

การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2

ปริญญานิพนธ์
ของ
จารุวรรณ ทวันเวช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา
พฤษภาคม 2551

การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2

ปริญญานิพนธ์
ของ
จารุวรรณ ทวันเวช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา

พฤษภาคม 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2

บทคัดย่อ

ของ

จรรุวรรณ ทวันเวช

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา

พฤษภาคม 2551

จารุวรรณ ทวันเวช. (2551). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์, รองศาสตราจารย์ประพนธ์ จ่ายเจริญ.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมและในแต่ละด้านของนักเรียน จำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยมี 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 180 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม ที่ได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น จำนวน 146 คน แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย และใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two-way multivariate analysis of variance)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างเท่ากับ 0.991 และ 0.995 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.70 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.52 ถึง 0.79 คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน เท่ากับ 0.994 และคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับคำนวณโดยใช้สูตรของเฟลด์ต์ - ราซุ เท่ากับ 0.984
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น อยู่ในระดับปานกลาง
3. นักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนชาย แต่ทั้งนักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นไม่แตกต่างกัน
4. นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูง มีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นสูงกว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำ ตามลำดับ
5. ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

A DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL CONNECTION ABILITY TEST
FOR MATHAYOMSUKSA II STUDENTS UNDER THE JURISDICTION
OF THE BURIRUM EDUCATIONAL SERVICE AREA II

AN ABSTRACT
BY
JARUWAN TAWANWECH

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Education Degree in Educational Measurement
at Srinakharinwirot University

May 2008

Jaruwan Tawanwech. (2008). *A Development of Mathematical Connection Ability Test for Mathayomsuksa II Students under the jurisdiction of the Burirum Educational Service Area II*. Master thesis, M.Ed. (Educational Measurement). Bangkok: Graduate school, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc.Prof. Chusri Wongrattana, Assoc.Prof.Prapon Chaicharoen

This research was aimed to construct mathematical connection ability test for Mathayomsuksa II students and to compare mathematical connection ability of Mathayomsuksa II students according to gender and mathematics achievement level. There are two samples for this research, the first sample consisted of 180 Mathayomsuksa II students for developing test. The second sample consisted of 146 Mathayomsuksa II students in Prakhonchaipittayacom School for testing hypothesis, was selected by stratified random sampling. The instruments for mathematical connection ability test were essay type, scoring by analytical rubric. The researcher analyzed the data with percentage, mean, standard deviation and Two-way Multivariate Analysis of Variance.

The results of research were as follow:

1. The mathematical connection ability test in content of the subject and the mathematical connection with other subject test had construct validity 0.991 and 0.995, the difficulty index range from 0.45 to 0.70 discrimination index range from 0.52 to 0.79, the raters reliability was 0.994. The test reliability when calculated by Felt – Raju formula was 0.984.
2. The Mathayomsuksa II students had the mathematical connection ability in content of the subject and the mathematical connection ability with other subject in medium level.
3. The female students had mathematical connection ability in content of the subject higher than male students; but both of students had not different of mathematical connection ability with other subject
4. The student from the high level of mathematics achievement had mathematical connection ability in content of the subject and mathematical connection ability with other subject higher than students from the medium and low mathematics achievement level respectively.
5. There was no interaction effect between gender and level of Mathematics achievement on mathematical connection ability.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2

ของ
จรรุวรรณ ทวันเวช

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)
วันที่.....เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ชุติร์ วงศ์รัตน์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. งามนัย นัยพัฒน์)

..... กรรมการ

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ประพนธ์ จำเริญญ)

(รองศาสตราจารย์ ชุติร์ วงศ์รัตน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ประพนธ์ จำเริญญ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วัณญา วิศาลาภรณ์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยความเมตตา กรุณา อย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์ะ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ประพนธ์ จำเริญญ เป็นกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็น ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วินิจ วงศ์รัตน์ะ อาจารย์สุวรรณ คล้ายกระแสน และ อาจารย์อุดม ภูสะอาด ผู้ทรงคุณวุฒิสาขาคณิตศาสตร์ รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ และ อาจารย์สุนีย์ เงินยวง ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและแนะแนวทางแก้ไขข้อบกพร่อง ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีความสมบูรณ์และมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารสถานศึกษา คณาจารย์ และนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทุกคนที่ให้ความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัยและให้ความร่วมมืออย่างดี ในโรงเรียนที่ใช้ทดลองเพื่อพัฒนาเครื่องมือ และ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์จำเริญ สุขกุล อาจารย์โสภณฐประภาพงษ์ศิริ และอาจารย์นภัสรพี เสนาะกลาง ที่เสียสละเวลา และแรงกาย ในการเป็นผู้ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบเพื่อหาความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งสำหรับการวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์สัจจา ประเสริฐกุลและเพื่อนนิสิตปริญญาโทสาขาการวัดผลการศึกษา และการวิจัย และสถิติทางการศึกษาทุกท่านที่มอบมิตรภาพที่ดี ตลอดจนให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในระหว่างดำเนินการวิจัยอย่างดียิ่งเสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพอง คุณแม่สังวรณ์ คุณนรินทร์ คุณพงศกร ทวันเวช และ คุณจตุกร อินทรชม ที่มีความปรารถนาดี ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นกำลังใจที่สำคัญในยามที่รู้สึกเหน็ดเหนื่อย ทุกข์ใจ พร้อมทั้งสนับสนุนและส่งเสริมการศึกษาของผู้วิจัยทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จทั้งในการดำเนินการทำปริญญานิพนธ์และการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาในครั้งนี้

จารุวรรณ ทวันเวช

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	4
ขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	4
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
สมมติฐานในการวิจัย	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์	10
สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3	10
คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 3	12
ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์	12
ความสามารถในการเชื่อมโยง	13
ความหมายของการเชื่อมโยง	13
ความสำคัญของการเชื่อมโยง	14
คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง	14
ลักษณะของการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ	16
การพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	20
การวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	25
คุณภาพของแบบทดสอบ	36
ความเที่ยงตรง	36
ความเชื่อมั่น	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49
งานวิจัยต่างประเทศ.....	49
งานวิจัยในประเทศ.....	50
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	53
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	53
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	54
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	54
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	54
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	63
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	65
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	71
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	71
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	93
วัตถุประสงค์ และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป.....	93
สรุปผลการวิจัย.....	94
อภิปรายผล.....	96
ข้อเสนอแนะ.....	101
บรรณานุกรม.....	103
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	109
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	112

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม (ต่อ)	
ภาคผนวก ค ตัวอย่างชุดแนวทางการตอบและเกณฑ์การให้คะแนน.....	123
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	130
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	136

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 จำนวนของการเกิดอาชญากรรมในปีที่ผ่านมาจากสถานีตำรวจท้องที่.....	24
2 สรุปวิธีการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง.....	39
3 สูตรความเชื่อมั่นจำแนกตามระดับความคู่ขนานกับการแบ่งส่วนย่อยภายในเครื่องมือวัด.....	46
4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้(Try Out)เพื่อพัฒนาแบบทดสอบ.....	54
5 ตารางกำหนดรายละเอียดการสร้างแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	55
6 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะ(Specific Rubric)ของแบบทดสอบ.....	62
7 การแสดงคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ.....	73
8 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน.....	75
9 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน จำแนกเป็นรายด้าน.....	76
10 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก.....	77
11 ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง.....	78
12 ค่าความเชื่อมั่น.....	79
13 ร้อยละของจำนวนนักเรียนจำแนกเป็นรายด้านตามเกณฑ์การให้คะแนน.....	81
14 ค่าสถิติพื้นฐาน ของคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	82
15 ค่าสถิติพื้นฐาน ของคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	83
16 ค่าสถิติพื้นฐาน ของคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	84
17 ค่าความสัมพันธ์และผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร.....	85
18 ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน.....	86
19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง.....	87
20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการเชื่อมโยง.....	90
21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการเชื่อมโยง.....	91
22 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่.....	92

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	9
2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และ เวลา เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่.....	18
3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลาเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่.....	18
4	กราฟแสดงการไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	88

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์มีบทบาทยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ ระเบียบแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนามนุษย์ให้สมบูรณ์ มีความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา และอารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กรมวิชาการ. 2545: 1) ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ทำให้มนุษย์ก้าวหน้าอย่างไม่เคยเป็นมาก่อนในประวัติศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นการคิดค้นแท่นพิมพ์หนังสือ การสร้างรถยนต์ โทรทัศน์ หรือโทรศัพท์ ล้วนแล้วแต่จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น โลกในปัจจุบันเจริญขึ้นเพราะการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ จึงถือได้ว่าคณิตศาสตร์เป็นรากฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ (นภดล กมลวิลาสเสถียร. 2549: 13) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ คาร์ลฟรีดริค เกาส์ (Carl Friedrich Gauss) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันที่มีชื่อเสียงในคริสต์ศตวรรษที่ 19 ว่า “คณิตศาสตร์เป็นราชินีของวิทยาศาสตร์ และเลขคณิตเป็นราชินีของคณิตศาสตร์” (Mathematics is the Queen of Sciences and Arithmetic is the Queen of Mathematics) (สิริพร ทิพย์คง. 2545: 1) จากความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ในข้างต้น ทำให้ประเทศไทยได้มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์เพื่อรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของโลกปัจจุบัน โดยปัจจุบันประเทศไทยใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศที่มีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีคุณภาพชีวิตที่ดี มีขีดความสามารถในการแข่งขัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเพิ่มศักยภาพของผู้เรียนให้สูงขึ้น สามารถดำรงชีวิตอย่างมีความสุขได้บนพื้นฐานของความเป็นไทยและเป็นสากล รวมทั้งมีความสามารถในการประกอบอาชีพหรือศึกษาต่อตามความถนัดและความสามารถของแต่ละบุคคล (กระทรวงศึกษาธิการ. 2545: คำนำ) การศึกษาคณิตศาสตร์สำหรับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 เป็นการศึกษาเพื่อปวงชนที่เปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องและตลอดชีวิตตามศักยภาพ ทั้งนี้เพื่อให้เยาวชนเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่พอเพียง สามารถนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไปพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น (กรมวิชาการ. 2545: 2) ซึ่งสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ประกอบด้วย 6 สาระการเรียนรู้ 5 สาระแรกเป็นสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับเนื้อหาประกอบด้วย จำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต และการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ส่วนสาระที่ 6 เป็นสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับ

ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละสาระการเรียนรู้จะแบ่งออกเป็นมาตรฐานต่าง ๆ สำหรับสาระการเรียนรู้ที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ มี 5 มาตรฐาน คือ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Skills and Process) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าความรู้หรือเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ถูกเน้นมาโดยตลอดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงเป็นเครื่องมือ (Tool) ของผู้เรียนในการทำให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความหมายและมีคุณค่ามากกว่าเป็นเพียงวิชาที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์และขั้นตอนการแก้ปัญหาในห้องเรียน ความรู้และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จึงเป็นของคู่กันและเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิต (อัมพร ม้าคะนอง. 2547: 94)

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญไม่น้อยกว่าทักษะอื่นๆ เป็นคุณลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยให้คณิตศาสตร์ไม่ถูกมองว่าเป็นอะไรที่ลึกลับซับซ้อน ห่างไกลจากการดำเนินชีวิต และยังส่งเสริมให้คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ทำทนาย นำเรียนรู้ การเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์เป็นไปได้หลายแบบ ได้แก่ การเชื่อมโยงกันในตัวของคณิตศาสตร์เอง การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีความต่อเนื่องกันเป็นลำดับขั้น การจะเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งมีเรื่องที่ต้องเรียนรู้มาก่อน เช่น การเรียนรู้เรื่องการคูณต้องเรียนรู้เรื่องการบวกมาก่อน ดังนั้นการเชื่อมโยงความรู้เดิมจึงเป็นสิ่งสำคัญจำเป็น กอปรกับแนวคิดในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการสร้างความรู้ จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงเพื่อสร้างความรู้ใหม่ นอกจากนี้สาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ตามหลักสูตรก็ไม่ได้เป็นอิสระจากกัน การเรียนรู้เรื่องต่างๆ จะสัมพันธ์เชื่อมโยงสนับสนุนและส่งเสริมซึ่งกันและกัน เช่นในการเรียนรู้เรขาคณิต ต้องใช้ความรู้เรื่องจำนวนและการวัด (ดวงเดือน อ่อนนวม. 2547: 26-27) นอกจากนั้นวิชาคณิตศาสตร์ก็ยังเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาต่างๆ ตั้งแต่ระดับพื้นฐาน ไปจนถึงการเรียนในระดับอุดมศึกษา เช่น สาขาวิศวกรรมศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ แพทยศาสตร์ การบริหารธุรกิจ การเงิน การบัญชี ฯลฯ ก็ล้วนแต่ต้องใช้คณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานทั้งนั้น ซึ่งถ้าเด็กนักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ในระดับอนุบาลหรือประถมศึกษา ก็จะสามารถทำให้สามารถเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความสุข สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสาขาวิชาอื่นๆ และเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาต่างๆ ในระดับสูงต่อไป

จากการที่ผู้วิจัยมีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ทำให้เห็นว่าถึงแม้เนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์จะเกี่ยวข้องกัน แต่เมื่อนักเรียนพบโจทย์ปัญหาที่ต้องอาศัยความรู้เดิม เด็กกลับแก้ปัญหาไม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่านักเรียนจำนวนมากไม่ได้นำความรู้คณิตศาสตร์จากห้องเรียนมาปรับใช้กับวิชาอื่นๆ หรือชีวิตจริง หลายครั้งที่ครูวิทยาศาสตร์จะต้องหันกลับไปทบทวนคณิตศาสตร์ที่สอนให้นักเรียน และบ่อยครั้งเมื่อเราพบกับปัญหาในการทำงาน เราก็ลืมนำ

คณิตศาสตร์ที่เรียนมาใช้แก้ปัญหา หรือนึกไม่ออกว่าสิ่งที่เรียนมาเกี่ยวข้องกับปัญหานั้นอย่างไร ซึ่งสาเหตุหนึ่งที่มีเด็กจำนวนมากไม่เข้าใจคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง เพราะเขามองไม่เห็นความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดคณิตศาสตร์กับสิ่งที่เขามองเห็นหรือจับต้องได้นั่นเอง (นภดล กมลวิลาศเสถียร. 2549: 44)

จากปัญหาและความสำคัญของความสามารถในการเชื่อมโยงประกอบกับการศึกษาเอกสารดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และผลที่ได้จากการศึกษานี้ จะทำให้ทราบถึงความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิง และนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน ว่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำสารสนเทศที่ได้ไปวางแผนเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ และพัฒนาผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความประสงค์ที่จะพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งได้กำหนดวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน และโดยภาพรวมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมของนักเรียนจำแนกตามเพศ และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
4. เพื่อศึกษาผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวม

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ได้แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และได้เกณฑ์การตรวจให้คะแนน (Scoring Rubric) ที่มีคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Reliability) ซึ่งเป็นแนวทางในการที่จะนำแบบทดสอบและเกณฑ์การ

ให้คะแนนที่มีคุณภาพนี้ไปตรวจสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน ครู ผู้บริหารสถานศึกษา ผู้ปกครอง ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการศึกษา เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน ตลอดจนการวางแผนการจัดการเรียนการสอน ให้สอดคล้องกับคุณภาพของผู้เรียน ตามเป้าหมายของหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 จำนวน 12 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 541 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการพัฒนาแบบทดสอบ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนลำปลายมาศและโรงเรียนนางรอง ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้นักเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จำนวน 180 คน จำแนกเป็น นักเรียนโรงเรียนลำปลายมาศ 90 คน และนักเรียนโรงเรียนนางรอง 90 คน

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาและเปรียบเทียบ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้เพศเป็นชั้น ได้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 146 คน จำแนกเป็นนักเรียนชาย 73 คน นักเรียนหญิง 73 คน

ขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. สารการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 สารการเรียนรู้ที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ, จำนวนเต็ม, สารการเรียนรู้ที่ 2 การวัด เรื่องพื้นที่และปริมาตร, การประมาณค่า สารการเรียนรู้ที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น เรื่องแผนภูมิวงกลม และสารการเรียนรู้ที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

2. สารการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 สารการเรียนรู้ที่ 1 การดำรงชีวิตและครอบครัว กลุ่มงานบ้าน เรื่องอาหารและโภชนาการ, กลุ่มงานเกษตร เรื่องการผลิตพืช และกลุ่มงานธุรกิจ เรื่องการออมทรัพย์

3. สารการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรมตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 สารการเรียนรู้ที่ 3 เศรษฐศาสตร์ เรื่องการเลือกซื้อสินค้าและบริการในฐานะผู้บริโภค

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้จำแนกตัวแปรที่ศึกษา ดังนี้

1. ตัวแปรที่ศึกษาด้านคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

- 1.1 ค่าความเที่ยงตรง (Validity)
- 1.2 ค่าความยากง่าย (Difficulty)
- 1.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)
- 1.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบ ได้แก่

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ

2.1.1 เพศ จำแนกเป็น

- เพศชาย
- เพศหญิง

2.2.2 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำแนกเป็น

- ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ
- ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลาง
- ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูง

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำแนกเป็น 2 ด้าน คือ

2.2.1 ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์

2.2.2 ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหา และสามารถนำแนวคิด เนื้อหาและหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 2 ด้าน ได้แก่

1.1. ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด เนื้อหา และหลักการภายในวิชาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหา และสามารถนำแนวคิด เนื้อหาและหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

1.2. ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น หมายถึง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด เนื้อหา และหลักการวิชาคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและสามารถนำแนวคิด เนื้อหาและหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับวิชาอื่นๆ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย(Essay Type)

3. คุณภาพของแบบทดสอบ หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆ ต่อไปนี้

3.1 ค่าความเที่ยงตรง(Validity)ของแบบทดสอบ หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถทำหน้าที่วัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดได้ถูกต้องตรงตามความมุ่งหมาย ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้หาค่าความเที่ยงตรงดังต่อไปนี้

3.1.1 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ(Face Validity) หมายถึง คุณภาพของแบบทดสอบที่ได้จากการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับนิยามปฏิบัติการและขอบเขตของเนื้อหา

3.1.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) ของแบบทดสอบโดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมของแบบทดสอบย่อยในแต่ละด้านกับคะแนนรวมทั้งฉบับ

3.2 ค่าความยากง่าย(Difficulty) ของแบบทดสอบ หมายถึง คุณสมบัติของข้อสอบที่แสดงคะแนนความสามารถของนักเรียนในการตอบข้อสอบข้อนั้นได้ หาได้จากเทคนิคการแบ่งกลุ่ม

นักเรียนที่เข้าสอบออกเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน โดยเทคนิค 25 % ของนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด แล้วคำนวณด้วยสูตรการคำนวณของวิทนีย์ และซาเบอร์ (Whitney and Saber.1970)

3.3 ค่าอำนาจจำแนก(Discrimination) ของแบบทดสอบ หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถจำแนกหรือแยกผู้ตอบออกเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ โดยผู้ที่ทำข้อสอบถูกต้องจะมีความสามารถในระดับสูง และผู้ที่ทำข้อสอบผิดควรมีความสามารถในระดับต่ำ โดยการวิจัยครั้งนี้หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยใช้เทคนิค 25 % ในการแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำของนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด แล้วคำนวณด้วยสูตรการคำนวณของวิทนีย์ และซาเบอร์ (Whitney and Saber.1970)

3.4 ความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน(Rater Reliability) หมายถึงระดับความสอดคล้องของการให้คะแนนจากการตรวจของผู้ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) แบบวิธีวิเคราะห์ (Analytical Method) จากแบบทดสอบฉบับเดียว ทำการสอบครั้งเดียว ซึ่งตรวจสอบโดยการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน จากสูตรของ เบอร์รี-สต็อกและคนอื่นๆ (Burry-Stock and other. 1996)

3.5 ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้ตอบได้คงที่แน่นอน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย ด้วยวิธีการแบ่งส่วนย่อยหลายส่วน โดยใช้สูตรของเฟลด์ต-ราจุ (Feldt - Raju)

4. เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) หมายถึงชุดของแนวทางในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งผู้วิจัยใช้การตรวจให้คะแนนโดยวิธีวิเคราะห์ (Analytical Method) และแบ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งสองด้าน ออกเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. ความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการแสดงความเข้าใจในสถานการณ์อย่างชัดเจน โดยเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนด มาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาสามารถระบุประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด

2 คะแนน เมื่อเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนด มาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปของสัญลักษณ์ ประโยคสัญลักษณ์ ตาราง แผนภาพ แผนผัง ได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด

1 คะแนน เมื่อเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนด มาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปของสัญลักษณ์ ประโยคสัญลักษณ์ ตาราง แผนภาพ แผนผัง ได้ไม่ครบกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ หรือมีแนวโน้มของการเลือก หรือนำข้อมูลมาใช้ในทางที่จะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อไม่สามารถเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปของสัญลักษณ์ ประโยคสัญลักษณ์ ตาราง แผนภาพ แผนผัง เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้อง

2. การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การแสดงความเข้าใจในแนวคิดเนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยการเชื่อมโยงความรู้และหลักการด้านคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วในการอ้างอิง อธิบาย บรรยายถึงวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง สมเหตุสมผล

2 คะแนน เมื่อแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยการใช้ความรู้ด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เรียนมาแล้วมาอ้างอิง อธิบาย บรรยาย วิธีการแก้ปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาชัดเจน และได้มาซึ่งคำตอบได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

1 คะแนน เมื่อแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยการใช้ความรู้ด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เรียนมาแล้วมาอ้างอิง อธิบาย บรรยาย วิธีการแก้ปัญหาได้เพียงบางส่วน

0 คะแนน เมื่อไม่มีการแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา

3. การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการอ้างอิง อธิบาย บรรยาย ถึงคำตอบ หรือข้อสรุปที่ได้ว่ามีความเหมาะสม ถูกต้อง โดยอาศัยหลักการ ข้อมูล ข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบายสรุปคำตอบที่ได้ และอาจจะมีการยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

2 คะแนน เมื่ออธิบาย สนับสนุนคำตอบ หรือคัดค้านคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องเหมาะสม โดยอาศัยหลักการ ข้อมูล ข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบายสรุปคำตอบที่ได้ และอาจจะมีการยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

1 คะแนน เมื่ออธิบาย สนับสนุนคำตอบ หรือคัดค้านคำตอบที่ได้แต่ไม่สมบูรณ์ คือ ไม่มีข้อมูล ข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบาย

0 คะแนน เมื่อไม่มีการอธิบายสนับสนุนหรือคัดค้านคำตอบ หรือข้อสรุปที่ได้

โดยแบบทดสอบแต่ละข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะเป็นรายข้อ (Specific Rubric)

5. การตรวจให้คะแนน หมายถึง การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบแต่ละข้อตามเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะ (Specific Rubric) ในชุดแนวทางการตอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามเกณฑ์การให้คะแนนโดยวิธีวิเคราะห์

6. ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ผลการเรียนรู้เฉลี่ยสะสม (G.P.A.) รายวิชา ค 31101 และ ค 31201 ของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำแนกเป็น

ระดับผลสัมฤทธิ์ต่ำ หมายถึง ผลการเรียนรู้เฉลี่ยสะสมไม่เกิน 2.00

ระดับผลสัมฤทธิ์ปานกลาง หมายถึง ผลการเรียนรู้เฉลี่ยสะสม ตั้งแต่ 2.01 ถึง 3.00

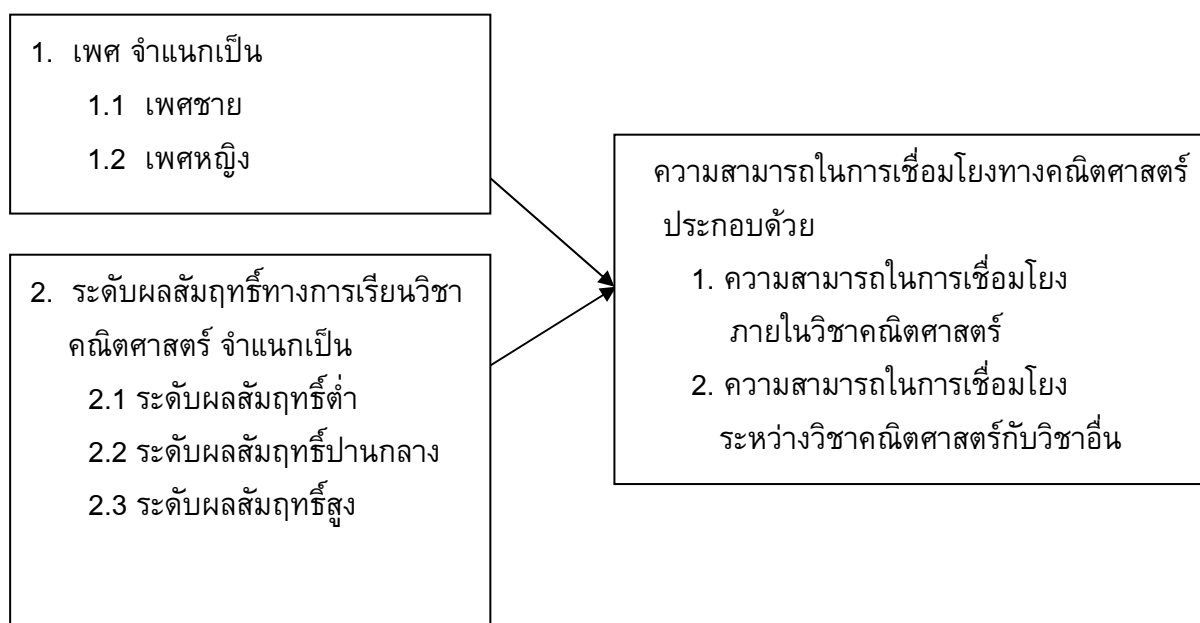
ระดับผลสัมฤทธิ์สูง หมายถึง ผลการเรียนรู้เฉลี่ยสะสมมากกว่า 3.00

7. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีวุฒิการศึกษาตั้งแต่ปริญญาโทขึ้นไปและมีประสบการณ์ในการทำงานมาแล้วไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน จำแนกเป็นผู้เชี่ยวชาญสาขาการวัดผลการศึกษา จำนวน 2 ท่านและผู้เชี่ยวชาญสาขาคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้พิจารณาความสอดคล้อง

ของข้อคำถามแต่ละข้อกับนิยามปฏิบัติการและขอบเขตของเนื้อหาและเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric)

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จากสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระที่ 6 มาตรฐาน ค 6.4 ตามการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2544 ซึ่งในการวิจัยเรื่องความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีสมมติฐานในการวิจัย คือ

1. นักเรียนที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมแตกต่างกัน
2. เพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมของนักเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3)
 - 1.2 คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3)
 - 1.3 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. ความสามารถในการเชื่อมโยง
 - 2.1 ความหมายของการเชื่อมโยง
 - 2.2 ความสำคัญของการเชื่อมโยง
 - 2.3 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง
 - 2.4 ลักษณะของการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ
 - 2.5 การพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยง
 - 2.6 การวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
3. คุณภาพของแบบทดสอบ
 - 3.1 ความเที่ยงตรง
 - 3.2 ความเชื่อมั่น
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยในประเทศ

1. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
 - 1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3)

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจในระบบจำนวนและสามารถนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้ได้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดได้

มาตรฐาน ค 2.3 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial Reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric Model) ในการแก้ปัญหาได้

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 อธิบายและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชันต่างๆได้

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหาได้

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลได้

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติ และความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหาได้

สาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 6.2 มีความสามารถในการให้เหตุผล

มาตรฐาน ค 6.3 มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

มาตรฐาน ค 6.4 มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆได้

มาตรฐาน ค 6.5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.2 คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3)

1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง สามารถคำนวณเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เลขยกกำลัง รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริงและสามารถนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้

2. สามารถนิยามภาพและอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตสามมิติ มีความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ผิวและปริมาตร สามารถเลือกใช้หน่วยการวัดในระบบต่างๆ เกี่ยวกับความยาว พื้นที่ และปริมาตรได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในชีวิตจริงได้

3. มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของความเท่ากันทุกประการและความคล้ายของรูปสามเหลี่ยม เส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และสามารถนำสมบัติเหล่านั้นไปใช้ในการให้เหตุผลและแก้ปัญหาได้

4. มีความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับการแปลง (Transformation) ทางเรขาคณิตในเรื่อง การเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation) และนำไปใช้ได้

5. สามารถวิเคราะห์แบบรูป สถานการณ์หรือปัญหาและสามารถใช้สมการ อสมการ กราฟ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อื่นๆ ในการแก้ปัญหาได้

6. มีความเข้าใจเกี่ยวกับค่ากลางของข้อมูลในเรื่องค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมและเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม สามารถกำหนดประเด็น เขียนข้อคำถาม กำหนดวิธีการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เหมาะสมได้ สามารถนำเสนอข้อมูล รวมทั้งอ่าน แปล ความหมาย และวิเคราะห์ข้อมูลจากการนำเสนอข้อมูลต่างๆ สามารถใช้ความรู้ในการพิจารณาข้อมูล ข่าวสารทางสถิติตลอดจนเข้าใจถึงความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้จากการนำเสนอข้อมูลทางสถิติ

7. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์และ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์และประกอบการตัดสินใจ ในสถานการณ์ต่างๆได้

8. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการประมาณค่าและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

9. มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม สามารถให้เหตุผล สื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

1.3 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ได้แบ่งสาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ออกเป็น 6 สาระ และสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทาง

คณิตศาสตร์ จะประกอบด้วย 5 มาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ แต่การวิจัยในครั้งนี้ มุ่งศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังนั้นจึงขอลำเฉพาะมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการวิจัยครั้งนี้ คือ มาตรฐานการเชื่อมโยงในระดับมัธยมศึกษา ช่วงชั้นที่ 3 ซึ่งกรมวิชาการ (2545: 26-27) ได้กำหนดไว้ดังนี้

มาตรฐาน ค 6.4 มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆได้

1. เชื่อมโยงความรู้เนื้อหาต่างๆในคณิตศาสตร์ และ นำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ
2. นำความรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆและการดำรงชีวิต

ซึ่งจากมาตรฐาน 6.4 ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาเฉพาะการเชื่อมโยงความรู้เนื้อหาต่างๆในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ นั่นก็ถือเป็นการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นๆ เนื่องจากสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

1. ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์
2. ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น

2. ความสามารถในการเชื่อมโยง

2.1 ความหมายของการเชื่อมโยง (Connections)

สภาคุรุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teacher of Mathematics, [NCTM]. 1991: 102) ได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยง คือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวไปสัมพันธ์กันให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้ และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยนักเรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชา รวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิตและตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนของผู้เรียนมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชาเป็นการรวมศาสตร์ต่างๆตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไปภายใต้เนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬา หรือศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ความเข้าใจและทักษะในวิชาต่างๆมากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและตรงกับสภาพชีวิตจริง

จะเห็นได้ว่าความหมายของการเชื่อมโยงตามแนวคิดของสภาคุรุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาดังกล่าวตรงกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยต้องการ

ศึกษา ซึ่งคล้ายกับมาตรฐาน ค 6.4 ของการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2544 ของประเทศไทย

2.2 ความสำคัญของการเชื่อมโยง

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 84-86) กล่าวว่า ทักษะการเชื่อมโยงมีประโยชน์ในการแก้ปัญหา การอภิปราย และการจำลองปรากฏการณ์ที่อยู่ในโลกแห่งความเป็นจริง และ การสื่อสารความคิดและข้อมูลที่ซับซ้อนในลักษณะที่ละเอียดและชัดเจน การนำเสนอของปัญหาช่วยให้มองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ทั่วและชัดเจนขึ้นทำให้นักเรียนอธิบายปัญหาและคำตอบได้

บลาสคอฟ และชาซัน (Blaskopf; & Chazan. 2001: 625) กล่าวว่าตัวอย่างของการเชื่อมโยงช่วยให้นักเรียนตระหนักว่าคณิตศาสตร์เป็นจริง มีความหมายและมีประโยชน์สำหรับทุกคน การเชื่อมโยงภายในคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจและเห็นคุณค่าในคณิตศาสตร์มากขึ้น

กรมวิชาการ (2545 : 203) กล่าวถึงประโยชน์ของทักษะการเชื่อมโยงว่ามีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในวิชาชีพบางอย่างโดยตรง เช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรม เกี่ยวกับอาหาร งานเกษตร งานออกแบบสร้างหีบห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน เช่น การซื้อขาย การชั่ง ตวง วัด การคำนวณระยะทาง และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง การวางแผนในการออมเงินไว้ใช้ในชว่บั้นปลายของชีวิต

อัมพร ม้าคะนอง (2547: 101) กล่าวว่า การเชื่อมโยงมีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย เนื่องจากการเชื่อมโยงจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ที่เรียนในห้องเรียนได้ดีขึ้น และมองเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ในแง่ของการเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ที่สามารถนำไปใช้กับศาสตร์สาขาอื่นได้

จากความสำคัญของการเชื่อมโยงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยง และประยุกต์ในการเรียนสาขาวิชาอื่นๆ ตลอดจนนำไปเชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์

2.3 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง

เคนเนดีและทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 194-198) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ นักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ และโมโนมิติ กับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

การเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนรู้การสอน
คือให้นักเรียนปฏิบัติงานหรือทำกิจกรรมแล้วแปลงกิจกรรมเหล่านั้นออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพ
แผนภูมิ แผนผัง กราฟ และ สัญลักษณ์ต่างๆ

การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และกับชีวิตจริงเกิดขึ้นได้มากมาย
ครูสามารถให้นักเรียนปฏิบัติงานที่จะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ
งานกิจกรรมเกี่ยวกับอาหาร และ กิจกรรมในวิชาต่างๆ

ตัวอย่างต่อไปนี้แสดงถึงวิธีที่ครูจะสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์
กับศาสตร์ต่างๆและสังคมรอบตัว ด้วยการให้นักเรียนทำโครงการที่บางโครงการอาจให้ร่วมกันทำ
ทั้งชั้น รายบุคคล หรือทำโดยกลุ่มย่อย ดังนี้

1. คณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ เช่น

- 1.1 การจดบันทึกอุณหภูมิ ความเร็วลม และ แรงดันอากาศ
- 1.2 การส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์
- 1.3 การโคจรของดาวเคราะห์
- 1.4 การกำหนดมาตราส่วนและการสร้างแบบจำลองของระบบสุริยะจักรวาล

2. คณิตศาสตร์กับสังคมศึกษา

- 2.1 นาฬิกาและนาฬิกาทราย
- 2.2 การสร้างพีระมิดในอียิปต์
- 2.3 ศึกษาการออกแบบพรหม ถ้วยชามและตะกร้าที่ใช้หลักการสมมาตรและ
รูปทรงลูกบาศก์ของชาวอินเดียนแดงทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา
- 2.4 การแยกประเภทของอาชีพต่างๆ เป็นอาชีพที่มีเครื่องแบบและ
ไม่มีเครื่องแบบ เช่น นักวิจัย ผู้ให้บริการ คนงานโรงงาน ทหาร และปศุสัตว์
- 2.5 การเปรียบเทียบส่วนที่สูงที่สุดและต่ำที่สุด เช่น จุดที่สูงที่สุดของพื้นโลก
กับจุดที่ต่ำที่สุดของกันทะเล

3. คณิตศาสตร์กับศิลปะ

- 3.1 การวัดกระดาษเพื่อตัดขอบผนัง
- 3.2 การกำหนดมาตราส่วนฉากละครในชั้นเรียน วัดและเตรียมกระดาษสร้างฉาก
- 3.3 การวาดภาพทิวทัศน์ต่างๆ

4. คณิตศาสตร์กับสุขศึกษา

- 4.1 การวัดความสูงของนักเรียน บันทึกผลในรูปตารางและกราฟ
- 4.2 การหาปริมาณแคลอรีจากการอ่านฉลากข้อมูลโภชนาการข้างกล่อง
ผลิตภัณฑ์

4.3 การวัดระดับคลอเรสเตอรอล

5. คณิตศาสตร์กับการอ่านและศิลปะทางภาษา

- 5.1 การหารูปแบบของคำ การแยกประเภทของคำ

5.2 การวิจัยรากศัพท์ของภาษาคณิตศาสตร์

5.3 การวิจัยและเขียนเรื่องราวของนักคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง

5.4 จำนวนและความงามของตัวเลข

5.5 การวิเคราะห์ข้อความเพื่อบอกจำนวนพยัญชนะ (เรื่องนี้สามารถเชื่อมโยงกับรายการเกมโชว์ทางโทรทัศน์ของสหรัฐอเมริกาที่ชื่อ Wheel of Fortune)

6. คณิตศาสตร์กับพลศึกษา

6.1 การนับจำนวนรอบของการกระโดดเชือก

6.2 การตัดสินใจว่ากีฬาโอลิมปิกเป็นการแข่งขันที่มีขนาดใหญ่หรือไม่

6.3 การจัดวางพื้นที่การเล่น

6.4 การจับเวลาการแข่งขัน

จากบทความในหนังสือพิมพ์ หรือนิตยสารทั้งทางด้านธุรกิจ แนวโน้มทางเศรษฐกิจ สภาพอากาศและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นว่าคณิตศาสตร์กับโลกปัจจุบันเชื่อมโยงกันในหลาย ๆ ด้าน การรายงานพิเศษทั้งในรูปแบบบทความและภาพข่าว แผนผังการเดินทางที่ท่าเรือ สถานีรถไฟ และ สนามบิน ล้วนให้ข้อมูลที่เป็นคณิตศาสตร์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนที่สัญจร ปัญหาทางเศรษฐกิจ ปัญหาการจัดการขยะและมลพิษที่เกิดจากรถยนต์ ของเสียจากโรงงาน ได้ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ครูจึงควรสอนโดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือกับปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

2.4 ลักษณะของการเชื่อมโยงในรูปแบบต่าง ๆ

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

ดวงเดือน อ่อนน้อม (2547: 50-51) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นไป ได้หลายลักษณะดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เช่น การเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างสูตร การหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ต้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเรื่องพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ใน 2 ประเด็น คือ รูปสามเหลี่ยมเป็นครึ่งหนึ่งของรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ ความกว้างคูณความยาว ดังนั้น

สูตรการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม คือ $\frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง}$

2. การเชื่อมโยงระหว่างเรื่องต่างๆ ของคณิตศาสตร์ เช่น การลบ เป็นการดำเนินการตรงข้ามของการบวก การคูณเป็นการบวกซ้ำๆ การคูณและการหารเป็นการดำเนินการตรงกันข้าม ร้อยละสัมพันธ์กับเศษส่วน การวัดสัมพันธ์กับเรขาคณิต

3. การเชื่อมโยงแบบจำลองหลายๆ แบบสู่ความคิดรวบยอดเดียวกัน เช่น การให้นักเรียนสร้างหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐานตามความต้องการของตนเองก็จะได้หน่วยที่ไม่เป็น

มาตรฐานหลายลักษณะ แต่ทุกหน่วยนำไปสู่ความคิดรวบยอดเดียวกันว่าเป็นหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐาน

4. การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดไปสู่วิธีคิดคำนวณ เช่น ในการเรียนรู้เรื่องหน่วยการวัด เด็กต้องเกิดความคิดรวบยอดว่าจำนวนต่างๆ จะมาบวกลบกันได้ต้องมีหน่วยการวัดเดียวกัน ดังนั้นถ้าหากจำนวนเหล่านี้มีหน่วยต่างกัน จึงต้องมีการเปลี่ยนหน่วยให้เหมือนกันก่อน

5. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันและคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยการกำหนดเป็นหน่วยการเรียนรู้เป็นวิธีทางหนึ่งที่สนับสนุนส่งเสริมการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน การกำหนดหน่วยการเรียนรู้เปิดโอกาสให้เด็กได้ศึกษา สืบค้น เกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ที่ตนสนใจ ได้มีโอกาสแสดงความคิดริเริ่ม ได้สร้างสิ่งต่างๆ ในขณะเดียวกัน ยังคงเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย หน่วยการเรียนรู้อาจเป็นหน่วยการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์เอง หรือเป็นหน่วยการเรียนรู้กลางที่คณิตศาสตร์เรียนรู้ร่วมกับวิชาอื่นๆ ก็ได้

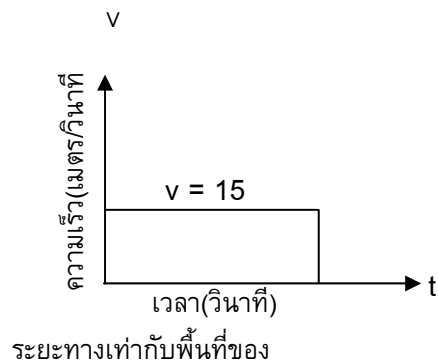
อัมพร ม้าคนอง(2547: 101) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมา กับความรู้ ปัญหา หรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบการเชื่อมโยงอาจทำได้หลากหลาย แต่ที่นิยมทำในห้องเรียนคณิตศาสตร์มี 3 ประเภท ดังนี้

1. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน
2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเรียนกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ
3. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์หรือสาขาวิชาอื่น

ซึ่งการเชื่อมโยงในลักษณะต่างๆ ก็สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

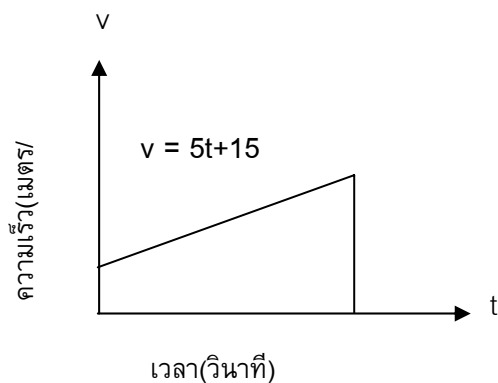
1. การเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์

หัวข้อต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์นั้น แม้ว่าจะมีความเกี่ยวข้องกัน แต่นักเรียนส่วนใหญ่มักล้มเหลวในการหาว่าหัวข้อที่เรียนในแต่ละขอบเขตเนื้อหานั้น สามารถนำไปใช้ทำความเข้าใจในขอบเขตอื่นๆ ซึ่งบทบาทสำคัญของครูในการสอนคณิตศาสตร์ คือ การช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นการบูรณาการของหัวข้อต่างๆ ได้ทั้งหมด นักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ได้จะมีความเข้าใจที่ลึกซึ้ง และนำมาซึ่งความประทับใจต่อคณิตศาสตร์ (Buck. 2000: 591-594) ไครส์ (Crites. 1995: 292-297) ได้ยกตัวอย่างความเชื่อมโยงระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิต ที่นำมาใช้อธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และเวลา ซึ่งเรขาคณิตจะให้นักเรียนมีแนวทางใหม่ในการอธิบายด้วยการแสดงความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระยะทาง ความเร็ว และเวลา ในรูปของสมการ ตัวอย่างเช่น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ 15 เมตรต่อวินาที ถ้าความเร็วของวัตถุแทนด้วย V เวลาแทนด้วย t และระยะทางแทนด้วย S กราฟที่ใช้นำเสนอมีลักษณะดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และ เวลา เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่

จากภาพประกอบ 2 สามารถอธิบายระยะทางของวัตถุในเชิงเรขาคณิตได้ ด้วยการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม และสามารถอธิบายระยะทางของวัตถุในเชิงของพีชคณิตด้วยสมการ $s = vt$ เมื่อเวลาผ่านไป 9 วินาที ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้คือ $(15)(9) = 135$ เมตร ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ โดยเริ่มที่ความเร็ว $5t+15$ เมตรต่อวินาที เมื่อเวลาผ่านไป 9 วินาที สามารถหาระยะทางในเชิงพีชคณิตโดยใช้สูตร $s = \left(\frac{1}{2}\right)t(v_1 + v_2)$ เมื่อ v_1 แทนความเร็วต้น และ v_2 แทนความเร็วปลาย ดังนั้น $v_1 = 5(0) + 15 = 15$ เมตร/วินาที และ $v_2 = 5(9) + 15 = 60$ เมตร/วินาที ซึ่งจะได้ระยะทางเท่ากับ $\left(\frac{1}{2}\right)(9)(15 + 60) = 337.5$ เมตร กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และ เวลา มีลักษณะดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็ว และ เวลา เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

จากภาพประกอบ 3 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงระยะทางให้อยู่ในรูปของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นสิ่งสำคัญ เมื่อสามารถแปลงให้อยู่ในรูปสูตรทั่วไป โดยให้ความเร่งเริ่มต้นที่ความเร็ว $at+b$ เมตรต่อวินาที เมื่อ a และ b เป็นตัวคงที่ หลังจากเวลาผ่านไป t วินาที ระยะทาง $s = \left(\frac{1}{2}\right)t(b + (at+b)) = \left(\frac{1}{2}\right)t(at+2b) = \left(\frac{1}{2}\right)at^2 + bt$ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว

ระยะทางสามารถอธิบายในเชิงพีชคณิตได้ด้วยสมการกำลังสองของเวลา ผลลัพธ์อยู่ในกราฟพาราโบลา

จากตัวอย่างที่กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงความสำคัญที่ครูควรเน้นความเชื่อมโยงของหัวข้อต่าง ๆ ที่มีอยู่ในคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับการปูพื้นฐานความคิดรวบยอดที่จะส่งเสริมการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับอนาคตของนักเรียน

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น

การเรียนการสอนในโรงเรียนนั้นแสดงให้เห็นว่าโลกถูกแบ่งออกเป็นวิชาต่างๆ แต่ในความเป็นจริง ชีวิตประกอบขึ้นจากส่วนต่างๆ มากมายและเชื่อมโยงกัน ดังนั้นเมื่อโรงเรียนแบ่งประสบการณ์ออกเป็นวิชาต่างๆ นักเรียนจึงเริ่มมีความรู้สึกและมีความเชื่อต่อคณิตศาสตร์ในทางลบ (Blaskopf; & Chazan. 2001: 625) ดังนั้นเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นที่น่าสนใจของนักเรียน ครูจึงควรมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆ ที่เรียนในโรงเรียน เช่นที่ Balas (ลิลลา ดลภาค. 2549; อ้างอิงจาก Balas. 2002: Online) ได้กล่าวถึงความเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับการอ่านว่า ตัวอักษร สัญลักษณ์ และจำนวนเป็นวิธีเริ่มแรกในการสื่อสารในโลก ซึ่งทำให้เกิดการเชื่อมโยงโดยธรรมชาติในการผสมผสานระหว่างการอ่านและคณิตศาสตร์ในหลักสูตรของโรงเรียน การอ่านตัวอักษรในรูปของคำเป็นวัตถุเชิงสัญลักษณ์เป็นการอ้างเหตุผลและการกระทำ ซึ่งในคณิตศาสตร์คือสัญลักษณ์ที่เป็นจำนวน รูปแบบหรือความสัมพันธ์ การแสดงออกทั้งในลักษณะของคำและจำนวนเป็นพื้นฐานในการประมวลข้อมูลต่างๆ สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teacher of Mathematics. 1989; citing Balas. 2002: Online) กล่าวถึงการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับการอ่านว่า ในระดับอนุบาลถึงเกรด 4 คณิตศาสตร์สามารถคิดโดยผ่านภาษา นักเรียนสามารถเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย ครูสามารถช่วยด้วยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สื่อสารและพูดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (Talk Math) กับเพื่อนๆ นอกจากนั้นแล้วนักเรียนสามารถใช้การเชื่อมโยงในการสร้างความรู้ เรียนรู้แนวทางใหม่ๆ เพื่อที่จะคิดเกี่ยวกับแนวคิด ความชัดเจนของการคิด และการสื่อสารเกี่ยวกับปัญหา ในระดับเกรด 5 ถึง เกรด 8 ความเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับการอ่านคือ นักเรียนใช้ทักษะการอ่าน การฟัง และการมองดูในการแปลความและประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ส่วนในระดับเกรด 9 ถึง 12 นักเรียนสามารถใช้ทักษะต่างๆ เพื่อแปลความหมายของข้อมูลและสถิติต่างๆ ในการพิจารณาประเด็นทางสังคม นอกจากนั้นแล้ว การอ่านหนังสือเรียน อ่านหนังสือโฆษณาหรือหัวข้อในหนังสือพิมพ์ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมรับรู้และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูล การอ่านสามารถเตรียมข้อมูลสำหรับให้นักเรียนประยุกต์ใช้ในทักษะทางคณิตศาสตร์ นักเรียนที่เป็นผู้รู้คณิตศาสตร์บางครั้งก็เป็นผู้รู้การอ่านด้วย คณิตศาสตร์เป็นมากกว่าตัวเลขในขณะที่การอ่านเป็นมากกว่าตัวอักษร ด้วยการเป็นผู้รู้หมายถึงการจัดวางจำนวนไปสู่บริบททางสังคมอย่างมีความหมายในชีวิตประจำวัน

มาร์ควิทซ์ (ลิลลา ดลภาค. 2549: 22; อ้างอิงจาก Malkevitch. 2003: Online) กล่าวถึง ความเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศิลปะว่า เป็นที่น่าประหลาดใจว่ามีความเกี่ยวพันกัน

อย่างมากมายระหว่างคณิตศาสตร์กับศิลปะสาขาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นดนตรี การเต้นรำ การวาดภาพ สถาปัตยกรรม และการปั้น จนถือได้ว่าคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือของศิลปะ ศิลปินใช้การรับรู้หรือการรับรู้เชิงเส้นตรงมาเพิ่มความสมจริงสมจังในการนำเสนอของพวกเขา ซึ่งการรับรู้เชิงเส้นตรงเป็นสาขาหนึ่งของเรขาคณิตที่รู้จักกันในชื่อของDescriptive Geometry ที่กล่าวเกี่ยวกับการนำเสนอวัตถุ 3 มิติในลักษณะ 2 มิติ การนำเสนอวัตถุ 2 มิติ บนกระดาษหรือจอคอมพิวเตอร์ เป็นเทคนิคที่สำคัญมากในทางวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และนักออกแบบ เช่น ในการออกแบบยานอวกาศลำหนึ่งนั้นต้องใช้รูปวาดจำนวนนับหมื่นรูป ซึ่ง Descriptive Geometry จะช่วยศิลปินนักออกแบบปฏิมากร หรือ สถาปนิก ในการนำเสนอวัตถุ 3 มิติบนพื้นราบ

3. การเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน

จากการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนของไคล์และมัวร์ (Kyle; & Moore. 2001: 80-86) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเข้าไปเยี่ยมครอบครัวของนักเรียน เพื่อศึกษารูปแบบของสิ่งที่ครอบครัวของนักเรียนสนใจและทักษะการปฏิบัติของแต่ละครอบครัวซึ่งเกี่ยวกับขั้นตอนการทำเกษตร การเลี้ยงสัตว์ การฝีมือ การดูทีวี การทำอาหาร หลังจากนั้น ได้นำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นปัญหาที่มีความหลากหลายและมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาหลายขั้นตอน หลังจากนั้นให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม พบว่าการให้นักเรียนได้ทำงานที่มีความหมาย การให้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริง เป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการส่งเสริมความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน และนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมอย่างสุดความสามารถ ถ้าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้นได้เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขา ความรู้และทักษะที่ครอบครัวเขาสนใจ นักเรียนจะชอบแก้ปัญหาและสนุกสนานกับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ถ้าเป็นปัญหาที่มีความหมายและเกี่ยวข้องกับพวกเขา นอกจากนี้แล้ว ผู้ปกครองของนักเรียนยังมีความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น จากที่เคยคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องยากและช่วยให้ครูผู้สอนสามารถนำความรู้ที่บ้านของนักเรียนมาช่วยส่งเสริมการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น

จากลักษณะการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์นั้นสามารถเชื่อมโยงได้หลายรูปแบบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการสอนของครูเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง ที่สามารถแสดงการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริง ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการเชื่อมโยงในเนื้อหาคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

2.5 การพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยง

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (นงลักษณ์ แก้วมาลา. 2547: 21; อ้างอิงจาก NCTM. 1991: Online) กล่าวถึงการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ว่า ครูมีบทบาทในการพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการ และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. สาธิตความรู้ในเรื่องความคิดรวบยอดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. นำเสนอคณิตศาสตร์ในลักษณะเช่นเดียวกับเครือข่ายการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดและกระบวนการร่วมกัน

3. เน้นให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นและเป็นการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน

4. ร่วมทำกิจกรรมกับนักเรียน โดยส่งเสริมความเข้าใจในความคิดรวบยอดกระบวนการ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์

5. ร่วมกันอภิปรายคณิตศาสตร์ โดยขยายความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดกระบวนการ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

กรมวิชาการ (2545: 203-205) กล่าวว่า องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนา การเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยง มีดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น
2. มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่นๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี

3. มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้อง เชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย

4. มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่ต้องเกี่ยวข้องด้วย

5. มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผล

ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้นผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์สอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน

จรรยา ภูอุดม (2545: 23-24) กล่าวถึงการคัดเลือกสถานการณ์ปัญหาเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งนับเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง ดังนี้

1. เป็นสถานการณ์แบบองค์รวม มีการบูรณาการเนื้อหา เน้นมโนคติหรือแนวคิดหลักการสอนคณิตศาสตร์ที่แยกเป็นส่วนๆ ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างมโนคติที่เป็นภาพรวมและนำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถสร้างมโนคติที่เป็นภาพรวมจากส่วนย่อยๆ ได้ แต่จะจำเฉพาะลักษณะที่เป็นส่วนย่อยๆ ในทางตรงกันข้าม เมื่อมโนคติถูกนำเสนอในลักษณะที่เป็นภาพรวม นักเรียนจะหาวิธีการสร้างความหมายโดยการแยกภาพรวมออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้สามารถมองเห็นและเข้าใจได้ ส่วนการเน้นมโนคติหลักก็เนื่องมาจากจุดประสงค์การเรียนรู้ทุกจุดประสงค์

ไม่ได้มีความสำคัญเท่ากันทั้งหมด บางจุดประสงค์เป็นเพียงกรณีเฉพาะหรือเป็นผลที่ได้โดยอ้อมจากการเรียนรู้บางจุดประสงค์ นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นความสำคัญทุกจุดประสงค์จะทำให้เวลาที่มีในหลักสูตรไม่เพียงพอสำหรับจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดอย่างจริงจัง การจัดบรรยากาศการเรียนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้โดยการกระทำ จะต้องไม่เป็นบรรยากาศที่อัดแน่นด้วยเนื้อหา แต่เป็นการเน้นที่แนวคิดใหญ่ๆ จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจว่าจะเลือกจุดประสงค์ใดที่เป็นจุดประสงค์หลักสำหรับจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยอาจใช้การสร้างแผนผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ เนื่องจากแผนผังมโนทัศน์เป็นระบบการแทนความรู้ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้น มีความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันระหว่างมโนทัศน์ต่างๆ สามารถแสดงให้เห็นถึงเนื้อหาที่ขึ้นต่อกันอย่างชัดเจน โดยมีมโนทัศน์ที่เป็นกรณีทั่วไปที่สุดจะเป็นมโนทัศน์หลัก ส่วนมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจงจะเป็นมโนติรอง แผนผังมโนทัศน์จึงสามารถแสดงให้เห็นถึงมโนทัศน์หลักและความรู้พื้นฐานได้เป็นอย่างดี

2. ข้อมูลในสถานการณ์ปัญหาสอดคล้อง และตรงตามสภาพจริงในชีวิตประจำวัน ไม่เป็นเพียงข้อมูลที่แต่งขึ้นจากประสบการณ์ที่ผ่านมาเรามักพบว่านักเรียนไม่สามารถนำสิ่งที่เรียนไปใช้กับสถานการณ์จริงได้เพราะสถานการณ์ในชีวิตจริงส่วนใหญ่มีลักษณะซับซ้อนมีการผสมผสานกันของเนื้อหาต่างๆ มากกว่าที่จะแยกออกเป็นส่วนๆ ด้วยเหตุนี้ สถานการณ์ปัญหาที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรมีลักษณะแบบองค์รวม มีการบูรณาการของเนื้อหาและมีความซับซ้อนตรงตามความเป็นจริงมากกว่าเป็นการแต่งขึ้น การฝึกให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงย่อมทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ เห็นว่า คณิตศาสตร์สัมพันธ์โดยตรงกับชีวิตประจำวัน และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน การให้โอกาสนักเรียนได้แก้ปัญหาแบบนี้ จะทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในชีวิตจริงได้ และเห็นว่าการเรียนรู้ต่อไปอีกเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่ง

3. เป็นสถานการณ์ปัญหาที่อยู่รอบตัวนักเรียน เหมาะกับวัย ความสนใจและมีความหมายต่อนักเรียน เนื่องจากการใช้สถานการณ์ที่เหมาะสมกับวัย ความสนใจและมีความหมายต่อนักเรียน เป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะผลักดันให้นักเรียนเกิดความอยากแก้ปัญหาหรือการกระทำอันก่อให้เกิดการเรียนรู้

4. เป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ การอภิปราย และการตัดสินใจ เนื่องจากสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปราย และตัดสินใจ เป็นสถานการณ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการเร้าให้นักเรียนรู้จักคิด อันเป็นจุดเริ่มต้นของการสำรวจอย่างนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้สถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปราย และ การตัดสินใจ ยังเป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมให้เกิดการใช้ระบบสัญลักษณ์ในการสื่อสาร เกิดปฏิสัมพันธ์ของสมาชิกในสังคม ที่สำคัญคือการใช้สถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปราย และตัดสินใจ จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถของนักเรียนทางด้านทักษะ/กระบวนการ ทั้งทางด้านการสื่อสาร การแก้ปัญหา และการให้เหตุผลได้เป็นอย่างดี

5. เป็นสถานการณ์ที่ท้าทาย สามารถหาคำตอบได้หลายวิธี นักเรียนแต่ละคนมีระดับความรู้ ทักษะ และ ความเข้าใจ ต่อสถานการณ์ปัญหาแตกต่างกัน การใช้สถานการณ์ปัญหา

ที่สามารถหาคำตอบได้หลายวิธี จึงเอื้อต่อการใช้วิธีการของนักเรียนในการหาคำตอบ ซึ่งจะส่งเสริมการคิดและอภิปรายของนักเรียนประกอบกับปัญหาในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธี ดังนั้นการใช้สถานการณ์ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธีจึงส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสอดคล้องกับความเป็นจริงได้มากขึ้น นอกจากนี้การแก้ปัญหาเพียงไม่กี่ปัญหา แต่มีวิธีการแก้ที่หลากหลาย เป็นสิ่งที่มีประโยชน์กว่าการแก้ปัญหาหลายๆปัญหาแต่ใช้วิธีเดียวกัน เนื่องจากการใช้เพียงวิธีเดียวมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความล้มเหลวในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ตัวอย่างการเชื่อมโยง

กำหนดสถานการณ์ปัญหา ดังนี้ (กรมวิชาการ. 2545: 204-205)

บริษัทก่อสร้างต้องการเช่าที่ดินขนาด 2 ไร่ จำนวน 1 แปลง สำหรับเก็บวัสดุก่อสร้างทางในราคาประหยัด และมีผู้นำที่ดินมาเสนอให้เช่า 2 ราย ดังนี้

นายบุญ เสนอที่ดิน 2 ไร่ 1 งาน คิดราคาค่าเช่าที่ดินทั้งแปลงเดือนละ 7,000 บาท

นางล้วน เสนอที่ดิน 5 ไร่ 3 งาน แบ่งที่ดินให้เช่าได้โดยคิดค่าเช่าตารางวาละ 100 บาทต่อปี

ถ้าผู้เรียนเป็นเจ้าของบริษัทก่อสร้างดำรง ผู้เรียนจะตกลงเช่าที่ดินของใคร เพราะเหตุใด

จากสถานการณ์ปัญหาข้างต้น จะเห็นว่าผู้เรียนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณค่าเช่าที่ดิน ต้องคำนึงถึงราคาที่ต้องการประหยัด ต้องใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ การนำเสนอเฉพาะคำตอบ จากการคำนวณของผู้เรียนไม่ใช่สิ่งสำคัญที่สุด ผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญต่อแนวคิดและเหตุผลของผู้เรียนแต่ละคนประกอบด้วย

ตัวอย่างคำตอบและเหตุผลของผู้เรียนอาจเป็นดังนี้

ด.ช. ก่อ ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนายบุญ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายปีละ 84,000 บาท ($7,000 \times 12 = 84,000$) และได้ที่ดินมากกว่าที่กำหนดไว้อีก 1 งาน

ด.ญ. นิตยา ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนางล้วน ซึ่งคิดค่าเช่า 2 ไร่ หรือ 800 ตารางวา เป็นเงิน 80,000 บาท ต่อปี ซึ่งเป็นราคาเช่าที่ถูกกว่าเช่าที่ดินของนายบุญ

ด.ญ.นุช ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนายบุญ ซึ่งเมื่อคิดค่าเช่าเป็นตารางวาต่อปีแล้วจะจ่ายเพียงตารางวาละ 93 บาท ($\frac{7,000 \times 12}{900} \approx 93$) ซึ่งถูกกว่าค่าเช่าที่ดินของนางล้วน

ผู้สอนอาจเปิดประเด็นให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายต่อในเรื่องนี้ได้อีกในประเด็นที่ว่า ในชีวิตจริงแล้ว ก่อนตัดสินใจลงทุนทำกิจการใด ผู้ลงทุนจะไม่พิจารณาเฉพาะค่าเช่าเพียงอย่างเดียว ต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น สภาพแวดล้อม ความสะดวกในการเข้าออก ที่ดินอยู่ใกล้หรือไกลจากบริษัทเพียงใด ประเด็นเหล่านี้ จะช่วยทำให้ผู้เรียนมีความคิดพิจารณาในวงกว้างขึ้นสามารถนำความคิดเช่นนี้ไปประยุกต์ในชีวิตจริงได้ เป็นการส่งเสริมทักษะกระบวนการ

การให้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม และ ค่านิยม ในด้านการคิดอย่างถี่ถ้วน รอบคอบ กล้าแสดงความคิดเห็น และคิดอย่างมีวิจารณญาณอีกด้วย

อัมพร ม้าคนอง (2547: 101-102) กล่าวถึง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง อาจเริ่มต้นง่าย ๆ จากการเชื่อมโยงสองประเภทแรก คือการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ด้วยกัน ดังตัวอย่างของกิจกรรมเพื่อฝึกการเชื่อมโยงต่อไปนี้

ในหมู่บ้านของท่านมีการประชุมเพื่อแสดงความคิดเห็นว่าควรจะเสนอทางราชการให้ตั้งจุดตรวจในหมู่บ้านหรือไม่ ในการประชุมมีบางกลุ่มที่เชื่อว่า การมีจุดตรวจของตำรวจอยู่ใกล้หมู่บ้านจะช่วยลดปัญหาอาชญากรรม ที่ประชุมจึงได้ขอข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนครั้งของการเกิดอาชญากรรมในปีที่ผ่านมาจากสถานีตำรวจท้องที่ โดยได้ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 1 จำนวนของการเกิดอาชญากรรมในปีที่ผ่านมาจากสถานีตำรวจท้องที่

จำนวนกิโลเมตรที่จุดเกิดเหตุห่างจากจุดตรวจ	จำนวนครั้งของการเกิดอาชญากรรมต่อกิโลเมตร
1-5	13
6-10	14
มากกว่า 10	15

ที่มา : อัมพร ม้าคนอง. (2547). การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. หน้า 101.

1. จากข้อมูลดังกล่าว ท่านคิดว่าที่ประชุมควรสรุปความสัมพันธ์ระหว่างความใกล้/ไกลจากจุดตรวจ กับจำนวนครั้งของการเกิดอาชญากรรมต่อกิโลเมตรอย่างไร เพราะเหตุใด

2. มีบางคนในที่ประชุมพยายามใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้เพื่อให้ข้อสรุปเชื่อถือได้มากขึ้น ท่านจะช่วยคนเหล่านั้นได้อย่างไร

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การทำกิจกรรมในลักษณะนี้ ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์กับปัญหาในชีวิตประจำวันและเชื่อมโยงระหว่างความรู้คณิตศาสตร์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา เพื่อจะตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม การเชื่อมโยงในปัญหานี้ ผู้เรียนจะต้องคิดว่าจะใช้ความรู้คณิตศาสตร์อะไรที่ตนมีอยู่ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูล เนื่องจากข้อมูลในตัวอย่างนี้แตกต่างจากข้อมูลประเภทเดียวกันที่เคยพบในหนังสือเรียนหรือผู้สอนสมมติขึ้น ผู้เรียนต้องใช้การคิดวิเคราะห์ เพื่อจะได้อธิบายข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล และได้ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือโดยใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือ

กล่าวโดยสรุป ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้พัฒนาทักษะการเชื่อมโยงนั้น ครูควรบูรณาการเนื้อหาต่างๆ ภายในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ รวมถึงการนำวิชาคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน นอกจากนี้ครูยังควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง เพื่อที่จะได้นำความรู้เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้เรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำมาแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น

2.6 การวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่นการประเมินตามสภาพจริง การใช้แบบทดสอบ ซึ่งเครื่องมือทางการวัดผลแต่ละวิธีก็มีจุดเด่น และข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้เครื่องมือ หรือวิธีในการวัดผลประเมินผลในแต่ละครั้งควรคำนึงถึงความเหมาะสม และจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือในการวัดผลประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ เอกสารหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และ คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีในการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบอัตนัย หรือ แบบทดสอบความเรียง (Essay Test)

2.6.1 เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric)

กู๊ดริช (Goodrich. 1997) กล่าวว่า รูบริก (Rubric) เป็นเครื่องมือการให้คะแนน ซึ่งจะแสดงเกณฑ์สำหรับชิ้นงานจะเป็นการเชื่อมต่อกัน ในการแบ่งลำดับของคุณลักษณะแต่ละเกณฑ์ จากดีมากจนถึงต้องปรับปรุงแก้ไข และ กู๊ดริชยังได้กล่าวถึงประโยชน์ของรูบริก ไว้ดังนี้

1. รูบริกสามารถจะพัฒนาการปฏิบัติงานของนักเรียนคล้ายกับเป็นการกำกับติดตาม โดยทำให้ความคาดหวังของครูมีความชัดเจน และเป็นการแสดงว่านักเรียนจะพบกับสิ่งใดคาดหวังได้อย่างไร ผลที่ได้จะเป็นการบอกการปรับปรุงแก้ไขในคุณลักษณะของงานนักเรียนและในการเรียนรู้

2. รูบริกสามารถช่วยตัดสินเกี่ยวกับคุณลักษณะงานของนักเรียนด้วยตนเอง และงานอื่นๆ เมื่อรูบริกนำมาใช้ประเมินตนเองและกลุ่ม จะทำให้เพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหา นั้น

3. รูบริกจะช่วยลดเวลาของครูที่ใช้ในการประเมินงานของนักเรียนได้

4. รูบริกใช้อย่างง่าย และมีการอธิบายที่ชัดเจน

โรนีส (Ronis. 2000) กล่าวว่า รูบริกเป็นแนวทางการให้คะแนนผลงาน หรือการปฏิบัติของนักเรียน รูบริกจะเป็นตัวแทนคุณลักษณะที่สังเกตได้จากผลงาน กระบวนการ

หรือการปฏิบัติ รูปрикจะช่วยให้ระบบการให้คะแนนมีความง่ายในการเรียนรู้และนำไปใช้ และปรับปรุงผลงานการปฏิบัติ และโรนีสได้กล่าวว่า รูปริกจะเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ครูตอบคำถามต่อไปนี้

1. เป้าหมายการปฏิบัติของนักเรียนคืออะไร
2. อะไรเป็นสิ่งที่นักเรียนต้องรู้อย่างแท้จริง โดยขึ้นอยู่กับเกณฑ์มาตรฐาน
3. อะไรจะเป็นหลักฐานประกอบความเข้าใจของนักเรียน
4. ผลงานจะต้องมีลักษณะอย่างไรบ้าง
5. อะไรเป็นสิ่งที่ผิดพลาดแสดงถึงคะแนนที่น้อยลง

กรมวิชาการ (2539: 54) กล่าวถึง “รูปริก” (Rubrics) คือ แนวทางการให้คะแนน (Scoring Guide) ซึ่งจะต้องกำหนดมาตรวัด (Scale) และรายการคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละจุดในมาตรวัดไว้อย่างชัดเจน การให้คะแนนของรูปริก ก็คือการตอบคำถามว่านักเรียนทำอะไรได้สำเร็จหรือว่ามีระดับความสำเร็จในขั้นต่างๆ กันหรือมีผลงานเป็นอย่างไร

เสาวนีย์ เกียรย์ (2540: 159) กล่าวว่า เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนที่ประกอบด้วยประเด็นต่างๆ ที่จะใช้พิจารณางานหนึ่ง และคำอธิบายระดับคุณภาพของแต่ละประเด็นประเมิน ซึ่งอาจเรียงลำดับตั้งแต่ดีเลิศไปจนถึงต้องปรับปรุง หรือให้เป็นระดับตัวเลขตั้งแต่มากที่สุด ประเด็นประเมินอาจกำหนดเพิ่มเติมได้หลายข้อ คำอธิบายระดับคุณภาพควรอธิบายให้ชัดเจน กระชับที่สุด เป็นคำอธิบายที่สามารถบอกได้ว่า ทำไม่ต้องดีเลิศ ดี ต้องปรับปรุง

สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ (2544: 137-152) ให้ความหมายของรูปริกส์ (Rubrics) ว่าเป็นเครื่องมือในการให้คะแนน (Scoring Tool) ที่มีการระบุเกณฑ์(Criteria)ประเมินชิ้นงาน และคุณภาพ (Quality) ของชิ้นงานในแต่ละเกณฑ์

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2547: 89) กล่าวว่า กฎเกณฑ์การให้คะแนน คือ ชุดของแนวทางให้คะแนนผลการปฏิบัติเรื่องใดเรื่องหนึ่งสำหรับใช้ประเมินคุณภาพของการปฏิบัติของผู้เรียน แนวทางในการให้คะแนนอาจทำในรูปของมาตราประมาณค่า หรือแบบตรวจสอบรายการ โดยปกติกฎเกณฑ์การให้คะแนนชุดหนึ่งสำหรับประเมินจุดหมายการเรียนรู้ข้อหนึ่งหรือส่วนหนึ่งของการปฏิบัติ ในกรณีที่มีการปฏิบัติมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น จำเป็นต้องทำการประเมินหลายๆ จุดหมายการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติหลายๆ อย่าง ดังนั้นจึงต้องใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนนหลายชุดในการประเมินการปฏิบัติจากหลายๆ จุดหมายการเรียนรู้ กฎเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละชุดประกอบด้วยตัวเลขที่สะท้อนระดับคุณภาพของการปฏิบัติ เช่น 1 ถึง 4 เมื่อ 4 หมายถึง คุณภาพระดับสูงสุด, 3 หมายถึง คุณภาพระดับสูง, 2 หมายถึง คุณภาพระดับพอใช้ และ 1 หมายถึง คุณภาพยังไม่เป็นที่น่าพอใจ

ซึ่งจากความหมายและคำกล่าวของนักวิชาการสรุปได้ว่า รูปริกมีประโยชน์หลายประการ ดังนี้

1. ช่วยพัฒนาผลงานของนักเรียน ขณะเดียวกันก็เป็นเครื่องมือในการติดตามพัฒนาผลงานของนักเรียนเองด้วย เพราะรูปรีบrikบอกไว้ชัดเจนว่าครูคาดหวังอะไรและนักเรียนจะได้รู้ว่า จะก้าวไปถึงความคาดหวังนั้นได้อย่างไร

2. ช่วยให้นักเรียนหัดใช้ความคิดในการพิจารณาคุณภาพงานของตนเองและผู้อื่น จากการใช้รูปรีบrikประเมินผลงานของตนเอง และเพื่อน การฝึกให้ทำงานหลายๆครั้ง จะช่วยให้นักเรียนเป็นคนที่มีความรับผิดชอบต่องานตนเอง

3. ช่วยลดเวลาที่ครูต้องใช้สำหรับการประเมินผลงานนักเรียน เพราะหลังจากนักเรียนประเมินตนเอง และให้นักเรียนประเมินโดยใช้รูปรีบrikแล้ว ครูมักพบว่าสิ่งที่ครูต้องปรับปรุงมีไม่มาก

4. ครูสามารถปรับรูปรีบrikให้เหมาะสมกับการประเมินผลงานนักเรียนกลุ่มต่างๆ ที่ต่างกันมาก

5. เป็นสิ่งที่ยง่ายและอธิบายให้คนอื่นเข้าใจได้ง่าย เช่น การอธิบายให้ผู้ปกครองทราบ

2.6.2.1 วิธีการตรวจ ให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัย

วิธีการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัย ทำได้ 2 วิธี (Stenmark. 1991: 20)

1. วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method หรือ Point Method) ใช้การวิเคราะห์ด้วยประเด็นที่มีลักษณะแตกต่างกันของคำตอบ

2. วิธีประเมินรวม (Holistic Method) เป็นวิธีที่ผู้ประเมินพิจารณาคำตอบโดยรวมมากกว่าตรวจสอบรายละเอียดปลีกย่อยเฉพาะ

นักวัดผลการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับวิธีการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบทั้ง 2 วิธีนี้ไว้

เมอร์เรน และเลห์แมน (Mehrens;& Lehmann. 1984: 229- 238) ได้อธิบายถึงการตรวจให้คะแนนวิธีวิเคราะห์และวิธีประเมินรวมไว้ ดังนี้

1. วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method หรือ Point Method) เป็นวิธีที่มีรูปแบบคำตอบประกอบด้วยประเด็นเฉพาะที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว คะแนนของนักเรียนที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนประเด็นที่เขาตอบ รวมไปถึงส่วนอื่นๆ เช่น แสดงความคิดเห็นได้ชัดเจนการให้เหตุผล และการยกตัวอย่างสนับสนุนในประเด็นคำตอบ และการกำหนดคะแนนในแต่ละประเด็นจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการตอบ ความซับซ้อนของคำถาม และเนื้อหาที่ครูสอน

2. วิธีประเมินรวม (Global Scoring หรือ Holistic หรือ Rating Method) วิธีนี้คำตอบจะไม่ถูกแบ่งเป็นส่วนๆ เป็นประเด็นเฉพาะ แต่ผู้ตรวจจะอ่านคำตอบอย่างรวดเร็วแล้วใช้ความประทับใจและใช้มาตรฐานบางอย่าง กำหนดระดับของคำตอบ การตรวจคำตอบจะขึ้นอยู่กับ

ระดับของการแบ่ง อาจแบ่งข้อสอบเป็น 2 กลุ่ม คือ "กลุ่มที่ยอมรับได้-กลุ่มที่ยอมรับไม่ได้" หรือ 5 กลุ่ม คือ "ดีมากจนถึงต่ำกว่ามาตรฐาน" โดยมากจะแบ่งประมาณ 4 หรือ 5 กลุ่ม

สำหรับกรณี que แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ประกอบด้วย

1. คุณภาพดีมาก
2. คุณภาพดีกว่าปานกลาง
3. คุณภาพปานกลาง
4. คุณภาพต่ำกว่าปานกลาง
5. คุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน

ในการอ่านคำตอบอย่างรวดเร็ว นั้น ผู้ตรวจจะกำหนดคุณภาพของคำตอบให้อยู่ 1 ใน 5 กลุ่มนี้ แต่ละคำตอบจะต้องอ่านอย่างน้อยที่สุด 2 ครั้งเพื่อจัดอันดับคุณภาพ วิธีนี้จะไม่ลำบากและไม่เสียเวลามากไป จึงทำได้เร็วกว่าวิธีการวิเคราะห์ซึ่งวิธีประเมินรวมจะมีประสิทธิภาพมากเมื่อแบบทดสอบมีจำนวนมาก

ข้อเสนอแนะสำหรับการตรวจให้คะแนน ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะเพื่อให้การตรวจให้คะแนนมีความเชื่อมั่นเพิ่มขึ้น

1. ตรวจให้คะแนนที่ให้อ่านแล้วอีกครั้งกับระดับคะแนนที่กำหนดให้
2. พยายามให้การตรวจให้คะแนนคงที่ สม่ำเสมอ
3. ตรวจให้คะแนนที่ละคำถามให้ครบทุกคนก่อน
4. ตรวจให้คะแนนคำตอบโดยไม่บอกชื่อผู้ทำ
5. การพิจารณาต้องแยกกันระหว่างเนื้อหาความสามารถในการเขียน

ของนักเรียน

6. พยายามให้คะแนนคำตอบทั้งหมดในแต่ละคำถามโดยไม่มีการ

หยุดชะงัก

7. ถ้าเป็นไปได้ ควรมีผู้ตรวจ 2 คนที่เป็นอิสระจากกัน ในการตรวจแบบทดสอบ 1 ฉบับและใช้ค่าเฉลี่ยเป็นคะแนนสรุป

8. จัดให้มีข้อคิดเห็นและการแก้ไขข้อผิดพลาด
9. จัดชุดคำตอบมาตรฐานที่เป็นไปได้จริง

ส. วาสนา ประवालพฤษ (2533: 39-42) ได้เสนอวิธีการกำหนดระดับคะแนนทั้งแบบองค์ประกอบ ที่มีคะแนนเดียวสำหรับงานหรือข้อเขียนนั้น และแบบองค์ประกอบ ที่มีคะแนนหลายคะแนนสำหรับงานหรือข้อเขียนนั้นโดยเสนอวิธีกำหนดเกณฑ์ 5 วิธี เพื่อใช้ในการตรวจให้คะแนน ดังนี้

1. แยกประเด็นพิจารณาออกเป็นประเด็นย่อย แล้วทำเป็นตารางพิจารณาความถูกต้องในแต่ละประเด็น กำหนดระดับคะแนนตามจำนวนที่ปฏิบัติถูกต้องในประเด็นเหล่านั้น
2. กำหนดระดับความสมบูรณ์ตามเส้นแสดงความต่อเนื่องของความสามารถ (Continuous Ability)

3. กำหนดระดับความผิดพลาด พิจารณาความบกพร่องจากคำตอบว่ามี
มากน้อยเท่าใดโดยจะหักจากระดับคะแนนสูงสุดลงมาที่ระดับ

4. กำหนดระดับการยอมรับและคำอธิบาย

5. ใช้หลักการจัดกลุ่มแบบอิงกลุ่ม

กรมวิชาการ (2539: 54-59) กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนทั้ง 2 วิธีว่า

1. เกณฑ์การให้คะแนนเป็นภาพรวม หรือเกณฑ์รวม(Holistic Scoring Rubric) คือ เกณฑ์การให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งโดยดูภาพรวมของชิ้นงานว่า มีความเข้าใจใน
ความคิดรวบยอด การสื่อความหมายกระบวนการที่ใช้และผลงานเป็นอย่างไร แล้วเขียนอธิบาย
คุณภาพของงาน หรือความสำเร็จของงานเป็นชิ้นๆ โดยอาจจะแบ่งระดับคุณภาพ ตั้งแต่ 0-4 หรือ
0-6 สำหรับในขั้นต้นการให้คะแนนรูบริก อาจแบ่งวิธีการให้คะแนนหลายวิธี เช่น

วิธีที่ 1 แบ่งงานตามคุณภาพเป็น 3 กอง คือ

กองที่ 1 ได้แก่ งานที่มีคุณภาพเป็นพิเศษและเขียนอธิบาย
ลักษณะของงานที่มีคุณลักษณะเป็นพิเศษ

กองที่ 2 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้และเขียนอธิบายลักษณะของงาน
ที่ยอมรับได้

กองที่ 3 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้น้อย หรือยอมรับไม่ได้ และเขียน
อธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้น้อย

จากนั้นก็นำงานแต่ละกองมาให้คะแนนเป็น 2 ระดับ คือ

งานกองที่ 1 จะให้คะแนน 6 หรือ 5

งานกองที่ 2 จะให้คะแนน 4 หรือ 3

งานกองที่ 3 จะให้คะแนน 2 หรือ 1

วิธีที่ 2 กำหนดตามระดับความผิดพลาด คือ พิจารณาความบกพร่อง
จากคำตอบว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยจะหักจากระดับคะแนนสูงสุดลงมาที่ระดับ ดังนี้

คะแนน 4 หมายถึง คำตอบถูก แสดงเหตุผลถูก แนวคิดชัดเจน

คะแนน 3 หมายถึง คำตอบถูกเหตุผลถูกแต่มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

คะแนน 2 หมายถึง เหตุผลหรือการคำนวณผิดพลาดแต่มีแนวทางที่จะ
นำไปสู่คำตอบ

คะแนน 1 หมายถึง แสดงวิธีคิดเล็กน้อยแต่ไม่ได้คำตอบ

คะแนน 0 หมายถึง ไม่ตอบหรือตอบไม่ถูกเลย

วิธีที่ 3 กำหนดระดับการยอมรับและคำอธิบาย เช่น กฎเกณฑ์การให้
คะแนนของความเข้าใจเนื้อหาสาระ เขียนได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

4 หมายถึง การสาธิตหรือแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่
สมบูรณ์ ครบถ้วนถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์
ที่กำหนดรวมทั้งเสนอแนวคิดใหม่ que แสดงถึงความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงกฎเกณฑ์ หรือลักษณะของข้อมูล

3 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ ครบถ้วน ถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนด

2 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ ครบถ้วน ถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดในบางส่วน

1 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจในหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงาน หรือ สถานการณ์ที่กำหนดได้น้อยมาก และเข้าใจไม่ถูกต้องบางส่วน

0 หมายถึง ไม่แสดงความคิดเห็นใดๆ

ซึ่งทั้ง 3 วิธีดังกล่าวนี้ พอที่จะสรุปได้ว่า มีส่วนที่เหมือนกันก็คือ เป็นการตรวจให้คะแนนที่มองภาพรวมของผลงาน (ในที่นี้หมายถึง การตอบในกระดาษคำตอบ ของนักเรียน)แล้วแยกออกเป็นกองๆ ส่วนที่แตกต่างกันของทั้ง 3วิธี ก็คือการแยกออกเป็นกองๆ นั้น ใช้คุณสมบัติในการแยกต่างกัน กล่าวคือ

วิธีที่ 1 แยกโดยใช้คุณภาพของผลงานเป็นหลัก

วิธีที่ 2 แยกโดยใช้ความผิดพลาดของผลงานเป็นหลัก

วิธีที่ 3 แยกโดยใช้ความสามารถในการอธิบายหรือการแสดงออก ให้เห็นถึงการเข้าใจเป็นหลัก

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ หรือเกณฑ์ย่อย(Analytic Scoring Rubric) เพื่อให้การมองคุณภาพงานหรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจน จึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้คะแนน และการอธิบายคุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบเป็นระดับ โดยทั่วไปแล้วจะมีการแยกประกอบของงานเป็น 4 ด้านคือ

1. ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการในแก้ปัญหาที่ถามอย่างกระจ่างชัด

2. การสื่อความหมาย สื่อสาร คือ ความสามารถในการอธิบาย นำเสนอ การบรรยาย เหตุผล แนวคิด ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี มีความคิดสร้างสรรค์

3. การใช้กระบวนการและยุทธวิธี สามารถเลือกใช้ยุทธวิธี กระบวนการนำไปสู่ความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

4. ผลสำเร็จของงาน ความถูกต้องแม่นยำในผลสำเร็จของงาน หรือ อธิบายที่มา และตรวจสอบผลงาน

ส. วาสนา ประवालพฤกษ์ (ม.ป.ป.: 42-52)ได้เสนอการกำหนดเกณฑ์ การให้คะแนนแบบรูบรีค(Rubric) แบบ Analytic สำหรับแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการแก้ปัญหา โดยการวัดความสามารถ 4 ประการ คือ

1. ความเข้าใจในปัญหา

2. กระบวนการและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

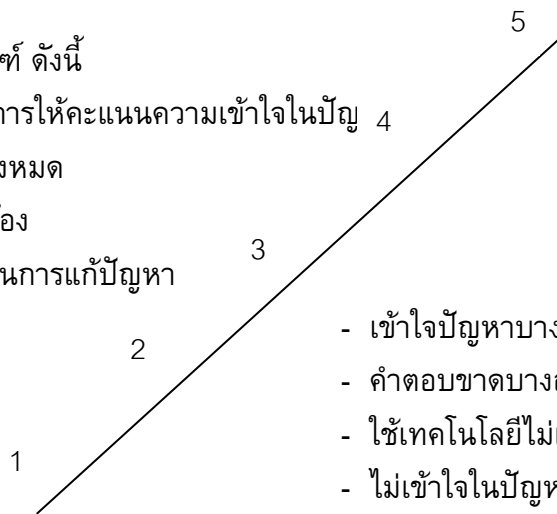
3. การสื่อสารอย่างมีเหตุผล

4. ความสามารถในการแก้ปัญหา

โดยมีเกณฑ์ ดังนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนความเข้าใจในปัญ 4

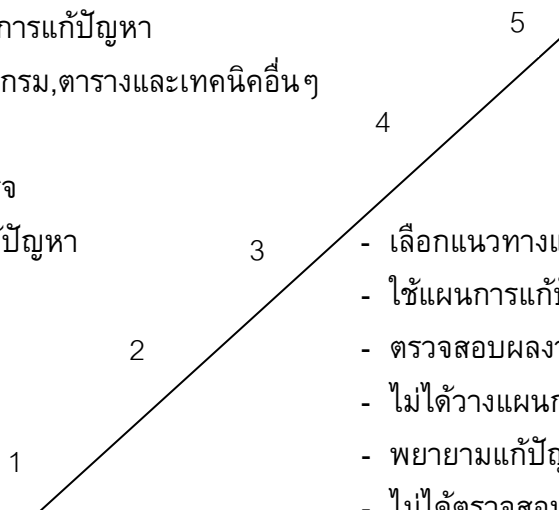
- ใช้ข้อมูลที่สำคัญทั้งหมด
- ใช้ข้อมูลอย่างถูกต้อง
- ใช้เทคโนโลยีช่วยในการแก้ปัญหา



- เข้าใจปัญหาบางส่วน
- คำตอบขาดบางส่วนไป
- ใช้เทคโนโลยีไม่เหมาะสมหรือใช้บ้าง
- ไม่เข้าใจในปัญหา
- ใช้เทคโนโลยีไม่ถูกต้อง

2. เกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

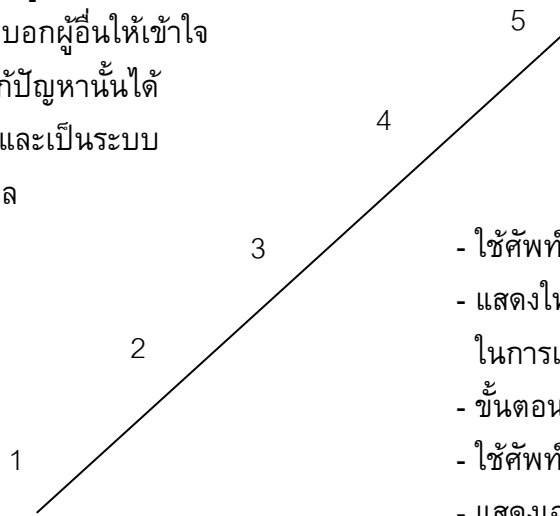
- เลือกและใช้แผนการแก้ปัญหา
- ใช้รูปภาพไดอะแกรม, ตารางและเทคนิคอื่นๆในการแก้ปัญหา
- แก้ปัญหาได้สำเร็จ
- ตรวจสอบการแก้ปัญหา



- เลือกแนวทางแต่แก้ปัญหาไม่สำเร็จ
- ใช้แผนการแก้ปัญหาที่ไม่ค่อยจะถูกต้อง
- ตรวจสอบผลงานไม่สมบูรณ์
- ไม่ได้วางแผนการแก้ปัญหา
- พยายามแก้ปัญหาแต่ไม่มีแนวทางที่ชัดเจน
- ไม่ได้ตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

3. เกณฑ์การให้คะแนนการสื่อสารอย่างมีเหตุผลในการแก้ปัญหา

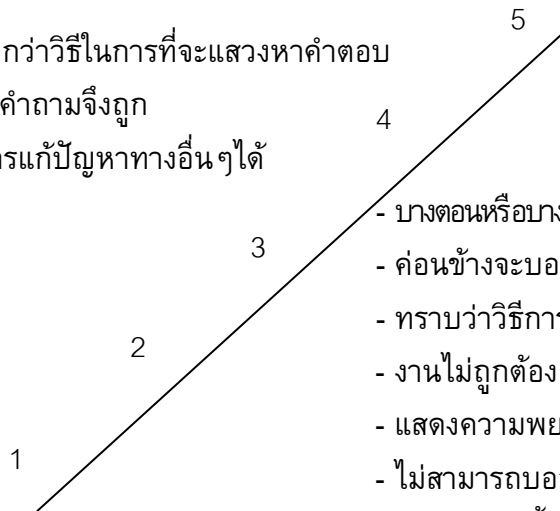
- ใช้ศัพท์เฉพาะอย่างถูกต้อง
- สามารถแสดงและบอกผู้อื่นให้เข้าใจ
แนวทางในการแก้ปัญหานั้นได้
- มีคำตอบที่ชัดเจนและเป็นระบบ
อย่างสมเหตุสมผล



- ใช้ศัพท์เฉพาะไม่ค่อยถูกต้อง
- แสดงให้ผู้อื่นเข้าใจแนวทาง
ในการแก้ปัญหของตนไม่ชัดเจน
- ขั้นตอนไม่ค่อยเป็นระบบ
- ใช้ศัพท์ไม่ถูกต้อง
- แสดงเฉพาะคำตอบไม่บอกแนวคิด
- ตอบปัญหาผิด

4. เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

- ผลงานถูกต้อง
- แสดงวิธีคิดมากกว่าวิธีในการที่จะแสวงหาคำตอบ
- บอกได้ว่าทำไมคำถามจึงถูก
- บอกแนวทางการแก้ปัญหาทางอื่นๆได้



- บางตอนหรือบางส่วนของคำตอบไม่ถูกต้อง
- ก่อนข้างจะบอกได้ว่าคำตอบนั้นถูกต้อง
- ทราบว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นไม่สำเร็จ
- งานไม่ถูกต้อง
- แสดงความพยายามแก้ปัญหา
- ไม่สามารถบอกได้ว่าทำไมจึงแก้ปัญหาไป
ในแนวทางนี้

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2547: 89) กล่าวถึงการจัดทำกฎเกณฑ์การให้คะแนนอาจพิจารณาตามลักษณะงาน/กิจกรรมได้เป็นสองรูปแบบ คือ 1) กฎเกณฑ์การให้คะแนนทั่วไปสำหรับใช้ประเมินงาน/กิจกรรมหลายๆชิ้น ที่อยู่ในกรอบเรื่องเดียวกันและ 2) กฎเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะ เป็นแนวทางการให้คะแนนทั่วไปที่เขียนให้เฉพาะเจาะจงกับการปฏิบัติของงาน/กิจกรรมแต่ละชิ้นดังตัวอย่างต่อไปนี้

กฎเกณฑ์ทั่วไป (ใช้ได้หลายงาน/กิจกรรม)

4 แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทั่วไปและข้อเท็จจริงเฉพาะในสถานการณ์อย่างถูกต้องทั้งหมด และมีแนวคิดใหม่

3 แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทั่วไปและข้อเท็จจริงเฉพาะในสถานการณ์อย่างถูกต้องครบถ้วน

2 แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทั่วไปและข้อเท็จจริงเฉพาะในสถานการณ์ไม่ครบถ้วนและมีบางความคิดผิดพลาด

1 แสดงความคิดรวบยอดทั่วไปและข้อเท็จจริงเฉพาะในสถานการณ์ผิดพลาดไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่

กฎเกณฑ์เฉพาะ(เนื้อหาเดียว ใช้ได้เฉพาะงาน / กิจกรรมเดียว)

4 แสดงความเข้าใจในความคิดรวบยอดทั่วไปในกระบวนการต่อสู้เพื่อประชาธิปไตยที่ส่งผลกระทบต่อผู้อื่นได้ถูกต้อง ครบถ้วน และมีแนวคิดใหม่เกี่ยวกับตัวประกัน

3 แสดงความเข้าใจในความคิดรวบยอดทั่วไปในกระบวนการต่อสู้เพื่อประชาธิปไตยที่ส่งผลกระทบต่อผู้อื่นถูกต้องครบถ้วน

2 แสดงความเข้าใจในความคิดรวบยอดทั่วไปในการต่อสู้เพื่อประชาธิปไตยที่ส่งผลกระทบต่อผู้อื่นอย่างถูกต้อง ครบถ้วน แต่บางส่วนผิดพลาด

1 แสดงความเข้าใจในความคิดรวบยอดทั่วไปในกระบวนการต่อสู้เพื่อประชาธิปไตยที่ส่งผลกระทบต่อผู้อื่นไม่ถูกต้องหลายส่วน

กฎเกณฑ์การให้คะแนนอาจพิจารณาตามเกณฑ์หรือองค์ประกอบเป็นสองลักษณะ คือ 1) เกณฑ์รวม (Holistic) และ 2) เกณฑ์ย่อย (Analytic) การให้คะแนนแบบเกณฑ์รวมเป็นการพิจารณาผลงานของผู้เรียนในภาพรวมว่ามีคุณภาพระดับใด ดังตัวอย่าง

กฎเกณฑ์การให้คะแนนรวม

ทักษะการแก้ปัญหา

4 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ใช้วิธีการสมเหตุสมผล มีการตรวจสอบคำตอบ แสดงวิธีทำชัดเจน มีคำบรรยายประกอบ

3 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ใช้วิธีการสมเหตุสมผล แสดงวิธีทำ

2 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำ ใช้วิธีการไม่เหมาะสมบางส่วน

1 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำไม่ครบถ้วน ใช้วิธีการไม่เหมาะสม ส่วนการให้คะแนนแบบเกณฑ์ย่อยเป็นการพิจารณาผลงานของผู้เรียนแยกเป็นด้านๆ ดังตัวอย่าง

กฎเกณฑ์การให้คะแนนเกณฑ์ย่อย

ทักษะการแก้ปัญหาแยกเป็นด้านความเข้าใจในงาน กับ คุณภาพของวิธีทำ
ความเข้าใจในงาน

4 เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจนถูกต้อง ใช้วิธีการสมเหตุสมผล

ตรวจสอบคำตอบถูก

3 เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจนถูกต้อง ใช้วิธีการสมเหตุสมผล

ตรวจสอบคำตอบถูก เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ถูกต้อง ใช้วิธีการสมเหตุสมผล ตรวจสอบคำตอบถูก

2 เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจนบางส่วนใช้วิธีการที่ขาด

ความสมเหตุสมผล

1 เขียนอธิบายงานที่ทำได้บางส่วน ส่วนใหญ่ไม่ชัดเจน

คุณภาพของวิธีทำ

4 แสดงวิธีทำถูกต้อง ชัดเจน มีคำบรรยายประกอบ มีต้นฉบับ

ร่างแก้ไข

3 แสดงวิธีทำชัดเจนถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ มีคำบรรยายประกอบ

ไม่มีร่องรอยของการแก้ไข ปรับปรุง

2 แสดงวิธีทำถูกต้องบางส่วน มีคำบรรยายประกอบแต่ไม่

ชัดเจน

1 แสดงวิธีทำที่ไม่เหมาะสม ไม่ชัดเจน ส่วนใหญ่ไม่ถูกต้อง

จากเอกสารการประเมินผลทางคณิตศาสตร์ได้สรุปเกี่ยวกับรายละเอียด

ของกฎเกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไป(General Rubric) ที่ใช้สำหรับคำถามปลายเปิด
(Open-ended Question) ดังนี้

กฎเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะ(Specific Rubric) เป็นเกณฑ์เฉพาะ
ของคำถามปลายเปิดแต่ละข้อ สำหรับเกณฑ์รูปรีดทั่วไป (General Rubric) จะเป็นตัวแบบของ
เกณฑ์การให้คะแนน เพื่อใช้ในการพิจารณาเกณฑ์เฉพาะ รายละเอียดจะเปลี่ยนแปลงสำหรับระดับ
คะแนนที่แตกต่างกัน แต่แนวคิดพื้นฐานประยุกต์ได้ในทุกระดับ

กฎเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับเกณฑ์รูปรีดทั่วไป (General Rubric)

ระดับสูงสุดควรมีลักษณะดังนี้

1. ประกอบด้วยคำตอบที่สมบูรณ์ ชัดเจน ปะติดปะต่อ

ไม่คลุมเครือและอธิบายได้ดีรวมถึงแผนภาพที่ชัดเจนและไม่ซับซ้อน

2. สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อแสดงต่อผู้อ่าน

3. แสดงความเข้าใจในแนวคิดและกระบวนการของคำตอบ

เกี่ยวกับคณิตศาสตร์

4. ระบุส่วนประกอบที่สำคัญของปัญหาทั้งหมด รวมถึง

ตัวอย่างประกอบ

5. ให้เหตุผลสนับสนุนที่มีน้ำหนัก
6. ความต้องการสนับสนุนที่มีน้ำหนัก
7. ความต้องการที่นอกเหนือจากนี้ของปัญหา

ระดับสองควรมีลักษณะดังนี้

1. ประกอบด้วยคำตอบที่ดี แต่อาจมีบางส่วนไม่สมบูรณ์
2. อธิบายได้ดีน้อยกว่า สมบูรณ์น้อยกว่า
3. ไม่แสดงความต้องการของปัญหานอกเหนือไปจากนี้

ระดับสามควรมีลักษณะดังนี้

1. ประกอบด้วยคำตอบที่สมบูรณ์ แต่การอธิบายสับสน
2. แสดงเหตุผลแต่ไม่สมบูรณ์ รวมถึงแผนภาพไม่เหมาะสม

หรือไม่ชัดเจน

3. แสดงความเข้าใจในแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ แต่ไม่

ชัดเจนแน่นอน

ระดับสี่ควรมีลักษณะดังนี้

1. ยกเว้นส่วนที่น่าสนใจ มีความหมาย หรือทั้งหมดของ

คำถามและคำตอบ

2. มีส่วนใหญ่ผิดพลาด
3. ใช้กลยุทธ์ไม่เหมาะสม

ไพศาล หวังพานิช (2526: 96-97) ได้กล่าวถึงข้อเสนอแนะในการตรวจให้คะแนนว่า ไม่ว่าจะใช้วิธีใดตรวจให้คะแนนการตรวจที่จะช่วยเพิ่มความเชื่อถือได้ของคะแนนควรกระทำดังต่อไปนี้

1. ไม่ควรให้เด็กเขียนชื่อในกระดาษคำตอบ เพื่อป้องกันการให้คะแนนจากความรู้สึกประทับใจในเรื่องอื่นๆของเด็ก ซึ่งเรียกว่า Halo Effect เช่น ให้คะแนนจากความคุ้นเคย ความรู้สึกว่าเด็กมีความตั้งใจและขยันขันแข็ง เป็นต้น

2. ตรวจคำตอบทีละข้อ ไม่ควรตรวจทุกข้อของแต่ละคน เพราะจะก่อให้เกิด Halo Effect ได้เช่นกัน เช่น เห็นว่าข้อแรกของเด็กได้คะแนนมาก ข้อต่อไปจึงให้คะแนนน้อย (ทั้งที่ตอบดี) หรือในทางตรงกันข้าม การตรวจคำถามข้อเดียวกันของทุกคนให้เสร็จจะช่วยในแง่ การเปรียบเทียบคุณภาพการตอบของเด็กทั้งกลุ่มได้ด้วย อีกทั้งช่วยให้การตรวจแต่ละข้อนั้นๆ ของแต่ละคนยึดเกณฑ์ที่เหมือนกัน

3. ไม่ควรย้อนกลับไปดูคะแนนของเด็กจากข้อที่ตรวจแล้วในการตรวจข้อต่อไป ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้คะแนนจากข้ออื่นๆ มีผลกระทบกับการให้คะแนนในข้ออื่นๆ

4. ไม่ควรให้คะแนนโดยยึดความถูกต้องทางภาษาเป็นหลัก ถ้าหากไม่ได้มุ่งวัดความถูกต้องในการเขียนและการใช้ภาษา ความถูกต้องสละสลวยในการใช้ถ้อยสำนวน

ในการตอบไม่ควรมียุติพลต่อการให้คะแนนมากหรือน้อย ผู้ตรวจควรพิจารณาเฉพาะเป้าหมายการตอบในแง่ของความสมบูรณ์ครบถ้วนของเนื้อหาหรือความสมเหตุสมผลของความคิดเป็นหลักในการให้คะแนน

5. ถ้าเป็นไปได้ควรให้คนอื่นช่วยตรวจสอบผลการตรวจให้คะแนน ทั้งนี้เพื่อให้คนอื่นได้ประเมินความเหมาะสมในการให้คะแนนของเรา ตามหลักการที่ถูกต้องนั้นคะแนนที่เด็กได้ควรเป็นคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากผู้ตรวจให้คะแนนหลายๆคน ซึ่งคงเป็นเรื่องยากในเชิงปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตามถ้าไม่อาจปฏิบัติได้ อย่างน้อยผู้ตรวจควรได้ทบทวนความเหมาะสมในการตรวจให้คะแนนของตนอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำคะแนนเหล่านั้นไปใช้

6. ควรเขียนข้อวิจารณ์ ข้อท้วงติง(Comments) ลงบนคำตอบเพื่อประโยชน์ในการเรียนรู้ของผู้เรียน หรืออย่างน้อยให้เป็นหลักฐานว่า ทำไมจึงให้คะแนนเท่านี้ สำหรับคำตอบของเด็กคนนี้

7. การตรวจให้คะแนนต้องกระทำอย่างตั้งใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนและต้องอ่านคำตอบของเด็กอย่างถี่ถ้วน เมื่อใดที่ผู้ตรวจขาดหลักเกณฑ์การให้คะแนน หรือไม่ได้อ่านคำตอบอย่างตั้งใจ คะแนนที่ให้กับเด็กมักออกมาในรูปกลางๆ ซึ่งเป็นไปตามหลักของ Central Tendency Error ซึ่งเป็นไปในลักษณะที่ว่า “ เมื่อไม่แน่ใจก็ให้คะแนนกลางๆไว้ก่อน ” ซึ่งแน่นอนคะแนนที่ได้จากการสอบวัดนั้นจะมีความเชื่อมั่นต่ำลง

ในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยข้อคำถามอยู่ในรูปสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้วิธีการตรวจโดยใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนน (Rubrics) โดยวิธีวิเคราะห์ (Analytical Method) ซึ่งการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบแต่ละข้อ จะตรวจให้คะแนนเฉพาะ (Specific Rubric)ซึ่งมีการกำหนดคะแนนเป็นส่วนย่อยๆ ในทั้ง 3 ประเด็นหลักตามชุดแนวทางการตอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. คุณภาพของแบบทดสอบ

3.1 ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรง เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องมือวัดทุกชนิด ซึ่งมีนักการศึกษาให้นิยามไว้สอดคล้องกันหลายท่าน ดังนี้

บลูม (Bloom. 1967: 468) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงหมายถึง คุณสมบัติของแบบวัดที่สามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัด

อัลเลน และเยน (Allen; & Yen. 1979: 95) กล่าวว่า แบบทดสอบจะมีความเที่ยงตรงถ้าแบบทดสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่จะวัด

อนาสตาซี (Anastasi. 1982: 99) กล่าวว่า ความเที่ยงตรง หมายถึงระดับที่แบบทดสอบนั้นวัดได้จริงตามสิ่งที่ต้องการจะวัด

ไฟสต์ (Feist. 1990: 702) กล่าวว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง แบบทดสอบหรือเครื่องมือที่สามารถวัดได้ถูกต้องแม่นยำ

กรอนลันด์; และลิน (Gronlund; & Linn. 1990: 65) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเป็นการแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านการอธิบายคะแนนของแบบทดสอบ

ฮอบกินส์ และ สแตนเลย์ (Hopkins; & Stanley. 1990: 76) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเป็นการวัดความตรงตามหน้าที่ที่จะวัดได้ดีเพียงใด สามารถประเมินความถูกต้องแม่นยำของความเที่ยงตรงจากการอ้างอิงของคะแนนวัด

สมาคม American Psychological Association (APA) สมาคม American Education Research Association (AERA) และสมาคม National Council on Measurement in Education (NCME) ได้แบ่งความเที่ยงตรงออกเป็น 3 ประเภท (Hopkins; & Stanley. 1990: 76-77) คือ

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity)
2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-Related Validity)
3. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity)

อนาสตาซี (Anastasi. 1982: 99 -104) กล่าวถึงการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงไว้ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) มี 2 ประเภท คือ

- 1.1 ความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ (Face Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบทดสอบและลงความเห็นว่าเป็นแบบทดสอบนั้นวัดลักษณะที่เหมาะสมหรือตรงประเด็น(Relevant) หรือไม่

- 1.2 ความเที่ยงตรงเชิงเหตุผล (Logical Validity) ความเที่ยงตรงนี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการนิยามให้ตรงขอบเขต (Domain) ของพฤติกรรมที่จะวัด

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-Related Validity) เป็นความเที่ยงตรงที่นำคะแนนของแบบทดสอบมาหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ (เกณฑ์คือ พฤติกรรมบางประการที่คะแนนแบบทดสอบใช้เป็นตัวพยากรณ์) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- 2.1 ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ ความเที่ยงตรงนี้มีความเกี่ยวข้องกับการใช้คะแนนแบบทดสอบเพื่อพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคต สัมประสิทธิ์ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์หาได้โดยทดสอบกับผู้ที่ต้องการพยากรณ์แล้วนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับเกณฑ์ในอนาคต

- 2.2 ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบกับคะแนนเกณฑ์ เมื่อการวัดทั้งสองอย่างได้มาในเวลาเดียวกัน

3. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นการพิจารณาว่าแบบทดสอบนั้นสามารถวัดคุณลักษณะและความสามารถตามโครงสร้างที่กำหนดไว้ได้เพียงใด การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างมีวิธีการดังนี้

- 3.1 คำนวณจากค่าความสัมพันธ์ เป็นการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการสอบกับแบบทดสอบมาตรฐาน หรือ แบบทดสอบแต่ละส่วน

3.2 คำนวณด้วยวิธีหลายลักษณะหลายวิธี วิธีการนี้ใช้เมื่อมีคุณลักษณะมากกว่า 2 คุณลักษณะและมีวิธีการทดสอบมากกว่า 2 วิธี โดยนำไปหาค่าความสัมพันธ์ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แปลผลได้ ดังนี้

3.2.1 ความเที่ยงตรงเชิงเหมือน เป็นการวัดที่เกิดจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดคุณลักษณะเดียวกันหรือวิธีเดียวกัน ซึ่งค่าสหสัมพันธ์จะต้องมีค่าสูง

3.2.2 ความเที่ยงตรงเชิงจำแนก เป็นการวัดที่เกิดจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดคุณลักษณะต่างกันหรือใช้วิธีเดียวกันหรือต่างวิธีก็ได้ ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ต้องต่ำ

3.3 คำนวณจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นการประเมินโดยกระบวนการวิเคราะห์ตัวประกอบค่าความสัมพันธ์ของคะแนนจากแบบทดสอบและได้รูปแบบน้ำหนักของตัวประกอบที่ทำนายได้

กรอนลัน และลินน์ (Gronlund; & Linn. 1990: 50-74) กล่าวถึงการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงไว้ว่าการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงนั้นสามารถแสดงได้ 3 วิธี คือ การแสดงหลักฐานด้านความสัมพันธ์กับเนื้อหา การแสดงหลักฐานด้านความสัมพันธ์กับเกณฑ์ และการแสดงหลักฐานด้านความสัมพันธ์กับโครงสร้าง ซึ่งแต่ละวิธีนั้นก็จะมีวัตถุประสงค์อย่างชัดเจนและแต่ละวิธีก็จะมีข้อจำกัดของกระบวนการแตกต่างกันออกไป การนำแบบทดสอบมาใช้นั้นจึงจำเป็นต้องมีหลักฐานแสดงการสนับสนุน ดังนี้

1. การแสดงหลักฐานด้านความสัมพันธ์กับเนื้อหา (Content-Related Evidence) เป็นกระบวนการอธิบายขอบเขตหรือเนื้อหาของแบบทดสอบที่ตรงประเด็นและเป็นตัวแทนที่ดีของแบบทดสอบ การแสดงหลักฐานวิธีนี้มีความสำคัญด้านเนื้อหาของแบบทดสอบคือข้อความของแบบทดสอบนั้นจะต้องประเด็นตรงกับจุดมุ่งหมาย กระบวนการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงด้านความสัมพันธ์กับเนื้อหานั้นเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงด้านความสัมพันธ์กับโครงสร้าง

2. การแสดงหลักฐานด้านความสัมพันธ์กับเกณฑ์ (Criterion-Related Evidence) เป็นกระบวนการอธิบายของเขตความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากการวัดกับการแสดงพฤติกรรม (เกณฑ์) หรือคะแนนที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปทำนายพฤติกรรมที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (เชิงทำนาย) หรือ ประเมินพฤติกรรมในปัจจุบัน (เชิงสภาพ) ความเที่ยงตรงวิธีนี้เป็นการรายงานสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ การแสดงหลักฐานวิธีนี้มีความสำคัญกับการนำไปแสดงกับแบบทดสอบวัดความถนัด

3. การแสดงหลักฐานด้านความสัมพันธ์กับโครงสร้าง (Construct-Related Evidence) เป็นกระบวนการอธิบายขอบเขตของแบบทดสอบว่าสามารถอธิบายได้ตรงกับนิยามหรือโครงสร้างหรือไม่ ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างจะให้การแสดงหลักฐานด้านความสัมพันธ์กับเนื้อหา และการแสดงหลักฐานด้านความสัมพันธ์กับเกณฑ์เป็นข้อมูลของการแสดงหลักฐาน กระบวนการแสดงหลักฐานวิธีนี้จะช่วยให้แบบทดสอบมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นและทำให้คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบมีความหมายอย่างแท้จริง การแสดงหลักฐานความสัมพันธ์กับโครงสร้างมีลักษณะคล้ายกับ

การหาเหตุผล อีกทั้งยังมีความตรงประเด็นของเนื้อหา ดังนั้นการแสดงผลหลักฐานวิธีนี้ จึงเป็นการ
แสดงหลักฐานที่มีความสมบูรณ์มากที่สุด

กลอนล้นและล้นได้อธิบายสรุปถึงวิธีการแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรง ดังแสดงใน
ตาราง 2 ดังนี้

ตาราง 2 สรุปวิธีการแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรง

ประเภท	กระบวนการ	ความหมาย
1.การแสดงผลหลักฐานด้าน ความสัมพันธ์กับเนื้อหา (Content-Related Evidence)	เปรียบเทียบข้อคำถามของ แบบทดสอบกับจุดมุ่งหมายของ แบบทดสอบ โดยการพิจารณา	แสดงถึงข้อคำถามว่าเสนอได้ตรง กับจุดมุ่งหมายของการวัด
2.การแสดงผลหลักฐานด้าน ความสัมพันธ์กับเกณฑ์ (Criterion-Related Evidence)	เปรียบเทียบคะแนนแบบทดสอบ กับคะแนนแบบทดสอบที่แสดง พฤติกรรมภายหลัง(สำหรับ ทำนาย)หรือเปรียบเทียบกับ คะแนนแบบทดสอบที่เป็นเกณฑ์ ในปัจจุบัน(สำหรับประเมิน พฤติกรรมในปัจจุบัน)	แสดงถึงแบบทดสอบสามารถ ทำนายหรือประเมินพฤติกรรม ในปัจจุบันด้วยค่าที่ได้จากการวัด
3.การแสดงผลหลักฐานด้าน ความสัมพันธ์กับโครงสร้าง (Construct-Related Evidence)	เป็นการประเมินความสัมพันธ์ ของคะแนนกับความตรงประเด็น ของการวัดและการตัดสินใจ กับองค์ประกอบของแบบทดสอบ	แสดงถึงผลของแบบทดสอบ สามารถอธิบายความหมายของ การวัดได้อย่างมีนัยสำคัญหรือมี คุณภาพ

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543: 246 -265) กล่าวถึงความเที่ยงตรงในการ
วัดจำแนกตามคุณลักษณะหรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัดได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- 1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity)
- 2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-Related Validity)
- 3. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity)

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง เครื่องมือที่สามารถวัดได้
ตามเนื้อหาที่ต้องการจะวัดและการพิจารณาความเที่ยงตรงชนิดนี้จะใช้การวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล
(Rational Analysis) ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจำแนกออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเหตุผล (Logical Validity) เป็นความเที่ยงตรงที่ให้
ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อนั้นวัดได้ตรงตามตารางวิเคราะห์รายละเอียด (Table of

Specifications) หรือไม่ ถ้าเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงกลุ่ม ผู้เชี่ยวชาญทางสาขาวิชานั้น จะต้องพิจารณาว่าแบบทดสอบนั้นมีข้อสอบแต่ละข้อตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดและจำนวนข้อสอบสอดคล้องกับกับตารางวิเคราะห์รายละเอียดหรือไม่ ถ้าสอดคล้องกันก็แสดงว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเหตุผล แต่ถ้าเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงเกณฑ์ ผู้เชี่ยวชาญทางสาขาวิชานั้นจะต้องพิจารณาข้อสอบของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นนั้นว่าวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ ซึ่งพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) โดยค่า IOC ที่คำนวณได้ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงจะถือว่าวัดได้สอดคล้องกัน

1.2 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) เป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่พิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตรงตามคุณลักษณะที่นิยามไว้หรือไม่ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณา ดังนั้นความเที่ยงตรงชนิดนี้จึงขึ้นอยู่กับผู้เชี่ยวชาญที่ทำการตรวจสอบว่ามีความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (Criterion-Related Validity) หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่เอาผลการวัดของแบบทดสอบไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่ต้องการ ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์จำแนกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง ความเที่ยงตรงที่เอาผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในสภาพปัจจุบัน ในกรณีที่เป็นแบบทดสอบที่ใช้กับผู้เรียน ผลการสอบจากแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงสภาพ จะสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของผู้เรียน คือผู้เรียนที่สอบได้คะแนนสูง จะเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถที่เป็นจริงสูงกว่าผู้ที่สอบได้คะแนนต่ำกว่า เช่น ในการวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ผู้ที่ได้คะแนนสูงจะเป็นผู้ที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ได้คะแนนต่ำกว่า

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ สามารถจะคำนวณได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบนั้นกับคะแนนความรู้หรือเกรดเฉลี่ย (G.P.A) ของนักเรียนที่สอบแบบทดสอบนั้นโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment: r_{xy})

2.2 ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึง ความเที่ยงตรงที่ได้มาจากเอาผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปคำนวณหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในอนาคต เพื่อที่จะเอาผลการสอบไปพยากรณ์ผลสำเร็จในอนาคต โดยการคำนวณความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ หาได้โดยคำนวณสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนชุดที่เป็นตัวพยากรณ์กับคะแนนชุดที่เป็นตัวเกณฑ์ โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment: r_{xy}) เช่นเดียวกับการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงสภาพ

3. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือตามทฤษฎีต่างๆ ของโครงสร้างนั้น หรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะของโครงสร้างของแบบทดสอบมาตรฐาน ซึ่งการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามโครงสร้างสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

3.1 คำนวณจากค่าความสัมพันธ์ เป็นการคำนวณความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบที่ต้องการหาความเที่ยงตรงโดยอาศัยคะแนนที่ได้จากการสอบกับคะแนนที่ได้จากการทดสอบแบบทดสอบมาตรฐานที่วัดลักษณะเดียวกันไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากสูตรของเพียร์สัน นอกจากนี้ความเที่ยงตรงตามโครงสร้างที่คำนวณจากค่าสหสัมพันธ์ ยังหาโดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบแต่ละส่วน หรือแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับคะแนนรวมของแบบทดสอบ แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในแต่ละส่วนกับคะแนนรวมเป็นค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง

3.2 วิธีคำนวณจากหลายลักษณะหลายวิธี (The Multitrait-Multimethods Matrix) เป็นวิธีหาความเที่ยงตรงแบบหลายลักษณะหลายวิธี ซึ่งคิดขึ้นโดยแคมป์เบลและฟิสก์ (ลัวัน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 261 อ้างอิงจาก Campbell; & Fiske. 1959) ซึ่งเป็นวิธีการหาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบที่ประกอบด้วยลักษณะที่วัดมีสองลักษณะ หรือมากกว่าสองลักษณะ และมีวิธีวัดสองวิธีหรือมากกว่าสองวิธีแล้วคำนวณหาค่าความเที่ยงตรงสองลักษณะ ดังนี้

3.2.1 ความเที่ยงตรงเหมือน (Convergent Validity) เป็นความเที่ยงตรงที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดลักษณะเดียวกันหรือวิธีวัดเดียวกัน ซึ่งก็คือความเชื่อมั่นแบบทดสอบที่สอบซ้ำกัน (Reliability of Test-Retest) และวัดลักษณะเดียวกันแต่ต่างวิธีวัดจะมีความสัมพันธ์กันมีค่าสูง

3.2.2 ความเที่ยงตรงเชิงจำแนก (Discriminates Validity) เป็นความเที่ยงตรงที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดที่ต่างลักษณะกันจะใช้วิธีวัดเดียวกันหรือต่างวิธีกันก็ตามจะมีค่าความสัมพันธ์กันต่ำหรือมีค่าต่ำกว่าความเที่ยงตรงเชิงเหมือน

3.3 วิธีการคำนวณจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นวิธีที่จะต้องคำนวณหาความสัมพันธ์ภายใน (Intercorrelation) ของข้อสอบแต่ละข้อ หรือแบบทดสอบย่อย (Subtest) แต่ละฉบับ จากนั้นจึงหาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) เพื่อพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อหรือแบบทดสอบย่อยแต่ละฉบับนั้น วัดองค์ประกอบเดียวกันหรือไม่ ถ้าผลปรากฏว่าเมื่อคำนวณค่าน้ำหนักองค์ประกอบแล้วปรากฏว่ามีหนึ่งองค์ประกอบแสดงว่าแบบทดสอบฉบับนั้นมีความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง

3.4 วิธีคำนวณจากกลุ่มที่รู้ชุดอยู่แล้ว (Known-Group Technique) เป็นวิธีที่เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่รู้ว่ามีลักษณะที่ต้องการวัดกับกลุ่มที่รู้ว่าไม่มีลักษณะที่ต้องการวัด เช่น ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบคณิตศาสตร์ ทำได้โดยนำแบบทดสอบคณิตศาสตร์ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เรียนวิชาเอกคณิตศาสตร์ (กลุ่มที่รู้ทางคณิตศาสตร์) กับกลุ่มที่เรียนวิชาเอกภาษาไทย (กลุ่มที่ไม่รู้หรือรู้น้อยทางคณิตศาสตร์) แล้วคำนวณคะแนนเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่ม มาทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ

3.5 วิธีการหาค่าความสอดคล้องภายในเครื่องมือวัด (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ . 2547: 192-193) ได้กล่าวถึงวิธีการวิเคราะห์คุณภาพด้านความเที่ยงตรงตามโครงสร้างด้วยวิธีการหา

ค่าความสอดคล้องภายในเครื่องมือวัด โดยอาศัยความสอดคล้องภายในเครื่องมือวัด โดยไม่ใช้เกณฑ์ภายนอก ซึ่งสามารถพิจารณาจากดัชนีต่างๆ ดังนี้

3.5.1 พิจารณาจากดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ เพราะข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงเป็นข้อสอบที่วัดในทิศทางเดียวกันกับส่วนรวมถือว่ามีความเที่ยงตรงตามโครงสร้างภายในสูง

3.5.2 พิจารณาจากระดับความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนส่วนย่อยภายในเครื่องมือวัดกับคะแนนรวม

3.5.3 พิจารณาจากค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดที่หาด้วยสูตรความสอดคล้องภายใน เช่น สูตร KR-20 หรือ สูตรแอลฟา ของครอนบัค (Cronbach's Coefficient-Alpha) ดังนั้นเครื่องมือวัดใดมีค่าความเชื่อมั่นสูง ก็สามารถสรุปได้ว่ามีความเที่ยงตรงตามโครงสร้างภายในสูงได้

จากวิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรงด้วยวิธีการต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการตรวจสอบความเที่ยงตรง 2 วิธี คือการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงพินิจ ซึ่งได้จากการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อ กับนิยามปฏิบัติการและขอบเขตของเนื้อหา กับ การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) โดยการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) ของแบบทดสอบ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมของแบบทดสอบในแต่ละด้านกับแบบทดสอบทั้งฉบับ

3.2 ความเชื่อมั่น (Reliability)

นันทอลลี (Nunnally. 1964: 54) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการทดสอบ

กรอนลันด์ (Gronlund. 1976: 65) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น เป็นความคงที่ของคะแนน ซึ่งได้จากการสอบบุคคลเดียวกันแต่ต่างเวลาและโอกาสกัน

อัลเลน และเยน (Allen; & Yen. 1979: 73) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นความแปรปรวนของคะแนนจริงหารด้วยความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้

อนาสตาซี (Anastasi. 1982: 109) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นหมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการทดสอบกับคนกลุ่มเดียวกันสองครั้งด้วยแบบทดสอบเดิมในเวลาที่ต่างกัน หรือทดสอบกลุ่มเดียวกันด้วยข้อสอบต่างชุดที่มีข้อสอบเทียบเท่ากันหรือภายใต้สภาพการณ์ทดสอบที่ต่างกัน

แจนดา (Janda. 1998: 59) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น เป็นตัวที่บ่งบอกความแปรปรวนของคะแนนในการสังเกตจากการทดสอบที่สามารถอธิบายความแปรปรวนคะแนนจริงได้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540: 88) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นหมายถึง ระดับความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของคะแนนสอบจากการทดสอบเรื่องเดียวกันในเวลาใดก็ตาม

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543: 209) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการสอบนักเรียนคนเดียวหลายครั้งในแบบทดสอบชุดเดิม

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2547: 198) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นหมายถึง ระดับของความสอดคล้องของผลการวัดหรือคำตอบของนักเรียนที่ได้จาก 1) การตอบคำถามเดียวกันสองครั้ง 2) การตอบคำถามที่คล้ายคลึงกันสองคำถามในเวลาเดียวกัน หรือในช่วงเวลาต่างกัน หรือ 3) การตรวจให้คะแนนคำตอบเดียวกันของผู้ตรวจสองคนหรือมากกว่าสองคน

การประมาณค่าความเชื่อมั่น

อนาสตาซี (Anastasi. 1982: 105-133) กล่าวว่า การประมาณค่าความเชื่อมั่นมี 4 แบบ คือ

1. สัมประสิทธิ์ความคงที่ เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบฉบับเดียวกันไปทดสอบซ้ำในเวลาที่แตกต่างกันได้คะแนนสองชุด นำคะแนนสองชุดไปหาค่าสหสัมพันธ์โดยวิธีอย่างง่าย (Product Moment Correlation) ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

2. สัมประสิทธิ์ของความสมมูล เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบสองฉบับที่มีลักษณะความเป็นคู่ขนานกัน คือ มีเนื้อหา ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบเท่ากัน ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่ง ในเวลาเดียวกันและนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสองฉบับมาหาค่าสหสัมพันธ์ ค่าที่ได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3. สัมประสิทธิ์ความคงตัวและความสมมูล เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบสองฉบับที่มีลักษณะคู่ขนานกัน คือ มีเนื้อหา ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบเท่ากัน ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกันในเวลาเดียวกัน โดยเว้นช่วงเวลาในการทำแบบทดสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 พอสมควร จากนั้นนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสองฉบับมาหาค่าสหสัมพันธ์ ค่าที่ได้เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

4. สัมประสิทธิ์ความคงที่ภายใน เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบฉบับเดียวสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่งเพียงครั้งเดียวและแบ่งครึ่งแบบทดสอบ ซึ่งนิยมแบ่งข้อคู่และข้อคี่ และนำคะแนนจากการแบ่งครึ่งแบบทดสอบทั้งสองชุดมาหาค่าสหสัมพันธ์ แล้วปรับขยายเป็นความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรปรับขยายของสเปียร์แมน-บราวน์

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543: 210-244) อธิบายถึงความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงกลุ่ม (Reliability of Norm-Referenced Test) มีวิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นดังนี้

1. ความเชื่อมั่นแบบความคงที่ของคะแนน (Stability Reliability) คือ การประมาณค่าความเชื่อมั่น โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้งในเครื่องมือวัดชุดเดียวกันว่ายังคงมีค่าเท่ากันเหมือนเดิมหรือไม่ ถ้ามีค่าเหมือนเดิมแสดงว่ามีความคงที่ของคะแนนวิธีนี้เป็นวิธีการสอบซ้ำ (Test-Retest Method) วิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำนี้ จะคำนวณหาค่าโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการสอบสองครั้ง โดยใช้สูตรคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient)

2. ความเชื่อมั่นโดยใช้แบบทดสอบที่เหมือนกันสองฉบับ (Equivalent-Form Reliability) เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นโดยใช้แบบทดสอบที่มีลักษณะวัดสิ่งเดียวกันหรือคู่ขนานกัน (Parallel Forms) ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน แล้วนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสองฉบับที่คู่ขนานกันนี้ไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient) เช่นเดียวกับการหาความเชื่อมั่นแบบความคงที่ของคะแนน

3. ความเชื่อมั่นโดยใช้ความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency Reliability) เป็นการหาความเชื่อมั่นที่ใช้แบบทดสอบฉบับเดียวทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว ซึ่งมีวิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่น ดังนี้

3.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split-Half Method) วิธีนี้จะแบ่งแบบทดสอบเป็นสองส่วนโดยแบ่งให้แต่ละส่วนมีลักษณะเป็นคู่ขนานกัน นิยมแบ่งเป็นฉบับข้อคู่กับข้อคี่ โดยตรวจให้คะแนนแยกเป็นคะแนนข้อคู่กับคะแนนข้อคี่ แล้วนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคู่กับคะแนนข้อคี่ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation Coefficient) จะได้ค่าความเชื่อมั่นเพียงครึ่งฉบับ จากนั้นจึงนำไปหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตรขยายของสเปียร์แมนบราวน์ (Spearman-Brown formula)

3.2 วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Procedure) แบบทดสอบที่จะใช้วิธีหาความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้ จะต้องมีลักษณะวัดองค์ประกอบร่วมกัน และคะแนนแต่ละข้อต้องอยู่ในลักษณะที่ทำถูกต้อง 1 คะแนน ทำผิดได้ 0 คะแนน ซึ่งสามารถคำนวณโดยใช้สูตร KR 20 และ KR 21

3.3 วิธีของครอนบัค (Cronbach Alpha Procedure) ครอนบัคได้พัฒนาสูตรหาความเชื่อมั่นในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) โดยพัฒนามาจากสูตร KR 20 เพื่อใช้หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ไม่ได้ตรวจให้คะแนนเป็น 1 กับ 0

3.4 วิธีของฮอยท์ (Hoyt's ANOVA Procedure) การหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประเภทตรวจให้คะแนนต่าง ๆ กันในแต่ละข้อ เช่นเดียวกับการหาค่าความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา แต่วิธีนี้ใช้หลักสถิติของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

4. ความเชื่อมั่นที่มีผู้ให้คะแนนมากกว่า 1 คน เป็นการหาค่าความเชื่อมั่นที่ใช้แบบทดสอบแบบทดสอบฉบับเดียวทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว และมีผู้ตรวจมากกว่า 1 คน เช่นแบบทดสอบความเรียง เป็นต้น ซึ่งหาในรูปของสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient : ρ^2) ที่ครอนบัค, เกลเซอร์ และ ราจารัตนัม (Cronbach, Gleser; & Rajaratnam. 1963) และเบรนนัน (Brennan. 1983) ได้เสนอสูตรไว้

5. ความเชื่อมั่นของคะแนนผลต่างของแบบทดสอบ คะแนนผลต่าง (Difference Score: $D = x - y$) มีความหมายเป็น 3 ลักษณะ คือ

5.1 คะแนนผลต่างระหว่างนักเรียน 2 คนที่สอบแบบทดสอบฉบับเดียวกัน

5.2 คะแนนผลต่างระหว่างคะแนนของแบบทดสอบ 2 ฉบับที่สอบกับนักเรียนคนเดียวกัน

5.3 คะแนนผลต่างของการสอบ 2 ครั้งในแบบทดสอบฉบับเดียวกันของนักเรียนคนเดียว (Pretest-Posttest)

6. ความเชื่อมั่นจากการแบ่งส่วนย่อยของแบบทดสอบ ในบางครั้งแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจะแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ แต่ละส่วนย่อยๆ (Parts) นั้น มีจำนวนข้อสอบไม่เท่ากัน หรือจำนวนข้อสอบเท่ากันแต่มีการกระจายคะแนนไม่เท่ากัน และส่วนย่อยๆ นั้น วัดเนื้อหาเดียวกัน ดังนั้น การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่เหมาะสม ควรจะหาในรูปแบบของคอนเจนเนอริก (Congeneric Form) คือ มีข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ว่าส่วนย่อยแต่ละส่วนนั้นมีคะแนนจริง (True Score) สัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงและการหาความเชื่อมั่นประเภทนี้ เป็นการหาแบบความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) โดยเอาคะแนนจากการทดสอบเพียงครั้งเดียวของแบบทดสอบมาคำนวณจากสูตร 3 สูตรตามการแบ่งส่วนย่อยของแบบทดสอบ โดยแบบทดสอบที่แบ่งส่วนย่อยเป็นสองส่วน จะใช้การคำนวณโดยสูตรของราจู (Raju) แบบทดสอบที่แบ่งส่วนย่อยเป็น 3 ส่วน ใช้สูตรการคำนวณของคริสทอฟ (Kristof) และ แบบทดสอบที่แบ่งส่วนย่อยหลายส่วน จะใช้สูตรของราจู (Raju) และ เฟลด์ต์ (Feldt)

บุญเชิด ภิญโญนนันทพงษ์ (2547: 199-237) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของการวัดอาจแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ได้หลายแบบ ถ้าแบ่งตามระดับของความคู่ขนานแล้วแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

1. ความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงมาตรฐานเดิม
2. ความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสมมูล
3. ความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสัมพันธ์

ถ้าแบ่งตามลักษณะการสอบวัด สามารถจำแนกตามสัมประสิทธิ์ของการคำนวณได้ 3 ชนิด ดังนี้

1. สัมประสิทธิ์ของความคงตัว (Coefficient of Stability) เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่เกิดจากการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสองชุด ที่ได้จากการสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกัน

2. สัมประสิทธิ์ของความสมมูล (Coefficient of Equivalent) เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่เกิดจากการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสองชุด ที่ได้จากการสอบด้วยแบบทดสอบคู่ขนานกันสองฉบับ

3. สัมประสิทธิ์ของความสอดคล้องภายในฉบับ (Coefficient of Internal Consistency) เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่เกิดจากการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสองส่วนหรือหลายๆ ส่วนภายในฉบับเดียวกัน ที่ได้จากการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวและสอบครั้งเดียว

วิธีการคำนวณค่าความเชื่อมั่นของการวัด แบ่งออกเป็นสองประเภท คือความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแบบอิงกลุ่ม (Norm - Referenced) และแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced)

1. ความเชื่อมั่นของการวัดแบบอิงกลุ่มอาจแบ่งเป็นวิธีต่างๆ ดังนี้

วิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบวัดซ้ำ (Test-retest) เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของ

ความคงตัวของคะแนนการสอบสองครั้ง โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Product Moment ของ Pearson

วิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบคู่ขนาน (Parallel Forms) เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของความสมมูลกันระหว่างแบบทดสอบสองฟอร์มที่ตั้งใจสร้างขึ้นมา โดยนำเครื่องมือทั้งสองฉบับที่มีคะแนนจริงสมมูลกันไปทดสอบกับผู้สอบกลุ่มเดียวกัน แล้วหาความสัมพันธ์ของคะแนนสองชุด โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Product Moment ของ Pearson

1.3 วิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบแบ่งส่วนภายในฉบับ (Part-Test Reliability)

วิธีการนี้ใช้เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นเพียงฉบับเดียว นำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวเพียงครั้งเดียว จากนั้นจึงนำคะแนนของเครื่องมือวัดมาแบ่งเป็นส่วนๆ โดยทั่วไปนิยมแบ่งเป็นสองส่วน (Split-Half) กับแบ่งเป็นหลายส่วน (Multipart's) และส่วนที่แบ่งภายในแต่ละส่วนอาจมีระดับความคู่ขนานต่างกัน 3 แบบ คือ แบบมาตรฐานเดิม แบบคะแนนจริงสมมูล และแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดจากการแบ่งส่วนภายในฉบับมีสูตรต่างๆ สรุปในตาราง ดังนี้

ตาราง 3 สูตรความเชื่อมั่นจำแนกตามระดับความคู่ขนานกับการแบ่งส่วนย่อยภายในเครื่องมือวัด

ระดับความคู่ขนาน	แบ่งสองส่วน	แบ่งหลายส่วน
แบบมาตรฐานเดิม	สูตรสเปียร์แมน-บราวน์ เฉพาะสองส่วน	สูตรสเปียร์แมน-บราวน์ ทั่วไป
แบบคะแนนจริงสมมูล	สูตรรูลอน สูตรฟลานาแกน สูตรกัตต์แมน	สูตรคูเดอร์และริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 และ 21 (KR-20 และ KR-21)
แบบคะแนนจริงสัมพันธ์	สูตรราซ สูตรเฟลด์-ราซ	สูตร r_B สูตรราซ สูตรเฟลด์-ราซ

1.3.1 วิธีแบ่งสองส่วน (Split-Half)

1.3.1.1 วิธีแบ่งสองส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิม โดยดำเนินการดังนี้ หาค่าความเชื่อมั่นครึ่งฉบับด้วยสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Product Moment Correlation ของ Pearson และนำค่าความเชื่อมั่นครึ่งฉบับมาปรับขยายให้เป็นค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตรปรับขยายของสเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman-Brown)

1.3.1.2 วิธีแบ่งสองส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสมมูล สามารถหาความเชื่อมั่นทั้งฉบับได้โดยใช้สูตรของรูลอน (Rulon) ฟลานาแกน (Flanagan) หรือสูตรของกัตต์แมน (Guttman)

1.3.1.3 วิธีแบ่งสองส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริง
สัมพันธ์ สามารถคำนวณได้จากสูตรของราชู (Raju) หรือ สูตรเฟลด์ - ราชู (Feldt - Ruju)

1.3.2 วิธีแบ่งหลายส่วน (Multipart)

1.3.2.1 วิธีแบ่งหลายส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบมาตรฐาน
เดิม ใช้สูตรสเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman-Brown) ดังนี้

1.3.2.2 วิธีแบ่งหลายส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบคะแนน
จริงสมมูล ถ้าเครื่องมือวัดให้คะแนนเป็นแบบสองค่า ใช้สูตร คุเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson)
สูตร 20 และ 21 แต่ถ้าเครื่องมือวัดนั้นให้คะแนนหลายค่า เช่นมาตราประเมินค่า (Rating Scale)
คำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach)

1.3.2.3 วิธีแบ่งหลายส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบคะแนน
จริงสัมพันธ์ แยกพิจารณาได้ 3 กรณี คือ เมื่อใช้จำนวนข้อเป็นตัวกำหนดความยาวของเครื่องมือวัด
ให้คะแนนเป็นแบบ 2 ค่า คือ ตอบถูกได้ 1 ตอบผิดได้ 0 สามารถคำนวณจากสัมประสิทธิ์ r_B
(Coefficient r_B) ของบุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2538: 51) ซึ่งพัฒนามาจากสัมประสิทธิ์ r_{12} ของ
Liou , กรณีใช้จำนวนข้อเป็นตัวกำหนดความยาวของเครื่องมือวัด คำนวณได้จากสูตรสัมประสิทธิ์เบต้าเค
(Coefficient - β_k) ของราชู ใช้หาความเชื่อมั่นเมื่อแบ่งเครื่องมือวัดออกเป็นหลายๆส่วน แต่ละส่วนมี
จำนวนข้อ หรือความยาวไม่เท่ากัน ถ้าความยาวแต่ละส่วนมีจำนวนข้อเท่ากันแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์
เบต้าเคจะเท่ากับสัมประสิทธิ์แอลฟาและเมื่อใช้ผลการสอบจริงเป็นตัวชี้บอกความยาวของเครื่องมือวัด
หรือไม่ทราบความยาว คำนวณได้จากสูตร เฟลด์-ราชู (Feldt-Raju) (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์.
2521: 300)

2. ความเชื่อมั่นของการวัดแบบอิงเกณฑ์ แบ่งเป็นวิธีต่างๆ ดังนี้

2.1 วิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นในการตัดสินใจแนกความรอบรู้ สามารถ
คำนวณได้สองสูตร คือ สูตร P_0 และ สูตรสัมประสิทธิ์ - แคปปา (K)

2.2 วิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นของคะแนนแบบอิงเกณฑ์ สามารถคำนวณได้
จากสูตรของ ลิวิงสตัน (Livingston) และสูตรราชู (Raju)

เบอร์รี สตอกก์ และคนอื่นๆ (Burry-Stock and other. 1996) ได้ศึกษาดัชนีความ
สอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Agreement Indexes : RAI) ซึ่งเป็นความเชื่อมั่นของ
ผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Reliability) ได้ผลดังนี้

ความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน (Interrater Agreement)

การลงความเห็นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนถูกอ้างอิงถึงระดับการตัดสินใจในการให้คะแนน
พฤติกรรมที่ต้องการศึกษา เป็นความแตกต่างทางความคิดตามวิธีการทางการวัดทางจิตวิทยาเรื่อง
ความเชื่อมั่น ในความคิดความเข้าใจของการลงความเห็นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน เป็นความจำ
ทางการวัดผลทางจิตวิทยาที่น่าข้อมูลเป็นรายบุคคลและคะแนนรวมในวิชาต่างๆ ที่มีจุดมุ่งหมาย

กำหนดไว้ตามวิธีการของการแสดงความคิดเห็นของผู้ตรวจให้คะแนน มีความตั้งใจในการนำมาใช้กับ ผู้ฝึกหัด หรือนักศึกษา หรือนักจิตวิทยา นักวัดผลและนักวิจัย

การศึกษาสามารถสรุปวิธีการคำนวณได้จากผลการสังเกตพฤติกรรมในระดับ I points หรือระดับช่วงชั้น ที่มีพิสัยของดัชนีจากค่าใหญ่ที่สุด คือ 1 ไปหาค่าน้อยที่สุด คือ 0 จากความคิดเห็นของผู้ตรวจให้คะแนนหลายคนได้ 6 วิธี คือ

1. RAI สำหรับข้อสอบ 1 ข้อ, ผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน, สำหรับ 1 เนื้อหา เป็นสูตรการคำนวณจากผลการให้คะแนนของผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน ที่ให้คะแนนพฤติกรรมเดียวกัน ที่มีข้อมูลแบบ I ระดับ (I point) หรือช่วงชั้น ถ้าผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน ให้คะแนนเหมือนกัน ค่า RAI=1 ถ้าผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน ให้คะแนนแตกต่างกัน/ไม่เหมือนกัน ค่า RAI=0

2. RAI ที่ใช้ผลรวมของคะแนนที่มีผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน, 1 เนื้อหา และ K พฤติกรรม ใช้คะแนนที่ได้จากการสังเกตสำหรับ K พฤติกรรมของผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน สูตรนี้สามารถแสดงค่า RAI สำหรับพฤติกรรม K

3. RAI ที่ใช้ผลรวมของคะแนนที่มีผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน, N เนื้อหา, K พฤติกรรม สำหรับผลการให้คะแนนจากผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน ที่ให้คะแนน N เนื้อหา ใน K พฤติกรรม ที่เหมือนกัน และต่อเนื่องกัน

สำหรับการตรวจที่มีจำนวนผู้ให้คะแนนมีมากกว่า 2 คน หรือมีผู้ให้คะแนน M คน ให้ $\bar{R}$ แสดงค่าเฉลี่ยจากผู้ให้คะแนน M คน

4. RAI สำหรับข้อสอบ 1 ข้อ, ผู้ตรวจให้คะแนนหลายคน, 1 เนื้อหา มีที่มาของคะแนนจากผู้ตรวจให้คะแนน M คน ที่ให้คะแนนเหมือนกันใน 1 พฤติกรรม ที่ต่อเนื่อง I ระดับ

5. RAI สำหรับผู้ตรวจให้คะแนน M คน, K พฤติกรรม, 1 เนื้อหา ซึ่งหาค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมที่ k ของ RAIs ของผู้ตรวจให้คะแนน M คน ใน 1 พฤติกรรม (นั่นคือ RAI ของผู้ตรวจให้คะแนน M คน ใน 1 พฤติกรรม สามารถหาค่าเฉลี่ยของผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน) RAIs ที่ผู้ตรวจให้คะแนน 2 คน หรือแบบคู่ แสดงถึงข้อเปรียบเทียบกับผู้ตรวจให้คะแนนคนเดียวกับค่าเฉลี่ยกับผู้ให้คะแนนอื่นๆ

6. RAI สำหรับผู้ตรวจให้คะแนน M คน , K พฤติกรรม ,N เนื้อหา ให้ R_{mnk} เป็นคะแนนของผู้ให้คะแนน M คน ในการตรวจ k พฤติกรรม จากจำนวน N^{th} เนื้อหา

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้หาความเชื่อมั่น 2 วิธี คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย ด้วยวิธีการแบ่งส่วนย่อยหลายส่วน โดยใช้สูตรเฟลด์ต์-ราจู (Feldt-Raju) และค่าความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Reliability) 3 คนโดยการคำนวณดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Agreement Indexes: RAI)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยต่างประเทศ

เดร็กเซล (Drexel. 1997: 2119 -A) ได้ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างเศษส่วนธรรมดา (Common Fraction) กับเศษส่วนทศนิยม (Decimal Fraction) หรือเศษส่วนที่มีพหุคูณของ 10 เริ่มต้นที่เลือกนักเรียน 9 คน ซึ่งเป็นนักเรียนเกรด 6 ที่อยู่ต่างห้องเรียนกันมาทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงเศษส่วนธรรมดากับเศษส่วนทศนิยม โดยให้ทำข้อสอบเศษส่วนแบบเขียนตอบ และสัมภาษณ์ถึงการเรียนเรื่องเศษส่วนที่ผ่านมา เพื่อจะได้ทราบระดับความรู้และมโนคติเรื่องเศษส่วนของนักเรียน ปรากฏว่ามโนคติเรื่องเศษส่วนของนักเรียนมีอยู่จำกัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้บทเรียน 6 บทในการปูพื้นฐานมโนคติและทักษะเรื่องเศษส่วน และใช้บทเรียนเพียง 2 บทในการเชื่อมโยงมโนคติของเศษส่วนธรรมดาและเศษส่วนทศนิยมกับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากการใช้บทเรียนก็ทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถจำแนก เปรียบเทียบ ดำเนินการบวกและลบเศษส่วนทศนิยมได้ สามารถนำหลักการของเศษส่วนธรรมดาไปใช้กับเศษส่วนทศนิยมได้ ซึ่งข้อจำกัดนี้ชี้ว่า ความรู้ของนักเรียนยังมีปัญหาต่อการนำมาใช้ แต่จากการที่นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเศษส่วนธรรมดาและเศษส่วนทศนิยมมาสัมพันธ์กันได้ อาจมีความหมายต่อความเข้าใจมโนคติ และการดำเนินการในการทศนิยม

วิลเลียมส์ (Williams. 1999: 3836-A) ได้ศึกษาการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดเรื่องจำนวนกับการคิดในใจ ด้วยการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดในใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8 จำนวน 413 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 183 คน กลุ่มควบคุม 230 คน และครูเข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้จำนวน 6 คน กลุ่มทดลองใช้ชุดการสอนจำนวน 83 บทเรียน เรื่องจำนวน กลุ่มควบคุมใช้การสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนที่ใช้มีผลทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการเชื่อมโยงการคิดในใจแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลจากการสัมภาษณ์กลุ่มทดลองพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในกระบวนการเชื่อมโยงการคิดในใจของนักเรียนก่อนและหลังสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม

ลอว์สัน และ ชินนาพแพน (Lawson; & Chinnappan. 2000: 26-43) ได้ศึกษาการเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิต ศึกษาตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการทำกาแก้ปัญหา และคุณภาพระบบความรู้ของนักเรียน จากนักเรียน 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกับกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนรู้อย่างมีแบบแผน มีระบบ มากกว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ และมีระบบความคิดของการเชื่อมโยงความรู้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิตที่นำไปสู่ความสำเร็จได้มากกว่า

นุท (Knuth. 2000: 500-508) ได้ศึกษาความเข้าใจในการสร้างการเชื่อมโยงในระบบพิกัดฉากของนักเรียน สืบเนื่องจากการนำเสนอเนื้อหาที่หลากหลายของฟังก์ชันในวิชา

คณิตศาสตร์ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา มีนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวนมาก ไม่เข้าใจการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาเหล่านั้น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างพีชคณิตและกราฟ ของฟังก์ชัน จากนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 178 คน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาพีชคณิตของแคลคูลัส เป็นปีแรก ผลการวิจัยพบว่า มากกว่า 3 ใน 4 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเลือกทำแบบทดสอบโดยใช้ วิธีทางพีชคณิต แม้ว่าการหาคำตอบโดยใช้กราฟของฟังก์ชันจะง่ายกว่าก็ตาม และน้อยกว่า 1 ใน 3 ที่ใช้วิธีของกราฟจะใช้วิธีอื่นๆ หรือไม่มีวิธีที่มีทางเลือกอื่นอีก

ไคล์ และ มัวร์ (Kyle; & Moor. 2001: 80-86) ได้พัฒนาการเรียนการสอน คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยใช้วิธีเข้าไปเยี่ยมครอบครัวของนักเรียน ใช้การพูดคุยแบบไม่เป็นทางการและการสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้าง หลังจากนั้นจึงรวบรวมข้อมูล และจัดรูปแบบของสิ่งที่นักเรียนสนใจและทักษะการปฏิบัติของแต่ละครอบครัว ซึ่งบางอย่างเกี่ยวกับ ขั้นตอนการทำเกษตร การเลี้ยงสัตว์ การฝีมือ การดูทีวี และ การทำอาหาร หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำ ข้อมูลนั้นมาพัฒนาเป็นปัญหาที่มีความหลากหลาย และมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาหลายขั้นตอน แล้วนำมาให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ผู้ปกครองของนักเรียน มีความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น จากที่เคยคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องยาก และช่วยให้ ครูผู้สอนสามารถนำความรู้ที่บ้านของนักเรียนมาช่วยส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ไคล์ และคณะ ยังเชื่อว่าการให้นักเรียนได้ทำงานที่มีความหมาย การให้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริง เป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการส่งเสริมความสามารถในการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียน และนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมอย่างสุดความสามารถถ้าการเรียน การสอนคณิตศาสตร์นั้นได้เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขา ความรู้และทักษะ ที่ครอบครัวเขาสนใจ

4.2 งานวิจัยในประเทศ

สมบัติ แสงทองคำสุก (2545: 94-97) ได้พัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนนารีวิทยา เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร จำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่า ประสิทธิภาพ 89.84/82.32 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงดังกล่าวหลังได้รับการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เทอดเกียรติ วงศ์สมบูรณ์ (2547: 50-51) ได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงเท่ากับ 82.9/70.1 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ ที่กำหนดไว้ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรโดยใช้กิจกรรม

การเรียนการสอนคณิตศาสตร์นี้ สามารถสอบผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นางลักษณ์ แก้วมาลา (2547: 73-75) ได้สร้างชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอน โดยใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์นี้ด้วย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนหนองแคว “สรกิจพิทยา” อำเภอหนองแคว จังหวัดสระบุรี ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภายหลังได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศศิธร แก้วรักษา (2547: 58-59) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA Model) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA Model) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น มีประสิทธิภาพ 80/80 โดยมีประสิทธิภาพ 82.11/83.59 และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นี้ สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุพัฒตรา หล้าฤทธิ์ (2547:80-84) ได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการคิดแบบเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านวังน้ำขาวชนูปถัมภ์ อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการคิดแบบเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ในลักษณะต่าง ๆ ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ครูผู้สอนสามารถนำกิจกรรมในลักษณะนี้ไปใช้ในการเรียนการสอนในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้

ลิลลา ดลภาค (2549: 61-64) ได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนการสอนเรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงสามารถสอบผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บุญญา แซ่หล่อ (2550 : บทคัดย่อ) ได้บูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิต โดยใช้สถานการณ์จริงสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนย่านตาขาวรัฐชนูปถัมภ์ จังหวัดตรัง จำนวน 30 คน ซึ่งผ่านการเรียนวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์เรื่อง ค่ากลางของข้อมูลเรื่อง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม การนำเสนอข้อมูลในรูปตาราง กราฟเส้น และแผนภูมิแท่ง และสมการเชิงเส้นสองตัวแปร ทำการทดลองโดยให้กลุ่มตัวอย่างเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 30 คาบ โดยเน้นการเชื่อมโยงในสองแบบ คือ การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิต ทดลองโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงและแบบทดสอบวัดความลึกในการเข้าใจเนื้อหาทั้งก่อนและหลังการทดลอง ควบคู่กับการสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ในเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่าหลังการทดลองนักเรียนที่ได้รับการบูรณาการมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงและความสามารถด้านความลึกในการเข้าใจเนื้อหาสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากเอกสารและงานวิจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญ ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้ลึกซึ้งและยาวนานขึ้น ตลอดจนเห็นคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีคุณค่า น่าสนใจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2550 : 83) ซึ่งความสามารถในการเชื่อมโยง เป็นทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งผู้วิจัยจึงต้องการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพ เพื่อให้ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือและสามารถสะท้อนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามสภาพจริงของนักเรียน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ดำเนินการวิจัยโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive Research) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบการวิจัยและดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม จำนวน 12 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 541 คน จำแนกเป็นเพศชาย 245 คน เพศหญิง 296 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการพัฒนาแบบทดสอบ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนลำปลายมาศและโรงเรียนนางรอง ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้นักเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จำนวน 180 คน จำแนกเป็นนักเรียนโรงเรียนลำปลายมาศ 90 คน และนักเรียนโรงเรียนนางรอง 90 คน โดยมีรายละเอียดดังตาราง 4

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาและเปรียบเทียบ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) มีเพศเป็นชั้นและมีนักเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ได้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 146 คน จำแนกเป็นนักเรียนชาย 73 คน นักเรียนหญิง 73 คน

ตาราง 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้ (Try Out) เพื่อการพัฒนาแบบทดสอบ

โรงเรียน	จำนวน กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (Try Out)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ลำปลายมาศ	90	90	-	-
นางรอง	90	-	45	45
รวม	180	90	45	45

2. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยข้อคำถามอยู่ในรูปของสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตามสาระการเรียนรู้สาระที่ 6 มาตรฐาน ค.6.4 คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 8 ข้อ คะแนนเต็ม 48 คะแนน แบ่งออกเป็น

1. ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ
2. ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น จำนวน 4 ข้อ

ซึ่งคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ มีเกณฑ์การให้คะแนน โดยมีคะแนนเต็ม ข้อละ 6 คะแนน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างแบบทดสอบอัตนัยและเกณฑ์การให้คะแนน

1. ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนน แบบวิธีวิเคราะห์ (Analytical Method) โดยมีขั้นตอนการสร้าง และหาคุณภาพดังนี้

1.1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ

1.1.1 เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.1.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น

1.1.3 เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน จากผู้ตรวจ 3 คน

1.2. ศึกษาทฤษฎี หลักสูตร คู่มือครูและแบบเรียน และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 ศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตร หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

1.2.2 ศึกษาทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.2.3 ศึกษาลักษณะ, การสร้างแบบทดสอบอัตนัย และเกณฑ์การให้คะแนน

1.2.4 ศึกษาวิธีการหาค่าความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนนที่มีจำนวนมากกว่า 2 คน ด้วยวิธีการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนจากสูตรของเบอร์รี-สต็อกและคนอื่นๆ (Burry-Stock and other. 1996)

1.3. เขียนนิยามพฤติกรรมที่ต้องการวัดที่ใช้ประเมินพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

1.4. วิเคราะห์ขอบเขตของเนื้อหาที่ต้องการวัด กำหนดรายละเอียดการสร้างแบบทดสอบ ดังนี้

ตาราง 5 ตารางกำหนดรายละเอียดการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการเชื่อมโยง	สาระการเรียนรู้	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
เชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์	สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ - ทศนิยม - พื้นที่และปริมาตร สาระที่ 2 การวัด - เวลา - แผนผัง, ระยะทาง สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น - แผนภูมิวงกลม	5 ข้อ (30คะแนน)
เชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น	กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี สาระที่ 1 การดำรงชีวิตและครอบครัว - กลุ่มงานบ้าน (อาหารและโภชนาการ) - กลุ่มงานเกษตร (การผลิตพืช) - งานธุรกิจ (การออมทรัพย์) กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม สาระที่ 3 เศรษฐศาสตร์ - การเลือกซื้อสินค้าและบริการในฐานะผู้บริโภค	5 ข้อ (30 คะแนน)
		10 ข้อ (60คะแนน)

1.5. เขียนข้อสอบตามนิยามปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 สร้างสถานการณ์ที่เป็นข้อคำถามให้ตรงตามนิยามปฏิบัติการและขอบเขตของเนื้อหาสาระการเรียนรู้ของแบบทดสอบ โดยสถานการณ์ที่สร้างขึ้นเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและมีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ซึ่งสถานการณ์มุ่งวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น

1.5.1.1 ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ สถานการณ์ มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ซึ่งต้องใช้ความรู้และเนื้อหาภายในวิชาคณิตศาสตร์ที่ผ่านการเรียนรู้มาแล้วตามตารางกำหนดรายละเอียดการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ

1.5.1.2 ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น สถานการณ์ มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ซึ่งต้องใช้ความรู้และเนื้อหาในวิชาอื่นที่ผ่านการเรียนรู้มาแล้วตามตารางกำหนดรายละเอียดการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ

โดยแบบทดสอบแต่ละข้อจะมีข้อมูลซึ่งเป็นสถานการณ์ที่สร้างขึ้นเป็นโจทย์ และมีคำถามย่อย 3 คำถาม แต่ละคำถามจะวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์การให้คะแนน ทั้ง 3 ประเด็นย่อยโดยคำถามที่ 1 วัดความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา คำถามที่ 2 วัดการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และคำถามที่ 3 วัดการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป

1.5.2 สร้างเกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยโดยใช้การตรวจให้คะแนนโดยวิธีวิเคราะห์ แบบทดสอบแต่ละข้อจะมีเกณฑ์เฉพาะโดยแบ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งสองด้าน ออกเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. ความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการแสดงความเข้าใจในสถานการณ์อย่างชัดเจน โดยเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนด มาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาสามารถระบุประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด

2 คะแนน เมื่อเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนด มาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปของสัญลักษณ์ ประโยคสัญลักษณ์ ตาราง แผนภาพ แผนผัง ได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด

1 คะแนน เมื่อเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนด มาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปของสัญลักษณ์ ประโยคสัญลักษณ์ ตาราง แผนภาพ แผนผัง ได้ไม่ครบกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ หรือมีแนวโน้มของการเลือก หรือนำข้อมูลมาใช้ในทางที่จะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อไม่สามารถเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนด มาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปของสัญลักษณ์ ประโยคสัญลักษณ์ ตาราง แผนภาพ แผนผัง เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้อง

2. การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การแสดงความเข้าใจในแนวคิดเนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยการเชื่อมโยงความรู้และหลักการด้านคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วในการอ้างอิง อธิบาย บรรยายถึงวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง สมเหตุสมผล

2 คะแนน เมื่อแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เรียนมาแล้วมาอ้างอิง อธิบาย บรรยาย วิธีการแก้ปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาชัดเจน และได้มาซึ่งคำตอบได้อย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

1 คะแนน เมื่อแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เรียนมาแล้วมาอ้างอิง อธิบาย บรรยาย วิธีการแก้ปัญหาได้เพียงบางส่วน

0 คะแนน เมื่อไม่มีการแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา

3. การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการอ้างอิง อธิบาย บรรยาย ถึงคำตอบ หรือข้อสรุปที่ได้ว่ามีความเหมาะสม ถูกต้อง โดยอาศัยหลักการ ข้อมูล ข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบายสรุปคำตอบที่ได้ และอาจจะมีการยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

2 คะแนน เมื่ออธิบาย สนับสนุนคำตอบ หรือคัดค้านคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องเหมาะสม โดยอาศัยหลักการ ข้อมูล ข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบายสรุปคำตอบที่ได้ และอาจจะมีการยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

1 คะแนน เมื่ออธิบาย สนับสนุนคำตอบ หรือคัดค้านคำตอบที่ได้แต่ไม่สมบูรณ์ คือไม่มีข้อมูล ข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบาย

0 คะแนน เมื่อไม่มีการอธิบายสนับสนุนหรือคัดค้านคำตอบหรือข้อสรุปที่ได้ ซึ่งการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบแต่ละข้อ จะตรวจให้คะแนนเฉพาะ (Specific Rubric) โดยมีการกำหนดคะแนนเป็นส่วนย่อยๆ ในทั้ง 3 ประเด็นหลักตามชุดแนวทางการตอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. ตรวจสอบคุณภาพขั้นต้น โดยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พร้อมทั้งเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีวุฒิปริญญาโทสาขาการวัดผลการศึกษาและครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาแล้วไม่ต่ำกว่า 5 ปีจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงพินิจของแบบทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าข้อความสถานการณ์มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและนิยามปฏิบัติการที่กำหนดและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน รวมทั้งความเหมาะสมในการใช้ภาษาในสถานการณ์และเกณฑ์การให้คะแนน รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ โดยสถานการณ์และเกณฑ์การให้คะแนนทั้งหมดเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยตามวิธีของโรวเนลลีและแฮมมิงตันแล้ว จะต้องมีความสอดคล้อง (Index of Congruency: IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงพินิจ ผลจากการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงพินิจของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน มีความเห็นตรงกันทุกท่าน คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 10 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

3. วิพากษ์และปรับแก้ข้อความสถานการณ์และเกณฑ์การให้คะแนนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ข้อความสถานการณ์และเกณฑ์การให้คะแนนที่มีความเที่ยงตรงและสมบูรณ์

4. นำแบบทดสอบฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ (Try Out) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ และคุณภาพโดยรวมทั้งฉบับ

4.1 ทดลองใช้ (Try Out) ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนลำปลายมาศ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 90 คน เพื่อสำรวจความชัดเจนทางด้านภาษา และความเป็นไปได้ของเกณฑ์การให้คะแนน หาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบโดยพิจารณาจากเวลาที่นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบเสร็จ ซึ่งการทดลองใช้ครั้งที่ 1 นี้ ผู้วิจัยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 2 ฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ โดยแบบทดสอบแต่ละฉบับประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น ผลการพิจารณาเวลาที่ได้จากการบันทึกแล้วพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบเสร็จ ฉบับละ 2 ชั่วโมงครึ่ง รวมเวลาที่นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 10 ข้อ ประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งการตอบคำถามของนักเรียนส่วนใหญ่จะเป็นการเขียนตอบตามแนวทางการตอบที่ผู้วิจัยสร้างไว้

4.2 นำแบบทดสอบฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วในข้อ 4.1 ไปทดลองใช้ (Try Out) ครั้งที่ 2 เนื่องจากในการทดลองใช้ครั้งนี้ ผู้วิจัยมีเวลาในการทดลองใช้แบบทดสอบ 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยจึงคัดเลือกแบบทดสอบสำหรับการใช้ในการทดลองครั้งนี้เพียง 9 ข้อ โดยแบ่งแบบทดสอบออกเป็น 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 จำนวน 5 ข้อ ฉบับที่ 2 จำนวน 4 ข้อ และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนนางรอง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3 จำนวน 45 คน โดยข้อสอบทั้ง 2 ฉบับใช้เวลาในการทดลองใช้ฉบับละ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำแบบทดสอบไปถ่ายเอกสาร นำไปให้ผู้ตรวจให้คะแนนซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 3 คน ตรวจสอบตามเกณฑ์การให้คะแนน แล้วตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Reliability) ด้วยวิธีการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Agreement Index :RAI) จากสูตรของเบอร์รี่ -สต็อกและคนอื่นๆ ซึ่งผลการตรวจจากผู้ตรวจ 3 คน ได้ดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.994 หลังจากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อด้วยเทคนิค 25 % ของนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมดแล้วใช้สูตรการคำนวณของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney and Saber.1970) ซึ่งผลการทดสอบพบว่าแบบทดสอบทั้ง 9 ข้อ มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.73 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.44 ถึง 0.79 ซึ่งถือว่าแบบทดสอบมีคุณภาพทุกข้อ ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกแบบทดสอบจำนวน 8 ข้อ มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.70 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.52 ถึง 0.79 สำหรับใช้ในการทดลองใช้ครั้งที่ 3 โดยแบ่งออกเป็น แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ 4 ข้อ และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น 4 ข้อ

4.3 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกได้ จำนวน 8 ข้อ ไปทดลองใช้ (Try Out) ครั้งที่ 3 กับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนนางรอง จำนวน 45 คน เพื่อวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) โดยหาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) ของแบบทดสอบ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมของแบบทดสอบในแต่ละด้านและทั้งฉบับ ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายในของความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น มีค่า 0.991 และ 0.995 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งสองด้าน

4.4. หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ ด้วยวิธีการแบ่งส่วนย่อย 8 ส่วน แต่ละส่วนมีความยาวเท่ากับ 1 ข้อ โดยใช้สูตรของ เฟลด์ต์-ราจู (Feldt - Raju) ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ มีค่า 0.984 และเมื่อวิเคราะห์ในแต่ละด้าน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น เท่ากับ 0.976 และ 0.963 ตามลำดับ

4.5. พิมพ์แบบทดสอบโดยเรียงลำดับจากข้อง่ายไปหาข้อที่ยากและจัดทำคู่มือการดำเนินการสอบฉบับสมบูรณ์ สำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อรายงานผลการวิจัยต่อไป

แบบทดสอบวัดความเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนอธิบาย ขั้นตอนการคำนวณและแสดงแนวทางที่ทำให้ได้คำตอบ โดยอาศัยแนวคิด ความรู้ หลักการทางวิชาคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหา
2. ให้นักเรียนเขียนอธิบาย บรรยาย แสดงการให้เหตุผลในการอธิบายคำตอบ โดยอ้างอิง แนวคิด ความรู้ หลักการทางวิชาคณิตศาสตร์ ที่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อหาคำตอบ หรือ แก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้อง เพราะทุกส่วนมีผลต่อการให้คะแนน

ตัวอย่างข้อคำถาม

0) ในการแข่งขันกีฬาภายในโรงเรียน สุนิสามีนหน้าที่ในการดำเนินการจัดทำเสื้อเชียร์ประจำคณะสีแดง ให้กับนักเรียนจำนวน 89 คน โดยได้สอบถามราคาเสื้อสีแดงและราคาการปักเสื้อจากร้านค้า จำนวน 2 ร้าน ซึ่งมีสมมติฐานว่ามีเนื้อผ้า, ฝีมือการปัก, ความสะดวกในการติดต่อ และเวลาในการปักเสื้อได้ใกล้เคียงกัน พบว่า

ร้านที่ 1 จำหน่ายเสื้อสีแดงราคาไหลละ 1,000 บาท และคิดค่าจ้างในการปักเสื้อตัวละ 15 บาท แต่ถ้าซื้อไม่ครบไหลจะคิดราคาขายปลีกตัวละ 100 บาท แต่ราคาปักเท่าเดิม

ร้านที่ 2 จำหน่ายเสื้อสีแดงราคาตัวละ 110 บาท และคิดค่าปักตัวละ 16 บาท แต่ถ้าซื้อเสื้อมากกว่า 70 ตัว ลดราคาเสื้อให้ตัวละ 10 บาท และคิดค่าปักเพียง 50 % จากราคาปักทั้งหมด

ซึ่งทั้ง 2 ร้าน จะรับปักเสื้อให้เฉพาะลูกค้าที่ซื้อเสื้อจากร้านของตนเองเท่านั้น

จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้ (3 คำถาม)

1. ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณราคาเสื้อและราคาปักที่ทางร้านกำหนดอย่างละเอียด เพื่อเปรียบเทียบราคาในการตัดสินใจเลือกซื้อ
2. ถ้านักเรียนเป็นสุณิสา จะตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อสีแดงจากร้านค้าใด เพราะเหตุใด
3. อธิบายแนวคิด เหตุผล สนับสนุน การตัดสินใจไม่เลือกซื้อเสื้อจากร้านเสื้ออีกร้านอย่างสมเหตุสมผล

แนวการตอบ

คำถามที่ 1 ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณราคาเสื้อและราคาปักที่ทางร้านกำหนดอย่างละเอียด เพื่อเปรียบเทียบราคาในการตัดสินใจเลือกซื้อ

วิธีคิด ราคาเสื้อพร้อมปัก จำนวน 89 ตัว กรณีเลือกซื้อจากร้านที่ 1

ร้านที่ 1	ราคาเสื้อโหลละ 1,000 บาท ถ้าซื้อไม่ครบโหล ขายปลีกตัวละ 100 บาท	
เนื่องจาก	ซื้อเสื้อ 7 โหล เป็นเงิน $7 \times 1,000 = 7,000$ บาท	
และ	ซื้อเสื้อ 5 ตัว เป็นเงิน $5 \times 100 = 500$ บาท	
	แสดงว่าซื้อเสื้อจากร้านที่ 1 ทั้งหมดเป็นเงิน 7,500 บาท	
	ราคาปักเสื้อตัวละ 15 บาท	
ดังนั้น	ปักเสื้อ 89 ตัว เป็นเงิน $89 \times 15 = 1,315$ บาท	
ดังนั้น ถ้าซื้อเสื้อพร้อมปักจากร้านที่ 1 จำนวน 89 ตัว จะต้องจ่ายเงิน	$7,500 + 1,315 = 8,815$ บาท	

วิธีคิด ราคาเสื้อพร้อมปัก จำนวน 89 ตัว กรณีเลือกซื้อจากร้านที่ 2

ร้านที่ 2 จำหน่ายเสื้อสีแดงราคาตัวละ 110 บาท แต่ทางร้านกำหนดว่าถ้าซื้อมากกว่า 70 ตัว ลดราคาเสื้อให้ตัวละ 10 บาท ดังนั้น ซื้อเสื้อจากร้านที่ 2 ได้ ในราคาตัวละ 100 บาท

ดังนั้น ซื้อเสื้อ 89 ตัว เป็นเงิน $89 \times 1,000 = 8,900$ บาท

ราคาปัก ตัวละ 16 บาท

ดังนั้น ปักเสื้อ 89 ตัว เป็นเงิน $89 \times 16 = 1,424$ บาท

แต่ทางร้านคิดค่าปักเพียง 50 % จากราคापักทั้งหมด

ดังนั้น ราคาปัก 1,424 บาทลดเหลือ $1,424 \times \frac{50}{100} = 712$ บาท

ดังนั้น ถ้าซื้อเสื้อพร้อมปักจากร้านที่ 2 จำนวน 89 ตัว จะต้องจ่ายเงิน

$8,900 + 712 = 9,612$ บาท

แนวทางการตอบคำถามที่ 2

คำถามที่ 2 ถ้านักเรียนเป็นสุณิสา จะตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อสีแดงจากร้านค้าใด เพราะเหตุใด

จะเลือกซื้อเสื้อจากร้านที่ 1 เนื่องจากซื้อเสื้อพร้อมปักจากร้านที่ 1 จะมีราคาถูกกว่าร้านที่ 2 คือซื้อเสื้อพร้อมปักได้ในราคา 8,835 บาท

แนวทางการตอบคำถามที่ 3

คำถามที่ 3 อธิบายแนวคิด เหตุผล สนับสนุน การตัดสินใจไม่เลือกซื้อเสื้อจากร้านเสื้ออีกร้านอย่าง

สมเหตุสมผล

ไม่เลือกซื้อเสื้อจากร้านที่ 2 เพราะ ถ้าซื้อเสื้อพร้อมปักจากร้านที่ 2 จะต้องจ่ายเงินถึง 9,612 บาท ซึ่งแพงกว่าการซื้อจากร้านที่ 1 ถึง 777 บาท

ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะ (Specific Rubric) ของแบบทดสอบ

ประเด็นการให้คะแนน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
คำถามที่ 1 ความเข้าใจ สถานการณ์ ปัญหา	2	สามารถเขียนแสดงการคำนวณราคาเสื้อพร้อมปักตามเงื่อนไขที่ร้านค้าทั้ง 2 ร้าน กำหนดอย่างละเอียด ชัดเจนและถูกต้องตามแนวการตอบทั้งหมด
	1	สามารถเขียนแสดงการคำนวณราคาเสื้อพร้อมปักจากร้านค้าได้ถูกต้องตามแนวการตอบบางส่วน
	0	ไม่เขียน/เขียนแสดงวิธีการคำนวณค่าจ้างที่จะนำไปสู่คำตอบที่ผิดจากแนวการตอบทั้งหมด
คำถามที่ 2 การแสดง แนวคิดทาง คณิตศาสตร์	2	สามารถเขียนแสดงแนวคิดโดยคำนึงถึงเงื่อนไขที่ทางร้านค้ากำหนดได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนตามแนวการตอบ เพื่อนำไปสู่การเลือกซื้อเสื้อร้านที่ราคาถูกที่สุด คือ ร้านที่ 1
	1	สามารถเขียนแสดงแนวคิดโดยคำนึงถึงเงื่อนไขที่ทางร้านค้ากำหนดเพื่อนำไปสู่การเลือกซื้อเสื้อร้านที่ 1 ได้ถูกต้องบางส่วนตามแนวการตอบ
	0	ไม่ตอบ/เขียนแสดงแนวคิดเพื่อนำไปสู่การเลือกซื้อเสื้อร้านที่ 2
คำถามที่ 3 การยืนยันหรือ คัดค้านข้อสรุป	2	อธิบายเหตุผลสนับสนุนในการไม่เลือกซื้อเสื้อร้านที่ 2 อย่างถูกต้อง ชัดเจน โดยมีการเปรียบเทียบเรื่องราคา
	1	อธิบายเหตุผลสนับสนุนการไม่เลือกซื้อเสื้อร้านที่ 2 ได้ถูกต้องบางส่วน
	0	ไม่อธิบายเหตุผล/อธิบายเหตุผลสนับสนุนการไม่เลือกซื้อเสื้อร้านที่ 1

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนนของการตอบคำถาม เป็นรายข้อ (คะแนนเต็ม 6 คะแนน)

ด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)

- 2 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาระดับดี
- 1 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาระดับปานกลาง
- 0 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาระดับต่ำ

ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)

- 2 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ระดับดี
- 1 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ระดับปานกลาง
- 0 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ระดับต่ำ

ด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)

- 2 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุประดับดี
- 1 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุประดับปานกลาง
- 0 คะแนน หมายถึง มีความสามารถด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุประดับต่ำ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยดำเนินการดังนี้

1. ติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ และขออนุญาตโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
2. ติดต่อประสานงาน ผู้อำนวยการสถานศึกษาของโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อกำหนดวัน เวลา สถานที่ และวิธีดำเนินการสอบ
3. จัดเตรียมแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่วัดความสามารถในการเชื่อมโยง ที่ผ่านการตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง
5. นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยชี้แจงกับกลุ่มตัวอย่าง ให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ของการสอบ และวิธีการตอบให้เข้าใจตรงกันก่อนลงมือทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยควบคุมการสอบให้เป็นไปตามกำหนดด้วยตนเองตามวันเวลาที่นัดหมาย ดังนี้

5.1 ทดลองครั้งที่ 1 วันที่ 12 - 16 เดือนพฤศจิกายน 2550 เพื่อสำรวจความชัดเจนทางด้านภาษาและความเป็นไปได้ของเกณฑ์การให้คะแนน หาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบ ผลการพิจารณาเวลาที่ได้จากการบันทึกแล้วพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบเสร็จฉบับละ 2 ชั่วโมงครึ่ง รวมเวลาที่นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 10 ข้อ ประมาณ 5 ชั่วโมง ซึ่งการตอบคำถามของนักเรียนส่วนใหญ่เป็นการเขียนตอบตามแนวทางการตอบที่ผู้วิจัยสร้างไว้

5.2 ทดลองครั้งที่ 2 วันที่ 19 เดือนพฤศจิกายน - วันที่ 11 ธันวาคม 2550 เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Reliability) และ ตรวจสอบคุณภาพรายข้อของแบบทดสอบ จำนวน 9 ข้อ โดยนำกระดาษคำตอบของนักเรียน ไปถ่ายเอกสาร จำนวน 3 ชุดสำหรับผู้ตรวจ 3 ท่าน นำแบบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) แบบวิธีวิเคราะห์โดยผู้วิจัยชี้แจงวิธีการตรวจแบบวิธีวิเคราะห์ ให้ผู้ตรวจให้คะแนนทั้ง 3 ท่านมีความเข้าใจที่ตรงกัน หลังจากนั้นผู้ตรวจแต่ละคนตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะ โดยตรวจแบบวิธีวิเคราะห์ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.994

5.3 นำผลการตรวจให้คะแนนจากผู้ตรวจทั้ง 3 ท่าน มาตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Reliability) และวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจ

จำแนก และคัดเลือกแบบทดสอบจำนวน 8 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.73 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.52 ถึง 0.79 ขึ้นไป เพื่อนำไปทดลองครั้งที่ 3

5.4 ทดลองครั้งที่ 3 วันที่ 13 – 14 ธันวาคม 2550 เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง(Construct Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ ซึ่งมีจำนวน 8 ข้อ ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทั้ง 2 ด้าน มีค่า 0.991 และ 0.995 และความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.984

5.5 เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างสำหรับการใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในวันที่ 19 -27 ธันวาคม 2550 หลังจากนั้นนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างไว้

6. นำผลที่ได้จากการตรวจมาทำการวิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานและทดสอบสมมติฐานเพื่อรายงานผลการวิจัยต่อไป

4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for windows ดังนี้

1. ใช้สถิติร้อยละ (Percentage) ในการวิเคราะห์ข้อมูลการตอบคำถามของนักเรียน
2. วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน โดยหาค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$) ,ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation:S) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าเฉลี่ย (Standard Error of Estimate of Mean: $S_{\bar{X}}$), ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement : S_E) และ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation : C.V.)
3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการคิดเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยรวม ตามเพศและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จากนั้นศึกษาผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศ กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two–Way Multivariate of Variance: Two – Way MANOVA) และเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านของนักเรียนตามเพศและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนหนึ่งตัวแปร (Univariate Test) และทดสอบภายหลังด้วยวิธีการทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe') เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 1 และ 2

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ โดยพิจารณาดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruency: IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามปฏิบัติการและขอบเขตเนื้อหา โดยใช้สูตรของ โรวีเนลลี และ แฮมเบลตัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248-249)

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

เมื่อ

IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
$\sum R$	แทน	ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 วิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายชื่อของแบบทดสอบอัตนัย เพื่อหาดัชนีค่าความยากง่าย และดัชนีค่าอำนาจจำแนกโดยใช้เทคนิค 25% ของนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมดโดยคำนวณจากสูตรของวิทนีและซาเบอร์ (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 199-201อ้างอิงจาก D.R. Whitney and D.L. Saber: 1970)

1.2.1 ดัชนีค่าความยากง่าย (P_E) คำนวณจากสูตร ดังนี้

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

เมื่อ

P_E	แทน	ดัชนีค่าความยากง่าย
S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

1.2.2 ดัชนีค่าอำนาจจำแนก คำนวณจากสูตร 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

1.3 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบอัตนัยด้วยวิธีการแบ่งส่วนย่อย
หลายส่วน โดยใช้สูตรเฟลด์ต์-ราจู (Feldt-Raju) (บุญเชิด ภิญโญนนิตพงษ์. 2547: 139-140)

$$r_{tt} = \left[\frac{1}{1 - \sum \lambda_i^2} \right] \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right]$$

$$\text{โดย } \lambda_i = \frac{\sum S_i}{S_x^2}$$

เมื่อ

r_{tt}	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนในแต่ละตอน
S_x^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ

1.4 ความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Reliability) ของการตรวจให้คะแนน
แบบทดสอบอัตนัย จากผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน โดยการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง
ผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Agreement Indexes : RAI) จากสูตรของเบอร์รี-สต็อก และคนอื่นๆ (Burry-
Stock and other. 1996)

$$RAI = 1 - \frac{\sum \sum \sum |R_{mnk} - \overline{R}_{nk}|}{KN(M-1)(I-1)}$$

$$\text{โดยที่ } \overline{R}_k = \frac{1}{M} \sum R_{MK}$$

เมื่อ

RAI	แทน	ค่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน
R	แทน	คะแนนจากผู้ตรวจแต่ละคน แต่ละข้อ
$\bar{R}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากการตรวจทั้งหมด
N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
M	แทน	จำนวนผู้ตรวจ
K	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
I	แทน	ระดับคะแนน
ΣR	แทน	ผลรวมของคะแนนจากผู้ตรวจทั้งหมด

1.5 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง(Construct Validity) ของแบบทดสอบ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) จากสูตรการหาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 252)

$$r_{XY} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{N \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

เมื่อ

r_{XY}	แทน	ค่าแสดงความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง
N	แทน	จำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ
$\sum X$	แทน	ผลรวมคะแนนของแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน
$\sum Y$	แทน	ผลรวมคะแนนของแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมของนักเรียน
$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแบบทดสอบของนักเรียนแต่ละคน ยกกำลังสอง
$\sum Y^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสอง
$\sum XY$	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์กับคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมของนักเรียน

1.6 ทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้ t-test
(ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2540: 250)

$$t = r \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}} ; df = N-2$$

เมื่อ

t	แทน	ค่าจากการแจกแจงแบบที
r	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
N	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

1.7 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement: S_E)
(ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 244-245)

$$S_E = S \sqrt{1 - r_{tt}}$$

เมื่อ

S_E	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด
S	แทน	คะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัด
r_{tt}	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 สถิติร้อยละ(Percentage) ในการวิเคราะห์ข้อมูลการตอบคำถามของนักเรียนโดยพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2.2 ค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$), ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation:S) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าเฉลี่ย (Standard Error of Estimate of Mean: $S_{\bar{X}}$), ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement: S_E) และ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation:C.V.)

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีเพศ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ตัวแปรอิสระ 2 ตัว (Two Factor Multivariate of Variance : Two Factor MANOVA) ด้วยค่าสถิติ Wilks' Λ (Marascuilo. 1983: 357 - 371)

3.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน (Main Effect) ด้วยสถิติทดสอบ F จากสูตร

$$F = \frac{v_2}{v_1} \left(\frac{1 - \Lambda_A^{1/b}}{\Lambda_A^{1/b}} \right)$$

โดยที่

$$\Lambda_A = \prod_{p=1}^s \frac{1}{1 + \lambda_p}$$

$$v_1 = v_A P$$

$$v_2 = ab - \left(\frac{1}{2} v_A P \right) + 1$$

$$v_A = I - 1$$

$$v_{Res} = v_R = N - IJ$$

$$a = v_R + v_A - \frac{1}{2}(P - v_R + 1)$$

$$b = \sqrt{\frac{v_A^2 P^2 - 4}{v_A^2 + P^2 - 5}}$$

$$S = \min[v_A, P]$$

เมื่อ

P	แทน	จำนวนของตัวแปรตาม
I	แทน	จำนวนระดับของตัวแปรเพศ
J	แทน	จำนวนระดับของตัวแปรระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

และ $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s$ เป็นค่าไอเกนของสมการ $|(SS_w)^{-1}(SS_B) - \lambda I| = 0$

3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างกัน (Main Effect) ด้วยสถิติทดสอบ F จากสูตร

$$F = \frac{v_2}{v_1} \left(\frac{1 - \Lambda_B^{1/b}}{\Lambda_B^{1/b}} \right)$$

โดยที่

$$\Lambda_B = \prod_{p=1}^s \frac{1}{1 + \lambda_p}$$

$$v_1 = v_B P$$

$$v_2 = ab - \left(\frac{1}{2} v_B P \right) + 1$$

$$\begin{aligned}
v_B &= J-1 \\
v_{Res} &= v_R = N-IJ \\
a &= v_R + v_B - \frac{1}{2}(P - v_R + 1) \\
b &= \sqrt{\frac{v_B^2 P^2 - 4}{v_B^2 + P^2 - 5}} \\
S &= \min[v_B, P]
\end{aligned}$$

3.3 ศึกษาผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Interaction Effect in a Two-Factor MANOVA) จากสูตร

$$F = \frac{v_2}{v_1} \left(\frac{1 - \Lambda_{AB}^{1/b}}{\Lambda_{AB}^{1/b}} \right)$$

โดยที่ $\Lambda_{AB} = \prod_{p=1}^s \frac{1}{1 + \lambda_p}$

$$v_1 = v_{AB} P$$

$$v_2 = ab - \left(\frac{1}{2} v_{AB} P \right) + 1$$

$$v_{AB} = (I-1)(J-1)$$

$$a = v_R + v_{AB} - \frac{1}{2}(P - v_R + 1)$$

$$b = \sqrt{\frac{v_{AB}^2 P^2 - 4}{v_{AB}^2 + P^2 - 5}}$$

$$S = \min[v_{AB}, P]$$

3.4 ทดสอบภายหลังเมื่อพบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยวิธีการทดสอบของเซฟเฟ (Scheffe') เพื่อทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการเสนอผลวิจัย ดังนี้

n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size)
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
k	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
S	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
$S_{\bar{X}}$	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าเฉลี่ย (Standard Error of Mean)
C.V.	แทน	สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation)
S_E	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement)
IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Congruency : IOC)
RAI	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Agreement Index)
r_{XY}	แทน	ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity)
r_{F-R}	แทน	ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ที่คำนวณโดยสูตรของเฟลด์ต์-ราจู (Feldt - Raju)
A	แทน	เพศ
B	แทน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
SS	แทน	ผลบวกกำลังสองของค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลและค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล (Sum of Square)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน
F	แทน	ค่าสถิติทดสอบเอฟ
df	แทน	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom)
SSCP	แทน	เมทริกซ์ผลบวกของกำลังสองและของผลคูณระหว่างกลุ่มข้อมูล (Sum of squares and cross products)

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)

Wilks' Λ	แทน	ค่าสถิติทดสอบแลมบ์ด้า (Λ) ของ วิลคส์ (Wilks)
CONN_IN	แทน	ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์
CONN_OUT	แทน	ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างและหาคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 1 การแสดงคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ

ตอนที่ 2 การทดลอง (Try Out) ครั้งที่ 1

- 2.1 เพื่อตรวจสอบความชัดเจนทางด้านภาษา
- 2.2 ตรวจสอบความเป็นไปได้ของเกณฑ์การให้คะแนน
- 2.3 หาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบ
- 2.4 วิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ

ตอนที่ 3 การทดลอง (Try Out) ครั้งที่ 2

- 3.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน
- 3.2 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ ด้านค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก

ตอนที่ 4 การทดลอง (Try Out) ครั้งที่ 3

- 4.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง
- 4.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ระยะที่ 2 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติร้อยละ ในการวิเคราะห์การตอบคำถามของนักเรียน
2. ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ตอนที่ 1 การแสดงคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity)

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ 5 ข้อ แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น 5 ข้อ รวมแบบทดสอบทั้งหมด 10 ข้อ พร้อมกับเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งเป็นแบบวิธีวิเคราะห์ และ

แบบทดสอบแต่ละข้อจะมีเกณฑ์เฉพาะ(Specific Rubric)ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดผล การศึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ และการสอนคณิตศาสตร์ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิง พินิจของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยการพิจารณาตรวจสอบ 2 ลักษณะ คือ 1)ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ ของสถานการณ์ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหาและนิยามปฏิบัติการหรือไม่ 2) ความ เที่ยงตรงเชิงพินิจของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์ ว่า เกณฑ์การให้คะแนนมีความสอดคล้องกับสถานการณ์และนิยามปฏิบัติการหรือไม่ ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 การแสดงคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจของแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบ	สาระการเรียนรู้	จำนวน ข้อ	IOC	
			สถานการณ์	เกณฑ์การ ให้คะแนน
ความสามารถ ในการเชื่อมโยง ภายในวิชาคณิตศาสตร์	1. แผนผัง,ระยะทาง	1	1.00	1.00
	2. แผนภูมิวงกลม	1	1.00	1.00
	3. การวัดเวลา	1	1.00	1.00
	4. ทศนิยม	1	1.00	1.00
	5. พื้นที่	1	1.00	1.00
ความสามารถ ในการเชื่อมโยง ระหว่างวิชาคณิตศาสตร์ กับวิชาอื่น	6. งานบ้าน (อาหารและโภชนาการ)	1	1.00	1.00
	7. งานเกษตร (การผลิตพืช)	1	1.00	1.00
	8. งานธุรกิจ (การออมทรัพย์)	1	1.00	1.00
	9. เศรษฐศาสตร์ (การเลือกซื้อสินค้าและบริการ ในฐานะผู้บริโภค)	2	1.00	1.00
	รวม	10	1.00	1.00

ผลการวิเคราะห์คุณภาพตามตาราง 7 พบว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 10 ข้อ มีดัชนีความสอดคล้องจากการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงพินิจ

ทั้ง 2 ลักษณะจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ แสดงว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีสถานการณ์ในแบบทดสอบสอดคล้องกับเนื้อหาและนิยามปฏิบัติการ และ เกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหาและนิยามปฏิบัติการอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ตอนที่ 2 การทดลอง (Try Out) ครั้งที่ 1

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนทั้ง 10 ข้อ ซึ่งได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนลำปลายมาศ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 90 คน เพื่อตรวจสอบความชัดเจนทางด้านภาษา , ตรวจสอบความเป็นไปได้ของเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ,หาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบ และ วิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบฉบับละ 5 ข้อ ใช้เวลาฉบับละ 2 ชั่วโมงครึ่ง รวมเวลาในการทำแบบทดสอบ 10 ข้อ จำนวน 5 ชั่วโมงและเมื่อนำมาทดลองตรวจตามเกณฑ์การให้คะแนนพบว่านักเรียน 60 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 54 สามารถทำแบบทดสอบครบทั้ง 10 ข้อ และเขียนแสดงการตอบได้สอดคล้องกับแนวทางการตอบ และเกณฑ์การให้คะแนน และจากการสัมภาษณ์นักเรียนที่ทำแบบทดสอบไม่ครบ จำนวน 5 คน พบว่า โจทย์สถานการณ์ค่อนข้างยาว ทำให้ต้องใช้เวลาวិเคราะห์ โจทย์สถานการณ์นาน และเนื่องจากไม่คุ้นกับโจทย์และวิธีการเขียนตอบ ทำให้ไม่แน่ใจว่าจะเขียนตอบอย่างไร จึงทำให้ทำแบบทดสอบไม่ครบทั้ง 10 ข้อ จากข้อค้นพบในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงตัดสินใจคัดเลือกแบบทดสอบจำนวน 9 ข้อ ที่เด็กส่วนใหญ่สามารถเขียนตอบได้สอดคล้องกับแนวทางการตอบ แบบวิธีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ตอนที่ 3 การทดลอง (Try Out) ครั้งที่ 2

เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ

3.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน

เนื่องจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับการวิจัยครั้งนี้ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งต้องตรวจโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนนเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนน ว่ามีคุณภาพด้านความปรนัย และสามารถนำไปใช้ได้จริง

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบจำนวน 9 ข้อ จากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 ไปปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น มาใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนนางรอง จำนวน 45 คน หลังจากนั้น นำแบบทดสอบที่ได้มาทำสำเนา จำนวน 3 ชุด และนำไปให้

ผู้ตรวจ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิชาคณิตศาสตร์ มากกว่า 5 ปี ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและเป็นเกณฑ์การให้คะแนนชุดเดียวกัน หลังจากนั้นนำผลการตรวจจากผู้ตรวจทั้ง 3 ท่าน มาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน จากสูตรของเบอร์รี-สต็อกและคนอื่นๆ (Burry-Stock and other. 1996) จำแนกเป็นรายชื่อและรายด้านตามเกณฑ์การให้คะแนนดังแสดงในตาราง 8 และ 9

ตาราง 8 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนเพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน

แบบทดสอบ	ข้อ	คะแนนเต็ม	ผู้ตรวจคนที่ 1	ผู้ตรวจคนที่ 2	ผู้ตรวจคนที่ 3	คะแนนเฉลี่ย	RAI
ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์	1	6	4.78	4.80	4.67	4.75	0.846
	2	6	4.82	4.87	5.27	4.99	0.908
	3	6	3.33	3.02	3.33	3.23	0.923
	4	6	3.87	3.89	3.87	3.87	0.923
	รวม	24	16.80	16.57	17.13	16.84	0.975
ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น	5	6	4.13	4.89	5.18	4.73	0.858
	6	6	4.96	4.67	4.89	4.84	0.917
	7	6	3.49	3.33	3.69	3.50	0.929
	8	6	3.78	2.44	3.11	3.11	0.872
	9	6	4.04	3.16	3.78	3.66	0.868
	รวม	30	20.40	18.49	20.64	19.84	0.979
รวมคะแนนทั้งฉบับ		54	37.20	35.07	37.78	36.68	0.994

ผลการวิเคราะห์คุณภาพตามตาราง 8 พบว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนจำนวน 3 ท่าน ในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนด้วยวิธีการวิเคราะห์ มีค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อ ตั้งแต่ 0.846 ถึง 0.929 และมีค่าดัชนีความสอดคล้องทั้งฉบับเท่ากับ 0.994 ซึ่งเป็นดัชนีความสอดคล้องที่อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

เนื่องจากผู้วิจัยต้องการทราบว่านักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านตามเกณฑ์การให้คะแนนเป็นอย่างไร ดังนั้นผู้วิจัยจึงตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน จำแนกเป็นรายด้านตามเกณฑ์การให้คะแนน แบบวิธีวิเคราะห์ ทั้ง 3 ด้าน

คือ ด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป ดังตาราง 9

ตาราง 9 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนจำแนกเป็นรายด้านตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์

เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric)	จำนวน ข้อ	คะแนน เต็ม	ผู้ตรวจ คนที่ 1	ผู้ตรวจ คนที่ 2	ผู้ตรวจ คนที่ 3	คะแนน เฉลี่ย	RAI
1.ด้านความเข้าใจ สถานการณ์ปัญหา (2 คะแนน)	9	18	14.20	12.11	14.98	13.76	0.889
2.ด้านการแสดงแนวคิด ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	9	18	11.80	12.11	12.20	12.04	0.932
3. ด้านการยืนยันหรือ คัดค้านข้อสรุป (2 คะแนน)	9	18	11.09	10.78	10.60	10.82	0.929
รวมคะแนนทั้งฉบับ	9	54	37.20	35.07	37.78	36.68	0.994

ผลการวิเคราะห์คุณภาพตามตาราง 9 พบว่า ดัชนีความสอดคล้องจากผลการตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ แยกเป็นรายด้านตามเกณฑ์การให้คะแนน มีค่าเท่ากับ 0.889 0.932 และ 0.929 ตามลำดับ โดยดัชนีความสอดคล้องด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงที่สุด คือ 0.932 รองลงมา คือ ด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปและด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.929 และ 0.889 ตามลำดับ

3.2 วิเคราะห์คุณภาพรายข้อ ด้านค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก

นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน จำนวน 3 ท่าน มาหาคุณภาพรายข้อด้านค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก เพื่อคัดเลือกแบบทดสอบจำนวน 8 ข้อ ที่มีคุณภาพเพื่อนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 3 และนำไปใช้ศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบ	ข้อ	คะแนนเต็ม	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	หมายเหตุ
ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์	1	6	0.65	0.62	คัดเลือกไว้
	2	6	0.61	0.76	คัดเลือกไว้
	3	6	0.45	0.66	คัดเลือกไว้
	4	6	0.60	0.62	คัดเลือกไว้
ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น	5	6	0.73	0.44	ตัดออก
	6	6	0.70	0.52	คัดเลือกไว้
	7	6	0.50	0.79	คัดเลือกไว้
	8	6	0.47	0.76	คัดเลือกไว้
	9	6	0.57	0.79	คัดเลือกไว้

ผลการวิเคราะห์คุณภาพตามตาราง 10 พบว่าแบบทดสอบความสามารถในการเชื่อมโยงทั้ง 9 ข้อ มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.45 - 0.73 ซึ่งมีข้อที่ความยากง่ายอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างยาก (0.40-0.49) จำนวน 2 ข้อ ความยากง่ายพอเหมาะ (0.50) จำนวน 1 ข้อ ค่อนข้างง่าย (0.51- 0.60) จำนวน 2 ข้อ และเป็นแบบทดสอบที่ง่าย (0.61-0.80) จำนวน 4 ข้อ ดังนั้นผู้วิจัยจึงตัดแบบทดสอบข้อ 5 ออก เพื่อให้จำนวนแบบทดสอบในแต่ละด้าน มีจำนวนเท่ากัน คือ ด้านละ 4 ข้อ ประกอบกับแบบทดสอบข้อที่ 5 เป็นแบบทดสอบข้อที่ง่ายที่สุด (มีค่าความยากง่าย 0.73) และเป็นแบบทดสอบที่สามารถจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ออกเป็นกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำได้ดีที่สุด (มีค่าอำนาจจำแนก 0.44) ทำให้ได้แบบทดสอบสำหรับการเก็บข้อมูลจริง 8 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.45 - 0.70 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.52-0.79 ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความยากง่ายปานกลางแต่สามารถจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงออกจากนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงต่ำได้ในระดับปานกลางถึงดีมาก

ตอนที่ 4 การทดลอง (Try Out) ครั้งที่ 3

เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและคุณภาพด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

4.1 การแสดงคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบที่คัดเลือกได้ จำนวน 8 ข้อ ไปทดลองใช้ (Try Out) ครั้งที่ 3 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนนางรอง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 3

จำนวน 45 คนแล้วนำมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจแบบทดสอบเอง แล้วนำผลจากการตรวจมาวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยหาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมของแบบทดสอบในแต่ละด้านกับแบบทดสอบทั้งฉบับ ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency)

แบบทดสอบ	ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมทั้งฉบับ (r_{xy})
ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์	0.991**
ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น	0.995**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์คุณภาพตามตาราง 11 พบว่า ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายใน ระหว่างคะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น กับแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่า 0.991 และ 0.995 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งสองด้าน ซึ่งหมายถึงแบบทดสอบทั้งสองด้านมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างภายในสูง

4.2 การตรวจสอบคุณภาพด้านค่าความเชื่อมั่น(Reliability) ของแบบทดสอบ

ผู้วิจัยนำผลการตรวจให้คะแนน ชุดเดียวกับที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างแล้ว มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบทั้งฉบับ ด้วยวิธีการแบ่งส่วนย่อยแปดส่วน โดยใช้จำนวนข้อเป็นตัวกำหนดความยาว แต่ละส่วน แทนจำนวนแบบทดสอบ 1 ข้อ โดยใช้สูตรของ เฟลด์ต์-ราจู (Feldt - Raju) ดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 ค่าความเชื่อมั่น(Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบ	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ เฟลด์ต์-ราจู (Feldt - Raju)
ความสามารถในการเชื่อมโยง ภายในวิชาคณิตศาสตร์	0.976
ความสามารถในการเชื่อมโยง ระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น	0.963
ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (r_{F-R})	0.984

ผลการวิเคราะห์คุณภาพตามตาราง 12 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ มีค่า 0.984 และเมื่อวิเคราะห์ในแต่ละด้านได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น เท่ากับ 0.976 และ 0.963 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ มีความเชื่อมั่นสูงมาก

จากการตรวจสอบคุณภาพพบว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 8 ข้อ มีคุณภาพรายข้อด้านค่าความยากง่ายปานกลาง สามารถจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงออกจากนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงต่ำได้ในระดับปานกลางถึงดีมาก รวมทั้งมีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง เกณฑ์การให้คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง ผู้วิจัยจึงนำแบบทดสอบไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

ระยะที่ 2 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ตามความแตกต่างของเพศและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีผลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังนี้

1. ค่าสถิติร้อยละในการวิเคราะห์การตอบคำถามของนักเรียน โดยพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนน แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ ในด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา, ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป

2. ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้านและโดยภาพรวมของนักเรียนจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้านและโดยภาพรวมดังนี้

3.1 ค่าสถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้าน และโดยภาพรวมของนักเรียนจำแนกตามเพศ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

3.2 ค่าสถิติการทดสอบตามข้อตกลงเบื้องต้น ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ ได้แก่ ค่าการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม และค่าการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของตัวแปรความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้าน คือความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น

3.3 การเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวม ของนักเรียนที่มีเพศ และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แตกต่างกัน ผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศ และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two-way MANOVA) และเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านของนักเรียนตามตัวแปรอิสระ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนหนึ่งตัวแปร (Univariate test) และทดสอบภายหลังโดยวิธีการทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe')

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติร้อยละ ในการวิเคราะห์การตอบคำถามของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าสถิติร้อยละการตอบคำถามของนักเรียนเนื่องจากผู้วิจัยต้องการแสดงภาพรวมของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนว่าส่วนใหญ่มีความสามารถในการแต่ละด้านตามเกณฑ์การให้คะแนน คิดเป็นร้อยละเท่าใด ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จำแนก

เป็นรายด้านตามเกณฑ์การให้คะแนน

ความสามารถ ในการ เชื่อมโยง	ข้อ	ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละระดับ								
		ความเข้าใจสถานการณ์ ปัญหา			การแสดงแนวคิดทาง คณิตศาสตร์			การยืนยันหรือ คัดค้านข้อสรุป		
		2	1	0	2	1	0	2	1	0
ภายในวิชา คณิตศาสตร์	1	73.288	24.658	2.055	43.836	49.315	6.849	23.288	69.178	7.534
	2	45.890	54.110	0.000	34.247	48.630	17.123	12.329	56.164	31.507
	3	40.411	52.055	7.534	10.959	48.630	40.411	17.808	34.247	47.945
	4	76.027	23.288	0.685	39.726	56.849	3.425	31.507	60.274	8.219
	เฉลี่ย	58.904	38.528	2.569	32.192	50.856	16.952	21.233	54.966	23.801
ระหว่างวิชา คณิตศาสตร์ กับวิชาอื่น	5	51.370	45.890	2.740	28.767	61.644	9.589	15.068	58.219	26.712
	6	57.534	40.411	2.055	24.658	56.849	18.493	32.192	40.411	27.397
	7	13.699	75.342	10.959	4.795	62.329	32.877	5.479	47.945	46.575
	8	41.095	51.370	7.534	56.849	32.192	10.959	40.411	40.411	19.178
	เฉลี่ย	40.925	53.253	5.822	28.767	53.254	17.980	23.288	46.747	29.966
เฉลี่ยโดยภาพรวม		49.914	45.891	4.195	30.480	52.055	17.466	22.260	50.856	26.883

จากตาราง 13 พบว่าจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ระดับดีในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา มีจำนวนสูงที่สุด (ร้อยละ 49.914) รองลงมาคือ ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 30.480) และด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป (ร้อยละ 22.260) ตามลำดับ

จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางในแต่ละด้านมีจำนวนใกล้เคียงกัน คือ ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 52.055) ด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป (ร้อยละ 50.856) และด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา (ร้อยละ 45.891) ตามลำดับ

2. ค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัย นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 146 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย จำนวน 73 คน และนักเรียนหญิงจำนวน 73 คน แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาคะแนนเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 ค่าสถิติพื้นฐาน ของคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งรายด้าน และในภาพรวมของนักเรียนชายและนักเรียนหญิง

กลุ่มนักเรียน	ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์						
	n	k	$\bar{X}$	S	$S_{\bar{X}}$	CV (%)	S_E
การเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์							
เพศชาย	73	24	13.712	3.684	0.431	26.871	0.571
เพศหญิง	73	24	15.795	3.689	0.432	23.363	0.571
รวม	146	24	14.753	3.819	0.316	25.892	0.592
การเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น							
เพศชาย	73	24	13.849	3.631	0.425	26.219	0.698
เพศหญิง	73	24	13.233	2.985	0.349	22.557	0.574
รวม	146	24	13.541	4.043	0.334	29.858	0.778
การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม							
เพศชาย	73	48	27.562	6.673	0.781	24.211	0.844
เพศหญิง	73	48	29.027	6.902	0.808	23.778	0.873
รวม	146	48	28.295	6.805	0.563	24.054	0.861

จากตาราง 14 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.753 ,13.541 และ 28.295 ตามลำดับ

นักเรียนชายมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวม อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 13.712, 13.849 และ 27.562 ตามลำดับ

ส่วนนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวม อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 15.795, 13.233 และ 29.027 ตามลำดับ

ตาราง 15 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ทั้งรายด้านและในภาพรวมจำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

กลุ่มนักเรียน	ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์						
	n	k	$\bar{X}$	S	$S_{\bar{X}}$	CV (%)	S_E
การเชื่อมโยง ภายในวิชาคณิตศาสตร์							
ต่ำ	43	24	11.326	2.466	0.376	21.773	0.382
ปานกลาง	46	24	14.522	3.111	0.459	21.423	0.482
สูง	57	24	17.526	2.922	0.387	16.672	0.453
รวม	146	24	14.753	3.819	0.316	25.886	0.592
การเชื่อมโยงระหว่างวิชา คณิตศาสตร์กับวิชาอื่น							
ต่ำ	43	24	10.279	2.603	0.397	25.323	0.501
ปานกลาง	46	24	12.913	3.010	0.444	23.310	0.579
สูง	57	24	16.509	2.898	0.384	17.554	0.557
รวม	146	24	13.541	3.842	0.318	28.373	0.739
การเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์ในภาพรวม							
ต่ำ	43	48	21.605	3.953	0.603	18.297	0.500
ปานกลาง	46	48	27.435	4.902	0.723	17.868	0.620
สูง	57	48	34.035	4.512	0.598	13.257	0.571
รวม	146	48	28.295	6.805	0.563	24.050	0.861

จากตาราง 15 พบว่า นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ มีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 11.326, 10.279 และ 21.605 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม

นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลางมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 14.522, 12.913 และ 27.435 ตามลำดับ

และนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 17.526, 16.509 และ 34.035 ตามลำดับ

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้านคือความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น ดังนี้

3.1 ค่าสถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล ของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้านและโดยภาพรวมของนักเรียนจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งรายด้านและในภาพรวมจำแนกตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ความสามารถในการ เชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	กลุ่มนักเรียน								
	เพศชาย			เพศหญิง			รวม		
	n	$\bar{X}$	S	n	$\bar{X}$	S	n	$\bar{X}$	S
เชื่อมโยงภายในวิชา คณิตศาสตร์									
ต่ำ	22	10.318	2.009	21	12.381	2.500	43	11.326	2.466
ปานกลาง	25	13.840	2.968	21	15.333	3.152	46	14.522	3.111
สูง	26	16.462	3.036	31	18.419	2.540	57	17.526	2.922
รวม	73	13.712	3.684	73	15.795	3.689	146	14.753	3.819
เชื่อมโยงระหว่างวิชา คณิตศาสตร์กับวิชาอื่น									
ต่ำ	22	10.818	2.260	21	9.714	2.866	43	10.279	2.603
ปานกลาง	25	13.600	3.109	21	12.095	2.737	46	12.913	3.010
สูง	26	16.654	2.842	31	16.387	2.985	57	16.509	2.898
รวม	73	13.849	3.631	73	13.233	4.043	146	13.541	3.842

ตาราง 16 (ต่อ)

ความสามารถในการ เชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	กลุ่มนักเรียน								
	เพศชาย			เพศหญิง			รวม		
	n	$\bar{X}$	S	n	$\bar{X}$	S	n	$\bar{X}$	S
การเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์โดยรวม									
ต่ำ	22	21.136	3.357	21	22.095	4.527	43	21.605	3.953
ปานกลาง	25	27.440	5.205	21	27.429	4.643	46	27.435	4.902
สูง	26	33.115	4.934	31	34.806	4.045	57	34.035	4.512
รวม	73	27.562	6.673	73	29.027	6.902	146	28.295	6.805

3. 2 ค่าสถิติการทดสอบตามข้อตกลงเบื้องต้น ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ ได้แก่ ค่าทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม และค่าทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของตัวแปรความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งสองด้าน

3.2.1 ค่าสหสัมพันธ์ภายในของกลุ่มตัวแปรตาม โดยการหาค่าสหสัมพันธ์อย่างง่ายแบบเพียร์สัน(Pearson product moment correlation) และตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA) โดยวิธีการของ Bartlett's test of sphericity ปรากฏดังตาราง 17

ตาราง 17 ค่าความสัมพันธ์และผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น

ตัวแปร	CONN_IN	CONN_OUT
CONN_IN	1.000	0.578**
CONN_OUT		1.000

Bartlett's test of sphericity เท่ากับ 13.779 **

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 17 ผลการทดสอบความสัมพันธ์พบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้าน คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ กับ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อทดสอบความสัมพันธ์โดยรวม ได้ค่า Bartlett's test of sphericity เท่ากับ 13.779

ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับ.01 ผลที่ได้ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีลักษณะเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณว่าด้วยความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม

3.2.2 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้าน โดยใช้สถิติ Levene's test และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของเมทริกซ์ความแปรปรวน - แปรปรวนร่วม ของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้าน โดยใช้สถิติ Box's M test ปรากฏผลดังตาราง 18

ตาราง 18 ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	Bartlett-Box F	Sig
CONN_IN	1.384	.234
CONN_OUT	.316	.903
Box's M = 11.399 F= .732 Sig= .754		

จากตาราง 18 พบว่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มของตัวแปรตามแต่ละตัวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มในแต่ละตัวแปรตามไม่แตกต่างกัน และเมื่อทำการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของเมทริกซ์ความแปรปรวน - แปรปรวนร่วม (Variance – Covariance Matrix) ของตัวแปรตามทั้ง 2 ตัว พร้อมกันโดยใช้สถิติบ็อกซ์(Box's M test) พบว่าได้ค่า Box's M เท่ากับ 11.399 มีค่าสถิติเอฟ (F-Statistic) เท่ากับ .732 มีค่านัยสำคัญของการทดสอบเท่ากับ .754 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ (α).01 ซึ่งหมายความว่าเมทริกซ์ความแปรปรวน - แปรปรวนร่วม (Variance – Covariance Matrix) ของตัวแปรตามทั้ง 2 ตัว มีค่าเท่ากันในทุกกลุ่ม ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบสำหรับการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA)

จากผลการทดสอบตามตาราง 17 และ 18 ที่พบว่า ตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กันและมีความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน - แปรปรวนร่วมของข้อมูล ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two-way MANOVA) เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

3.3 การเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวมของนักเรียนที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ศึกษาผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง

(Two-way MANOVA) เปรียบเทียบสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านของนักเรียนตามตัวแปรเพศ และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนหนึ่งตัวแปร (Univariate Test) และทดสอบภายหลังเมื่อพบความแตกต่างด้วยวิธีการทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe') ซึ่งมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตาราง 19 - 22

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two-way MANOVA)

ของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมของนักเรียน ตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

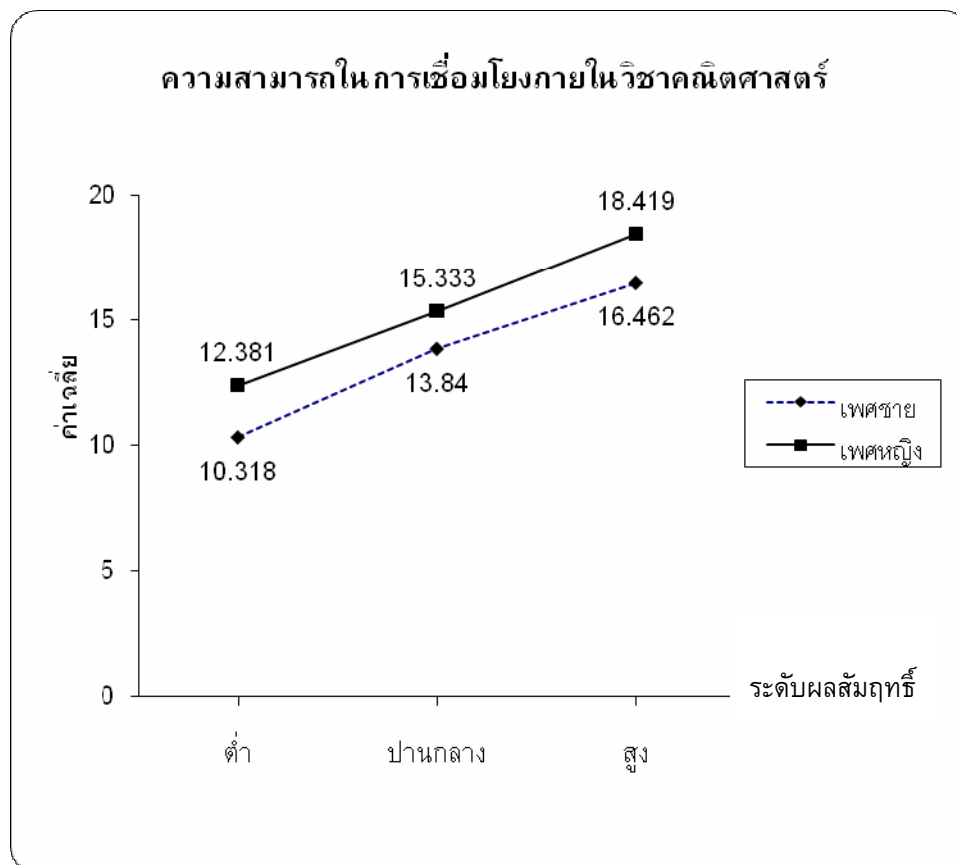
แหล่งความแปรปรวน	df	SSCP		Wilks' Λ	การทดสอบ F	Sig
		CONN_IN	CONN_OUT			
เพศ	1	120.930				
(A)		-63.063	32.886	.834	13.851**	.000
ระดับผลสัมฤทธิ์	2	907.562				
(B)		937.108	984.842	.424	37.227**	.000
ปฏิสัมพันธ์ของ	2	2.101				
AxB		2.960	10.291	.990	.364	.834

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 19 พบว่า นักเรียนชายกับนักเรียนหญิง และนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยพบว่ามีค่า Wilks' Λ เท่ากับ .834 และ .424 เมื่อเปลี่ยนเป็นสถิติ F มีค่าเป็น 13.851 และ 37.227 ตามลำดับ

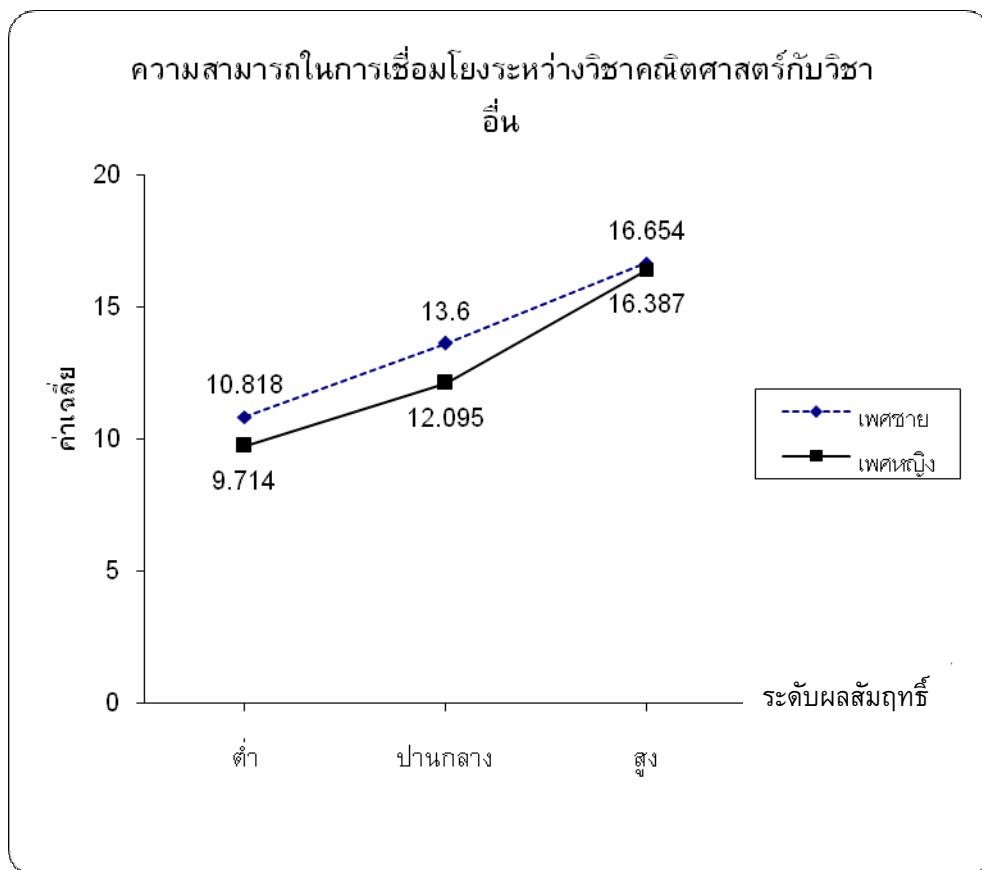
ส่วนผลการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศ กับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานในการวิจัยข้อที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นภาพชัดเจนด้วยกราฟเส้นต่อเนื่อง (Profile) ของค่าเฉลี่ยความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมของนักเรียนที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มย่อยดังภาพประกอบ 4

ภาพประกอบ 4 กราฟเส้นแสดงการไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์



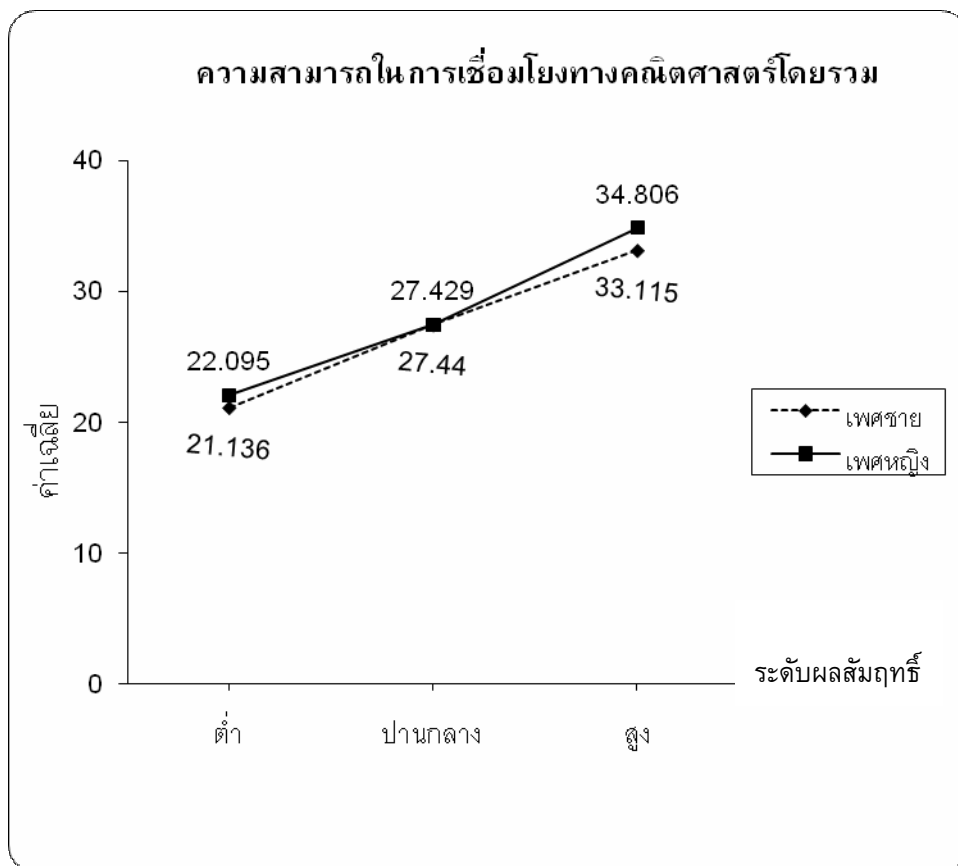
ภาพประกอบ 4 - 1

จากภาพประกอบ 4-1 พบว่า เส้นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิง มีลักษณะเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันอย่างสม่ำเสมอจากนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มต่ำ สู่กลุ่มปานกลาง และกลุ่มสูงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างส่งผลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์อย่างเป็นอิสระจากกัน



ภาพประกอบ 4 - 2

จากภาพประกอบ 4-2 พบว่า เส้นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นของนักเรียนชายและนักเรียนหญิง มีลักษณะเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีลักษณะเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันจากนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มต่ำ สู่กลุ่มปานกลาง แต่มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจากระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มปานกลาง สู่กลุ่มสูง แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างส่งผลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นอย่างเป็นอิสระจากกัน



ภาพประกอบ 4 - 3

จากภาพประกอบ 4-3 พบว่า เส้นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมของนักเรียนชายและนักเรียนหญิง มีลักษณะเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันจากนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มต่ำ สู่ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มปานกลางและกลุ่มสูง และมีลักษณะเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันจากระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มต่ำสู่กลุ่มปานกลาง แสดงให้เห็นว่า ตัวแปรเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างส่งผลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมอย่างเป็นอิสระจากกัน

ตาราง 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ด้าน ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	df	SS	MS	F	Sig
CONN_IN	1	158.247	158.247	11.645**	.001
CONN_OUT	1	13.870	13.870	.939	.334

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 20 พบว่านักเรียนที่มีเพศแตกต่างกัน มีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่นักเรียนที่มีเพศแตกต่างกัน มีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ไม่พบความแตกต่างของความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น ระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิง

จากข้อค้นพบในตาราง 20 เมื่อพิจารณาความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ จากตาราง 14 แล้วพบว่า นักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ($\bar{X} = 15.795$) สูงกว่านักเรียนชาย ($\bar{X} = 13.712$)

ตาราง 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้าน ของนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างกัน

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	df	SS	MS	F	Sig
CONN_IN	2	945.993	472.996	57.854**	.000
CONN_OUT	2	977.704	488.852	60.132**	.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 21 พบว่า นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างกัน มีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความแตกต่างรายคู่ต่อไป รายละเอียดดังแสดงในตาราง 22

ตาราง 22 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
จำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์		ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์	ต่ำ ปานกลาง สูง	$\bar{X}$	11.326	14.522	17.526
		11.326	-	3.196**	6.200**
		14.522	-	-	3.004**
		17.526	-	-	-
ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น	ต่ำ ปานกลาง สูง	$\bar{X}$	10.279	12.913	16.509
		10.279	-	2.634**	6.230**
		12.913	-	-	3.596**
		16.509	-	-	-

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 22 พบว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ($\bar{X}=17.526$) และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น ($\bar{X}=16.509$) สูงกว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลาง และ นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ และวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 180 คน จำแนกเป็นนักเรียนโรงเรียนสาธิตสาละวิน 90 คน และโรงเรียนนางรอง 90 คน ซึ่งแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย แบ่งออกเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่น จำนวน 4 ข้อ มีการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบทั้ง 2 ด้าน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป

ในการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนในการทดลองใช้ (Try Out) 3 ครั้ง คือ ทดลองใช้ครั้งที่ 1 เพื่อตรวจสอบความชัดเจนทางด้านภาษา ตรวจสอบความเป็นไปได้ของเกณฑ์การให้คะแนน หาเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบ และวิเคราะห์ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ ทดลองใช้ครั้งที่ 2 ตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบจากผู้ตรวจ 3 ท่าน และวิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ ทดลองใช้ครั้งที่ 3 เพื่อวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

เมื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่มีคุณภาพแล้วผู้วิจัยจึงศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แต่ละด้านและโดยภาพรวมของนักเรียนที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน รวมทั้งศึกษาผลปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ส่งผลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวม โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น จำนวน 146 คน จำแนกเป็นเพศชาย 73 คน และเพศหญิง 73 คน หลังจากนั้นจำแนกกลุ่มนักเรียนตามเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แล้วตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนน และนำข้อมูล

ที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาสถิติร้อยละในการตอบคำถามของนักเรียนด้วยการพิจารณาตามเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ (Analytical Method) ในด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา, ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปและนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์โดยหาค่าสถิติพื้นฐานของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวม, ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two-way MANOVA) และเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน ของนักเรียนตามตัวแปรเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนหนึ่งตัวแปร (Univariate Test) และทดสอบภายหลังด้วยวิธีการทดสอบของเชฟเฟ (Scheffe')

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ข้อและแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น จำนวน 4 ข้อ มีคุณภาพดังนี้

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีดัชนีความสอดคล้องจากการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงพินิจจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ

1.2 คุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายในระหว่างคะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นกับแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.991 และ 0.995 ตามลำดับ ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งสองด้าน

1.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.45 - 0.70 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.52- 0.79

1.4 คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน จากแบบทดสอบฉบับเดียว ทำการสอบครั้งเดียว มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบจากผู้ตรวจ 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อตั้งแต่ 0.846 ถึง 0.929 มีค่าดัชนีความสอดคล้องจากผลการตรวจให้คะแนนแยกเป็นรายด้านตามเกณฑ์การให้คะแนน แบบวิธี

วิเคราะห์ (Analytical Method) เท่ากับ 0.889 0.932 และ 0.929 ตามลำดับ และมีดัชนีความสอดคล้องทั้งฉบับ เท่ากับ 0.994

1.5 คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับด้วยวิธีการแบ่งส่วนย่อยโดยใช้สูตรของเฟลด์ต์-ราจู (Feldt - Raju) มีค่าเท่ากับ 0.984 และเมื่อวิเคราะห์ในแต่ละด้าน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น เท่ากับ 0.976 และ 0.963 ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมของนักเรียน เป็นดังนี้

2.1 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ระดับดีในแต่ละด้านได้แก่ ด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่มีจำนวนสูงที่สุด(ร้อยละ 49.914) รองลงมาคือ ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 30.480) และด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป (ร้อยละ 22.260) ตามลำดับ

จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางในแต่ละด้านมีจำนวนใกล้เคียงกัน คือด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 52.055) ด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป(ร้อยละ 50.856)และด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา (ร้อยละ 45.891) ตามลำดับ

2.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง

2.3 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง

2.3 เมื่อพิจารณาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน พบว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มต่ำ มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมและอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มปานกลาง มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มสูง มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แต่ละด้านและในภาพรวมอยู่ในระดับค่อนข้างสูง

3. เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมของนักเรียน เป็นดังนี้

3.1 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมสูงกว่านักเรียนชาย แต่ทั้ง

นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นไม่แตกต่างกัน

3.2 นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกันมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งโดยภาพรวมและทั้ง 2 ด้าน โดยนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มสูงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยภาพรวม สูงกว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กลุ่มปานกลาง และกลุ่มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตามลำดับ

4. ไม่พบผลปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

อภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 ในครั้งนี้ ผู้วิจัยอภิปรายผลออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

1. คุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ มีคะแนนเต็ม 48 คะแนน โดยข้อคำถามแต่ละข้ออยู่ในรูปสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเป็นสถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยตรวจให้คะแนนด้วยเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ดังนั้นในขั้นตอนของการสร้างและหาคุณภาพทุกขั้นตอนจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

1.1. คุณภาพด้านค่าความเที่ยงตรงเชิงพินิจ โดยการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ (Expert) ทางด้านการวัดผลและด้านการสอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน ในการพิจารณาความสอดคล้องของสถานการณ์ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับเนื้อหาเนื้อหาและนิยามศัพท์เฉพาะ และความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ กับสถานการณ์และนิยามศัพท์เฉพาะพบว่า มีดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน

1.2. คุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายในระหว่างคะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์

และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นกับแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่า 0.991 และ 0.995 ตามลำดับ

จากคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ซึ่งมีค่าความเที่ยงตรงสูงคือ 1.00, 0.991 และ 0.995 นั้นหมายถึงแบบทดสอบและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ได้จริงตรงตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย เนื่องจากความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทุกประเภท ดังนั้นแบบทดสอบหรือเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยใดมีความเที่ยงตรงหมายถึงแบบทดสอบหรือเครื่องมือนั้นสามารถวัดได้ตามสิ่งที่ต้องการจะวัดหรือวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่จะวัดนั่นเอง

1.3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.45 - 0.70 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.52 - 0.79 ซึ่งตามเกณฑ์การแปลความหมายของค่าความยากง่าย แบบทดสอบมีค่าความยากง่ายปานกลางถึงค่อนข้างง่าย ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ความยากง่ายพอเหมาะ และแบบทดสอบสามารถจำแนกเด็กที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงออกจากเด็กที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ต่ำได้ค่อนข้างดีเพราะมีค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 0.40 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543 : 196) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพรายข้ออยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ คือค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.2 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543 : 184-185)

1.4 คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนจากแบบทดสอบฉบับเดียว ทำการสอบครั้งเดียว มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบจากผู้ตรวจ 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อตั้งแต่ 0.846 ถึง 0.929 มีค่าดัชนีความสอดคล้องจากผลการตรวจให้คะแนนแยกเป็นรายด้านตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์เท่ากับ 0.889 0.932 และ 0.929 ตามลำดับ และมีดัชนีความสอดคล้องทั้งฉบับเท่ากับ 0.994 ซึ่งจะเห็นได้ว่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าสูงเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์มีความเป็นปรนัยสูงมากเพราะทำให้ผู้ตรวจให้คะแนนทั้ง 3 ท่านตรวจให้คะแนนสอดคล้องกันทั้งการตรวจเป็นรายข้อและการตรวจโดยแยกพิจารณาเป็นรายด้านตามเกณฑ์ให้คะแนน

1.5 คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับด้วยวิธีการแบ่งส่วนย่อยหลายส่วน โดยใช้สูตรของ เฟลด์ต์-ราจู (Feldt - Raju) มีค่า 0.984 และเมื่อวิเคราะห์ในแต่ละด้านได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น เท่ากับ 0.976 และ 0.963 ตามลำดับ ซึ่งค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 (สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. 2549: 107) และอย่างน้อยที่สุดแบบทดสอบควรมีค่าความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่า 0.5 (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2548: 97) แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นของการวัดสูง เมื่อค่าความเชื่อมั่นสูงแสดงว่าการทดสอบครั้งนี้มีความคลาดเคลื่อนน้อยซึ่งบ่งชี้ว่าแบบทดสอบวัด

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้ผลการสอบวัดเป็นที่น่าเชื่อถือได้มาก คะแนนที่ได้จากการสอบวัดใกล้เคียงกับคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามสภาพจริงของนักเรียนและเมื่อผู้สอบคนเดิมนั้นทำการสอบซ้ำภายใต้สภาพการทดสอบที่เหมือนเดิมผลที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบเดิม(ศิริชัย กาญจนวาสี. 2548: 54)

2. ผลการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมของนักเรียน

2.1 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ระดับดีในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา มีจำนวนสูงที่สุด(ร้อยละ 49.914) รองลงมาคือด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 30.480) และด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป (ร้อยละ 22.260) ตามลำดับ และจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางในแต่ละด้านมีจำนวนใกล้เคียงกัน คือด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 52.055)ด้านการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป(ร้อยละ 50.856)และด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา (ร้อยละ 45.891) ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทำให้ทราบว่า มีเด็กนักเรียนที่มีความสามารถด้านสามารถเข้าใจสถานการณ์ปัญหาอยู่ในระดับดีถึงร้อยละ 49.914 ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากสถานการณ์ในแบบทดสอบเป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมกับช่วงวัย สามารถเกิดขึ้นได้จริงและมีประโยชน์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาอยู่ในระดับดีและจากผลการตอบคำถามพบว่าจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลางในแต่ละด้านมีจำนวนใกล้เคียงกันและ แสดงว่าถึงแม้นักเรียนจะมีความสามารถในการเชื่อมโยงด้านความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาสูงแต่ก็ไม่สามารถเขียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เรียนมาแล้วมาอ้างอิง อธิบายและบรรยายวิธีการแก้ปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ได้อย่างชัดเจน และสมเหตุสมผล อีกทั้งการอธิบายยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปของคำตอบที่ได้ก็ไม่มีข้อมูล ข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบาย ทำให้การยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปของคำตอบที่ได้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ สุนีย์ คล้ายนิล (2547:12-22) ที่กล่าวว่านักเรียนไทยไม่เคยชินกับการประเมินผลแบบเขียนตอบ หรือให้อธิบายยาวๆ และการต้องตีความ คิด วิเคราะห์และสะท้อนเอาความคิด หรือปฏิกิริยาของตนที่ตอบสนองต่อข้อมูลหรือข้อความที่ได้อ่านรวมทั้งกระบวนการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังไม่สนับสนุนและส่งเสริมให้นักเรียนคิดหรือแสดงออกได้อย่างเต็มที่ส่งผลให้นักเรียนเขียนแสดงแนวคิดและข้อสรุปที่ได้จากการแก้โจทย์สถานการณ์ปัญหาได้ไม่ดีพอ

2.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งถึงแม้การเชื่อมโยงถูกเน้นมากในการเรียนการสอนปัจจุบันแต่ก็ยังมีสิ่งที่ดีเหมือนจะเป็นปัญหาในทางปฏิบัติคือแนวทางหรือวิธีการในการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงในห้องเรียนยังไม่ชัดเจนเท่าที่ควร(อัมพร ม้าคอง. 2547: 101)

เพราะการพัฒนาทักษะและกระบวนการควบคู่ไปกับการสอนเนื้อหา ซึ่งถึงแม้ไม่ใช่เรื่องใหม่ นักแต่ครูก็มักมีปัญหาในการวิเคราะห์ว่าลักษณะของผู้เรียนที่มีทักษะนั้นจะเป็นอย่างไรหรือทำอะไรได้บ้าง การพัฒนาทักษะแต่ละทักษะผ่านเนื้อหาเฉพาะใด ๆ นั้น ทำได้อย่างไรและลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการพัฒนาแต่ละทักษะเป็นอย่างไร (สำนักคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์. 2547: 5) ประกอบกับในอดีตที่ผ่านมาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มักเน้นที่การสอนเนื้อหาหรือสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้ (What) มากกว่าทักษะและกระบวนการหรือวิธีการเรียนรู้ว่าจะเรียนอย่างไร (How) จึงจะทำให้สิ่งที่เรียนมีความหมายและมีคุณค่า (สำนักคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์. 2547: 4) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูในอดีตมีอิทธิพลต่อความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในปัจจุบัน เมื่อการจัดการเรียนการสอนที่ผ่านมาเน้นเนื้อหาและยึดครูเป็นศูนย์กลาง กิจกรรมส่วนใหญ่จะมีครูเป็นผู้บอก อธิบาย ยกตัวอย่างประกอบ และแสดงวิธีทำให้นักเรียนดู (จรรยา ภูอุดม. 2544: 2) ซึ่งเป็นการสอนที่ไม่ส่งเสริมให้เกิดการเชื่อมโยงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมของนักเรียน เป็นดังนี้

3.1 นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในด้านการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกันโดยนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนชาย เมื่อเทียบเคียงกับงานวิจัยของนิตยา ธรรมมิเกกุล (2550: 72) พบว่านักเรียนหญิงมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนชาย และงานวิจัยของ เยาวพร วรรณทิพย์ (2548 :78-79) ที่พบว่านักเรียนหญิงมีความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเพศชาย ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งต้องอาศัยทักษะการคิดเช่นเดียวกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ประกอบกับเด็กหญิงในช่วงวัยรุ่นจะมีอัตราการพัฒนาด้านสมองเร็วกว่าเด็กชายเล็กน้อย (สุชา จันทรโสม. 2542 :44) ซึ่งอาจส่งผลให้นักเรียนหญิงมีความสามารถทางการเรียนสูงกว่าเพศชายและเนื่องจากแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบอัตนัย มีสถานการณ์ซึ่งเป็นข้อคำถามที่กำหนดให้ค่อนข้างยาว นักเรียนจะต้องใช้ทักษะการคิด ทักษะด้านภาษาในด้านการอ่านและการเขียน ซึ่งผลจากการตรวจให้คะแนน พบว่าเพศหญิงเขียนตอบได้ชัดเจน มีความตั้งใจในการตอบคำถาม สามารถใช้ภาษาในการสื่อสาร ถ่ายทอดความรู้ แนวคิด และการอธิบาย เหตุผลได้ชัดเจนกว่าเพศชาย ซึ่งสอดคล้องกับที่อนาสตาซี (Anastasi.1958 : 497) ที่ศึกษาความแตกต่างด้านภาษาระหว่างเพศชายและหญิง พบว่าเพศหญิงมีความสามารถด้านภาษาสูงกว่าเพศชายและจากงานวิจัยของ ณีฎฐ์ ฐนัญญ์ เจริญสุข (2550:บทคัดย่อ) ซึ่งได้เปรียบเทียบการคิดเมตา (Metacognition) ซึ่งเป็นการคิดขั้นสูงที่เป็นความสามารถในการรับรู้พิจารณาไตร่ตรองและประเมินตนเองเพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาและตัดสินใจเลือกคำตอบระหว่างนักเรียนเพศชายและเพศหญิง พบว่า นักเรียนเพศหญิงมีการคิดแบบเมตาสูงกว่านักเรียน

เพศชาย ส่วนความสามารถด้านการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นซึ่งนักเรียนเพศชาย และนักเรียนเพศหญิงไม่แตกต่างกัน เนื่องจากถึงแม้คณิตศาสตร์จะสอดแทรกอยู่ในวิชาอื่นๆ เพราะธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนในวิชาอื่นๆ เช่น การเรียนเรื่องอนุกรมในวิชาวิทยาศาสตร์ก็ต้องใช้ความรู้เรื่องอัตราส่วนและร้อยละแต่กิจกรรมการเรียนการสอนโดยทั่วไปในแต่ละวิชาของครูผู้สอนจะมุ่งเน้นที่เนื้อหาสาระวิชาหลักเฉพาะที่ตนสอน โดยไม่ได้กระตุ้นให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ประกอบกับครูส่วนใหญ่ที่มุ่งวัดผลให้ครอบคลุมเนื้อหาตามหลักสูตรทำให้วิธีการวัดผลของครูส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบเลือกตอบหรือการเขียนตอบแบบสั้นโดยมิได้ให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีการ ขั้นตอนและแนวคิดซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะแสดงให้นักเรียนเห็นว่าการเชื่อมโยงกันระหว่างความรู้ที่เป็นเนื้อหากับความรู้ที่เป็นขั้นตอนหรือวิธีการทำงานมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้ทำให้นักเรียนชายและหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นไม่แตกต่างกัน

3.2 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีผลทำให้นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้ง 2 ด้าน โดยนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าจะมีความสามารถในการเชื่อมโยงทั้ง 2 ด้านและโดยภาพรวมสูงกว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่า โดยมีแบบแผนของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านและโดยภาพรวมสูงขึ้นตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จากกลุ่มต่ำ สู่กลุ่มปานกลางและกลุ่มสูงอย่างชัดเจนและสูงขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของลอว์สัน และชินนาแพน (Lawson; & Chinnappan. 2000: 26-43) ที่พบว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนรู้ว่ามีแบบแผน มีระบบมากกว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและมีระบบความคิดของการเชื่อมโยงความรู้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิตที่นำไปสู่ความสำเร็จได้มากกว่า

4. จากผลการวิจัยพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ส่งผลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย แสดงว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ทั้งรายด้านและโดยภาพรวมเมื่อพิจารณาจากเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในแต่ละกลุ่มที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ผลการทดสอบจึงพบว่าไม่เกิดผลปฏิสัมพันธ์กัน ดังแสดงในภาพประกอบ 4 ทั้งนี้เพราะความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์นั้นไม่ได้เกิดจากการส่งผลร่วมกันระหว่างเพศและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเยาพร วรณทิพย์ (2548 :78-79) ที่พบว่าเพศกับระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและจากงานวิจัยของจิราภรณ์ กุณสิทธิ์ (2541 :74) พบว่าการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้นหมายถึง นักเรียนไม่ว่าจะเพศใดที่มีระดับการรับรู้

ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์สูงส่วนใหญ่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วย ซึ่งนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงไม่ว่าจะเป็นเพศชายหรือเพศหญิงจะมีความเข้าใจในเนื้อหา เข้าใจสถานการณ์ปัญหา ทำให้สามารถเขียนอธิบายขั้นตอน แสดงแนวคิดในการหาคำตอบ และหา เหตุผลมายืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปที่ได้อย่างเป็นระบบ และชัดเจนความสามารถในการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์จึงไม่ได้เกิดจากการส่งผลร่วมกันระหว่างเพศกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงอยู่ในระดับปานกลาง และมีความสามารถในการเชื่อมโยงเพิ่มขึ้นตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นสารสนเทศที่มี ประโยชน์สำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนานักเรียน ซึ่งได้แก่ ครู และผู้ปกครอง

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครู

ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ครูควรใช้แบบทดสอบอัตนัยและเกณฑ์การ ตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับ เครื่องมือการวัดผลรูปแบบอื่นเพราะแบบทดสอบอัตนัยเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมกับการวัด พฤติกรรมการเรียนรู้ในทุกด้าน และสามารถวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นทักษะ กระบวนการคิดในขั้นสูงขณะเดียวกันเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ก็เป็นเครื่องมือที่มี ประสิทธิภาพสูงเพราะสามารถใช้ประเมินความรู้ความสามารถของนักเรียนได้ใกล้เคียงความรู้ ความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนนอกจากนั้นยังแสดงถึงความสามารถในการเขียนซึ่งเป็นทักษะ ทางภาษา ทำให้ครูเห็นพัฒนาการ ในการตอบคำถาม ตลอดจนเห็นความผิดพลาด ข้อบกพร่องใน การตอบคำถามหรือแสดงแนวคิดของเด็กในแต่ละด้านตามประเด็นที่ครูกำหนดในเกณฑ์การให้ คะแนนซึ่งจะได้ช่วยให้ครูวางแผนในการพัฒนาผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพ อีกทั้งยังช่วยให้นักเรียน ทราบข้อบกพร่องของตนเองสามารถปรับปรุงการทำงานของตนได้ตลอดเวลา

ด้านการสอน ผลจากการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ปานกลางโดยที่นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ต่ำจะมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ดังนั้นครู ควรวางแผนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการเชื่อมโยงในทุกโอกาสที่เป็นไปได้เพื่อให้นักเรียน มองเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาคณิตศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่นๆโดยการใช้คำถามหรือสถานการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้จริงเพื่อกระตุ้นและดึงดูดความ สนใจของนักเรียน กระตุ้นความคิดของนักเรียนทำให้นักเรียนมีความรู้สึกริ่อกอยากตอบคำถามและควร เป็นสถานการณ์ส่งเสริมให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงในการแก้ปัญหาซึ่ง จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เรียนได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้นและมองเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีคุณค่า สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้

ผลการวิเคราะห์การตอบคำถามตามเกณฑ์ให้คะแนนถึงแม้นักเรียนส่วนใหญ่จะมีความเข้าใจโจทย์สถานการณ์ปัญหาแต่ก็ยังไม่สามารถเขียนสื่อแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบพร้อมทั้งสรุปหรือยืนยันคำตอบที่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ครูควรฝึกให้นักเรียนถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือกระบวนการคิดของตนให้ผู้อื่นรับรู้ผ่านทางการพูดและการเขียนอย่างมีระบบเพราะจะทำให้เด็กคุ้นเคยกับการใช้ทักษะการคิด การให้เหตุผลและการแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถเขียนแสดงความรู้ และความคิดที่ตนมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ผู้ปกครอง

ผู้ปกครองมีส่วนสำคัญในการสร้างความสามารถในการเชื่อมโยงแก่เด็กเพราะเป็นผู้ที่มีบทบาทและใกล้ชิดกับเด็กมากที่สุด จึงควรใส่ใจ สอนวิธีการนำคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงให้สามารถใช้ได้จริงตั้งแต่วัยเยาว์ โดยประยุกต์การใช้งานทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น การดูเวลาจากนาฬิกา ให้เงินไปซื้อขนม หรือเวลาไปซื้อของที่ร้านค้า เพื่อให้เชื่อมโยงกับคณิตศาสตร์ การสอนการบ้านลูกด้วยการชี้แนะด้วยความเข้าใจ ไม่ดูตำรากล่าวหรือทำโทษ เพราะเด็กจะคิดเชื่อมโยงว่าคณิตศาสตร์เป็นตัวการที่ทำให้เขาต้องถูกลงโทษ ซึ่งจะทำให้เด็กไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ และไม่สามารถนำวิชาคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับวิชาอื่นๆได้เลย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงกับกลุ่มตัวอย่างในระดับอื่นๆ โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยที่มีการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ภาษาไทย คอมพิวเตอร์ และตรวจให้คะแนนโดยวิธีวิเคราะห์ซึ่งจะทำให้ผลการสอบและการให้คะแนน มีความเที่ยงตรง ตรวจสอบความสามารถและข้อบกพร่องของนักเรียนได้ชัดเจนตามเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละส่วน

2.2 ควรสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์รูปแบบอื่นโดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่ ซึ่งสามารถประเมินความสามารถตามสภาพจริงของนักเรียนได้ เช่นแบบสังเกต แบบสัมภาษณ์หรือพอร์ตโฟลิโอ เพื่อให้มีเครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดและประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างและสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

2.3 ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เช่นความสามารถในการอ่าน ความถนัดทางภาษา ความถนัดทางตัวเลข การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการพัฒนาของนักเรียนของครู เพื่อวางแผนในการพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความสามารถเต็มตามศักยภาพ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2539). การประเมินผลจากสภาพจริง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- กรมวิชาการ. (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา
ลาดพร้าว.
- _____. (2546). คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริม
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงฯ.
- จรรยา ภูอุดม. (2545, พฤษภาคม-กรกฎาคม). แนวการจัดการเรียนการสอนและ
การประเมินผลที่สอดคล้องกับสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. วารสาร
คณิตศาสตร์. 46(524-526): 14,23-24.
- จิราภรณ์ กุณสิทธิ์. (2541). การทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตัวแปร
ด้านการกำกับตนเองในการเรียน การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ ทักษะคิด
ต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2546). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ:
เทพเนรมิตการพิมพ์.
- ณัฐฐินันท์ เกลิมสุข. (2550). การสร้างแบบวัดการคิดแบบเมตา(METACOGNITION)
ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 : กรณีศึกษา จังหวัดสระบุรี. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(การวัดผล
การศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดวงเดือน อ่อนน้อม. (2547). จากสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เรื่องการวัด ผู้การ
จัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน. ในประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการ
เรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- เทอดเกียรติ วงศ์สมบูรณ์. (2547). กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการ
แก้ปัญหาและการเชื่อมโยง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- นางลักษณ์ แก้วมาลา. (2547). ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- นภดล กมลวิลาสเสถียร. (2549). เทคนิคช่วยให้ลูกเก่งคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- นิตยา ธรรมมิกะกุล. (2550). พัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองด้านคณิตศาสตร์ต่างกัน ของ โรงเรียนในกลุ่มศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยและสถิติ การศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. (2521). ทฤษฎีการทดสอบ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- _____. (2538). แบบทดสอบคะแนนจริงสัมพันธ์ : การวิเคราะห์ทางสถิติ. (เอกสารประกอบการสอน). กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- _____. (2547). การวัดประเมินการเรียนรู้(การวัดประเมินแนวใหม่). (เอกสารประกอบการสอน). กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา.
- บุญญา ชาญหล่อ. (2550). การบูรณาการแบบเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ในเรื่อง การวิเคราะห์ ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และพีชคณิตโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด.(คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ.(2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- _____. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ลิลลา ดลภาค. (2549). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ สมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญานิพนธ์กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิชาการและมาตรฐานการศึกษา,สำนัก สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวง ศึกษาธิการ.(2549). แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ.พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การค่าครูสภา ลาดพร้าว.

- ศศิธร แก้วรักษา. (2547). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA Model) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 . วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548) . ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ส.วาสนา ประवालพฤษ. (2533). การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- _____. (ม.ป.ป.). การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมบัติ แสงทองคำ. (2545). การพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมศักดิ์ ภู่วิภาดารวรรณ. (2544). การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง. เชียงใหม่: The Knowledge Center.
- สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. (2549). ความเชื่อมั่น. ใน สารานุกรมศึกษาศาสตร์ฉบับรวมเล่มเฉพาะเรื่อง อันดับที่ 3 การวัดผลและประเมินการศึกษา. หน้า 107
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,สถาบัน. (2547). สารที่ควรลดและลดและข้อคิดการ จัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ในยุคปฏิรูป. กรุงเทพฯ: สำนักคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- _____. (2550). ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุนีย์ คล้ายนิล. (2547,กรกฎาคม-สิงหาคม). คณิตศาสตร์สำหรับโลกวันพรุ่งนี้. วารสารการศึกษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี. 32(131) : 12-22
- สุพัฒตรา หล้าฤทธิ์. (2547). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เน้นกระบวนการคิดแบบเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เสาวนีย์ เกียรย์. (2540). คู่มือการอบรมการใช้แฟ้มสะสมงานนักเรียน. กรุงเทพฯ: เนติกุลการพิมพ์.

- เสาวลักษณ์ รัตนวิษฐ์. (2534). *การพัฒนาการสอนภาษาไทยแบบมุ่งประสิทธิภาพทางภาษา เล่ม2*. กรุงเทพฯ: ประยูรวงษ์พริ้นติ้ง.
- อัมพร ม้าคอง. (2547). *การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใน ประมวล บทความหลักและการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- Allen, Mary J.; & Yen, Wendy M. (1979). *Introduction to Measurement Theory*. California: Wadsworth.
- Anastasi, Anne. (1982). *Psychological Testing. Fifth Editor*. New York: Macmillan.
- Blaskopf, Bill; & Chazan, Dan. (2001, November). *Welcome to Our Focus Issue on Connections. Mathematics Teacher*. 94(8): 625.
- Bloom, Benjamin S. (1967). *Taxonomy of Educational Objectives (Cognitive Domain)*. New York: David McKay.
- Buck, J.C. (2000, June). Building Connection among Classes of Polynomial Functions. *Mathematic Teacher*. 93(7): 591-594.
- Burphy-Stock, Judith A., Laurie ,Cecelia, Chissom, Brad S. (1996). "Rater Agreement Indexes For Performance Assessment," *Educational and Psychological measurement*. 2: 251-261.
- Crites, T.W. (1995, August). Connecting Geometry and Algebra: Geometric Interpretations of Distance. *Mathematic Teacher*. 88(4): 292-297.
- Drexel, Robert Earl. (1997, July). Connecting Common and Decimal Fraction Concepts: A Common Fraction Perspective. *Dissertation Abstracts International*. 58(6): 2119 – A.
- Feist, Jess. (1990). *Theories of Personality*. 2 nd ed. Forth: Holt, Rinehart and Winston.
- Gronlund, Norman E.; & Linn, Robert L. (1990). *Measurement and Evaluation in Teaching*. 6 th ed. New York: Macmillan.
- Goodrich, H. (1997). *Understanding rubrics*. [online]. Available: [http://cdnet2.car.chula.ac.th/pdfhtml\[2007, January.15\]](http://cdnet2.car.chula.ac.th/pdfhtml[2007, January.15])
- Hopkins, K D.; Stanley, J C.; & Hopkins, B R .(1990). *Education and Psychological Measurement and Evaluation*. 7 th ed. Englewood Cliffs, N J.: Prentice Hall.
- Janda, Louis. (1998). *Psychological Testing: Theory and Applications*. Boston: Allyn & Bacon.
- Kennedy, Leonard M.; & Tipps, Steve. (1994). *Guiding Children's Learning of Mathematics*. 7 th ed. California: Wadsworth.

- Knuth, Eric J. (2000, July). Student Understanding of the Cartesian Connection : An Exploratory Study. *Journal for Research in Mathematics Education*. 31(4): 501-507
- Kyle, D.W. McIntyre E.; & G.H. Moore. (2001, October). Connecting Mathematics Instruction with the Families of Young Children. *Teaching Children Mathematics*. 8(2): 80-86.
- Lawson, Michael J.; & Mohan Chinnappan. (2000, January). Knowledge Connectedness in Geometry Problem Solving. *Journal for Research in Mathematics Education*. 31(1): 26-43.
- Marascuilo, Leonard A; & Levin, Joel R. (1983). *Multivariate Statistics in The Social Sciences : A Researcher's Guide*. California: Brook/Cole
- Mehrens, W.A.; & I.J. Lehmann. (1969). *Standard Test in Education*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- _____. (1984). *Measurement and Evaluation in education and psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1989). *Curriculum and Evaluation Standard for School Mathematics*. Reston, Virginia: NCTM.
- _____. (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*. Reston, Virginia: NCTM.
- Nunnally, Jum C. (1964). *Test and Measurements: Assessment and Prediction*. New York : hill.
- Ronis, D. (2000). *Brain-compatible assessments*. New York: Skylight Training and Publishing.
- Stenmark, J.K. (1991). *Mathematic Assessment : model, good question, and practical suggestion*. University of California : The National Council of Teachers of Mathematic.
- Thorndike, Robert L. (1971). *Educational Measurement*. New York: The Grant Foundation.
- Williams, Susan Elaine. (1999, May). Effects of Teacher Involvement in Curriculum Development on the Implementation of Calculators (Mathematics Curriculum). *Dissertation Abstracts International*. 53(11): 3836-A.

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ วงศ์รัตน์

ข้าราชการบำนาญ
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

อาจารย์สุวรรณา คล้ายกระแสน

ข้าราชการบำนาญ ภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์

ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์สุนีย์ เงินยวง

ภาควิชามัธยมศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อาจารย์อุดม ภูสะอาด

ครูชำนาญการพิเศษ สาขาคณิตศาสตร์
หัวหน้าหมวดวิชาคณิตศาสตร์
โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ

อาจารย์จำเรียง สุขกุล

ครูชำนาญการ สาขาคณิตศาสตร์
โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์

อาจารย์โสภิษฐ์ประภา โพธิ์ศิริ

ครูชำนาญการ สาขาคณิตศาสตร์
โรงเรียนลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์

อาจารย์นภัสรพี เสนาะกลาง

ครู ค.ศ. 1 โรงเรียนลำปลายมาศ
จังหวัดบุรีรัมย์

ภาคผนวก ข.
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (ฉบับ 2 ข้อ5-8)

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนอธิบาย ขั้นตอนการคำนวณและแสดงแนวทางที่ทำให้ได้คำตอบ โดยอาศัยแนวคิด ความรู้ หลักการทางวิชาคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหา
2. ให้นักเรียนเขียนอธิบาย บรรยาย แสดงการให้เหตุผลในการอธิบายคำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นตอน โดยอ้างอิง แนวคิด ความรู้ หลักการทางวิชาคณิตศาสตร์ ที่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อหาคำตอบ หรือ แก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้อง เพราะทุกส่วนมีผลต่อการให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน

แบบทดสอบฉบับนี้มี 4 ข้อ แบบทดสอบ 1 ข้อ มีคะแนนเต็ม 6 คะแนน ซึ่งแบบทดสอบ แต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ โดยคำถามแต่ละข้อจะมุ่งวัดในด้านต่างๆ ของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยมีคะแนน คำถามละ 2 คะแนน

คำถามที่ 1 เป็นการวัดความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการแสดงความเข้าใจ ในสถานการณ์อย่างชัดเจน โดยเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนด มาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหา สามารถระบุประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด

คำถามที่ 2 เป็นการวัดการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การแสดงความเข้าใจในแนวคิด เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยการเชื่อมโยงความรู้และหลักการด้านคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วในการอ้างอิง อธิบาย บรรยายถึงวิธีการแก้ปัญหาให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง สมเหตุสมผล

คำถามที่ 3 เป็นการวัดการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป หมายถึงความสามารถในการอ้างอิง อธิบาย บรรยาย ถึงคำตอบ หรือข้อสรุปที่ได้ว่ามีความเหมาะสม ถูกต้อง โดยอาศัยหลักการข้อมูล ข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบายสรุปคำตอบที่ได้ พร้อมยกตัวอย่างประกอบการอธิบาย

ตัวอย่างข้อสอบ

0) ในการแข่งขันกีฬาภายในโรงเรียน สุนิสา มีหน้าที่ในการดำเนินการจัดทำเสื้อเชียร์ประจำคณะสีแดง ให้กับนักเรียนจำนวน 89 คน โดยได้สอบถามราคาเสื้อสีแดงและราคาการปักเสื้อจากร้านค้า จำนวน 2 ร้าน ซึ่งมีสมมติฐานว่ามีเนื้อผ้า, ฝีมือการปัก, ความสะดวกในการติดต่อ และเวลาในการปักเสื้อได้ใกล้เคียงกัน พบว่า

ร้านที่ 1 จำหน่ายเสื้อสีแดงราคาโหลละ 1,000 บาท และคิดค่าจ้างในการปักเสื้อตัวละ 15 บาท แต่ถ้าซื้อไม่ครบโหลจะคิดราคาขายปลีกตัวละ 100 บาท แต่ราคาปักเท่าเดิม

ร้านที่ 2 จำหน่ายเสื้อสีแดงราคาตัวละ 110 บาท และคิดค่าปักตัวละ 16 บาท แต่ถ้าซื้อเสื้อมากกว่า 70 ตัว ลดราคาเสื้อให้ตัวละ 10 บาท และคิดค่าปักเพียง 50 % จากราคาปักทั้งหมด

ซึ่งทั้ง 2 ร้าน จะรับปักเสื้อให้เฉพาะลูกค้าที่ซื้อเสื้อจากร้านของตนเองเท่านั้น

จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้ (3 คำถาม)

1. ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณราคาเสื้อและราคาปักที่ทางร้านกำหนดอย่างละเอียด เพื่อเปรียบเทียบราคาในการตัดสินใจเลือกซื้อ
2. ถ้านักเรียนเป็นสุณิสา จะตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อสีแดงจากร้านค้าใด เพราะเหตุใด
3. อธิบายแนวคิด เหตุผล สนับสนุน การตัดสินใจไม่เลือกซื้อเสื้อจากร้านเสื้ออีกร้านอย่างสมเหตุสมผล

แนวการตอบ

คำถามที่ 1 ให้นักเรียนแสดงขั้นตอนวิธีการคำนวณราคาเสื้อและราคาปักที่ทางร้านกำหนดอย่างละเอียด เพื่อเปรียบเทียบราคาในการตัดสินใจเลือกซื้อ

วิธีคิด ราคาเสื้อพร้อมปัก จำนวน 89 ตัว กรณีเลือกซื้อจากร้านที่ 1

ร้านที่ 1	ราคาเสื้อโหลละ 1,000 บาท ถ้าซื้อไม่ครบโหล ขายปลีกตัวละ 100 บาท					
เนื่องจาก	ซื้อเสื้อ 7 โหล	เป็นเงิน	$7 \times 1,000$	=	7,000	บาท
และ	ซื้อเสื้อ 5 ตัว	เป็นเงิน	5×100	=	500	บาท
แสดงว่าซื้อเสื้อจากร้านที่ 1 ทั้งหมดเป็นเงิน					7,500	บาท
ราคาปักเสื้อตัวละ 15 บาท						
ดังนั้น	ปักเสื้อ 89 ตัว	เป็นเงิน	89×15	=	1,315	บาท
ดังนั้น ถ้าซื้อเสื้อพร้อมปักจากร้านที่ 1 จำนวน 89 ตัว จะต้องจ่ายเงิน						
					$7,500 + 1,315$	= 8,835 บาท

วิธีคิด ราคาเสื้อพร้อมปัก จำนวน 89 ตัว กรณีเลือกซื้อจากร้านที่ 2

ร้านที่ 2 จำหน่ายเสื้อสีแดงราคาตัวละ 110 บาท แต่ทางร้านกำหนดว่าถ้าซื้อมากกว่า 70 ตัว ลดราคาเสื้อให้ตัวละ 10 บาท ดังนั้น ซื้อเสื้อจากร้านที่ 2 ได้ ในราคาตัวละ 100 บาท

ดังนั้น ซื้อเสื้อ 89 ตัว เป็นเงิน $89 \times 1,000 = 8,900$ บาท

ราคาปัก ตัวละ 16 บาท

ดังนั้น ปักเสื้อ 89 ตัว เป็นเงิน $89 \times 16 = 1,424$ บาท

แต่ทางร้านคิดค่าปักเพียง 50 % จากราคापักทั้งหมด

ดังนั้น ราคาปัก 1,424 บาทลดเหลือ $1,424 \times \frac{50}{100} = 712$ บาท

ดังนั้น ถ้าซื้อเสื้อพร้อมปักจากร้านที่ 2 จำนวน 89 ตัว จะต้องจ่ายเงิน

$8,900 + 712 = 9,612$ บาท

แนวทางการตอบคำถามที่ 2

คำถามที่ 2 ถ้านักเรียนเป็นสุนิสา จะตัดสินใจเลือกซื้อเสื้อสีแดงจากร้านค้าใด เพราะเหตุใด

จะเลือกซื้อเสื้อจากร้านที่ 1 เนื่องจากซื้อเสื้อพร้อมปักจากร้านที่ 1 จะมีราคาถูกกว่าร้านที่ 2 คือซื้อเสื้อพร้อมปักได้ในราคา 8,835 บาท

แนวทางการตอบคำถามที่ 3

คำถามที่ 3 อธิบายแนวคิด เหตุผล สนับสนุน การตัดสินใจไม่เลือกซื้อเสื้อจากร้านเสื้ออีกร้านอย่างสมเหตุสมผล

ไม่เลือกซื้อเสื้อจากร้านที่ 2 เพราะ ถ้าซื้อเสื้อพร้อมปักจากร้านที่ 2 จะต้องจ่ายเงินถึง 9,612 บาท ซึ่งแพงกว่าการซื้อจากร้านที่ 1 ถึง 777 บาท

เกณฑ์การให้คะแนน

ประเด็นการให้คะแนน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
คำถามที่ 1 ความเข้าใจ สถานการณ์ปัญหา	2	สามารถเขียนแสดงการคำนวณราคาเสื้อพร้อมปักตามเงื่อนไขที่ร้านค้าทั้ง 2 ร้าน กำหนดอย่างละเอียด ชัดเจนและถูกต้องตามแนวการตอบทั้งหมด
	1	สามารถเขียนแสดงการคำนวณราคาเสื้อพร้อมปักจากร้านค้าได้ถูกต้องตามแนวการตอบบางส่วน
	0	ไม่เขียน/เขียนแสดงวิธีการคำนวณค่าจ้างที่จะนำไปสู่คำตอบที่ผิดจากแนวการตอบทั้งหมด
คำถามที่ 2 การแสดงแนวคิดทาง คณิตศาสตร์	2	สามารถเขียนแสดงแนวคิดโดยคำนึงถึงเงื่อนไขที่ทางร้านค้ากำหนดได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนตามแนวการตอบ เพื่อนำไปสู่การเลือกซื้อเสื้อร้านที่ราคาถูกที่สุด คือ ร้านที่ 1
	1	สามารถเขียนแสดงแนวคิดโดยคำนึงถึงเงื่อนไขที่ทางร้านค้ากำหนดเพื่อนำไปสู่การเลือกซื้อเสื้อร้านที่ 1 ได้ถูกต้องบางส่วนตามแนวการตอบ
	0	ไม่ตอบ/เขียนแสดงแนวคิดเพื่อนำไปสู่การเลือกซื้อเสื้อร้านที่ 2
คำถามที่ 3 การยืนยันหรือคัดค้าน ข้อสรุป	2	อธิบายเหตุผลสนับสนุนในการไม่เลือกซื้อเสื้อร้านที่ 2 อย่างถูกต้องชัดเจน โดยมีการเปรียบเทียบเรื่องราคา
	1	อธิบายเหตุผลสนับสนุนการไม่เลือกซื้อเสื้อร้านที่ 2 ได้ถูกต้องบางส่วน
	0	ไม่อธิบายเหตุผล/อธิบายเหตุผลสนับสนุนการไม่เลือกซื้อเสื้อร้านที่ 1

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์

5

สถานการณ์

ธิดาต้องการเปลี่ยนโปรโมชั่นการใช้โทรศัพท์แทนโปรโมชั่นเดิม เมื่อสอบถามพนักงานให้บริการ

พบว่า มีโปรโมชั่นการใช้โทรศัพท์ใหม่ 2 โปรโมชั่น ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง

1.โปรโมชั่น สุดคุ้ม 199 บาท ค่าบริการรายเดือน 199 บาท

อัตราค่าใช้บริการ นาทีละ 25 สตางค์ ตลอด 24 ชั่วโมง ทุกเครือข่าย

2. โปรโมชั่น สุดเจ๋ง 89 บาท ค่าบริการรายเดือน 89 บาท

อัตราค่าใช้บริการ นาทีที่ 1- 5 นาทีละ 1 บาท

นาทีที่ 5.01 – 60 ไม่คิดค่าบริการ (ฟรี)

นาทีที่ 61 เป็นต้นไปนาทีละ 2 บาท ตลอด 24 ชั่วโมงทุกเครือข่าย

ธิดาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 อาศัยอยู่กับคุณพ่อในหมู่บ้านแห่งหนึ่ง ซึ่งธิดาต้องเดินทางไปและกลับ ระหว่างปากทางเข้าหมู่บ้าน และโรงเรียนโดยรถโดยสารประจำทางทุกวัน (วันเสาร์-อาทิตย์ ธิดาต้องไปเรียนพิเศษโดยรถโดยสารประจำทางเช่นกัน) และคุณพ่อได้ซื้อโทรศัพท์มือถือให้ธิดา 1 เครื่อง ซึ่งสมมติให้ในแต่ละเดือน ธิดาจะมีการใช้เวลาในการโทรศัพท์ติดต่อกับบุคคลดังต่อไปนี้

☎ โทรศัพท์ให้คุณพ่อมารับที่ปากทางเข้าหมู่บ้านทุกวัน วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที

☎ เมื่อกลับถึงบ้านต้องโทรศัพท์หาคุณแม่ซึ่งอยู่ต่างจังหวัดทุกวันวันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที

☎ โทรปรึกษาเรื่องการบ้านและการเรียนกับเพื่อน ทุกวัน วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 10 นาที

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้ (3 คำถาม)

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงนำข้อมูลเติมลงในช่องว่าง เพื่อบำหนดความถี่ในการใช้โทรศัพท์ และเวลาที่ใช้จ่ายในการโทรศัพท์หาบุคคลต่าง ๆ ในเวลา 1 เดือน (30 วัน)

เหตุการณ์	ความถี่ในการใช้โทรศัพท์		เวลาที่ใช้โทรศัพท์	
	ครั้ง/วัน	ครั้ง/เดือน	นาที/วัน	นาที/เดือน
1. โทรให้คุณพ่อมารับ				
2. โทรหาคุณแม่				
3. โทรหาเพื่อน				
รวม				

2. จงเติมข้อความลงในตารางการเปรียบเทียบอัตราค่าใช้จ่ายโทรศัพท์ให้สมบูรณ์ ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายแนวคิด เหตุผลประกอบการตัดสินใจเลือกโปรโมชั่นโทรศัพท์เพียงโปรโมชั่นเดียว

ตาราง การเปรียบเทียบอัตราค่าบริการโทรศัพท์

รายละเอียดการโทรศัพท์	เวลาในการโทร (ต่อครั้ง)	โปรโมชั่น สุดคุ้ม 199 บาท		โปรโมชั่น สุดเจ๋ง 89 บาท	
		ค่าบริการต่อครั้ง (บาท)	ค่าบริการต่อ 30 วัน (บาท)	ค่าบริการต่อครั้ง (บาท)	ค่าบริการต่อ 30 วัน (บาท)
1. โทรหาคุณพ่อ	1 นาที				
2. โทรหาคุณแม่	15 นาที				
3. โทรหาเพื่อน	10 นาที				
รวมค่าบริการโทรศัพท์ใน 30 วัน					
รวมค่าโทรศัพท์ใน 30 วัน+ค่าบริการรายเดือน					

ถ้านักเรียนเป็นธิดา จะตัดสินใจเปลี่ยนมาใช้โปรโมชั่น.....

เพราะ.....

.....

3. ถ้านักเรียนเป็นพนักงานในร้านโทรศัพท์ จะแนะนำโปรโมชั่นทั้ง 2 โปรโมชั่นให้เหมาะกับ
ลักษณะการใช้โทรศัพท์ของลูกค้าอย่างไร โดยอธิบายจุดเด่น ,จุดด้อยของแต่ละโปรโมชั่น
โปรโมชั่นสุดคุ้ม 199 บาท

จุดเด่น.....

.....

.....

จุดด้อย.....

.....

.....

โปรโมชั่นสุดเจ๋ง 89 บาท

จุดเด่น.....

.....

.....

จุดด้อย.....

.....

.....

ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น

สถานการณ์

8.

ถ้านักเรียนเป็นเด็กหญิงสินี อายุ 14 ปี หนัก 40 กิโลกรัม สูง 158 เซนติเมตร และต้องเลือกรับประทานอาหารด้วยตนเองภายใน 1 วัน ให้ได้รับสารอาหารที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย และเหมาะสมกับพลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ใน 1 วัน โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น คือ

- ตามหลักโภชนาการ จะต้องรับประทานอาหารในแต่ละวันให้ได้รับสารอาหารทั้ง 6 ชนิด (คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน, ไขมัน, วิตามิน, เกลือแร่ และน้ำ) ให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย และ เหมาะสมกับพลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ใน 1 วัน

-ปริมาณพลังงาน (Kcal) ที่ได้รับจากการรับประทานอาหารจะต้องมากกว่าพลังงานที่ใช้ (Kcal)ในการทำกิจกรรมต่างๆในหนึ่งวัน จำนวน 100 กิโลแคลลอรี่ (Kcal) เพื่อให้มีปริมาณพลังงานจากสารอาหารที่เหลือจากการเผาผลาญในการทำกิจกรรมต่างๆ สำหรับเก็บไว้ในร่างกายเพื่อเป็นพลังงานสำรอง

อาหารชุดที่ 1

รายการ	หน่วย	ปริมาณ (Kcal)
เช้า		
โจ๊กใส่ไข่	1 ถ้วย	250
รวมมื้อเช้า		250
กลางวัน		
เส้นใหญ่ผัดซีอิ๊ว	1 จาน	450
เกี้ยวทอด	1 จาน	130
รวมมื้อกลางวัน		580
เย็น		
ผัดถั่วงอกเต้าหู้หมูสับ	1 จาน	280
ปลาช่อนผัดคื่นช่าย	1 จาน	220
สลัดสมุนไพรมะเขือเทศ	1 จาน	150
ข้าวเจ้า	1 จาน	150
ไอศกรีม	1 ถ้วย	150
รวมมื้อเย็น		950
รวม 3 มื้อ		1780

อาหารชุดที่ 2

รายการ	หน่วย	ปริมาณ (Kcal)
เช้า		
ขนมปัง	1 แผ่น	58
นมสด	1 แก้ว	150
ไข่ดาว+ไส้กรอก	1 ชุด	262
รวมมื้อเช้า		470
กลางวัน		
บะหมี่หมูแดง	1 จาน	219
ส้ม+ฝรั่ง	1 จาน	130
รวมมื้อกลางวัน		349
เย็น		
ผัดถั่วงอกเต้าหู้หมูสับ	1 จาน	280
ปลาช่อนผัดคื่นช่าย	1 จาน	220
น้ำพริกปลาทู+ผักสด	1 ชุด	200
ข้าวเจ้า	1 จาน	150
รวมมื้อเย็น		850
รวม 3 มื้อ		1669

ให้นักเรียนตอบคำถามจากข้อมูลเบื้องต้นที่โจทย์กำหนดให้ (3 คำถาม)

- 1 ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณพลังงานที่สิ้นใช้ในการทำกิจกรรมภายใน 1 วัน แล้วเติมลงในช่องว่างของตารางแสดงพลังงานที่สิ้นใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ

วิธีคิด	นอนวันละ 8 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	.....
	เขียนหนังสือ อ่านหนังสือวันละ 7 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	.....
	อาบน้ำ แปรงฟัน วันละ 1 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	.....
	ล้างจาน วันละครึ่งชั่วโมง	ใช้พลังงาน	.....
	ว่ายน้ำ วันละ 2 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	.....
	กิจกรรมอื่นๆ วันละ 5 ชั่วโมงครึ่ง	ใช้พลังงาน	.....
	รวมพลังงานที่สิ้นใช้ในการทำกิจกรรมใน 1 วัน เท่ากับ		กิโลแคลอรี

โดยมีรายละเอียดดังตาราง

ตารางแสดงพลังงานที่ได้กัญชีใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ใน 1 วัน

กิจกรรมที่ทำในแต่ละวัน	เวลาที่ทำกิจกรรม(ชั่วโมง)	พลังงานที่ใช้ (Kcal) ใน 1 ชม. ต่อ น.น. ร่างกาย 1 กิโลกรัม	พลังงานที่ใช้ (Kcal) ใน 1 วัน ต่อ น.น. ร่างกาย 40 กิโลกรัม
นอน	8 ชั่วโมง	0.97	.....
เขียนหนังสือ อ่านหนังสือ	7 ชั่วโมง	2.52	.....
อาบน้ำ แปรงฟัน	1 ชั่วโมง	2.81	.....
(วันละ 2 ครั้งครึ่งละ ครึ่ง ชม.)			
ล้างจาน	ครึ่งชั่วโมง	1.22	.....
ว่ายน้ำ	2 ชั่วโมง	4.37	.....
กิจกรรมอื่นๆ	5 ชั่วโมงครึ่ง	0.30	.....
	รวมพลังงานที่สิ้นใช้ในการทำกิจกรรม		.....
	(Kcal)		

2. สมมติว่าไม่มีข้อห้ามทางศาสนา/ไม่มีข้อจำกัดอื่น ให้นักเรียนเลือกรับประทานอาหารจากชุดอาหารที่กำหนดให้เพียง 1 ชุด พร้อมแสดงเหตุผล แนวคิด และรายละเอียดสารอาหารที่ได้รับจากการรับประทานอาหารแต่ละชนิดให้ถูกต้องตามหลักโภชนาการ

ตอบ เลือกรับประทานอาหารชุดที่.....เพราะ.....

รายละเอียดสารอาหารที่ได้รับจากการรับประทานอาหารแต่ละชนิด

คาร์โบไฮเดรต	ได้จาก.....
	
โปรตีน	ได้จาก.....
	
ไขมัน	ได้จาก.....
	
เกลือแร่ และ วิตามิน	ได้จาก.....
	

3. จงบอกเหตุผลโดยอาศัยหลักโภชนาการสนับสนุนในการไม่เลือกรับประทานอาหารอีก 1 ชุด

.....

ขอขอบคุณนักเรียนทุกคน
 ที่ร่วมทำบุญทางวิชาการ
 โดยการตั้งใจทำ
 แบบทดสอบฉบับนี้

นางสาวจรรุวรรณ ทวันเวช
 นิสิตปริญญาโท สาขาการวัดผลการศึกษา
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร



ภาคผนวก ค.

ตัวอย่างชุดแนวทางการตอบ และเกณฑ์การให้คะแนน

แบบทดสอบข้อที่ 5

คำถามที่ 1 วัดความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา

2. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงนำข้อมูลเติมลงในช่องว่างเพื่อ คำนวณความถี่ในการใช้โทรศัพท์ และเวลาที่คิดใช้ในการโทรศัพท์หาบุคคลต่าง ๆ ในเวลา 1 เดือน (30 วัน)

แนวทางการตอบ

เหตุการณ์	ความถี่ในการใช้โทรศัพท์		เวลาที่ใช้โทรศัพท์	
	ครั้ง/วัน	ครั้ง/เดือน	นาที/วัน	นาที/เดือน
1. โทรให้คุณพ่อมารับ	1	30	1	30
2. โทรหาคุณแม่	1	30	15	450
3. โทรหาเพื่อน	1	30	10	300
รวม	3	90	26	780

คำถามที่ 2 วัดการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์

2. จงเติมข้อความลงในตารางการเปรียบเทียบอัตราค่าใช้โทรศัพท์ให้สมบูรณ์ ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายแนวคิด เหตุผลประกอบการตัดสินใจเลือกโปรโมชั่นโทรศัพท์เพียงโปรโมชั่นเดียว

แนวทางการตอบ

ตารางการเปรียบเทียบอัตราค่าบริการโทรศัพท์

รายละเอียดการโทรศัพท์	เวลาในการโทร(ต่อครั้ง)	โปรโมชั่น สุดคุ้ม 199 บาท		โปรโมชั่น สุดเจ๋ง 89 บาท	
		ค่าบริการต่อครั้ง (บาท)	ค่าบริการต่อ 30 วัน (บาท)	ค่าบริการต่อครั้ง (บาท)	ค่าบริการต่อ 30 วัน (บาท)
1. โทรหาคุณพ่อ	1 นาที	0.25	7.50	1	30
2. โทรหาคุณแม่	15 นาที	3.75	112.50	5	150
3. โทรหาเพื่อน	10 นาที	2.50	75	5	150
ค่าบริการโทรศัพท์ใน 30 วัน			195		330
รวมค่าโทรศัพท์ใน 30 วัน+ค่าบริการรายเดือน			394		419

ถ้านักเรียนถ้านักเรียนเป็นธิดา จะตัดสินใจเปลี่ยนมาใช้โปรโมชั่น สุดคุ้ม 199 บาท

เพราะ จากตารางการเปรียบเทียบอัตราค่าบริการโทรศัพท์ ของทั้ง 2 โปรโมชัน เมื่อคำนวณค่าบริการ โทรศัพท์ตามรายละเอียดการใช้งานของธิดาใน 30 วัน พบว่า ในเวลาการโทร เดือนละ 780 นาทีเท่ากันถ้าใช้โปรโมชันสุดคุ้ม จะต้องจ่ายค่าบริการรายเดือนและค่าโทรศัพท์ทั้งสิ้น 394 บาท แต่ถ้าใช้โปรโมชันสุดเจ๋ง จะต้องจ่ายค่าบริการรายเดือนและค่าโทรศัพท์ทั้งสิ้น 419 บาท ซึ่งโปรโมชันสุดคุ้มจะเสียค่าใช้จ่ายต่อเดือนถูกกว่าโปรโมชันสุดเจ๋ง 25 บาท ดังนั้นจึงตัดสินใจเลือกเปลี่ยนมาใช้โปรโมชัน สุดคุ้ม 199 บาท

คำถามที่ 3 วัดการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

3. ถ้านักเรียนเป็นพนักงานในร้านโทรศัพท์ จะแนะนำโปรโมชันทั้ง 2 โปรโมชันให้เหมาะกับลักษณะการใช้โทรศัพท์ของลูกค้าอย่างไร โดยอธิบายจุดเด่น ,จุดด้อยของแต่ละโปรโมชัน โปรโมชันสุดคุ้ม 199 บาท

แนวทางการตอบ

โปรโมชัน สุดคุ้ม 199 บาท เหมาะกับลูกค้าที่เน้นการรับสาย ไม่เน้นการโทรออก หรือใช้เวลาในการโทรสั้นเพียงครั้งละ 1-2 นาที

จุดเด่น ของโปรโมชัน สุดคุ้ม 199 บาท คือ อัตราค่าบริการถูกเพียงนาทีละ 25 สตางค์

จุดด้อย ของโปรโมชัน สุดคุ้ม 199 บาท คือ เสียค่าบริการรายเดือนฟรีเดือนละ 199 บาท

โดยไม่สามารถใช้ 199 บาท เป็นค่าโทรศัพท์ได้เลย นั่นคือ ถึงแม้จะไม่มีการโทรออก ก็ต้องจ่าย 199 บาท

โปรโมชัน สุดเจ๋ง 89 บาท เหมาะสำหรับลูกค้าที่เน้นการโทรออกและโทรยาว นั่นคือใช้เวลาในการโทรออกต่อครั้ง 5-60 นาที เสียค่าบริการเพียงครั้งละ 5 บาท แต่สามารถคุยได้ยาวถึง 60 นาที

จุดเด่น ของโปรโมชัน สุดเจ๋ง 89 บาท คือ

1. ถ้านั้นการรับสายอย่างเดียว ไม่เน้นการโทรออก จะเสียค่าบริการรายเดือน เพียงเดือนละ 89 บาท
2. โทรเท่าไร จ่ายเพียง 5 นาที ซึ่งเท่ากับ 5 บาท ดังนั้นถ้าโทรออกต่อครั้งใช้เวลา 60 นาที ก็จ่ายเพียง 5 บาท ซึ่งคิดเป็นอัตราการโทรเฉลี่ยเพียงนาทีละ 0.08 บาท

จุดด้อย ของโปรโมชัน สุดเจ๋ง 89 บาท คือ ถ้าในแต่ละครั้ง โทรออกเพียง 1- 5 นาที

จะต้องจ่ายตามจริง คือนาทีละ 1 บาท ดังนั้นถ้าในแต่ละวันมีการโทรศัพท์หลายครั้ง ครั้งละไม่เกิน 5 นาที จะต้องจ่ายครั้งละ 1- 5 บาท ดังนั้นโปรโมชันนี้จึงไม่เหมาะกับลูกค้าที่โทรสั้น แต่โทรบ่อย

เกณฑ์การให้คะแนน (ข้อ 5)

ประเด็น การให้คะแนน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
คำถามที่ 1 ความเข้าใจ สถานการณ์ ปัญหา	2	สามารถเติมข้อมูลลงในตารางเวลาที่คิดใช้ในการโทรศัพท์หา บุคคลต่างๆ ในเวลา 1 เดือน (30 วัน) ได้อย่างละเอียด ชัดเจน และถูกต้องตามแนวการตอบทั้งหมด
	1	สามารถเติมข้อมูลลงในตารางเวลาที่คิดใช้ในการโทรศัพท์หา บุคคลต่างๆ ในเวลา 1 เดือน (30 วัน) ได้ถูกต้องตามแนวการตอบ บางส่วน
	0	ไม่เขียน / เติมข้อมูลลงในตารางเวลาที่คิดใช้ในการโทรศัพท์หา บุคคลต่างๆ ในเวลา 1 เดือน (30 วัน) ที่จะนำไปสู่คำตอบที่ผิดจาก แนวการตอบทั้งหมด
คำถามที่ 2 การแสดง แนวคิดทาง คณิตศาสตร์	2	- สามารถเติมข้อความลงในตารางการเปรียบเทียบอัตราค่าใช้ บริการโทรศัพท์ที่ได้สมบูรณ์ ถูกต้องตามแนวการตอบทั้งหมด - สามารถเขียนแสดงแนวคิด เหตุผลประกอบการตัดสินใจโดยมี การแสดงการเปรียบเทียบราคาค่าใช้จ่ายโทรศัพท์ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน เพื่อนำไปสู่การเลือกโปรโมชั่นโทรศัพท์สุดคุ้ม 199 บาท
	1	- สามารถเติมข้อความลงในตารางการเปรียบเทียบอัตราค่าใช้ บริการโทรศัพท์ที่ได้สมบูรณ์ ถูกต้องตามแนวการตอบทั้งหมด - เขียนแสดงแนวคิด เหตุผลประกอบการตัดสินใจ เพื่อนำไปสู่การ เลือกโปรโมชั่นโทรศัพท์สุดคุ้ม 199 บาท ได้ถูกต้องบางส่วน
	0	- ไม่เขียน/มีแนวโน้มในการเติมข้อความลงในตารางเปรียบเทียบ อัตราค่าใช้บริการโทรศัพท์ที่ผิดไปจากแนวการตอบทั้งหมด - เขียนแสดงแนวคิด เหตุผลประกอบการตัดสินใจเลือกโปรโมชั่น สุดคุ้ม ซึ่งเป็นคำตอบที่ผิด
คำถามที่ 3 การยืนยันหรือ คัดค้านข้อสรุป	2	- สามารถระบุจุดเด่นและจุดด้อยของโปรแกรมการใช้โทรศัพท์ ชัดเจน ถูกต้องตามแนวการตอบ
	1	- สามารถระบุจุดเด่นและจุดด้อยของโปรแกรมการใช้โทรศัพท์ ถูกต้องตามแนวการตอบบางส่วน
	0	- ไม่เขียน/มีแนวโน้มในการเขียนระบุจุดเด่น จุดด้อยที่ผิดจากแนว การตอบทั้งหมด

แบบทดสอบข้อที่ 8

คำถามที่ 1 วัดความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา

1.ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณพลังงานที่สินีใช้ในการทำกิจกรรมภายใน 1 วัน แล้วเติมลงในช่องว่างของตารางแสดงพลังงานที่สินีใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ

แนวทางการตอบ

จากตารางที่กำหนดให้เป็นพลังงานที่สินีใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ใน 1 ชั่วโมง ต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม ดังนั้นจึงต้องคำนวณเวลาที่สินีใช้ในกิจกรรมต่างๆ โดยต้องคูณเวลา(ชั่วโมง) ที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมและคูณด้วยน้ำหนักของสินีคือ 40 กิโลกรัม ดังนี้

วิธีคิด	นอนวันละ 8 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	$0.97 \times 8 \times 40 = 310.40$
	เขียนหนังสือ อ่านหนังสือวันละ 7 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	$2.52 \times 7 \times 40 = 705.60$
	อาบน้ำ แปรงฟัน วันละ 1 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	$2.81 \times 1 \times 40 = 112.40$
	ล้างจาน วันละครึ่งชั่วโมง	ใช้พลังงาน	$1.22 \times \frac{1}{2} \times 40 = 24.40$
	ว่ายน้ำ วันละ 2 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	$4.37 \times 2 \times 40 = 349.60$
	กิจกรรมอื่นๆ วันละ 5 ชั่วโมงครึ่ง	ใช้พลังงาน	$0.30 \times 5\frac{1}{2} \times 40 = 66.00$
	รวมพลังงานที่สินีใช้ในการทำกิจกรรมใน 1 วัน เท่ากับ	1,568.40	กิโลแคลลอรี่

โดยมีรายละเอียดดังตาราง

ตารางแสดงพลังงานที่เด็กหญิงสินีใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ใน 1 วัน

กิจกรรมที่ทำในแต่ละวัน	เวลาที่ทำกิจกรรม(ชั่วโมง)	พลังงานที่ใช้ (Kcal) ใน 1 ชม. ต่อ น.น. ร่างกาย 1 กิโลกรัม	พลังงานที่ใช้ (Kcal) ใน 1 วัน ต่อน.น. ร่างกาย 40 กิโลกรัม
นอน	8 ชั่วโมง	0.97	310.40
เขียนหนังสือ อ่านหนังสือ	7 ชั่วโมง	2.52	705.60
อาบน้ำ แปรงฟัน	1 ชั่วโมง	2.81	112.40
(วันละ 2 ครั้งครึ่งละ ครึ่ง ชม.)			
ล้างจาน	ครึ่งชั่วโมง	1.22	24.40
ว่ายน้ำ	2 ชั่วโมง	4.37	349.60
กิจกรรมอื่นๆ	5 ชั่วโมงครึ่ง	0.30	66.00
	รวมพลังงานที่สินีใช้ในการทำกิจกรรม (Kcal)		1,568.40

คำถามที่ 2 วัดการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์

2. สมมติว่าไม่มีข้อห้ามทางศาสนา/ไม่มีข้อจำกัดอื่น ให้นักเรียนเลือกรับประทานอาหารจากชุดอาหารที่กำหนดให้เพียง 1 ชุด พร้อมแสดงเหตุผล แนวคิด และรายละเอียดสารอาหารที่ได้รับจากการรับประทานอาหารแต่ละชนิดให้ถูกต้องตามหลักโภชนาการ

แนวทางการตอบ

ตอบ เลือกรับประทานอาหารชุดที่ 2 เพราะ ในการรับประทานอาหารในแต่ละวันจะต้องรับประทานให้ได้สารอาหารครบ 6 หมู่ และเพียงพอกับพลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ใน 1 วัน โดยต้องรับประทานให้ได้พลังงานมากกว่าพลังงานที่ทำกิจกรรม 100 กิโลแคลอรี ดังนั้น สัตว์จะต้องรับประทานอาหารให้ได้พลังงานทั้งสิ้น $1,568.40 + 100 = 1,668.40$ กิโลแคลอรี ซึ่งจากชุดอาหารทั้ง 2 ชุด ปริมาณพลังงานที่ได้จากการรับประทาน อาหารชุดที่ 2 เท่ากับ 1,669 กิโลแคลอรี ซึ่งเพียงพอกับความต้องการของร่างกายและพลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ และมีสารอาหารครบ ตามหลักโภชนาการ

รายละเอียดสารอาหารที่ได้รับจากการรับประทานอาหารแต่ละชนิด

คาร์โบไฮเดรต	ได้จาก ขนมปัง บะหมี่ ข้าวเจ้า
โปรตีน	ได้จาก นมสด ไข่ดาว ไส้กรอก ปลาทู ปลาช่อน หมูสับ และ ถั่วอก
ไขมัน	ได้จาก นมสด หมูสับ หมูแดง ปลาทู และปลาช่อน
เกลือแร่ และ วิตามิน	ได้จาก นมสด ไข่ ปลาทู ผักและผลไม้ คือ ส้ม+ฝรั่ง คื่นช่าย และ ผักสดที่รับประทานกับน้ำพริก

คำถามที่ 3 วัดการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุป

3. จงบอกเหตุผล โดยอาศัยหลักโภชนาการสนับสนุนในการไม่เลือกรับประทานอาหารอีก 1 ชุด

แนวทางการตอบ

ไม่เลือกรับประทานอาหารชุดที่ 1 เนื่องจากปริมาณพลังงานที่ได้จากการรับประทาน อาหารชุดที่ 1 เท่ากับ 1,780 Kcal ซึ่งเป็นพลังงานที่มากเกินไปความต้องการของร่างกาย ประกอบกับอาหาร ชุดที่ 1 ไม่มีผลไม้ประกอบอยู่ในชุด ทำให้ขาดเกลือแร่และวิตามินจากผลไม้

เกณฑ์การให้คะแนน (ข้อ 8)

ประเด็น การให้คะแนน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
คำถามที่ 1 ความเข้าใจ สถานการณ์ ปัญหา	2	สามารถเขียนแสดงวิธีการคำนวณพลังงานได้ถูกต้องตามแนวทางการ ตอบทุกข้อ และนำพลังงานที่คำนวณได้เขียนลงในตารางถูกต้องตาม แนวการตอบทั้งหมด
	1	สามารถแสดงวิธีการคำนวณพลังงานและนำพลังงานที่คำนวณได้เขียน ลงในตารางเพื่อนำไปสู่คำตอบตามแนวทางการตอบได้เกือบทั้งหมด
	0	ไม่เขียน/ เขียนพลังงานที่คำนวณลงในตารางเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ผิด
คำถามที่ 2 การแสดง แนวคิดทาง คณิตศาสตร์	2	สามารถนำข้อมูลจากสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดมาเขียนแสดงแนวคิด ประกอบการอธิบายเพื่อนำไปสู่การเลือกรับประทานอาหารชุดที่ 2 ได้ อย่างถูกต้องพร้อมทั้งแสดงรายละเอียดของสารอาหารที่ได้รับจาก อาหารในชุดที่เลือกทุกชนิดได้ถูกต้องตามแนวทางการตอบหรือถูกต้อง ตามหลักโภชนาการ
	1	สามารถเขียนแสดงแนวคิดประกอบการอธิบายเพื่อนำไปสู่การเลือก รับประทานอาหารชุดที่ 2 พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดของสารอาหารที่ ได้รับจากอาหารในชุดที่เลือกได้บางส่วนตามแนวทางการตอบหรือถูก บางส่วนตามหลักโภชนาการ
	0	เลือกรับประทานอาหารชุดที่ 1 ซึ่งเป็นคำตอบที่ผิด/ไม่เลือกรับประทาน อาหารชุดใด
คำถามที่ 3 การยืนยัน หรือคัดค้าน ข้อสรุป	2	อธิบายเหตุผลสนับสนุนในการไม่เลือกรับประทานอาหารชุดที่ 1 ได้ ถูกต้องตามแนวทางการตอบหรือถูกต้องตามหลักโภชนาการ
	1	อธิบายเหตุผลเพื่อนำไปสู่การสนับสนุนคำตอบในการไม่เลือก รับประทานอาหารชุดที่ 1 ได้บางส่วนตามแนวทางการตอบหรือถูก บางส่วนตามหลักโภชนาการ
	0	ไม่มีการแสดงเหตุผลอธิบายสนับสนุนคำตอบที่ได้

ภาคผนวก ง.
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 7 การแสดงคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจของแบบทดสอบวัดความสามารถ
ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบ	สาระการเรียนรู้	จำนวน ข้อ	IOC	
			สถานการณ์	เกณฑ์การ ให้คะแนน
ความสามารถ ในการเชื่อมโยง ภายในวิชาคณิตศาสตร์	1. แผนผัง, ระยะทาง	1	1.00	1.00
	2. แผนภูมิวงกลม	1	1.00	1.00
	3. การวัดเวลา	1	1.00	1.00
	4. ทศนิยม	1	1.00	1.00
	5. พื้นที่	1	1.00	1.00
ความสามารถ ในการเชื่อมโยง ระหว่างวิชาคณิตศาสตร์ กับวิชาอื่น	6. งานบ้าน (อาหารและโภชนาการ)	1	1.00	1.00
	7. งานเกษตร (การผลิตพืช)	1	1.00	1.00
	8. งานธุรกิจ (การออมทรัพย์)	1	1.00	1.00
	9. เศรษฐศาสตร์ (การเลือกซื้อสินค้าและบริการ ในฐานะผู้บริโภค)	2	1.00	1.00
	รวม	10	1.00	1.00

ตาราง 8 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Agreement Indexes: RAI)
เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน (Rater Reliability)

แบบทดสอบ	ข้อ	คะแนน เต็ม	ผู้ตรวจ คนที่ 1	ผู้ตรวจ คนที่ 2	ผู้ตรวจ คนที่ 3	คะแนน เฉลี่ย	RAI
ความสามารถ ในการเชื่อมโยงภายใน วิชาคณิตศาสตร์	1	6	4.78	4.80	4.67	4.75	0.846
	2	6	4.82	4.87	5.27	4.99	0.908
	3	6	3.33	3.02	3.33	3.23	0.923
	4	6	3.87	3.89	3.87	3.87	0.923
	รวม	24	16.80	16.57	17.13	16.84	0.975
ความสามารถ ในการเชื่อมโยงระหว่าง วิชาคณิตศาสตร์กับ วิชาอื่น	5	6	4.13	4.89	5.18	4.73	0.858
	6	6	4.96	4.67	4.89	4.84	0.917
	7	6	3.49	3.33	3.69	3.50	0.929
	8	6	3.78	2.44	3.11	3.11	0.872
	9	6	4.04	3.16	3.78	3.66	0.868
	รวม	30	20.40	18.49	20.64	19.84	0.979
รวมคะแนนทั้งฉบับ		54	37.20	35.07	37.78	36.68	0.994

ตาราง 10 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดความสามารถ
ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบ	ข้อ	คะแนน เต็ม	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก	หมายเหตุ
ความสามารถ ในการเชื่อมโยงภายใน วิชาคณิตศาสตร์	1	6	0.65	0.62	คัดเลือกไว้
	2	6	0.61	0.76	คัดเลือกไว้
	3	6	0.45	0.66	คัดเลือกไว้
	4	6	0.60	0.62	คัดเลือกไว้
ความสามารถ ในการเชื่อมโยงระหว่าง วิชาคณิตศาสตร์กับ วิชาอื่น	5	6	0.73	0.44	ตัดออก
	6	6	0.70	0.52	คัดเลือกไว้
	7	6	0.50	0.79	คัดเลือกไว้
	8	6	0.47	0.76	คัดเลือกไว้
	9	6	0.57	0.79	คัดเลือกไว้

ตาราง 11 ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency)

แบบทดสอบ	ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมทั้งฉบับ (r_{XY})
ความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์	0.991**
ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น	0.995**

ตาราง 12 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบ	ความเชื่อมั่น(Reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ เฟลด์ต์-ราจู (Feldt - Raju)
ความสามารถในการเชื่อมโยง ภายในวิชาคณิตศาสตร์	0.976
ความสามารถในการเชื่อมโยง ระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น	0.963
ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (r_{F-R})	0.984

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	นางสาวจรรวรรณ ทวันเวช
วัน เดือน ปีเกิด	7 ธันวาคม 2521
สถานที่เกิด	ตำบลประโคนชัย อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	309 หมู่ที่ 1 ถนนธนบุรีประสิทธิ์ ตำบลประโคนชัย อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ 31140
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	ครู ค.ศ. 1 โรงเรียนบ้านตาแก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2
สถานที่ทำงานในปัจจุบัน	โรงเรียนบ้านตาแก 75 หมู่ 2 ตำบลโคกขมิ้น อำเภอพลับพลาชัย จังหวัดบุรีรัมย์ 31250
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2537	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์
พ.ศ. 2540	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนกัลยาณวัตร จังหวัดขอนแก่น
พ.ศ. 2544	ค.บ. (คณิตศาสตร์) สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. 2551	กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ