3)

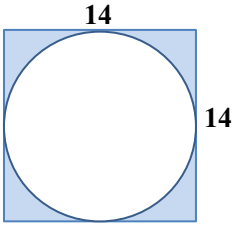
ค. ข้อ 2) และ 3) ง. ถูกทั้งข้อ ก. ข้อ ข. และ ข้อ ค.

36. ที่ดินรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 4 แปลง มีอาณาเขตติดกัน ดังรูป ถ้าที่ดินที่มีพื้นที่ 25 ตารางวา มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ดินแปลง x จะมีพื้นที่กี่ตารางวา

10	x
25	20

ก. 8 ตารางวา ข. 12 ตารางวา

ค. 15 ตารางวา ง. 24 ตารางวา

37. 

จากรูปพื้นที่ส่วนที่แรเงาเท่ากับเท่าไร

ก. 42 ตารางหน่วย

ข. 96 ตารางหน่วย

ค. 112 ตารางหน่วย

ง. 196 ตารางหน่วย

38. ท่อนไม้ปริมาตร 4 ลูกบาศก์เมตร มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.25 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะมีมวลกี่กรัม (สูตรความหนาแน่น $D = \frac{M}{V}$ เมื่อ D แทนความหนาแน่น มีหน่วยเป็นกิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร M แทนมวลสารมีหน่วยเป็นกิโลกรัม และ V แทนปริมาตรมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร)

ก. 16 กรัม ข. 100 กรัม ค. 1,000 กรัม ง. 1,600 กรัม

39. บุษบาเป็นคนรักสุขภาพแต่ก็ชอบทานขนมหวาน เนื่องจากขนมหวานจากท้องตลาดมีรสหวานเกินไป บุษบาจึงทำขนมด้วยตนเอง เธอแบ่งขนมให้แก่เพื่อนบ้าน $\frac{2}{5}$ ของจำนวนชิ้นของขนมที่ทำ ถ้าเพื่อนบ้านได้รับขนมไป 40 ชิ้น บุษบาทำขนมทั้งหมดกี่ชิ้น

ก. 40 ชิ้น ข. 50 ชิ้น ค. 80 ชิ้น ง. 100 ชิ้น

40. ตะวันมีตะกร้า 2 ใบ ใบที่หนึ่งมีส้ม a ผล ใบที่สองมีส้ม b ผล ต้องการแบ่งส้มในตะกร้าทั้งสองใบ ให้เด็ก 10 คน คนละเท่าๆกัน ถ้าเด็กได้ส้มคนละ 3 ผล ข้อใดคือจำนวนส้ม a ผล และ b ผล

ก. a มี 20 ผล และ b มี 10 ผล ข. a มี 17 ผล และ b มี 13 ผล

ค. a มี 5 ผล และ b มี 25 ผล ง. ถูกทั้งข้อ ก. ข้อ ข. และ ข้อ ค.

****

<u>ฉบับที่ 5</u> ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

41. แม่มีเงินทั้งหมด 200,000 บาท แบ่งให้บุตร 3 คน คนโตได้รับส่วนแบ่ง 80,000 บาท จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงสร้างคำถามทางคณิตศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสถานการณ์ จำนวน 5 คำถาม

ตัวอย่าง ถ้าคนกลางได้รับเงินส่วนแบ่งเป็น $\frac{3}{2}$ เท่าของบุตรคนเล็ก อยากทราบว่าบุตรคนเล็กจะได้รับเงินส่วนแบ่งเท่าไหร่

คำตอบ 1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

42. กำหนด $a * b = (a \times b) - b$ เช่น $1 * 2 = (1 \times 2) - 2 = 0$ ให้นักเรียนใช้ $*$ และตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ จำนวน 5 ประโยค (สามารถใช้ $*$ ได้มากกว่า 1 ครั้ง)

ตัวอย่าง $1 * 3 = (1 \times 3) - 3 = 0$

$1 * 2 * 3 = \left[(1 \times 2) - 2\right] * 3 = (0 \times 3) - 3 = -3$

คำตอบ 1. ……...

2.……

3. ……

4.……

5. ……

43. กำหนด $a \otimes b = (a + b)^2$ เช่น $1 \otimes 2 = (1 + 2)^2 = 9$ ให้นักเรียนใช้ $\otimes$ และตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ จำนวน 5 ประโยค (สามารถใช้ $\otimes$ ได้มากกว่า 1 ครั้ง)

ตัวอย่าง $1 \otimes 3 = (1 + 3)^2 = 16$

$1 \otimes 2 \otimes 3 = \left[(1 + 2)^2\right] \otimes 3 = (9 + 3)^2 = 144$

คำตอบ 1. ……

2.……..

3. ……

4.……

5. ……

44. ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ลดราคาสินค้า ดังนี้ แชมพู ลดราคาเหลือขวดละ 20 บาท ครีมอาบน้ำ ลดราคาเหลือขวดละ 40 บาท ครีมทาผิว ลดราคาเหลือขวดละ 50 บาท ถ้าสุดาต้องการซื้อของใช้ทั้ง 3 ชนิด ในวงเงิน 500 บาท สุดาจะซื้อของใช้ทั้ง 3 ชนิด ได้อย่างละกี่ขวด

ตัวอย่าง ซื้อแชมพู 10 ขวด ครีมอาบน้ำ 5 ขวด ครีมทาผิว 2 ขวด

คำตอบ 1. ……...……

2.……

3. ……...……

4.……...……

5. ……...

กระดาษคำตอบ แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4

ฉบับที่ 1					ฉบับที่ 2					ฉบับที่ 3					ฉบับที่ 4				
ข้อ	ตัวเลือก				ข้อ	ตัวเลือก				ข้อ	ตัวเลือก				ข้อ	ตัวเลือก			
	ก	ข	ค	ง		ก	ข	ค	ง		ก	ข	ค	ง		ก	ข	ค	ง
1					11					21					31				
2					12					22					32				
3					13					23					33				
4					14					24					34				
5					15					25					35				
6					16					26					36				
7					17					27					37				
8					18					28					38				
9					19					29					39				
10					20					30					40				

ฉบับที่ 5

41. แม่มีเงินทั้งหมด 200,000 บาท แบ่งให้บุตร 3 คน คนโตได้รับส่วนแบ่ง 80,000 บาท จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงสร้างคำถามทางคณิตศาสตร์ให้สัมพันธ์กับสถานการณ์ จำนวน 5 คำถาม

ตัวอย่าง ถ้าคนกลางได้รับเงินส่วนแบ่งเป็น $\frac{3}{2}$ เท่าของบุตรคนเล็ก อยากทราบว่าบุตรคนเล็กจะได้รับเงินส่วนแบ่งเท่าไหร่

คำตอบ 1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

42. กำหนด $a * b = (a \times b) - b$ เช่น $1 * 2 = (1 \times 2) - 2 = 0$ ให้นักเรียนใช้ $*$ และตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ จำนวน 5 ประโยค (สามารถใช้ $*$ ได้มากกว่า 1 ครั้ง)

ตัวอย่าง $1 * 3 = (1 \times 3) - 3 = 0$

$1 * 2 * 3 = \left[(1 \times 2) - 2\right] * 3 = (0 \times 3) - 3 = -3$

คำตอบ 1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

43. กำหนด $a \otimes b = (a + b)^2$ เช่น $1 \otimes 2 = (1 + 2)^2 = 9$ ให้นักเรียนใช้ $\otimes$ และตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ จำนวน 5 ประโยค (สามารถใช้ $\otimes$ ได้มากกว่า 1 ครั้ง)

ตัวอย่าง $1 \otimes 3 = (1 + 3)^2 = 16$

$1 \otimes 2 \otimes 3 = \left[(1 + 2)^2\right] \otimes 3 = (9 + 3)^2 = 144$

คำตอบ 1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

44. ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ลดราคาสินค้า ดังนี้ แชมพู ลดราคาเหลือขวดละ 20 บาท ครีมอาบน้ำ ลดราคาเหลือขวดละ 40 บาท ครีมทาผิว ลดราคาเหลือขวดละ 50 บาท ถ้าสุดาต้องการซื้อของใช้ทั้ง 3 ชนิด ในวงเงิน 500 บาท สุดาจะซื้อของใช้ทั้ง 3 ชนิด ได้อย่างละกี่ขวด

ตัวอย่าง ซื้อแชมพู 10 ขวด ครีมอาบน้ำ 5 ขวด ครีมทาผิว 2 ขวด

คำตอบ 1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

5. .....

ภาคผนวก ค

คุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตารางภาคผนวกที่ 1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์								
1	1	1	0	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
5	0	0	1	1	1	3	.60	ผ่านเกณฑ์
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
9	0	1	1	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์								
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
2	0	1	1	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
3	0	1	1	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
5	1	0	1	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
7	0	1	1	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
9	0	0	1	1	1	3	.60	ผ่านเกณฑ์
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ								
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
6	1	0	1	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
8	1	1	0	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
10	1	0	1	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ								
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
	1	2	3	4	5			
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
9	1	1	0	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
10	1	0	1	1	1	4	.80	ผ่านเกณฑ์
ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์								
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ผ่านเกณฑ์

สรุปผล ข้อสอบที่ใช้ได้ จำนวน 44 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง .60-1.00

ตารางภาคผนวกที่ 2 ความยากและอำนาจจำแนก ของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	สรุปผล
ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์			
1	.72	.56	ผ่านเกณฑ์
2	.54	.85	ผ่านเกณฑ์
3	.50	.89	ผ่านเกณฑ์
4	.54	.93	ผ่านเกณฑ์
5	.47	.76	ผ่านเกณฑ์
6	.49	.91	ผ่านเกณฑ์
7	.48	.85	ผ่านเกณฑ์
8	.50	.74	ผ่านเกณฑ์
9	.47	.91	ผ่านเกณฑ์
10	.45	.83	ผ่านเกณฑ์
ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์			
1	.63	.74	ผ่านเกณฑ์
2	.56	.72	ผ่านเกณฑ์
3	.56	.69	ผ่านเกณฑ์
4	.56	.81	ผ่านเกณฑ์
5	.62	.65	ผ่านเกณฑ์
6	.65	.63	ผ่านเกณฑ์
7	.53	.76	ผ่านเกณฑ์
8	.62	.69	ผ่านเกณฑ์

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	สรุปผล
9	.80	.33	ผ่านเกณฑ์
10	.56	.63	ผ่านเกณฑ์
ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ			
1	.80	.41	ผ่านเกณฑ์
2	.65	.56	ผ่านเกณฑ์
3	.69	.57	ผ่านเกณฑ์
4	.62	.54	ผ่านเกณฑ์
5	.73	.35	ผ่านเกณฑ์
6	.53	.65	ผ่านเกณฑ์
7	.59	.56	ผ่านเกณฑ์
8	.55	.57	ผ่านเกณฑ์
9	.62	.54	ผ่านเกณฑ์
10	.63	.59	ผ่านเกณฑ์
ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ กับศาสตร์อื่นๆ			
1	.60	.76	ผ่านเกณฑ์
2	.67	.56	ผ่านเกณฑ์
3	.62	.65	ผ่านเกณฑ์
4	.57	.59	ผ่านเกณฑ์
6	.54	.70	ผ่านเกณฑ์
7	.60	.69	ผ่านเกณฑ์
8	.51	.83	ผ่านเกณฑ์

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ข้อที่	ความยาก	อำนาจจำแนก	สรุปผล
9	.63	.48	ผ่านเกณฑ์
10	.61	.70	ผ่านเกณฑ์
ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์			
1	.43	.61	ผ่านเกณฑ์
2	.53	.75	ผ่านเกณฑ์
3	.56	.65	ผ่านเกณฑ์
4	.59	.55	ผ่านเกณฑ์

สรุปผล ฉบับที่ 1 มีค่าความยาก ตั้งแต่ .45 – .72 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .56 – .93
ฉบับที่ 2 มีค่าความยาก ตั้งแต่ .53 – .80 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .33 – .81
ฉบับที่ 3 มีค่าความยาก ตั้งแต่ .53 – .80 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .35 – .65
ฉบับที่ 4 มีค่าความยาก ตั้งแต่ .51 – .67 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .48 – .83
ฉบับที่ 5 มีค่าความยาก ตั้งแต่ .43 – .59 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .55 – .75

ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง (Second order confirmatory factor analysis) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

Model Fit Summary

CMIN

Model	NPAR	CMIN	DF	P	CMIN/DF
Default model	353	689.141	637	.075	1.082
Saturated model	990	.000	0		
Independence model	44	3499.182	946	.000	3.699

RMR, GFI

Model	RMR	GFI	AGFI	PGFI
Default model	.189	.901	.846	.580
Saturated model	.000	1.000		
Independence model	.056	.391	.363	.374

Baseline Comparisons

Model	NFI Delta1	RFI rho1	IFI Delta2	TLI rho2	CFI
Default model	.803	.708	.982	.970	.980
Saturated model	1.000		1.000		1.000
Independence model	.000	.000	.000	.000	.000

RMSEA

Model	RMSEA	LO 90	HI 90	PCLOSE
Default model	.020	.000	.031	1.000
Independence model	.116	.112	.121	.000

Minimization: .831 Miscellaneous: 9.785

Bootstrap: .000 Total: 10.616

Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
PROBLEM	<---	MATHSKILL	1.000				
REASON	<---	MATHSKILL	.124	.015	8.100	***	
COMMU	<---	MATHSKILL	.124	.015	8.100	***	
CONNECT	<---	MATHSKILL	.124	.015	8.100	***	
CREATIVE	<---	MATHSKILL	1.000				
t9	<---	PROBLEM	.470	.031	15.248	***	
t8	<---	PROBLEM	.394	.030	13.074	***	
t7	<---	PROBLEM	.623	.029	21.245	***	
t6	<---	PROBLEM	.515	.029	17.486	***	
t5	<---	PROBLEM	.628	.028	22.591	***	
t4	<---	PROBLEM	.459	.028	16.128	***	
t3	<---	PROBLEM	.779	.028	27.751	***	
t2	<---	PROBLEM	.498	.028	17.532	***	
t9	<---	REASON	2.672	.412	6.489	***	
t8	<---	REASON	3.114	.445	7.000	***	
t7	<---	REASON	4.149	.543	7.638	***	
t6	<---	REASON	3.338	.450	7.423	***	
t5	<---	REASON	2.599	.414	6.276	***	
t4	<---	REASON	2.889	.412	7.013	***	
t3	<---	REASON	2.133	.375	5.684	***	
t2	<---	REASON	1.851	.360	5.141	***	
t1	<---	REASON	3.949	.528	7.487	***	
t9	<---	COMMU	.589	.118	4.992	***	
t8	<---	COMMU	.565	.112	5.035	***	
t7	<---	COMMU	.819	.110	7.416	***	
t6	<---	COMMU	.488	.117	4.172	***	
t5	<---	COMMU	.149	.108	1.373	.170	

		Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
t4	<--- COMMU	.490	.118	4.152	***	
t3	<--- COMMU	.902	.120	7.505	***	
t2	<--- COMMU	.677	.108	6.246	***	
t1	<--- COMMU	.455	.101	4.509	***	
t4	<--- CREATIVE	1.000				
t3	<--- CREATIVE	1.106	.034	32.172	***	
t2	<--- CREATIVE	1.202	.039	30.656	***	
t1	<--- CREATIVE	.742	.034	21.884	***	
t9	<--- CONNECT	.677	.100	6.749	***	
t8	<--- CONNECT	1.415	.133	10.661	***	
t7	<--- CONNECT	1.074	.134	8.006	***	
t6	<--- CONNECT	.695	.111	6.286	***	
t5	<--- CONNECT	.934	.113	8.262	***	
t4	<--- CONNECT	.550	.108	5.109	***	
t3	<--- CONNECT	.856	.102	8.387	***	
t2	<--- CONNECT	.693	.105	6.626	***	
t1	<--- CONNECT	.928	.114	8.125	***	
t1	<--- PROBLEM	.664	.025	26.173	***	
t10	<--- PROBLEM	1.000				
t10	<--- COMMU	1.000				
t10	<--- CONNECT	1.000				
t10	<--- REASON	1.000				

Standardized Regression Weights: (Group number 1 - Default model)

			Estimate				Estimate
PROBLEM	<---	MATHSKILL	.929	t6	<---	COMMU	.340
REASON	<---	MATHSKILL	1.004	t5	<---	COMMU	.111
COMMU	<---	MATHSKILL	.366	t4	<---	COMMU	.363
CONNECT	<---	MATHSKILL	.384	t3	<---	COMMU	.680
CREATIVE	<---	MATHSKILL	.969	t2	<---	COMMU	.507
t9	<---	PROBLEM	.760	t1	<---	COMMU	.365
t8	<---	PROBLEM	.669	t4	<---	CREATIVE	.925
t7	<---	PROBLEM	.885	t3	<---	CREATIVE	.966
t6	<---	PROBLEM	.811	t2	<---	CREATIVE	.974
t5	<---	PROBLEM	.855	t1	<---	CREATIVE	.844
t4	<---	PROBLEM	.785	t9	<---	CONNECT	.466
t3	<---	PROBLEM	.949	t8	<---	CONNECT	.888
t2	<---	PROBLEM	.799	t7	<---	CONNECT	.681
t9	<---	REASON	.604	t6	<---	CONNECT	.450
t8	<---	REASON	.658	t5	<---	CONNECT	.593
t7	<---	REASON	.798	t4	<---	CONNECT	.360
t6	<---	REASON	.690	t3	<---	CONNECT	.567
t5	<---	REASON	.579	t2	<---	CONNECT	.481
t4	<---	REASON	.621	t1	<---	CONNECT	.618
t3	<---	REASON	.495	t1	<---	PROBLEM	.874
t2	<---	REASON	.439	t10	<---	PROBLEM	.897
t1	<---	REASON	.781	t10	<---	COMMU	.688
t9	<---	COMMU	.398	t10	<---	CONNECT	.649
t8	<---	COMMU	.413	t10	<---	REASON	.265
t7	<---	COMMU	.568				

Variances: (Group number 1 - Default model)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
MATHSKILL	1.000				
R1	.159	.027	5.928	***	
R2	.000	.000	-.326	.745	
R3	.100	.020	4.927	***	
R4	.089	.017	5.361	***	
R5	.065	.018	3.566	***	
e1	.283	.032	8.892	***	
e2	.187	.019	9.611	***	
e3	.223	.022	9.980	***	
e4	.124	.014	8.851	***	
e5	.160	.017	9.534	***	
e6	.168	.018	9.472	***	
e7	.151	.016	9.447	***	
e8	.078	.011	6.829	***	
e9	.163	.017	9.485	***	
e10	.159	.018	8.796	***	
e11	.204	.020	10.156	***	
e12	.191	.019	9.871	***	
e13	.195	.020	9.950	***	
e14	.150	.016	9.173	***	
e15	.188	.019	9.707	***	
e16	.206	.021	9.886	***	
e17	.204	.021	9.780	***	
e18	.216	.022	9.963	***	
e19	.221	.022	9.938	***	

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
e20	.153	.016	9.289	***	

e21	.129	.018	7.122	***
e22	.213	.022	9.571	***
e23	.180	.019	9.476	***
e24	.164	.020	8.273	***
e25	.212	.022	9.635	***
e26	.205	.020	10.063	***
e27	.183	.019	9.426	***
e28	.109	.015	7.337	***
e29	.153	.017	9.234	***
e30	.156	.016	9.562	***
e31	.179	.023	7.755	***
e32	.092	.014	6.677	***
e33	.083	.016	5.226	***
e34	.238	.025	9.472	***
e35	.144	.015	9.349	***
e36	.173	.017	9.923	***
e37	.056	.013	4.419	***
e38	.140	.019	7.244	***
e39	.199	.020	9.918	***
e40	.169	.017	9.717	***
e41	.213	.022	9.907	***
e42	.163	.017	9.349	***
e43	.168	.017	9.898	***
e44	.146	.016	9.171	***

	Estimate		**Estimate**		**Estimate**
CONNECT	.148	t3	.934	t5	.335
CREATIVE	.939	t4	.856	t6	.477

COMMU	.134	t1 CONNECT	.133	t7	.638
REASON	1.007	t2	.257	t8	.433
PROBLEM	.863	t3	.463	t9	.364
t1 COMMU	.382	t4	.132	t10	.070
t2	.231	t5	.012	t1 PROBLEM	.763
t3	.321	t6	.115	t2	.638
t4	.129	t7	.322	t3	.900
t5	.352	t8	.170	t4	.617
t6	.203	t9	.158	t5	.731
t7	.464	t10	.473	t6	.658
t8	.789	t1 REASON	.610	t7	.784
t9	.217	t2	.193	t8	.447
t10	.422	t3	.245	t9	.578
t1 CREATIVE	.712	t4	.386	t10	.804
t2	.949				

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 40

1. ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ประกอบด้วยแบบวัด 5 ทักษะ ได้แก่ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยฉบับที่ 1 - ฉบับที่ 4 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และฉบับที่ 5 เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ รวมถึงคู่มือการใช้ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการนำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ประกอบด้วย 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3) ความสามารถในการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และ 5) ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์ที่มีอยู่ และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนจนนำไปสู่คำตอบของปัญหา

ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์และใช้เหตุผล ในการค้นหาความสัมพันธ์ของแนวคิด โดยใช้ข้อเท็จจริง ข้อความ แนวคิด สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เพื่อสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและตรวจสอบข้อสรุปของแนวคิดนั้น

ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ในการถ่ายทอดให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ

ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลกับความรู้อื่น หรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนสมบูรณ์ขึ้น

ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และวิจารณญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่หลากหลาย มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเอง เป็นการสร้างแบบจำลองหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ หลากหลาย และได้ผลผลิตในรูปแบบใหม่

2. จุดมุ่งหมายของการพัฒนาชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การทดสอบเป็นวิธีวัดผลที่สำคัญและนิยมใช้มากที่สุดในการวัดเพื่อประเมินผลทางการศึกษาแบบทดสอบที่ดีจะช่วยให้ครูทราบถึงความสามารถของนักเรียนในด้านที่ต้องการวัด ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เพื่อนำผลการประเมินมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้ดียิ่งขึ้น

3. โครงสร้างของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยแบบวัดจำนวน 5 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ข้อ 1 - ข้อ 10 จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 30 นาที

ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ข้อ 11 - ข้อ 20 จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 30 นาที

ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ข้อ 21 - ข้อ 30 จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 30 นาที

ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ข้อ 31 - ข้อ 40 จำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 30 นาที

ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นแบบวัดแบบเขียนตอบ ข้อ 41 - ข้อ 44 จำนวน 4 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบวัด 30 นาที

4. คุณภาพของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

4.1 ความตรงของชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

4.1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความตรงเชิงเนื้อหาโดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้

แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	IOC
ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	.60 - 1.00
ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	.60 - 1.00
ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	.80 - 1.00
ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ	.80 - 1.00
ฉบับที่ 5 การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	1.00
รวมทั้งฉบับ	**.60 - 1.00**

4.1.2 ความตรงเชิงโครงสร้าง ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยทักษะ 5 ทักษะ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ โดยพิจารณาจากค่าสถิติชี้วัดความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ทุกค่า ดังนี้

สถิติชี้วัดความสอดคล้อง	เกณฑ์การยอมรับ	ผลการวิเคราะห์	การแปลผล
ไค-สแควร์ (χ^2)	p> .05	689.141 (p = .075)	ผ่านเกณฑ์
ไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2 / df)	< 2.00	1.082	ผ่านเกณฑ์
รากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA)	.05-0.08	.020	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI)	.90	.901	ผ่านเกณฑ์
ดัชนี Incremental Fit Index (IFI)	.90	.982	ผ่านเกณฑ์
ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนสัมพัทธ์ (CFI)	.90	.980	ผ่านเกณฑ์

4.2 ความยากและอำนาจจำแนก ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความยากและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม ดังนี้

แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ความยาก	อำนาจจำแนก
ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	.45 - .72	.56 - .93
ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	.53 - .80	.33 - .81
ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ	.53 - .80	.35 - .65
ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ	.51 - .67	.48 - .83
ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์	.43 - .59	.55 - .75
รวมทั้งฉบับ	**.43 - .80**	**.33 - .93**

4.3 ความเที่ยง ชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความเที่ยง โดยมีค่าความเที่ยง ดังนี้

แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ความเที่ยง
ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	.84
ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	.72
ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	.74
ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ	.82
ฉบับที่ 5 ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์	.90

5. วิธีการดำเนินการทดสอบ

การดำเนินการทดสอบ แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ การเตรียมตัวก่อนทดสอบ การดำเนินการขณะทดสอบ และการดำเนินการเมื่อหมดเวลาทดสอบ ดังนี้

5.1 การเตรียมตัวก่อนทดสอบ

5.1.1 จัดห้องสอบให้มีสภาพที่เหมาะสมสำหรับทำการทดสอบ

5.1.2 เตรียมชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และกระดาษคำตอบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่จะทำการทดสอบ

5.1.3 ผู้ดำเนินการทดสอบควรศึกษาคำชี้แจงในการทำชุดแบบวัดให้เข้าใจ เพื่อให้การดำเนินการทดสอบเป็นไปอย่างถูกต้อง

5.2 การดำเนินการขณะทดสอบ

5.2.1 แจกชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และกระดาษคำตอบให้ผู้สอบ

5.2.2 อธิบายวัตถุประสงค์ และประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งวิธีการทำและวิธีการตอบ ให้กับนักเรียนก่อนลงมือทำ

5.2.3 ในขณะที่นักเรียนทำการทดสอบ ผู้ดำเนินการทดสอบต้องจับเวลา และแจ้งเตือน เมื่อเวลาผ่านไปครึ่งหนึ่งของเวลาทั้งหมด และแจ้งเตือนอีกครั้งก่อนหมดเวลา 5 นาที

5.2.4 ผู้ดำเนินการทดสอบตรวจตราความเรียบร้อยของการทดสอบ

5.3 การดำเนินการเมื่อหมดเวลาทดสอบ

5.3.1 ให้ผู้ทดสอบหยุด เก็บแบบวัดพร้อมกระดาษคำตอบ

5.3.2 ผู้ดำเนินการทดสอบควรกล่าวคำขอบคุณและชมเชยสำหรับความตั้งใจในการทำการทดสอบในครั้งนี้ ก่อนผู้เรียนจะออกจากห้องสอบ

6. วิธีการตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนชุดแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

6.1 แบบวัดฉบับที่ 1 – ฉบับที่ 4 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 10 ข้อ กำหนดคะแนนตอบถูกได้ข้อละ 1 คะแนน ตอบผิดได้ข้อละ 0 คะแนน คะแนนรวม 40 คะแนน โดยมีเฉลยตรวจคำตอบ ดังนี้

เฉลยคำตอบของแบบวัดฉบับที่ 1 – ฉบับที่ 4

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
ฉบับที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์									
1	ง	3	ก	5	ค	7	ข	9	ง
2	ข	4	ก	6	ก	8	ง	10	ข
ฉบับที่ 2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์									
11	ค	13	ข	15	ค	17	ก	19	ก
12	ข	14	ง	16	ง	18	ข	20	ก
ฉบับที่ 3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ									
21	ข	23	ง	25	ก	27	ข	29	ก
22	ก	24	ค	26	ก	28	ง	30	ค
ฉบับที่ 4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ									
31	ง	33	ค	35	ข	37	ก	39	ง
32	ค	34	ง	36	ก	38	ค	40	ง

6.2 แบบวัดฉบับที่ 5 แบบวัดแบบเขียนตอบ จำนวน 4 ข้อ ข้อละ 2.5 คะแนน รวมคะแนน 10 คะแนน และมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
2.5	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 5 แบบ
2.0	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 4 แบบ
1.5	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 3 แบบ
1.0	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 2 แบบ
0.5	ผู้ตอบแสดงแนวคิดได้ถูกต้องครบ 1 แบบ
0	ผู้ตอบไม่แสดงแนวคิดหรือแสดงแนวคิดไม่ถูกต้อง

7. เกณฑ์การแปลความหมายคะแนนของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนนของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียด ดังนี้

7.1 การแปลความหมายคะแนนของแต่ละทักษะ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ระดับคะแนน	ความหมาย
0 - 4	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ
5	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด
6	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ปานกลาง
7	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดี
8 - 10	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดีมาก

7.2 การแปลความหมายคะแนนของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้

ระดับคะแนน	ความหมาย
0 - 24	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ
25 - 29	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด
30 - 34	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ปานกลาง
35 - 39	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดี
40 - 50	มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ดีมาก

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางประนอม บัวแก้ว
วัน เดือน ปีเกิด	8 มกราคม 2520
สถานที่เกิด	อำเภอปัว จังหวัดน่าน
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี (ศษ.บ.) วิชาเอกคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
ตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ