

ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

กันยายน 2556

ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

กันยายน 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

กันยายน 2556

สุนันทา บ้านกล้วย. (2556). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษา ปรินญาณิพนธ์: รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT และเปรียบเทียบกับเกณฑ์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหลี่ยม อำเภอกะทู้มูแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาจากวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทดลอง 18 คาบ คาบละ 50 นาที โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ t-test for Dependent Samples และ t-test for One Sample

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 15.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.95
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด  
หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทาง  
สถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 15.44 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.20



THE EFFECT OF THE 4MAT TEACHING AND LEARNING ON MATHEMATICAL  
ACHIEVEMENT AND MATHEMATICAL CONNECTION SKILLS IN MEASUREMENT  
OF MATHAYOMSUKSA II STUDENTS



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

September 2013

Sunanta Bankluy. (2013). *The Effects of the 4MAT Teaching and Learning on Mathematical Achievement and Mathematical Connection Skills in Measurement Of Mathayomsuksa II Students. Master's Thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor: Assoc. Prof. Dr. Somchai Chuchat.*

The purposes of this research were to compare mathematical achievement and *mathematical connection skills of Mathayomsuksa II students* before and after obtaining the 4MAT teaching and learning and to compare them to the criterion.

The subjects of this study were 34 Mathayomsuksa II students in the first semester of the 2013 academic year at Banplongliam School, Krathumbaen, Samudsakorn. They were randomly selected by using cluster random sampling. The experiment lasted for 18 fifty minute periods. The One-Group Pretest-Posttest Design was used for the study. The instruments used in data collection were the 4MAT lesson plans mathematical achievement test and mathematical connection skills test. The data were statistically analyzed by using t-test for Dependent Samples and t-test for One Sample.

The findings were as follows:

1. The mathematical achievement of the experimental group after obtaining the 4MAT teaching and learning was statistically higher than before learning at the .01 level of significance.
2. The mathematical achievement of the experimental group after obtaining the 4MAT teaching and learning was statistically higher than the 60 percent criterion at the .01 level of significance. Its mean score 15.79 was as 78.95%.
3. The mathematical connection skills of the experimental group after obtaining the 4MAT teaching and learning was statistically higher than before learning at the .01 level of significance.

4. The mathematical connection skills of the experimental group after obtaining the 4MAT teaching and learning was statistically higher than the 60 percent criterion at the .01 level of significance. Its mean score 15.44 was as 77.20%.





ปริญญาโท

เรื่อง

ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ของ

สุนันทา บ้านกล้วย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ ..... เดือน กันยายน พ.ศ. 2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ที่ปรึกษา

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ)

(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์)

## ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณา และการให้คำปรึกษาในการทำวิจัยจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ดูแล เอาใจใส่และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัย รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล อาจารย์ศุภวรรณ สัจพิบูล อาจารย์วันเพ็ญ ประทุมทอง และอาจารย์สุณิสา สุมิรัตน์ คณะกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์และสอบปากเปล่าทุกท่าน ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อุทัย คำรักษา อาจารย์วัลภา เกียรติบุญญาฤทธิ และอาจารย์ปิ่นแก้ว สระแก้ว ที่กรุณาอุทิศเวลาในการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ และคณะครูอาจารย์โรงเรียนบ้านปล่องเหลียมทุกคนที่ได้อำนวยความสะดวก เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลให้ผู้วิจัยทำการวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จ และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม ที่ให้ความร่วมมือในการหาคุณภาพของเครื่องมือ และดำเนินการทดลองจนทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ สมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ผู้เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยตลอดมา และขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา-มารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย

สุนันทา บ้านกล้วย

## สารบัญ

บทที่	หน้า
<b>1 บทนำ</b> .....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
สมมุติฐานในการวิจัย.....	7
<b>2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b> .....	8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบ 4MAT.....	8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์.....	29
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	38
<b>3 วิธีดำเนินการวิจัย</b> .....	57
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง.....	57
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	58
วิธีดำเนินการวิจัย.....	65
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	66
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
<b>4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล</b> .....	72
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	75
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	75
สมมุติฐานในการวิจัย.....	75
วิธีดำเนินการวิจัย.....	75
สรุปผลการวิจัย.....	77
อภิปรายผล.....	77
ข้อสังเกตจากการวิจัย.....	81
ข้อเสนอแนะ.....	82
บรรณานุกรม.....	84
ภาคผนวก.....	93
ภาคผนวก ก.....	94
ภาคผนวก ข.....	113
ภาคผนวก ค.....	122
ภาคผนวก ง.....	138
ภาคผนวก จ.....	149
ประวัติผู้วิจัย.....	151

## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การเปรียบเทียบระหว่างลักษณะผู้เรียนแบบ 4MAT ของแมคคาร์ธีกับเทคนิควิธีการ และรูปแบบการสอน.....	25
2 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	62
3 แนวทางการให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	63
4 แบบแผนการวิจัย.....	66
5 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด.....	73
6 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับ เกณฑ์ (ร้อยละ 60).....	73
7 เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด.....	74
8 เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับ เกณฑ์ (ร้อยละ 60).....	74
9 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด จำนวน 40 ข้อ..	95
10 ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด จำนวน 12 ข้อ.....	96
11 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด จำนวน 40 ข้อ โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป Evana.....	97

## บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
12	ค่า $\sum X$ , $\sum X^2$ ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า $S^2$ เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด.....	99
13	ค่า p และ q ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด.....	101
14	ค่าความยากง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด จำนวน 12ข้อ.....	103
15	ค่า $\sum X_i$ , $\sum X_i^2$ และ $S_i^2$ ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด.....	104
16	ค่า $\sum X_i$ , $\sum X_i^2$ ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า $S_i^2$ เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด.....	104
17	ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด.....	108
18	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด (คะแนนเต็ม 20 คะแนน).....	114
19	คะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด (คะแนนเต็ม 20 คะแนน).....	117

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	6
2 การเรียนรู้ของนักเรียนตามแนวความคิดของ Kolb .....	9
3 รูปแบบของผู้เรียน 4 แบบ.....	12
4 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 1.....	13
5 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 2.....	14
6 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 3.....	15
7 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 4.....	16
8 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4 MAT ตามแบบการเรียนรู้ และเทคนิค การพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวา.....	16
9 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 1.....	17
10 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 2.....	18
11 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 3.....	19
12 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 4.....	20

# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ และการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงของมนุษย์ทั้งในอดีต ปัจจุบัน และอนาคตต้องอาศัยวิชาคณิตศาสตร์ทั้งสิ้น ดังนั้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้เข้าใจอย่างแท้จริง และสามารถประยุกต์นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญเป็นอย่างมาก (สันติ อธิพิณนาวากุล. 2550: 1) ดังนั้นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มีวิสัยทัศน์มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ยึดมั่นในการปกครองในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐานรวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาระดับอาชีวศึกษา และการศึกษาด้านอาชีพ โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ บนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มศักยภาพ (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2552: 24-27) ซึ่งคณิตศาสตร์เป็นสาระการเรียนรู้หนึ่งที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิด มนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถคิด วิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตรประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็น เครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551: 1)

การเรียนรู้คณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะพัฒนาเฉพาะสมองซีกซ้าย แต่ความสามารถในการคิด จะพัฒนาได้เต็มที่ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้พัฒนาสมองทุกส่วน และเมื่อใดที่ครูสอนให้นักเรียนรู้จักคิด รู้จัก ใช้สมองทุกส่วนได้ตลอดเวลา เมื่อนั้นครูได้ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาศักยภาพได้เต็มที่ (ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา. 2538: 1) และกระบวนการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้สมองทั้งสองซีกอย่าง สมดุล ภายในสมองจะมีสารสุขหรือสารเอ็นโดर्फินหลั่งออกมาจากต่อมไร้ท่อใต้สมอง ซึมเข้าสู่ กระแสโลหิตไหลเวียนไปทั่วร่างกาย เป็นผลทำให้ผู้เรียนมีความสุข อารมณ์ดี ร่าเริงเบิกบาน อยู่ใน สภาวะผ่อนคลาย มีจินตนาการ มีความคิดสร้างสรรค์ ส่งผลให้เกิดความมุ่งมั่นตามจริยธรรมตามมา (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543: 35) ดังนั้นวิธีการสอนที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาสมองซีกขวาและสมองซีก ซ้ายสลับกันไปมาคือ การเรียนการสอนแบบ 4MAT

การเรียนการสอนแบบ 4MAT ได้นำแนวคิดของคอลบ (Kolb) เกี่ยวกับการเรียนรู้ซึ่ง เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์สองมิติที่สำคัญคือการรับรู้ (Perception) และการจัดกระบวนการรับรู้ (Processing) โดยการเรียนรู้เป็นการนำข้อมูลที่รับรู้ไปจัดกระบวนการ ซึ่งบุคคลจะรับรู้ผ่าน



ประสบการณ์จริง (Concrete Experience) และความคิดรวบยอด (Abstract Conceptualization) แล้วผ่านกระบวนการลงมือปฏิบัติ (Active Experimentation) และการสังเกตไตร่ตรอง (Reflective Observation) ซึ่งจะกลายเป็นผู้เรียน 4 แบบ เพราะผู้เรียนแต่ละแบบจะสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างทางสมอง และระบบการทำงานของสมองทั้งสองซีก ดังนั้นจึงจำเป็นในการสอน คือ ต้องให้ความเท่าเทียมกันกับผู้เรียนทั้ง 4 แบบ เพราะผู้เรียนแต่ละแบบมีรูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป การเรียนการสอนแบบ 4MAT ส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้คุณลักษณะดี มีปัญญา และมีความสุข (กิตติชัย สุทธิโนบล. 2546: 12-18) และนอกจากนี้ ในปัจจุบันนักเรียนต้องเผชิญกับภารกิจที่ต้องเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงมากมาย ในชีวิตประจำวันทุกคนใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างหลากหลาย เช่น บอกเวลา การแลกเปลี่ยนเงินตรา การตัดสินใจ การคำนวณค่าภาษีที่ต้องจ่ายให้รัฐในแต่ละปี และในอาชีพต่างๆ เช่น นักบัญชี ครู-อาจารย์ นักเศรษฐศาสตร์ แพทย์ ต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการประกอบอาชีพทั้งสิ้น (สิริพร ทิพย์คง. 2544: 13) จากที่กล่าวมาจะพบว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก แต่การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้สัมผัสกับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวเขาเลย (สุรสาธ ผาสุข. 2546: 3) ครูยังคงใช้วิธีสอนแบบอธิบายให้นักเรียนฟัง ขาดการทดลองจริง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545: 8) ซึ่งเป็นการเรียนการสอนแบบทางเดียว ขาดการค้นคว้า ทดลอง เน้นที่เนื้อหาโดยขาดกระบวนการ มองเห็นคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่ไกลตัว ไม่มีประโยชน์ และไม่ค่อยสนุกกับวิชาคณิตศาสตร์ รวมทั้งนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เรียนไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางในสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากที่เรียนในห้องเรียนและสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ (จรรยา ภูอุดม. 2544: 23-24; และ อัมพร ม้าคอง. 2545: 1) จากที่กล่าวมาทำให้ตระหนักได้ว่าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมาส่วนมากขาดการเชื่อมโยงกับเนื้อหาวิชาอื่นและไม่มีเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนมองไม่เห็นประโยชน์ของคณิตศาสตร์ที่มีต่อชีวิตจริงและมองว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องไกลตัว

การเชื่อมโยงความรู้เป็นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ดังที่เคนเนดี และทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 194-198) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ ผู้เรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ สัญลักษณ์ และมโนทัศน์ กับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีความเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้พบเห็นหรือมีอยู่ในชีวิตประจำวันเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจองแท้งจากตัวอย่างที่สัมผัสได้จริงทำให้รู้สึกว่าการเรียนคณิตศาสตร์มีประโยชน์ มีคุณค่า สามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตจริง (ปรีชา เหนวีเย็นผล. 2544: 56)

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงภาระหน้าที่ของครูผู้สอน และความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT มาใช้ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ตลอดจนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพของตน

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบ 4MAT
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ทำให้ได้แนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบ 4MAT ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และเห็นความสำคัญในการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน และเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนนำไปเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาต่อไป

### ขอบเขตของการวิจัย

#### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 105 คน

### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 34 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

### เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง การวัด ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบ้านปล่องเหลียม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร

### ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเองใน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ใช้เวลาในการทดลองสอน 18 คาบ คาบละ 50 นาที โดยแบ่งเป็นการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ การทดสอบหลังเรียน 2 คาบ และจัดกิจกรรมการเรียนการสอน 14 คาบ

### ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT

ตัวแปรตาม ได้แก่

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
2. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

### นิยามศัพท์เฉพาะ

**1. การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงผู้เรียน 4 แบบ ที่มีการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน และพัฒนาสมองสองซีกซ้ายและขวาไปพร้อมกันอย่างสมดุล มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน 8 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างคุณค่าและประสบการณ์ (สมองซีกขวา) ผู้สอนสร้างประสบการณ์ตรงที่เป็นรูปธรรมเพื่อเชื่อมความรู้ให้กับนักเรียนและควรกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหรือสร้างแรงจูงใจเพื่อให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้และสนใจในสิ่งที่เรียน

1.2 ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์ประสบการณ์โดยการอภิปราย และฝึกให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มอย่างหลากหลาย เช่น ช่วยกันระดมสมอง อภิปรายร่วมกัน เป็นต้น

1.3 ขั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด (สมองซีกขวา) ผู้สอนให้ผู้เรียนบูรณาการประสบการณ์และนำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงกับความรู้เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจ ความคิดรวบยอด โดยผู้วิจัยมีบทบาทในการเตรียมข้อมูล ให้ข้อมูลสาริต แล้วให้นักเรียนค้นคว้า

1.4 ขั้นพัฒนาความคิดรวบยอด (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนให้ทฤษฎีหรือ ความคิดรวบยอดแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ กิจกรรมควรเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าจากใบความรู้แหล่งวิทยาการท้องถิ่น การสาริต เป็นต้น

1.5 ขั้นลงมือปฏิบัติจากกรอบความคิดที่กำหนด (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ลองปฏิบัติโดยผ่านประสาทสัมผัส เช่น การทดลองจากใบงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด เป็นต้น โดยผู้วิจัยมีหน้าที่ชี้แนะและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน

1.6 ขั้นสร้างชิ้นงานเพื่อสะท้อนความเป็นตนเอง (สมองซีกขวา) ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความสามารถเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานตามจินตนาการของตน

1.7 ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและการประยุกต์ใช้ (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์ชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การประยุกต์หรือดัดแปลงชิ้นงานให้ดีขึ้น

1.8 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้กับผู้อื่น (สมองซีกขวา) ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงชิ้นงาน เพื่อให้เพื่อน ๆ ได้ชื่นชม ซึ่งเป็นการแบ่งปันโอกาสทางด้านความรู้ และประสบการณ์ให้ผู้อื่นได้ซาบซึ้ง

**2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการเรียนคณิตศาสตร์** หมายถึง ความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ซึ่งวัดได้จากการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แบบปรนัย 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive Domain) ตามที่ วิลสัน (Wilson, 1971: 643-696) ได้จำแนกไว้ 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์

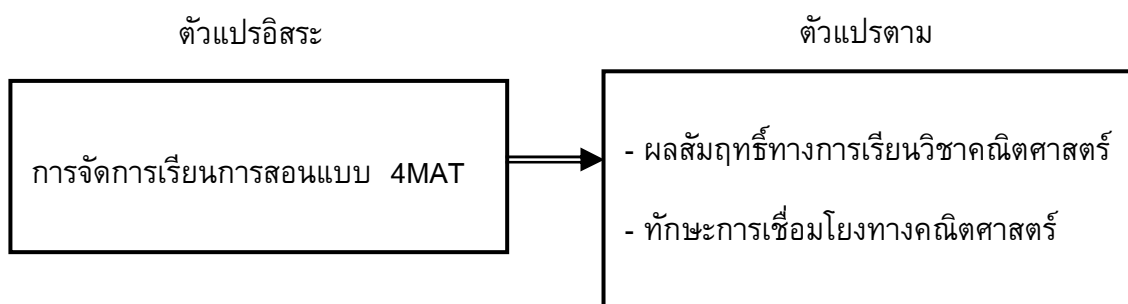
**3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์** เป็นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระภายในวิชาคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ซึ่งครูผู้สอนควรชี้ให้ผู้เรียนเห็นถึงสิ่งที่พบ และให้ทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยง ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

**4. เกณฑ์** หมายถึง คะแนนขั้นต่ำที่จะยอมรับว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจากคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน แล้วนำคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ โดยที่ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนรวม ซึ่งปรับปรุงมาจากเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สำนักวิชาการและมาตรฐานศึกษา ดังนี้

คะแนน	ความหมาย
ร้อยละ 80 – 100	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีเยี่ยม
ร้อยละ 75 – 79	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก
ร้อยละ 70 – 74	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี
ร้อยละ 65 – 69	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับค่อนข้างดี
ร้อยละ 60 – 64	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับน่าพอใจ
ร้อยละ 55 – 59	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้
ร้อยละ 50 – 54	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
ร้อยละ 0 – 49	มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ตามแนวคิดของ (McCarthy. 2000) ให้มีความสำคัญกับผู้เรียนที่มีการเรียนรู้ที่หลากหลาย และพัฒนาสมองทั้งสองซีกอย่างสมดุลไปพร้อมกัน ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## สมมติฐานในการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

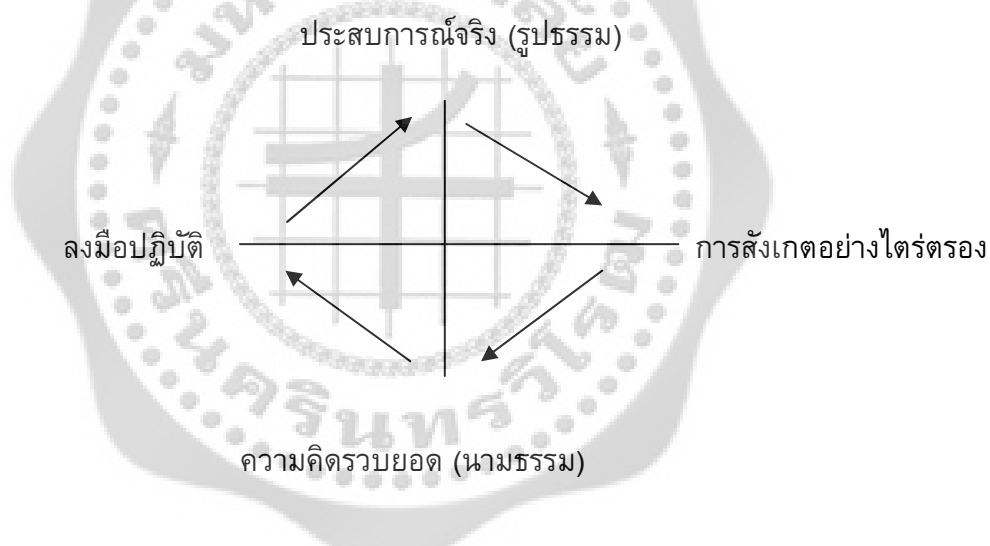
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบ 4MAT
  - 1.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
  - 1.2 รูปแบบของผู้เรียน 4 แบบ
  - 1.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4MAT
  - 1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบ 4MAT
  - 1.5 ข้อคิดสำคัญในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
  - 1.6 ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
  - 1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
  - 2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
  - 2.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 2.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
  - 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
  - 4.1 ความหมายของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
  - 4.2 มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
  - 4.3 การพัฒนาทักษะ/ กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
  - 4.4 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง
  - 4.5 ประโยชน์ของการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยง
  - 4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

#### 1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบ 4MAT

##### 1.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT

อุษณีย์ โพธิ์สุข (2542: 63) ได้กล่าวถึงประวัติความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4MAT ซึ่งสรุปได้ว่า แมคคาร์ธี (McCarthy) เป็นผู้ที่พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบนี้เป็นคนแรก เป็นนักการศึกษาที่มีประสบการณ์ในการสอนหลายระดับ ทำให้เกิดความเข้าใจว่าเด็ก ๆ แต่ละคนมีความแตกต่างกันทั้งสภาพสติปัญญา การรับรู้ และการเรียนรู้อย่างสิ้นเชิง

ในปี 1979 McCarthy ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากบริษัทแมคโดนัลด์ ทำวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางสมองและสไตล์การเรียนรู้ของเด็ก เขาได้กลั่นกรองรูปแบบการศึกษาเกี่ยวกับสไตล์การเรียนรู้หลายรูปแบบในที่สุดก็ดึงเอางานของ เดวิด คอลบ์ (David Kolb) มาเป็นขอบข่ายหรือแนวทางในกระบวนการเรียนรู้และแนวความคิดในเรื่องความแตกต่างของคน ตามทฤษฎีของคอลบ์นั้น เขาเห็นว่ามี 2 มิติที่สำคัญกับการเรียนรู้ คือ การรับรู้และกระบวนการ การเรียนเกิดจากการที่คนทั้งหลายรับรู้แล้วนำเข้าไปจัดกระบวนการในสิ่งที่ตนรับรู้มาอย่างไร ตัวอย่างคนที่มีความแตกต่างกันมาก ๆ ก็ได้แก่คนที่รับรู้ผ่านรูปธรรม แต่อีกคนหนึ่งรับรู้ผ่านนามธรรมคนสองกลุ่มนี้สร้างความคิดแตกต่างกันในเรื่องเดียวกันอีกมุมหนึ่งก็คือ การแบ่งลักษณะการเรียนรู้เป็น 2 กลุ่มที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิง กลุ่มการเรียนรู้โดยใช้สัญชาตญาณหยังรู้มองเห็นสิ่งต่าง ๆ เป็นรูปธรรมแล้ววิเคราะห์สังเคราะห์จากการรับรู้ที่ได้มาเป็นองค์ความรู้ แต่อีกกลุ่มหนึ่งเรียนรู้ได้ดีต่อเมื่อผ่านการวิเคราะห์การประเมินสิ่งต่างๆ โดยการเอาตัวเองเข้าไปพิสูจน์หรือใช้หลักแห่งเหตุผล ทั้ง 4 กลุ่ม 2 แนวคิดต่างมีจุดดีเด่นคนละแบบ ซึ่งเป็นโครงสร้างทางกลไกของการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีอยู่จริงในทุกโรงเรียนทั่วโลก ดังแสดง



ภาพประกอบ 2 การเรียนรู้ของนักเรียนตามแนวคิดของ Kolb

ที่มา: (Kolb, Rubin; & McIntyre. 1984: 38)

ในปี ค.ศ.1980 แมคคาร์ธี (McCarthy) จึงได้สรุปแนวความคิดเป็นรูปแบบการเรียนการสอนแบบใหม่ที่ตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ (4 Types of Students) ซึ่งลักษณะการเรียนรู้ของเด็ก ๆ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างทางสมองและระบบการทำงานของสมอง ซีกซ้ายและซีกขวา โดยเอาแนวความคิดจากคอลบ์ (Kolb) มาประยุกต์ ซึ่งรูปแบบของคอลบ์ (Kolb) นั้นได้รากฐานจากทฤษฎีของ จอห์น ดิวอี้ , เคิร์ท เลวิน และฌอง ปิอาเจต์ ซึ่งรูปแบบการเรียนรู้ที่ แมคคาร์ธีได้คิดขึ้นนั้น สรุปได้ว่า แมคคาร์ธี (McCarthy) เป็นคนแรกที่พัฒนาการ



เรียนการสอนแบบ 4MAT ขึ้นมา ซึ่งรูปแบบการสอนแบบ 4MAT เป็นรูปแบบที่คำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียน ต่อมาก็ได้นำแนวคิดและทฤษฎีของคอล์บ (Kolb) คือ มิติที่สำคัญในการเรียนรู้ การรับรู้และกระบวนการเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่สมดุลและเต็มศักยภาพของผู้เรียน

## 1.2 รูปแบบของผู้เรียน 4 แบบ

มอร์ริส และแมคคาร์ธี (Morris; & McCarthy. 1990: 194 – 195) เสนอแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนมี 4 แบบ ซึ่งมีรูปแบบการเรียนรู้ และการรับรู้ที่ต่างกัน โดยมีลักษณะดังนี้

### ผู้เรียนแบบที่ 1 ผู้เรียนมีการเรียนรู้โดยใช้จินตนาการ (Imaginative Learners)

เป็นพวกที่ชอบถามเหตุผลว่า “ทำไม” หรือ Why? จะเรียนได้ดีโดยการฟัง จะรับข้อมูลแล้วสะท้อนความคิดเห็นโดยหาความหมายที่ชัดเจน แล้วบูรณาการให้เข้ากับแนวคิดของตนเองเพื่อนำข้อมูลไปใช้เป็นส่วนตัวสามารถจัดการกับปัญหาได้ด้วยตนเอง และระดมความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่นก็ได้ ครูสามารถพัฒนาผู้เรียนแบบนี้ได้โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. อำนวยความสะดวกเพื่อให้เกิดความก้าวหน้าของผู้เรียนแต่ละบุคคล
2. ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักตัวเองมากขึ้น
3. หลีกเลี่ยงการส่งเสริมความสามารถของแต่ละบุคคลอย่างแท้จริง
4. การได้รับความรู้เป็นการยกระดับความเข้าใจของบุคคล
5. ส่งเสริมความเป็นตัวตนที่แท้จริงของผู้เรียน
6. ชอบการอภิปราย งานกลุ่ม และข้อมูลย้อนกลับที่เป็นจริงเกี่ยวกับ
7. สนใจคนที่ใช้ความพยายามในการร่วมมือกับผู้อื่น
8. ตระหนักถึงพลังทางสังคมที่มีผลต่อการพัฒนามนุษย์
9. พยายามเน้นจุดมุ่งหมายที่มีความหมายที่ดี
10. โน้มน้าวเมื่อเกิดความกลัว ความกดดัน และบางเวลาเมื่อเกิดความ

ความรู้สึก

กล้าหาญ

### ผู้เรียนแบบที่ 2 ผู้เรียนที่มีการเรียนรู้โดยใช้การวิเคราะห์ (Analytic Learners)

และการเก็บรายละเอียดเป็นหลัก เป็นพวกที่ชอบถามว่าข้อเท็จจริงคือ “อะไร” หรือ What? จะแสวงหารายละเอียดและคิดเป็นขั้นตอน จะรับรู้ในลักษณะรูปธรรมและสะท้อนความคิดเห็นออกมาเก่งในการเรียนแบบเดิม การตรวจสอบข้อเท็จจริง และนำเสนอข้อเท็จจริงต่าง ๆ มาประกอบเป็นทฤษฎี จัดการกับปัญหาด้วยเหตุผลหลักเกณฑ์ และการดำเนินการเป็นขั้นตอนเพื่อนำสู่ข้อเท็จจริง ครูสามารถพัฒนาผู้เรียนแบบนี้ได้โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ความสนใจในการถ่ายทอดความรู้
2. พยายามเป็นผู้ที่มีความถูกต้องแม่นยำให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

3. มีความเชื่อว่าหลักสูตรจะส่งเสริมความรู้ความเข้าใจที่มีความหมายมากขึ้น และการนำเสนออย่างมีระบบ

4. มองความรู้อย่างเข้าใจลึกซึ้ง
5. ส่งเสริมผู้เรียนที่มีความสามารถโดดเด่น
6. ชอบข้อเท็จจริงและรายละเอียด การคิดแบบเป็นระบบและตามขั้นตอน
7. เป็นครูแบบเดิมที่รักความรู้แบบแม่นยำ
8. เชื่อในการใช้อำนาจอย่างมีเหตุผล
9. มีแนวโน้มที่ไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยมีอำนาจเหนือเจตคติ

### ผู้เรียนแบบที่ 3 ผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยประสาทสัมผัสและสามัญสำนึก

(Commonsense Learners) เป็นพวกที่ชอบถามว่า “อย่างไร” หรือ How? ชอบการลงมือปฏิบัติ จะรับรู้ข้อมูลที่เป็นนามธรรม และประมวลความรู้จากการทดลองการกระทำจริง ชอบทดลองทำสิ่งต่างๆ ต้องการรู้วิธีการทำงานของสิ่งต่างๆ ชอบวางแผนและกำหนดเวลา จัดการกับปัญหาด้วยการลงมือทำ ครูสามารถพัฒนาผู้เรียนแบบนี้ได้โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. สนใจผลผลิตและความสามารถ
2. พยายามให้ทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต
3. เชื่อว่าหลักสูตรควรจะปรับให้เข้ากับความสามารถและการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมกับความต้องการของมนุษย์

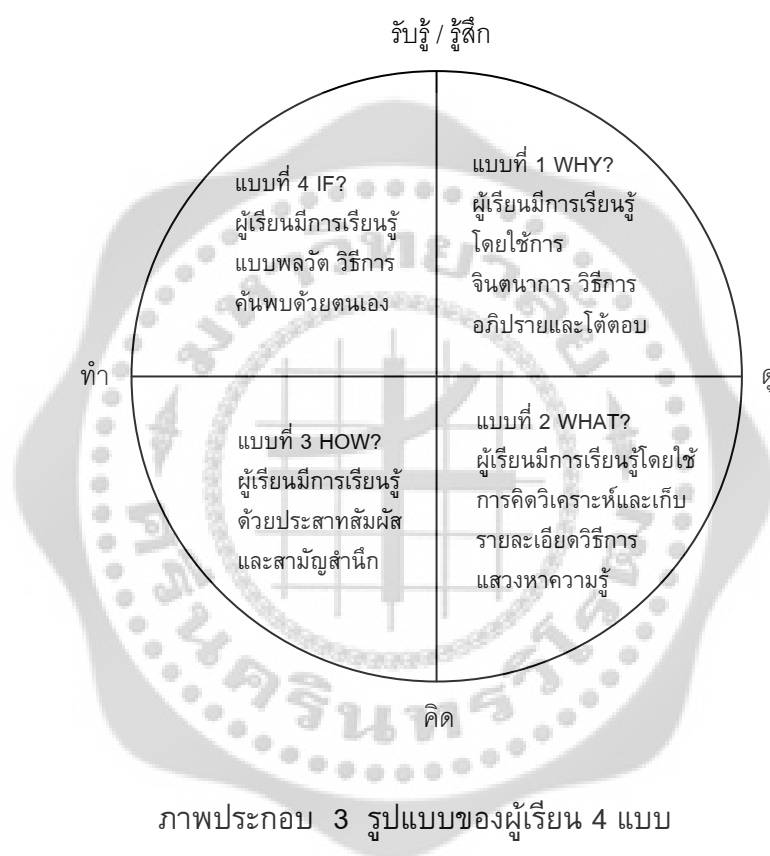
4. การส่งเสริมและการประยุกต์ใช้การปฏิบัติ
5. ความรู้ทำให้ผู้เรียนสามารถวางแผนการดำรงชีวิตได้
6. ชอบวิธีการใช้ทักษะและกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติ
7. วิธีที่ดีควรส่งเสริมด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
8. ใช้การให้รางวัลในการวัดผล
9. มีแนวโน้มที่จะไม่ยืดหยุ่นและเชื่อมั่นในตนเอง
10. ขาดทักษะของการทำงานเป็นทีม

### ผู้เรียนแบบที่ 4 ผู้เรียนมีการเรียนรู้แบบพลวัตและการค้นพบด้วยตนเอง

(Dynamic Learners) เป็นพวกที่ชอบตั้งเงื่อนไข “ถ้าอย่างนั้น” หรือ If ? จะรับรู้ผ่านสิ่งที่เป็นรูปธรรมเรียนด้วยการลองผิดลองถูก จะปรับตัวหรือเปลี่ยนแปลงได้ง่าย มีความคิดใหม่ๆ มีความสามารถมองทิศทางใหม่ๆ จัดการกับปัญหาด้วยสัญชาตญาณ ครูสามารถพัฒนาผู้เรียนแบบนี้ได้โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. สนใจในการทำให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง
2. พยายามช่วยให้บุคคลแสดงวิสัยทัศน์ของเขา
3. เชื่อว่าหลักสูตรควรจะมุ่งไปตามความสนใจและความถนัดของผู้เรียน
4. เข้าใจว่าความรู้จำเป็นสำหรับการปรับปรุงสังคมที่ยิ่งใหญ่

5. ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการทดลอง
  6. ชอบวิธีการสอนที่หลากหลาย
  7. เป็นผู้นำที่พยายามกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน
  8. พยายามสร้างสรรค์สิ่งใหม่เพื่อกระตุ้นให้มีชีวิตชีวามากยิ่งขึ้น
  9. สามารถสร้างขอบเขตใหม่ ๆ
  10. มีแนวโน้มที่หุ่นหันหลังเล่นและจัดการกับการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสม
- รูปแบบของผู้เรียน 4 แบบ สามารถสรุปได้ดังภาพประกอบ 3



ที่มา: (Morris; & McCarthy. 1990: 199)

สรุปได้ว่า รูปแบบของผู้เรียน 4 แบบได้แก่ ผู้เรียนแบบที่ 1 ใช้จินตนาการเป็นหลัก ผู้เรียนแบบที่ 2 ใช้การวิเคราะห์และเก็บรายละเอียดเป็นหลัก ผู้เรียนแบบที่ 3 ใช้ประสาทสัมผัสและสามัญสำนึกเป็นหลัก ผู้เรียนแบบที่ 4 ใช้การค้นพบแบบพลวัตและการค้นพบด้วยตนเองเป็นหลักซึ่งการจัดรูปแบบการเรียนของผู้เรียน 4 แบบนี้จะช่วยตอบสนององการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนในลักษณะต่างๆ ที่แตกต่างกันไป

### 1.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT

มอริส และแมคคาร์ธี (Morris; & McCarthy.1990: 4-23) ได้เสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ที่คำนึงถึงแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ กับการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวาอย่างสมดุล ซึ่งลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT มี 8 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1. เลี้ยวที่ 1 การบูรณาการประสบการณ์ตนเอง

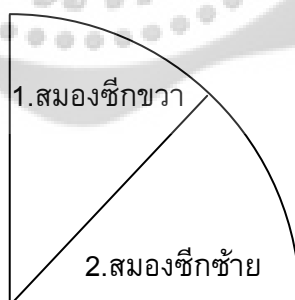
การพัฒนาจากประสบการณ์จริง ไปสู่การสังเกตจากสติปัญญาคิดไตร่ตรอง ต้องสร้างประสบการณ์ให้คิดหาเหตุผลด้วยตนเอง ผู้เรียนที่ชอบจินตนาการจะมีความสุขมากที่สุดในการเรียนรู้

บทบาทครู	เป็นผู้กระตุ้น สร้างแรงจูงใจ เป็นผู้ช่วย
วิธีการ	สถานการณ์จำลอง การอภิปราย
นักเรียน	สร้างเหตุผล

**ขั้นที่ 1** ขั้นสร้างประสบการณ์ ผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ด้วยสมองซีกขวามีความสะดวกสบายและมีความสุขที่สุดในการเรียน ครูสร้างประสบการณ์ที่มีความหมาย ด้วยวิธีการกระตุ้นหรือสร้างแรงจูงใจและให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ดังกล่าวเป็นประสบการณ์ของตนเอง

**ขั้นที่ 2** ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ ผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ด้วยสมองซีกซ้ายมีความสะดวกสบายและมีความสุขที่สุดในการเรียน จะใช้สมองสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ ผู้เรียนจะตรวจสอบประสบการณ์โดยการอภิปราย หลังจากครูสร้างประสบการณ์ที่มีความหมายให้แล้ว ดังแสดงในภาพประกอบ 4

ประสบการณ์จริง



สังเกตคิดไตร่ตรอง

ภาพประกอบ 4 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 1

ที่มา: (Morris; & McCarthy. 1990: 5 – 10)

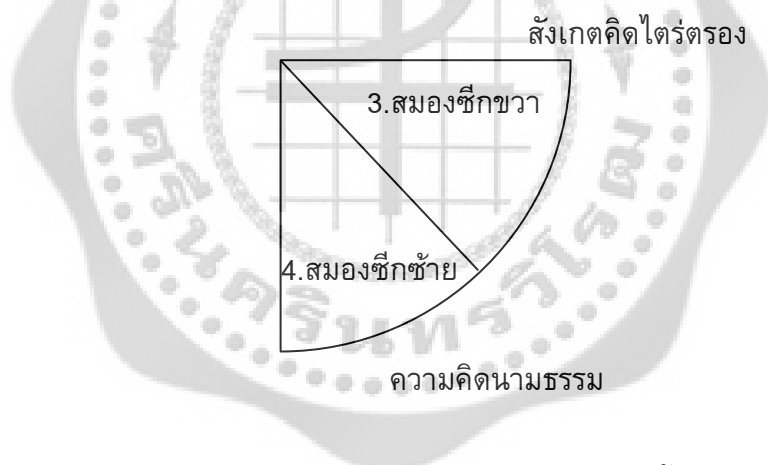
## 2. เลี้ยวที่ 2 การพัฒนาความคิดรวบยอด

การพัฒนาความคิดรวบยอด จากการสังเกตด้วยสติปัญญาคิดไตร่ตรอง ไปสู่การสร้างแนวคิดที่เป็นนามธรรม ผู้เรียนชอบการวิเคราะห์จะมีความสุขที่สุดในการเรียนรู้

บทบาทของครู	เป็นผู้สอน
วิธีการ	ให้ข้อมูล ข้อเท็จจริง
นักเรียน	แสวงหารายละเอียด

**ขั้นที่ 3** ขั้นบูรณาการการสังเกตไปสู่ความคิดรวบยอด ผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ด้วยสมองซีกขวามีความสะดวกสบายและมีความสุขที่สุดในการเรียน นักเรียนบูรณาการประสบการณ์และความรู้ เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจความคิดรวบยอด โดยครูเป็นผู้ให้ข้อมูลและข้อเท็จจริงและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำไปสู่ความเข้าใจความคิดรวบยอด

**ขั้นที่ 4** ขั้นพัฒนาทฤษฎีและความคิดรวบยอด ผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ด้วยสมองซีกซ้ายมีความสะดวกสบายและมีความสุขที่สุดในการเรียน ครูให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลหรือข้อเท็จจริงตามทฤษฎีหรือความคิดรวบยอด โดยการวิเคราะห์ไตร่ตรองประสบการณ์ หรือ ใต้อถาม ค้นคว้า นักเรียนคิดวิเคราะห์ ไตร่ตรอง จากประสบการณ์ ข้อมูล ข้อเท็จจริงที่ได้รับ ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 2

ที่มา: (Morris; & McCarthy. 1990: 11 - 15)

## 3. เลี้ยวที่ 3 การปฏิบัติและปรับแต่งเป็นความคิดของตนเอง

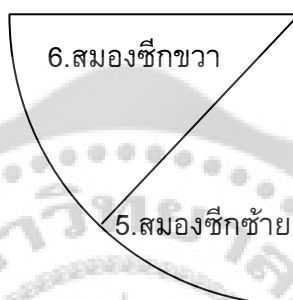
การทดลองด้วยตนเอง ไปสู่การสร้างแนวคิดที่เป็นนามธรรม ผู้เรียนที่ชอบใช้สามัญสำนึกจะมีความสุขที่สุดในการเรียนรู้

บทบาทครู	เป็นผู้ฝึก
วิธีการ	อำนวยความสะดวก
นักเรียน	ลองปฏิบัติ

**ขั้นที่ 5** ขั้นปฏิบัติตามความคิดรวบยอด ผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ด้วยสมองซีกซ้ายมีความสะดวกสบาย และมีความสุขที่สุดในการเรียน ครูให้ผู้เรียนได้ลองทำโดยผ่านประสาทสัมผัส โดยครูเป็นผู้ฝึกและอำนวยความสะดวก เช่น การทดลอง การทำแบบฝึกหัด เพื่อพัฒนาความคิด และทักษะของตนเอง

**ขั้นที่ 6** ขั้นปรับแต่งเป็นแนวคิดของตนเอง ผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ด้วยสมองซีกขวา มีความสะดวกสบายและมีความสุขที่สุดในการทำงาน ผู้เรียนจะปรับปรุงสิ่งที่ตนเองปฏิบัติด้วยวิธีการของตนเอง และบูรณาการข้อมูลเป็นองค์ความรู้ของตนเองดังแสดงในภาพประกอบ 6

ทำการทดลองด้วยตนเอง



ความคิดนามธรรม

ภาพประกอบ 6 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 3

ที่มา: (Morris; & McCarthy. 1990: 16 - 18)

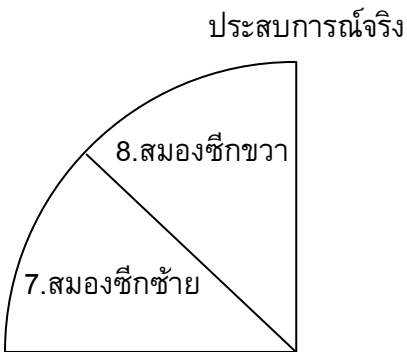
#### 4. เลี้ยวที่ 4 การบูรณาการและประยุกต์ประสบการณ์

การทดลองด้วยตนเอง ไปสู่การได้รับประสบการณ์จริง ผู้เรียนแบบพลวัตจะมีความสุขที่สุดในการเรียนรู้

บทบาทครู	เป็นผู้ประเมิน แก้ไขข้อบกพร่อง ผู้ร่วมเรียนรู้
วิธีการ	ค้นพบด้วยตนเอง
นักเรียน	ค้นพบด้วยตนเอง

**ขั้นที่ 7** ขั้นประยุกต์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ ผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ด้วยสมองซีกซ้ายมีความสะดวกสบายและมีความสุขที่สุดในการเรียน ผู้เรียนวิเคราะห์จากการเรียนรู้แล้วนำไปสู่การวางแผนเพื่อประยุกต์ใช้หรือดัดแปลงให้ดีขึ้น หรือถ่วงถ่วงนำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่น

**ขั้นที่ 8** ขั้นแลกเปลี่ยนความรู้ของตนกับผู้อื่น ผู้เรียนที่ถนัดการเรียนรู้ด้วยสมองซีกขวา มีความสะดวกสบายและมีความสุขที่สุดในการเรียน จากการที่ได้ทักษะการคิดค้นด้วยตนเอง ผู้เรียนจะแบ่งปันสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น เป็นการเปลี่ยนแปลงการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 7

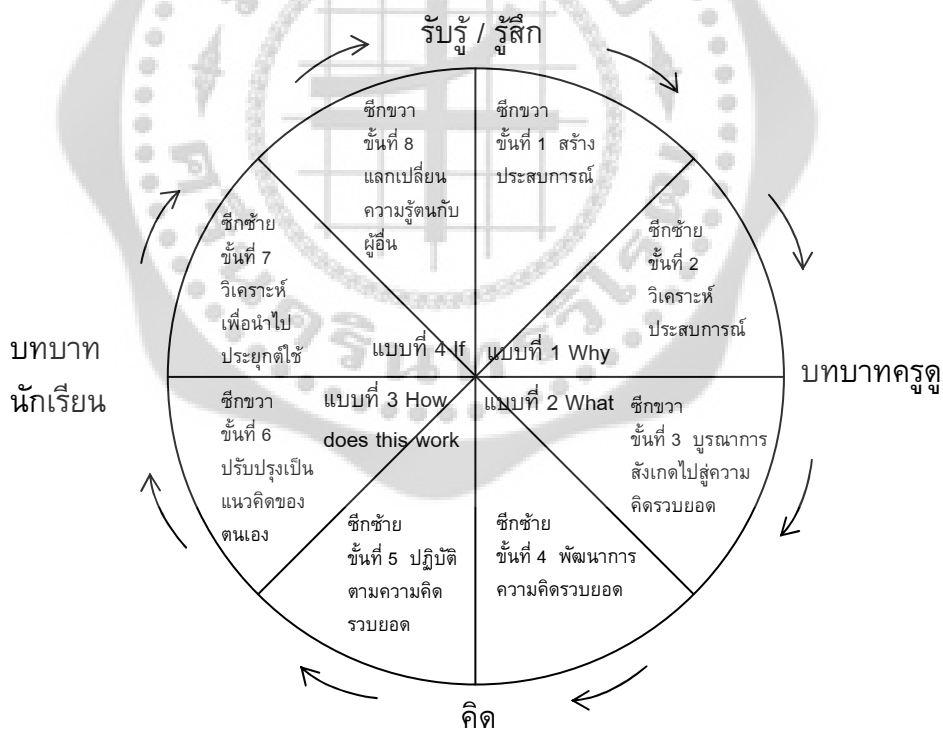


ทำการทดลองด้วยตนเอง

ภาพประกอบ 7 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เส้นที่ 4

ที่มา: (Morris; & McCarthy. 1990: 16 - 18)

จากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT ทั้ง 8 ขั้นตอนสามารถสรุปได้ดังแสดงในแผนภาพ 8



ภาพประกอบ 8 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ตามแบบการเรียนรู้ และเทคนิคการพัฒนา  
สมองซึกซ้ายและซึกขวา

ที่มา: (Morris; & McCarthy. 1990: 200)

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545: 159 – 163) กล่าวเอาไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงรูปแบบการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เรียน 4 กลุ่ม กับพัฒนาการสมองซีกซ้ายและซีกขวาอย่างสมดุล ซึ่งได้แก่ ผู้เรียนแบบที่ 1 (Why) มีการจินตนาการเป็นหลัก ผู้เรียนแบบที่ 2 (What) มีการเรียนรู้ด้วยการวิเคราะห์และการเก็บรายละเอียดเป็นหลัก ผู้เรียนแบบที่ 3 (How) มีการเรียนรู้ด้วยสามัญสำนึกหรือประสาทสัมผัส ผู้เรียนแบบที่ 4 (If) มีการเรียนรู้ด้วยการรับรู้จากประสบการณ์รูปธรรมไปสู่การลงมือปฏิบัติ ซึ่งเบอร์นิส แมคคาร์ธี ได้กำหนดลำดับขั้นของการเรียนรู้ 4MAT โดยแบ่งวงล้อกระบวนการเรียนรู้ออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังรายละเอียดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4MAT ดังนี้

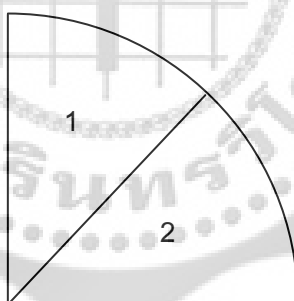
**ส่วนที่ 1** ผู้เรียนแบบที่ 1 (Imaginative Learners) เป็นช่วงที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์และกระบวนการเฝ้าสังเกตอย่างไตร่ตรอง มักใช้คำถามว่า “ทำไม” (Why)

**บทบาทของผู้สอน :** คอยกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์สิ่งที่สังเกตได้อย่างไตร่ตรอง

**วิธีการจัดกิจกรรม :** ใช้คำถามถามข้อมูลเพื่อให้ผู้เรียนสังเกต การร่วมกันอภิปรายการให้ผู้เรียนได้พบของจริงและให้ผู้เรียนทำกิจกรรม

ในส่วนที่ 1 สามารถแบ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 2 ขั้นตอนที่คำนึงถึงการทำงานของสมองซีกขวาและซีกซ้ายของผู้เรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 9

ประสบการณ์ตรง



การสังเกต

ภาพประกอบ 9 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เส้นที่ 1

ที่มา: สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545: 160)

**ขั้นตอนที่ 1** ขั้นสร้างคุณค่าและประสบการณ์ของสิ่งที่เรียน (สมองซีกขวา)

ผู้สอนควรกระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจให้ผู้เรียนคิด โดยใช้คำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกต การออกไปปฏิบัติสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจริงของสิ่งที่เรียน เป็นขั้นที่เน้นการจัดกิจกรรมที่พัฒนาสมองซีกขวา



**ขั้นตอนที่ 2** ชั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ (สมองซีกซ้าย) จากขั้นตอนที่ 1 ที่ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้และสนใจในสิ่งที่เรียน ต่อจากนั้นในขั้นที่ 2 นี้ ผู้สอนควรให้ผู้เรียนวิเคราะห์หาเหตุผล ฝึกทำกิจกรรมกลุ่มอย่างหลากหลาย เช่น ฝึกเขียนแผนผังมโนคติ (Concept mapping) ช่วยกันระดมสมอง อภิปรายร่วมกัน เป็นขั้นที่เน้นการจัดกิจกรรมที่พัฒนาสมองซีกซ้าย

**ส่วนที่ 2** ผู้เรียนแบบที่ 2 (Analytic Learners) เป็นช่วงที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการสังเกตอย่างไตร่ตรองไปสู่การสร้างความคิดรวบยอด มักใช้คำถามว่า “อะไร” (What)

**บทบาทของผู้สอน :** เตรียมข้อมูล que ผู้เรียนควรทราบและสาธิต

**วิธีการจัดกิจกรรม :** ให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าเนื้อหาที่จะเรียนจากแหล่งต่าง ๆ เช่น ใบบทความรู้ วิดีทัศน์ เกม เป็นต้น โดยผู้สอนจะเป็นผู้ให้ข้อมูล

ในส่วนที่ 2 สามารถแบ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 2 ขั้นตอนที่คำนึงถึงการทำงานของสมองซีกขวาและซีกซ้ายของผู้เรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 2

ที่มา: สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545: 161)

**ขั้นตอนที่ 3** ชั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด (สมองซีกขวา) ผู้สอนควรเน้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์อย่างไตร่ตรอง นำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงกับข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้า โดยจัดระบบการวิเคราะห์ เปรียบเทียบการจัดลำดับความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียน เป็นขั้นที่เน้นการจัดกิจกรรมที่พัฒนาสมองซีกขวา

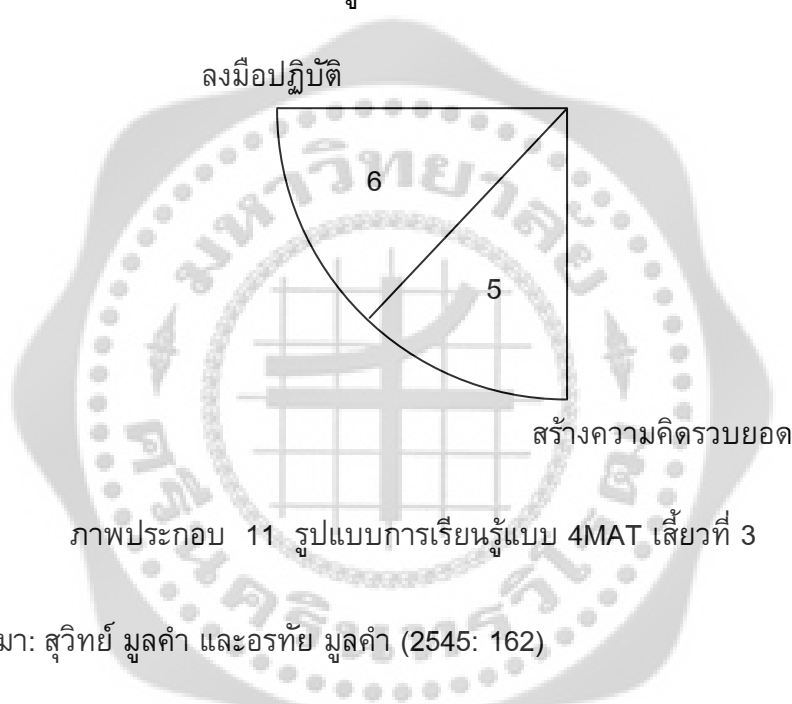
**ขั้นตอนที่ 4** ชั้นพัฒนาความคิดรวบยอด (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนควรให้ทฤษฎีหลักการที่ลึกซึ้ง โดยเฉพาะรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ และพัฒนาความคิดรวบยอดของตนเองในเรื่องที่เรียน กิจกรรมควรเป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนค้นคว้าจากใบบทความรู้ แหล่งวิทยาการท้องถิ่นการสาธิต การทดลองการใช้ห้องสมุด วิดีทัศน์ สื่อประสมต่าง ๆ เป็นขั้นที่เน้นการจัดกิจกรรมที่พัฒนาสมองซีกซ้าย

**ส่วนที่ 3** ผู้เรียนแบบที่ 3 (Commonsense Learners) เป็นช่วงที่ผู้เรียนจะสร้างความคิดรวบยอด (มโนคติ) ไปสู่การลงมือปฏิบัติกิจกรรม การทดลอง ตามความคิดของตนเองและสร้างชิ้นงานที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว มักใช้คำถามว่า “อย่างไร” (How)

**บทบาทของผู้สอน :** เป็นผู้คอยแนะนำ ชี้แนะ (Coach) และผู้อำนวยการความสะดวก (Facilitator) แก่ผู้เรียน

**วิธีการจัดกิจกรรม :** ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง สรุปผลการทดลอง และทำแบบฝึกหัดตามความเหมาะสมของเนื้อเรื่องที่เรียน

ในส่วนที่ 3 สามารถแบ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 2 ขั้นตอนที่สำคัญถึงการทำงานของสมองซีกขวาและซีกซ้ายของผู้เรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT เลี้ยวที่ 3

ที่มา: สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545: 162)

**ขั้นตอนที่ 5** ขั้นลงมือปฏิบัติจากกรอบความคิดที่กำหนด (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนควรให้ผู้เรียนปฏิบัติการทดลองจากใบงานการทดลอง ทำแบบฝึกหัด การสรุปผลการปฏิบัติการทดลองที่ถูกต้องชัดเจน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามข้อสงสัยก่อนปฏิบัติการเลือกใช้อุปกรณ์บันทึกผลการทดลอง เป็นขั้นที่เน้นการจัดกิจกรรมที่พัฒนาสมองซีกซ้าย

**ขั้นตอนที่ 6** ขั้นสร้างชิ้นงานเพื่อสะท้อนความเป็นตนเอง (สมองซีกขวา) ผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้แสดงความสามารถของตนเองตามความถนัด ความสนใจ เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานตามจินตนาการของตนเองที่แสดงถึงความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน ให้เห็นเป็นรูปธรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยเลือกวิธีการนำเสนอผลงานในลักษณะเฉพาะตัว ชิ้นงานที่สร้างอาจเป็นภาพวาด นิทานสมมุติรวบรวมสิ่งที่เรียน สิ่งประดิษฐ์ แผ่นพับ เป็นต้น เป็นขั้นที่เน้นการจัดกิจกรรมที่พัฒนาสมองซีกขวา

**ส่วนที่ 4** ผู้เรียนแบบที่ 4 (Dynamic Learners) เป็นช่วงที่ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานของตนเอง โดยสอดแทรกการอภิปรายถึงปัญหา อุปสรรคในการปฏิบัติกิจกรรม วิธีการแก้ไขปัญหา เพื่อปรับปรุงชิ้นงานจนสำเร็จและเป็นประโยชน์ต่อตนเอง ซึ่งสามารถบูรณาการการประยุกต์ใช้เชื่อมโยงกับชีวิตจริง/อนาคต มักใช้คำถามว่า “ถ้าหาก” (If)

**บทบาทของผู้สอน :** ให้คำแนะนำ ร่วมประเมินผลงาน แนะนำวิธีการปรับปรุงผลงานและการรวบรวมผลงาน

**วิธีการจัดกิจกรรม :** ผู้เรียนนำเสนอชิ้นงานที่ปรับปรุง อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น และนำเสนอผู้อื่น

ในส่วนที่ 4 สามารถแบ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 2 ขั้นตอนที่สำคัญถึงการทำงานของสมองซีกขวาและซีกซ้ายของผู้เรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 12



**ขั้นตอนที่ 7** ชั้นวิเคราะห์คุณค่าและการประยุกต์ใช้ (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ชิ้นงานของตนเองโดยอธิบายขั้นตอนการทำงาน ปัญหาอุปสรรคในการทำงาน และวิธีการแก้ไข โดยบูรณาการการประยุกต์ใช้เพื่อเชื่อมโยงกับชีวิตจริง/อนาคต ซึ่งอาจจะวิเคราะห์ชิ้นงานในรูปกลุ่มย่อยหรือกลุ่มใหญ่ก็ได้ตามความเหมาะสม เป็นขั้นที่เน้นการจัดกิจกรรมที่พัฒนาสมองซีกซ้าย

**ขั้นตอนที่ 8** ชั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์เรียนรู้กับผู้อื่น (สมองซีกขวา) เป็นขั้นสุดท้ายซึ่งผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้นำผลงานของตนเองมานำเสนอหรือจัดแสดงในรูปแบบต่างๆ เช่น การจัดนิทรรศการ ป้ายนิเทศ เพื่อให้เพื่อน ๆ ได้ชื่นชมซึ่งถือเป็นการแบ่งปันโอกาสทางด้านความรู้

และประสบการณ์ให้ผู้อื่นได้ซาบซึ้ง ในขั้นนี้ผู้เรียนควรรับฟังการวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เป็นขั้นที่เน้นการจัดกิจกรรมที่พัฒนาสมองซีกขวา

จากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4MAT สรุปได้ว่า ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4MAT ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นสร้างคุณค่าและประสบการณ์ (สมองซีกขวา) ผู้สอนสร้างประสบการณ์ตรงที่เป็นรูปธรรมเพื่อเชื่อมความรู้เก่าให้กับนักเรียนและควรกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหรือสร้างแรงจูงใจเพื่อให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้และสนใจในสิ่งที่เรียน
2. ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์ประสบการณ์โดยการอภิปราย และฝึกให้นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มอย่างหลากหลาย เช่น ช่วยกันระดมสมอง อภิปรายร่วมกัน เป็นต้น
3. ขั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด (สมองซีกขวา) ผู้สอนให้ผู้เรียนบูรณาการประสบการณ์และนำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงกับความรู้เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจความคิดรวบยอด โดยผู้วิจัยมีบทบาทในการเตรียมข้อมูล ให้ข้อมูลสาธิต แล้วให้นักเรียนค้นคว้า
4. ขั้นพัฒนาความคิดรวบยอด (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนให้ทฤษฎีหรือความคิดรวบยอดแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ กิจกรรมควรเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าจากใบความรู้แหล่งวิทยากรท้องถิ่น การสาธิต เป็นต้น
5. ขั้นลงมือปฏิบัติจากกรอบความคิดที่กำหนด (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนให้ผู้เรียนได้ลองปฏิบัติโดยผ่านประสาทสัมผัส เช่น การทดลองจากใบงานการทดลอง การทำแบบฝึกหัด เป็นต้น โดยผู้วิจัยมีหน้าที่ชี้แนะและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน
6. ขั้นสร้างชิ้นงานเพื่อสะท้อนความเป็นตนเอง (สมองซีกขวา) ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความสามารถเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานตามจินตนาการของตน
7. ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและการประยุกต์ใช้ (สมองซีกซ้าย) ผู้สอนให้ผู้เรียนวิเคราะห์ชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การประยุกต์หรือดัดแปลงชิ้นงานให้ดีขึ้น
8. ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้กับผู้อื่น (สมองซีกขวา) ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงชิ้นงาน เพื่อให้เพื่อน ๆ ได้ชื่นชม ซึ่งเป็นการแบ่งปันโอกาสทางด้านความรู้และประสบการณ์ให้ผู้อื่นได้ซาบซึ้ง

#### 1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบ 4MAT

##### บทบาทของครู

มอริส และแมคคาร์ธี (Morris; & McCarthy. 1990: 3) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ครูต้องเปลี่ยนแปลงเจตคติที่สำคัญเกี่ยวกับการสอน ดังนี้

1. สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ผู้เรียนทุกคนมีโอกาสเท่าเทียมกัน
2. สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ถือว่าภารกิจสำคัญของครู คือ การสร้าง

แรงจูงใจ

3. สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่นำแนวคิดเล็ก ๆ น้อย ๆ มาใช้เป็นพื้นฐานในการสอน

4. สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่สามารถฝึกทักษะเกี่ยวกับการสอนแนวคิด และมีประโยชน์ในปัจจุบัน

5. สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่นำผู้เรียนไปสู่ความสุขจากการค้นพบด้วยตนเอง

6. สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่กระตุ้นส่งเสริมการสอนให้เข้ากับรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้ง 4 แบบ โดยใช้เทคนิคการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวา

7. สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ไม่เพียงแต่ให้เกียรติ และยกย่องถึงความแตกต่างของผู้เรียนอีกด้วย

#### บทบาทของนักเรียน

บทบาทของนักเรียนเมื่อผ่านประสบการณ์ครบวงจรที่เป็นการเรียนรู้ที่ก้าวหน้าตามธรรมชาติผู้เรียนจะได้รับประสบการณ์ ความรู้สึกและสามัญสำนึก ต่อจากนั้นยังได้สังเกต ฝึกดูและการตอบสนอง ผู้เรียนจะนำไปพัฒนาความคิด พิสูจน์ทฤษฎี ทดลองทฤษฎีของตนเองนำมาเป็นความคิดรวบยอดและประสบการณ์ที่ได้รับมาประยุกต์กับประสบการณ์ที่คล้ายคลึงกัน ทำให้เกิดการผสมผสานระหว่างประสบการณ์เก่ากับประสบการณ์ใหม่ทำให้ฉลาดขึ้น (ตรูเนตร อัชชสวัสดิ์. 2542: 26)

จากบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนแบบ 4MAT สรุปได้ว่า ในการเรียนการสอนแบบ 4MAT ครูและนักเรียนต่างก็มีส่วนสำคัญที่จะทำให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จและต่างฝ่ายจะต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เช่น ครูจัดการเรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างของนักเรียนและนักเรียนต้องรู้จักใช้ความคิด กล้าคิด กล้าแสดงความคิดเห็น ดังนั้นการที่ครูและนักเรียนรับบทบาทหน้าที่ของตนก็จะทำให้การเรียนการสอนแบบ 4MAT ประสบผลสำเร็จมากยิ่งขึ้น

### 1.5 ข้อคิดสำคัญในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT

แมคคาร์ธี (McCarthy. 1990: 186) ได้สรุปข้อคิดสำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4MAT ไว้ดังนี้

1. ไม่มีรูปแบบการเรียนรู้ใดที่เรียนรู้ได้ดีที่สุดเพราะเป็นเพียงวิธีที่ต่างกันเท่านั้น

2. ไม่มีรูปแบบการเรียนรู้ใดที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มากที่สุด

3. จำเป็นต้องศึกษา วิจัยรูปแบบการเรียนรู้และรวบรวมผลการวิจัยกับ

ผลการวิจัยสมรรถภาพเด่นของสมองมาพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน

4. จำเป็นต้องสอนกระบวนการคิดกับความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการคิด เพื่อวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญก่อน – หลังได้ถูกต้อง

5. โครงการพัฒนาคุณภาพครูเป็นสิ่งจำเป็นมากและต้องเป็นโครงการต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

6. ค้นหาวิธีเรียนที่ทำให้ผู้เรียนสามารถค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และมีความสุขในการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นได้ง่ายและรวดเร็ว

จากการศึกษาข้อคิดสำคัญในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สรุปได้ว่าข้อคิดสำคัญในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT คือ ครูต้องคิดเสมอว่าไม่มีรูปแบบการสอนใดดีที่สุด ครูควรจะต้องศึกษาและพัฒนาความรู้และการสอนอยู่เสมอ ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนจะได้เรียนรู้ได้ด้วยตนเองและมีความสุขในการเรียนรู้

### 1.6 ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งต่อผู้เรียนและผู้สอน ดังที่นักการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ไว้ดังต่อไปนี้

แมคคาร์ธี (McCarthy, 1990: 31 - 37) กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าช่วยทำให้เกิดการปลูกฝังความรักซึ่งกันและกันระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียนเพราะการได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งยังเกิดการยอมรับซึ่งกันและกัน

อุษณีย์ โพธิ์สุข (2542: 62) กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าเป็นวิธีการสอนที่ไม่ยาก ผู้เรียนสนุกสนานและช่วยในการสังเกตพฤติกรรมเพื่อสำรวจดูว่าเด็กคนไหนตอบสนองการเรียนแบบใดมากที่สุด ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ว่าเด็กน่าจะมีศักยภาพทางการเรียนรู้ลักษณะใด

กิตติคม คาวีรัตน์ (2543: 34) กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้มีคุณลักษณะ เก่ง ดี มีสุข ทำให้ผู้เรียนที่มีลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกันได้มีศักยภาพของตนเอง ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันได้ เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ มีการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เกิดการเรียนรู้ตามสภาพจริง มีสื่อที่ทันสมัย และมีการประเมินผลตามสภาพจริงเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้

ไพท สิทธิสุนทร (2543: 23) กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าทำให้เกิดบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ที่สนุกสนานเต็มตามศักยภาพของผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน และเกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องไม่รู้จักจบ

ปริญญา สองสีดา (2550: 23) กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT คือเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้สอนและเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน อีกทั้งการจัดกิจกรรมยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะ เก่ง ดี

มีสุข ทำให้ผู้เรียนมีลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไปตามศักยภาพของตนเอง ทำให้บรรยากาศแห่งการเรียนรู้สนุกสนานเต็มตามศักยภาพของผู้เรียน จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง

โชคสุวิชัย สุภาพาส (2554: 22) ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ได้ง่าย โดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้ครูสามารถสังเกตศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการที่ผู้เรียนดึงศักยภาพของตัวเองออกมาใช้ การประเมินผลสามารถทำได้โดยประเมินผลตามสภาพจริง ผู้เรียน เก่ง ดี มีสุข สนุกสนานกับกิจกรรม ทำให้มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ทุกคนในห้องเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ มีความรักและยอมรับซึ่งกันและกัน

จากการศึกษาประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สรุปได้ว่า ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT คือ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกัน ผู้เรียนและผู้สอนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันได้ เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ มีการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เกิดการเรียนรู้ตามสภาพจริง มีสื่อที่ทันสมัย และมีการประเมินผลตามสภาพจริงเพื่อให้บริการลุ่มง่หมายที่กว้างไว้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้สอนและเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน อีกทั้งการจัดกิจกรรมยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะ เก่ง ดี มีสุข ทำให้ผู้เรียนมีลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไปตามศักยภาพของตนเองทำให้บรรยากาศแห่งการเรียนรู้สนุกสนานเต็มตามศักยภาพของผู้เรียน จึงส่งผลให้นักเรียนมีทัศนคติที่ดีและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องไม่รู้จบ

## 1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT

### งานวิจัยต่างประเทศ

แดเกซ และฮาซิม (Dagez; & Hashim. 2005: 1-60) ได้ศึกษาลักษณะการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ (Online Learning Style) กับวิธีการเรียนรู้ผ่านทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (E-Learning Approaches) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้สำรวจความเหมาะสมของลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียนต่อวิธีการเรียนรู้ผ่านทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ จึงได้สร้างแบบการเรียนรู้สำหรับการเรียนรู้ผ่านทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์และสำรวจการนำไปปฏิบัติเพื่อตรวจสอบความเป็นจริงของแบบการเรียนรู้ดังกล่าว โดยผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะการเรียนรู้หลายแบบจากนักวิชาการหลายท่าน ได้แก่ ทฤษฎีลักษณะการเรียนรู้ของคอล์บ (Kolb's theory of learning styles) ทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์ (Gardner's multiple intelligences) แบบ 4MAT ของแมคคาร์ธี (McCarthy's 4MAT model) ลักษณะการเรียนรู้เฟลเดอร์-ซิลเวอร์แมน (Felder-Silverman learning style model) ลักษณะการเรียนรู้ของดันน์และดันน์ (Dunn and Dunn learning style model) และดัชนีนินดิมายเยอร์ส-บริกเกส (Myers-Briggs Type Indicator : MBTI) และได้ศึกษาเทคนิคการสอน วิธีการสอน และรูปแบบการสอน ที่จะนำไปใช้ในการเรียนรู้ผ่านทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ แบบองค์รวม

(Holistic) คือ ผู้เรียนจะเรียนรู้โดยภาพของข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ก่อนจะลงรายละเอียด แบบเรียงตามลำดับ (Sequential) คือบรรยายข้อมูลเชิงตรรกะและเชื่อมโยงขึ้นเป็นลำดับเพื่อให้ได้ผลออกมา มาก แบบแผนผังความคิด (Mind Maps) แบบสื่อมัลติมีเดีย (Multimedia) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning : PBL) การเรียนรู้โดยใช้การสืบสวนเป็นฐาน (Inquiry Based Learning : IBL) และการเรียนรู้โดยใช้เกม (Gaming) โดยมีขั้นตอนการศึกษา คือ ให้ผู้เรียนได้รับสื่อมัลติมีเดีย จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาที่จะสอน แล้วให้ศึกษาสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่ได้จัดทำขึ้นแล้วดูความเป็นอิสระ ความอยากรู้ อยากเห็น ความตั้งใจ การกำกับตัวเอง การเชื่อมโยง ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการทำงานกลุ่ม หลังใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ความเหมาะสมของลักษณะผู้เรียนแบบ 4MAT ของแมคคาร์ธี กับเทคนิคการสอน วิธีสอน หรือรูปแบบการสอน ปรากฏดังตาราง 1

ตาราง 1 การเปรียบเทียบระหว่างลักษณะผู้เรียนแบบ 4MAT ของแมคคาร์ธีกับเทคนิค วิธีการ และรูปแบบการสอน

4MAT	วิธีต่าง ๆ ของลักษณะการเรียนรู้ (Learning style Approaches)					
	Sequential	Mind Map	PBL	IBL	Gaming	Holistic
แบบที่ 1			☑	☹		
แบบที่ 2	☹			☑		
แบบที่ 3			☹	☑	☹	
แบบที่ 4			☹	☑	☹	

ที่มา: Dagez; & Hashim. (2005). *Online Learning Style E-Learning Approaches*. P.5.

จากตาราง 1 สามารถกล่าวได้ว่าผู้เรียนแบบที่ 1 เหมาะที่สุดกับการเรียนรู้โดยใช้การสืบสวนเป็นฐานและเหมาะสมกับการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ผู้เรียนแบบที่ 2 เหมาะที่สุดกับการเรียนรู้แบบเรียงตามลำดับและเหมาะสมกับการเรียนรู้โดยใช้การสืบสวนเป็นฐาน ผู้เรียนแบบที่ 3 และแบบที่ 4 เหมาะที่สุดกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้โดยใช้เกมและเหมาะสมกับการเรียนรู้โดยใช้การสืบสวนเป็นฐาน

เลออน; ซีล; และปรชาสนายสกี (Leon; Seal; & Przasnyski. 2006: 70-81) ได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นพื้นฐานในการค้นหาและพัฒนาระบบการสอนที่มีการตอบโต้ด้วยภาพเพื่อสนับสนุนการสอนแบบจำลองโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ OR/MS โดยได้มีการออกแบบโมดูลปฏิสัมพันธ์ (Interactive Module) มี 3 ระดับ สอดคล้อง



กับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT คือ โมดูลปฏิสัมพันธ์กันต่ำ (Low interactivity modules : LI) จะสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ชั้นที่ 3-4 โมดูลปฏิสัมพันธ์กันปานกลาง (Medium interactivity modules : MI) จะสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ชั้นที่ 4-5 และ โมดูลปฏิสัมพันธ์กันสูง (High interactivity modules : HI) จะสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ชั้นที่ 5-7 ในการพัฒนานั้นจะนำโมดูลที่พัฒนาแล้ว 2 โมดูลมาพัฒนาต่อ เช่น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression : SLR) กับการวิเคราะห์โดยใช้ตาราง (Data Table : DT) ซึ่งเมื่อนำมาจับคู่กับโมดูลปฏิสัมพันธ์จะได้ เช่น SLR-LI, SLR-MI, SLR-HI, DT-LI, DT-MI, DT-HI, ในการวิจัยครั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่าง 48 คน เป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรี หลังจากทำกิจกรรมพบว่า นักศึกษามีความเข้าใจเครื่องมือในโปรแกรมเอ็กเซล (Excel) และโครงสร้างของสูตรคำนวณ 39% นักเรียนสามารถแยกแยะระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามได้ 39% นักเรียนสามารถอธิบายการแสดงผลของโปรแกรมเอ็กเซลและพยากรณ์ด้วยตัวแบบ 42% กระบวนการคิดของนักเรียนและการคิดเชิงตรรกะมีเหตุมีผล 45% และไม่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเพิ่มขึ้นจากที่นักเรียนเข้าใจอยู่แล้ว 10%

เปกเกอร์ (Peker. 2008: 21-25) ได้ศึกษาความแตกต่างของทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของครูฝึกสอนในระดับ ชั้นประถมศึกษาในประเทศตุรกีที่มีรูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน จำนวน 281 คน เพศชาย 45.6% และเพศหญิง 54.4% พบว่า ครูที่มีรูปแบบการเรียนรู้ต่างกันมีทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แต่คะแนนทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 81.46

นิคอลล-เซนฟท์และไซเดอร์ (Nicoll-Senft ; & Seider. 2010: 19-27) ได้ประเมินผลของการใช้รูปแบบการสอนแบบ 4MAT กับสาขาวิชาต่าง ๆ ในระดับปริญญาตรี โดยมีสาขา ศิลปกรรม บริหารธุรกิจ การศึกษาและประกาศนียบัตรการศึกษา และวิศวกรรมและเทคโนโลยี ดำเนินการวิจัยโดยให้อาจารย์ จาก 6 คณะ ที่มาจากหลายสาขาวิชาเข้าอบรมการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT และจะต้องผ่านการรับรองจากผู้ทำการอบรมไปทำการสอนกันนักศึกษา ระดับปริญญาตรีและระดับปริญญาโท จำนวน 165 จาก 4 คณะ 7 สาขาวิชา ใช้เวลาในการทำวิจัยครั้งนี้ 1 ภาคเรียน หลังจากจบภาคเรียนจะใช้แบบมาตรวัดลิเคิร์ต (Likert scale) เพื่อเปรียบเทียบความคิดเห็นที่มีต่อหลักสูตรใหม่ (รูปแบบการสอนแบบ 4MAT : 4MAT Model of Teaching) และหลักสูตรเก่าของสาขาวิชา (รูปแบบการออกแบบการจัดการเรียนการสอนของ กาย-บริกส์ : Gagne-Briggs Instructional Design Model) ซึ่งพบว่า นักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT มีความคิดเห็นต่อหลักสูตรใหม่และหลักสูตรเก่าของสาขาวิชาแตกต่างกัน 6 ด้านจากทั้งหมด 8 ด้าน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาไปสู่สถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน ทุ่มเทเอาใจใส่กับการเรียน กิจกรรมในชั้นเรียนไม่ลืกลั่นเกินความเข้าใจเนื้อหา มีแรงใจในการทำการบ้านหรือทำงานที่ได้รับมอบหมายให้

เสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด มีความพร้อมที่จะฝึกทักษะที่เคยเรียนมา และมีโอกาสได้ขยายการเรียนรู้ในหลักสูตรไปสู่สถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งทั้ง 6 ด้านดังกล่าวมีการพัฒนาในทางที่สูงขึ้น ส่วนด้านที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่มีความแตกต่าง คือ สามารถจำความคิดรวบยอดที่สำคัญ และมีความสุขที่ได้กลับมาเรียนในชั้นเรียน

### งานวิจัยในประเทศ

ธีรนุช นามประเทือง (2545: 82 – 84) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติ และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการคูณการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหินแหลม กาญจนบุรี จำนวน 22 คน ผลการวิจัยพบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการคูณการหาร มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 89.01/80.36 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT มีความคงทนในการเรียนรู้

เสมอใจ จงเจริญคุณวุฒิ (2545: 66-67) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการสอนแบบ 4MAT กับการสอนแบบปกติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์และความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบ 4MAT สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ และความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ในทางบวกซึ่งความสนใจในการเรียนสูงขึ้นส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

จรรยาศรี แจบไธสง (2546: 56-57) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการเรียนแบบร่วมมือ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเวกเตอร์ หลังได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการเรียนแบบร่วมมือสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนกลุ่มเก่งกับนักเรียนกลุ่มอ่อนมีเจตคติต่อรูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการเรียนแบบร่วมมือไม่แตกต่างกัน

สุตาภรณ์ อรุณดี (2546: 40-43) ได้ศึกษาผลการใช้การเรียนรู้แบบ 4MAT ที่มีต่อพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชผาติการาม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีพฤติกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดีขึ้นหลังจากที่ได้รับการใช้การเรียนรู้แบบ 4MAT และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีพฤติกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดีขึ้นหลังจากที่ได้รับการใช้การสอนตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่นักเรียนที่ได้รับการใช้การเรียนรู้แบบ 4MAT มีพฤติกรรมการ

เรียนวิชาคณิตศาสตร์ดีขึ้นมากกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อรทัย เสนจันฉวีไชย (2546: 63) ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโจทย์ปัญหาหระคน และพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโจทย์ปัญหาหระคนหลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนพฤติกรรมการเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80

วิชญ์ณวัฒน์ ทองแมน (2547: 89) ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT เรื่องเศษส่วนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่าหลังจากใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีพัฒนาการในการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้

ปริญญา สองสีดา (2550: 78) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูด การอ่าน การเขียน และโดยรวมของนักเรียนหลังได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

โชคสุวิชัย สุภาพาส (2554: 85) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่องเส้นขนาน ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่องเส้นขนาน สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่องเส้นขนาน สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ขึ้นไป

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการสอนแบบ 4 MAT สรุปได้ว่าการสอนแบบ 4MAT เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนเพราะส่งเสริมให้นักเรียนเรียนด้วยตนเองตามความสามารถของบุคคล อีกทั้งยังสามารถปรับกิจกรรมให้เข้ากับการสอนหลายๆ แบบ เช่น การเรียนแบบสืบสวนสอบสวน การเรียนการสอนแบบ CIPPA MODEL เป็นต้น

## 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนถือว่าเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงความสำเร็จหรือความล้มเหลวในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้นภาระหน้าที่สำคัญประการหนึ่งของครู คือการส่งเสริมปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และขจัดสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาให้ถึงขีดสุดตามศักยภาพของตนเอง เรียนรู้อย่างเต็มที่ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นตามความสามารถที่แท้จริง

### 2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้งของไทยและต่างประเทศ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

วิลสัน (Wilson. 1971: 643–696) ได้แบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ในวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาออกเป็น 2 ด้าน

1. พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยหรือความรู้ความคิด (Cognitive Domain)
2. พฤติกรรมด้านจิตพิสัยหรือด้านความรู้สึก (Affective Domain)

สำหรับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยหรือความรู้ความคิด (Cognitive Domain)

แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ (Computation) พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำที่สุด แบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น ดังนี้

- 1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts)

คำถามที่วัดความสามารถในระดับนี้จะเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ตลอดจนความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียนได้สั่งสมมาเป็นระยะเวลาอันยาวนานแล้วด้วย

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจำศัพท์และนิยามต่างๆ ได้ โดยคำถามอาจจะถามโดยตรงหรือโดยอ้อมก็ได้ แต่ไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณ

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry out Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริงหรือนิยาม และกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว ข้อสอบวัดความสามารถด้านนี้ต้องเป็นโจทย์ง่ายคล้ายคลึงกับตัวอย่าง นักเรียนไม่ต้องพบกับความยุ่งยากในการตัดสินใจเลือกใช้กระบวนการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมระดับความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ แต่ซับซ้อนกว่า แบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ (Knowledge of Concepts) เป็นความสามารถที่ซับซ้อนกว่าความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เพราะมโนทัศน์เป็นนามธรรมซึ่งประมวลจากข้อเท็จจริงต่างๆ ต้องอาศัยการตัดสินใจในการตีความหรือยกตัวอย่างของมโนทัศน์นั้น

โดยใช้คำพูดของตนเองหรือเลือกความหมายที่กำหนดให้ซึ่งเขียนในรูปใหม่หรือยกตัวอย่างใหม่ที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียน

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎทางคณิตศาสตร์ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principles Rules and Generalizations) เป็นความสามารถในการเอาหลักการกฎและความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหา จนได้แนวทางในการแก้ปัญหาได้ ถ้าคำถามนั้นเป็นคำถามเกี่ยวกับหลักการและกฎที่นักเรียนเพิ่งเคยพบเป็นครั้งแรก อาจจัดเป็นพฤติกรรมในระดับการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมระดับนี้เป็นคำถามที่วัดเกี่ยวกับสมบัติของระบบจำนวนและโครงสร้างทางพีชคณิต

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem Elements from one Mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้เป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ เช่น แปลจากภาษาพูดให้เป็นสมการ ซึ่งมีความหมายคงเดิม โดยไม่รวมถึงกระบวนการแก้ปัญหา (Algorithms) หลังจากแปลแล้วอาจกล่าวได้ว่าเป็นพฤติกรรมที่ง่ายที่สุดของพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

2.5 ความสามารถในการติดตามแนวของเหตุผล (Ability to Follow a Line of Reasoning) เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจความสามารถทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแตกต่างไปจากความสามารถในการอ่านทั่วไป

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Problem) ข้อสอบที่วัดความสามารถในขั้นอื่นๆ โดยให้นักเรียนอ่านและตีความโจทย์ปัญหาซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของข้อความ ตัวเลข ข้อมูลทางสถิติ หรือกราฟ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย เพราะคล้ายกับปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ในระหว่างเรียน คือ แบบฝึกหัดที่นักเรียนต้องเลือกกระบวนการแก้ปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้โดยไม่ยาก พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่ประสบอยู่ในระหว่างเรียน (Ability to Solve Routine Problems) นักเรียนต้องอาศัยความสามารถในระดับความเข้าใจและเลือกกระบวนการแก้ปัญหามาจนได้คำตอบออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparisons) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด เพื่อสรุปการตัดสินใจ ซึ่งการแก้ปัญหาขั้นนี้อาจต้องใช้วิธีการคิดคำนวณและจำเป็นต้องอาศัยความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งใช้ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการตัดสินใจอย่างต่อเนื่องในการหาคำตอบจากข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งอาจต้องอาศัยการแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้องออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องมาพิจารณาว่าอะไรคือข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม มีปัญหาอื่นใดบ้างที่อาจเป็นตัวอย่างในการหาคำตอบของปัญหาที่กำลังประสบอยู่หรือต้องแยกโจทย์ปัญหาออกพิจารณาเป็นส่วน มีการตัดสินใจหลายครั้งอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ต้องการ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร (Ability to Recognize Pattern Isomorphisms and Symmetries) เป็นความสามารถที่ต้องอาศัยพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การระลึกถึงข้อมูลที่กำหนดให้ การเปลี่ยนรูปปัญหา การจัดกระทำกับข้อมูล และการระลึกถึงความสัมพันธ์ นักเรียนต้องสำรวจหาสิ่งที่คุ้นเคยกันจากข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดจากโจทย์ปัญหาให้พบ

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็นหรือไม่เคยทำแบบฝึกหัดมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลงแต่ก็อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิธีที่เรียนการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยความรู้ที่เรียนมารวมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้สมรรถภาพสมองระดับสูง แบ่งเป็น 5 ชั้น ดังนี้

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ที่ไม่เคยประสบมาก่อน (Ability to Solve Non Routine Problems) คำถามในชั้นนี้เป็นคำถามที่ซับซ้อน ไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกับความเข้าใจ มโนทัศน์ นิยาม ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดใหม่แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นใหม่ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาแทนการจำความสัมพันธ์ที่เคยพบมาแล้วมาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถในการสร้างภาษา เพื่อยืนยันข้อความทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยนิยาม สัจพจน์ และทฤษฎีต่างๆ ที่เรียนมาแล้วมาพิสูจน์ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์การพิสูจน์ (Ability to Criticize Proofs) ความสามารถในชั้นนี้เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่ความสามารถในการพิจารณาเป็นพฤติกรรมที่ยุ่ยากซับซ้อนกว่า ความสามารถในชั้นนี้ต้องการให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจการพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปจากมโนทัศน์หลักการ กฎ นิยาม หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์

4.5 ความสามารถในการสร้างสูตรและทดสอบความถูกต้องของสูตร (Ability to Formulate and Validate Generalizations) นักเรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่โดยให้สัมพันธ์กับเรื่องเดิมและต้องสมเหตุสมผลด้วย นั่นคือการถามให้หาและพิสูจน์ประโยคทางคณิตศาสตร์หรืออาจถามให้นักเรียนสร้างกระบวนการคิดคำนวณใหม่ พร้อมทั้งแสดงการใช้กระบวนการนั้น

กู๊ด (Good. 1973: 7) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง การเข้าถึงความรู้ (Knowledge Attained) หรือการพัฒนาทักษะในการเรียน ซึ่งอาจพิจารณาจากคะแนนสอบที่กำหนดให้ คะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้ หรือทั้งสองอย่าง

ไพศาล หวังพานิช (2526: 9) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ (Achievement) หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academic Achievement) ว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้เกิดจากการฝึกฝน อบรม หรือจากการสอน

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2537: 286) ได้ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือผลการเรียนรู้ หมายถึง ความรู้หรือทักษะที่ได้จากการเรียนรู้ในรายวิชาต่างๆ ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมด้านความรู้และความคิด (Cognitive Domain) ตามที่วิลสัน (Wilson.1971: 643-696) ได้จำแนกไว้ 4 ด้าน ได้แก่

1. ความรู้ความจำด้านการคิดคำนวณ ประกอบด้วยความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริงคำศัพท์ นิยาม และความสามารถในการคิดคำนวณตามลำดับขั้นตอนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

2. ความเข้าใจ ประกอบด้วยความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ หลักการ กฎ การสรุปอ้างอิงและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ สามารถเปลี่ยนรูปแบบปัญหาจากแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง การติดตามแนวของเหตุผล การอ่านและตีความโจทย์ปัญหา

3. การนำไปใช้ ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกับที่ได้เรียนรู้มาสามารถเปรียบเทียบ วิเคราะห์ข้อมูล และมองเห็นแบบลักษณะโครงสร้างที่เหมือนและสมมาตรกัน

4. การวิเคราะห์ ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ไม่เคยเห็นมาก่อน แต่อยู่ในขอบเขตเนื้อหาที่เรียน สามารถค้นหาความสัมพันธ์จากข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา สามารถสร้างข้อพิสูจน์ เข้าใจการพิสูจน์ ยืนยันข้อความทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล สามารถสร้างสูตรหรือกระบวนการคิดคำนวณขึ้นมาใหม่ให้สัมพันธ์กับเรื่องเดิมอย่างสมเหตุสมผล

## 2.2 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยหรือองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้นตาม ศักยภาพของผู้เรียนดังนี้

เพรสคอตต์ (Prescott. 1961: 14–16) ได้ใช้ความรู้ทางชีววิทยา สังคมวิทยา จิตวิทยา และการแพทย์ ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนของนักเรียน และสรุปผลการศึกษาว่าองค์ประกอบ ที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งในและนอกห้องเรียน มีดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบทางด้านร่างกาย ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตของร่างกาย สุขภาพทางกาย ข้อบกพร่องทางร่างกายและบุคลิกท่าทาง
2. องค์ประกอบทางความรัก ได้แก่ ความสัมพันธ์ของบิดามารดา ความสัมพันธ์ของบิดามารดากับลูก ความสัมพันธ์ระหว่างลูกๆ ด้วยกัน และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกทั้งหมด ในครอบครัว
3. องค์ประกอบทางวัฒนธรรมและสังคม ได้แก่ ขนบธรรมเนียมประเพณี ความ เป็นอยู่ของครอบครัว สภาพแวดล้อมทางบ้าน การอบรมทางบ้าน และฐานะทางบ้าน
4. องค์ประกอบทางความสัมพันธ์ในเพื่อนวัยเดียวกัน ได้แก่ ความสัมพันธ์ของ นักเรียนกับเพื่อนวัยเดียวกันทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน
5. องค์ประกอบทางการพัฒนาแห่งตน ได้แก่ สติปัญญา ความสนใจ เจตคติของ นักเรียน
6. องค์ประกอบทางการปรับตัว ได้แก่ ปัญหาการปรับตัว การแสดงออกทาง อารมณ์

แคร์รอล (Carroll. 1963: 723–733) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลของ องค์ประกอบต่างๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน โดยการนำเอาครูและหลักสูตรมาเป็น องค์ประกอบที่สำคัญ โดยเชื่อว่าเวลาและคุณภาพของการสอนมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณความรู้ที่ นักเรียนจะได้รับ

แมดดอกซ์ (Maddox. 1963: 9) ได้ศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของแต่ละ บุคคลนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางสติปัญญาและความสามารถทางสมองร้อยละ 50–60 และขึ้นอยู่กับโอกาสและสิ่งแวดล้อมร้อยละ 10–15

ชฎานิชฐ์ พุกเถื่อน (2536: 16–17) พบว่า ปัจจัยที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนนั้นมีองค์ประกอบมากมายหลายลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. ด้านคุณลักษณะในการจัดระบบในโรงเรียน จะประกอบด้วยขนาดโรงเรียน อัตราส่วนนักเรียนต่อครู อัตราส่วนนักเรียนต่อห้องเรียน และระยะทางจากโรงเรียนถึงสำนักงานการ ประถมศึกษาอำเภอ/กิ่งอำเภอ



2. ด้านคุณลักษณะของครู จะประกอบด้วย อายุ วุฒิครู ประสบการณ์ของครู การฝึกอบรม ของครู จำนวนวันลาของครู จำนวนคาบที่สอนในหนึ่งสัปดาห์ ความเอาใจใส่ต่อหน้าที่ ทัศนคติเกี่ยวกับนักเรียน ฯลฯ

3. ด้านคุณลักษณะของนักเรียน เช่น เพศ อายุ สติปัญญา การเรียนพิเศษ การได้รับความช่วยเหลือเกี่ยวกับการเรียน สมาชิกในครอบครัว ความเอาใจใส่ในการเรียน ทัศนคติ เกี่ยวกับการเรียนการสอน การขาดเรียน การเข้าร่วมกิจกรรมที่ทางโรงเรียนจัดขึ้น ฯลฯ

4. ด้านภูมิหลังทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ซึ่ง ประกอบด้วยขนาดครอบครัว ภาษาที่พูดในบ้าน ถิ่นที่ตั้งบ้าน การมีสื่อทางการศึกษาต่างๆ ระดับ การศึกษาของบิดา มารดา ฯลฯ

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลาย ปัจจัยทั้งในด้านของสิ่งแวดล้อม ตัวผู้เรียนเอง เพื่อน ผู้ปกครอง และครู โดยคุณภาพของการสอนมี อิทธิพลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

### 2.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อจะได้ขจัดอุปสรรคหรือปัญหาที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้เรียนจะได้มีโอกาสพัฒนา ศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่ และส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ดังนี้

เรวัต และคุปตะ (Rawat; & Gupta. 1970: 7-9) ได้กล่าวว่า สาเหตุของการสอบ ตกและการออกจากโรงเรียนในระดับประถมศึกษา อาจมาจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งหรือมากกว่านั้น โดยมีด้วยกันหลายประการ ได้แก่

1. นักเรียนขาดความรู้สึกในการมีส่วนร่วมที่โรงเรียน
2. ความไม่เหมาะสมของการจัดเวลาเรียน
3. ผู้ปกครองไม่เอาใจใส่ในการศึกษาบุตร
4. นักเรียนมีสุขภาพไม่สมบูรณ์
5. ความยากจนของผู้ปกครอง
6. ประเพณีทางสังคม ความเชื่อที่ไม่เหมาะสม
7. โรงเรียนไม่มีการปรับปรุงที่ดี
8. การสอบตกซ้ำชั้นเพราะการวัดผลไม่ดี
9. อายุน้อยหรือมากเกินไป
10. สาเหตุอื่นๆ เช่น การคมนาคมไม่สะดวก

วัชรีย์ บุรณสิงห์ (2525: 435) ได้กล่าวว่า นักเรียนที่อ่อนวิชาคณิตศาสตร์นั้น เป็น นักเรียนที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ระดับสติปัญญา (I.Q.) อยู่ระหว่าง 75–90 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์จะต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 30

2. อัตราการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จะต่ำกว่านักเรียนอื่นๆ

3. มีความสามารถทางการอ่านต่ำ

4. จำหลักหรือมโนคติเบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ที่เรียนไปแล้วไม่ได้

5. มีปัญหาในการใช้ถ้อยคำ

6. มีปัญหาในการหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ และการสรุปเป็นหลักเกณฑ์

โดยทั่วไป

7. มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์น้อย สังเกตจากการสอบตกวิชาคณิตศาสตร์บ่อยครั้ง

8. มีเจตคติที่ไม่ดีต่อโรงเรียนและโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อวิชาคณิตศาสตร์

9. มีความกดดันและรู้สึกกังวลต่อความล้มเหลวทางด้านการเรียนของตนเอง และบางครั้งรู้สึกถูกลดค่า

10. ขาดความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเอง

11. อาจมาจากครอบครัวที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากนักเรียนอื่นๆ ซึ่งมีผลทำให้ขาดประสบการณ์ที่จำเป็นต่อความสำเร็จในการเรียน

12. ขาดทักษะในการฟัง และไม่มีความตั้งใจในการเรียน หรือมีความตั้งใจในเพียงชั่วระยะเวลาสั้น

13. มีข้อบกพร่องในด้านสุขภาพ เช่น สายตาไม่ปกติ มีปัญหาด้านการฟัง และมีข้อบกพร่องทางทักษะการใช้มือ

14. ไม่ประสบผลสำเร็จในด้านการเรียนทุกๆ ไป

15. ขาดความสามารถในการแสดงออกทางคำพูด ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้คำถามที่แสดงให้เห็นว่าตนเองก็ยังไม่เข้าใจในการเรียนนั้นๆ

16. มีวุฒิภาวะค่อนข้างต่ำทั้งทางด้านอารมณ์และสังคม

ขนาด เชื้อสุวรรณทวี (2542: 145) กล่าวถึง สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเรียนอ่อนทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ข้อบกพร่องทางร่างกาย

2. ระดับสติปัญญาต่ำ

3. มีประสบการณ์ที่ไม่ดีมาก่อนทำให้ฝังใจเกิดการต่อต้านไม่ยอมรับ ปิดกั้นตัวเองทั้งแบบรู้ตัวและไม่รู้ตัว

4. สิ่งแวดล้อมทางบ้าน การปลูกฝังนิสัยในการเรียน ตลอดจนนิสัยส่วนตัวในด้านต่างๆ เช่น ความกระตือรือร้น กล้าคิด กล้าถาม การแสดงออก ความคงทน ความเพียรพยายาม การรู้จักแบ่งเวลา ความมีระเบียบวินัยในตนเอง ความรับผิดชอบ การมีสมาธิ

## 5. วุฒิภาวะต่ำ

### 6. พื้นฐานความรู้เดิมไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นั้นมีหลายประการทั้งการจัดการเรียนการสอน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ สภาพแวดล้อม และวุฒิภาวะของตัวผู้เรียนเอง ดังนั้นครูต้องจัดการเรียนการสอนให้มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน เพื่อให้เกิดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งจะส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

### งานวิจัยต่างประเทศ

ริโอแดน และนอยซ์ (Riordan; & Noyce. 2001: 368–A) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของหลักสูตรมาตรฐานหลักวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนเกรด 5 ถึงเกรด 8 ศึกษาโดยการเปรียบเทียบกับนักเรียน 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เรียนตามหลักสูตรเดิม ส่วนกลุ่มที่ 2 เรียนตามหลักสูตรมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนตามหลักสูตรมาตรฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามหลักสูตรเดิม

ฟินน์ และคนอื่นๆ (Finn; et al. 2003: 74–A) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของครูกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรมาตรฐานหลัก โดยทำการศึกษากับครู 20 คน และนักเรียน 1,466 คน จาก 26 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ การเตรียมการสอนตามหลักสูตร รองลงมา คือ พฤติกรรมการสอนของครูซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

โจนส์; โจนส์; และเวอร์เมตต์ (Jones; Jones; & Vermette. 2009: 4) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้การเรียนรู้ทางด้านอารมณ์และการเรียนรู้ทางด้านสังคมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า การสอนทักษะทางด้านอารมณ์และทักษะทางด้านสังคมมีส่วนช่วยทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น ทั้งยังทำให้เจตคติทางบวกต่อวิชาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมในชั้นเรียน และความสำเร็จของงานของนักเรียนเพิ่มมากขึ้นด้วย

วอง (Wong. 2009: Abstract) ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของครูว่าสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหรือไม่ โดยพวกเขาตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเกรด 5 ในวิชาคณิตศาสตร์กับการอ่าน และตัวชี้วัดคุณภาพของครูต่างๆ เช่น การรับรองความเป็นครู ประสบการณ์การสอน และระดับการศึกษาของครู การออกแบบงานวิจัยนี้ทำให้เกิดผลดีต่อห้องเรียนในโรงเรียนอนุบาลที่จัดการศึกษาระยะยาวของเด็กกานานาชาติ การวิเคราะห์พบว่า การรับรองของโรงเรียนระดับประถมศึกษาส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเกรด 5 ในวิชา

คณิตศาสตร์และการอ่านขณะที่ประสบการณ์การสอนของครูมีความสำคัญสำหรับการอ่านมากกว่าวิชาคณิตศาสตร์ด้านการศึกษาของครู พบว่า มีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเพิ่มของคะแนนทดสอบของนักเรียน อย่างไรก็ตามผลการวิจัยนี้แสดงว่า วงศ์ตระกูลของนักเรียน ระดับการศึกษาของผู้ปกครองและสถานะที่เกี่ยวกับเศรษฐกิจและสังคมมีผลกระทบต่อคะแนนทดสอบมากกว่าการศึกษาของครูประสบการณ์ หรือการรับรองอย่างเป็นทางการโดยทั่วไป

### งานวิจัยในประเทศ

กรรณิการ์ แพลอย (2547: 35–36) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงแบบหมุนแกนพิกัดของสมการกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถเพียงพอในการเรียนรู้เรื่องการแปลงแบบหมุนแกนพิกัดของสมการกำลังสอง ที่ระดับนัยสำคัญ .01

วนิดา พรชัย (2548: 70) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนแบบชิปปา (CIPPA MODEL) เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมกล้าแสดงออกของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบชิปปา (CIPPA MODEL) สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ชานนท์ ศรีม่วงงาม (2549: 77) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มสัมฤทธิ์ (Student Teams Achievement Division: STAD) เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มสัมฤทธิ์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีประสิทธิภาพ 86.04/82.16 นักเรียนที่เรียนด้วยชุดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มสัมฤทธิ์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความก้าวหน้าของทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังจากเรียนด้วยชุดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มสัมฤทธิ์มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป โดยมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 81.02

ปริญญา สองสีดา (2550: 78) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดการอ่าน การเขียน และโดยรวมของนักเรียนหลังได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการ

สื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดการอ่าน การเขียน และโดยรวมของนักเรียนหลังได้รับการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยทั้งต่างประเทศและในประเทศสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิธีการสอน สื่อ ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งสภาพแวดล้อม ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมโดยใช้วิธีการเรียนรู้ด้านบริบทที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ให้เพิ่มขึ้นด้วย

### 3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

#### 3.1 ความหมายของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1991: 102) ได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยง คือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชาเป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กัน ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชารวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนของผู้เรียนมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชาเป็นการรวมศาสตร์ต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวข้อที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬาหรือศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในวิชาต่างๆ มากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและตรงกับสภาพชีวิตจริง

เคนเนดี และทิปส์ (Kennedy; & Tipps.1994: 194-198) กล่าวถึงการเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์ว่า นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ และมโนคติ เข้ากับกระบวนการในการรวมเนื้อหาและวิธีการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และจะต้องเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน การเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการสอน ให้นักเรียนทำในสิ่งที่ป็นรูปธรรมและแปลงการกระทำนั้นมาเป็นรูปภาพ แผนผัง กราฟ และสัญลักษณ์ ตัวอย่างเช่น ครูสอนการเชื่อมโยงกับนักเรียนเกรด 3 โดยเชื่อมโยงระหว่าง คูกี้ กับ การเขียนเศษส่วน นักเรียนในห้องก็จะได้เชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงด้วยปัญหาคูกี้ การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และชีวิตจริงมีมากมาย ครูสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ สังคม ศิลปะ งานคหกรรม และกิจกรรมในสาขาวิชาต่าง ๆ

ตัวอย่างวิธีที่ครูเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และสิ่งรอบ ๆ ตัว ด้วยการทำกิจกรรมในชั้นเรียนทั้งเป็นงานเดี่ยว หรือเป็นกลุ่มย่อยดังนี้

## คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

- การบันทึกอุณหภูมิ, ความเร็วลม, และความกดอากาศ
- การส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์
- การโคจรของดาวเคราะห์
- การกำหนดมาตราส่วน และการสร้างแบบจำลองของระบบสุริยะ

## จักรวาล

## คณิตศาสตร์กับสังคม

- นาฬิกาและนาฬิกาทราย
- การสร้างพีระมิดในอียิปต์
- การศึกษาของชาวอินเดียแดงทางตะวันตกเฉียงใต้ในอเมริกาเกี่ยวกับ พรหม ชาม และตะกร้า โดยใช้สมมาตรและ เทสเซลเลชันในการออกแบบ
- แยกประเภทอาชีพ ที่มีเครื่องแบบ และไม่มีเครื่องแบบ เช่น นักวิจัย, นักบริการ, คนงานในโรงงาน, ทหาร, เกษตรกร
- การเปรียบเทียบจุดที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดบนพื้นดิน เช่น ส่วนที่สูงที่สุดบนพื้นโลกกับส่วนที่ลึกที่สุดในน้ำทะเล

## คณิตศาสตร์กับศิลปะ

- การวัดกระดาษเพื่อตัดผนัง หรือการตัดกระดาษเพื่อจะขึ้นเป็นโครงในการระบายสี
- การกำหนดฉากในการเล่นละคร การวัดและการเตรียมกระดาษที่ใช้สำหรับฉาก
- การระบายสี วาดรูปทิวทัศน์
- การสร้างโอริกามิในญี่ปุ่น

## คณิตศาสตร์กับสุขภาพ

- การวัดส่วนสูงของนักเรียน บันทึกผลลงตารางและกราฟ
- หาปริมาณแคลอรีจากการอ่านฉลากในข้อมูลโภชนาการ, การเรียนรู้เรื่องระดับโคเลสเตอรอล

## คณิตศาสตร์กับการอ่านและศิลปะภาษา

- การมองรูปแบบของคำ แยกคำคล้องจองและไม่คล้องจอง การมองวลีของประโยค
- วิจัยรากศัพท์ทางคณิตศาสตร์
- วิจัยและเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับนักคณิตศาสตร์
- จำนวน และความงามของตัวเลข
- การวิเคราะห์ข้อความเพื่อบอกจำนวนพยัญชนะ

### คณิตศาสตร์กับพลศึกษา

- การนับจำนวนรอบในขณะที่กระโดดเชือก
- การตัดสินใจว่า กีฬาโอลิมปิกมีขนาดใหญ่หรือไม่
- วางพื้นที่การเล่น
- การจับเวลา

คณิตศาสตร์กับโลกปัจจุบันสามารถจะเชื่อมโยงในหลาย ๆ ทาง ทั้งจากหนังสือพิมพ์นิตยสารซึ่งประกอบไปด้วยธุรกิจ แนวโน้มเศรษฐกิจ สภาพอากาศ และวิทยาศาสตร์ การรายงานพิเศษในด้านบทความและภาพข่าว แผนผังการเดินทาง เรือ รถไฟ สนามบิน ล้วนให้ข้อมูลในเรื่องคณิตศาสตร์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนที่สนใจ ปัญหาด้านนิเวศวิทยา เช่น การกำจัดขยะมลพิษจากรถยนต์และโรงงาน เหล่านี้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตได้ ครูจึงควรสอนโดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

อัมพร ม้าคนอง (2547: 101) กล่าวถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมากับความรู้ ปัญหาหรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบ การเชื่อมโยงอาจทำได้หลากหลาย แต่ที่นิยมทำในห้องเรียนคณิตศาสตร์มีสามประเภท ดังนี้

1. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน
2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนเรียนกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ
3. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์หรือสาขาวิชาอื่น ๆ

จากการศึกษาค้นคว้าข้างต้นสรุปได้ว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระภายในวิชาคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งครูผู้สอนควรจะต้องชี้ให้ผู้เรียนเห็นถึงความเชื่อมโยงของสิ่งที่พบ และให้ทำกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยง

### 3.2 มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2002: 64–66) ได้กำหนด มาตรฐานการเชื่อมโยง (Connection Standard) ไว้ดังนี้

โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นก่อนปฐมวัยถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. ตระหนัก และรู้จักเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์การศึกษา คณิตศาสตร์สามารถเชื่อมโยงกันได้ ควรสอดแทรกในการเรียนการสอนในโรงเรียนในทุกระดับชั้น การให้ประสบการณ์การเรียนคณิตศาสตร์กับเด็กในครั้งแรกที่เข้ามาในโรงเรียนไม่ควรแยกเป็นเรื่องๆ แต่ควรรวมคณิตศาสตร์เข้าหลายๆ เหตุการณ์ ซึ่งเด็กสามารถเรียนรู้ และจดจำแบบรูปของคณิตศาสตร์จากจังหวะดนตรี เพลงที่ร้อง รูปหกเหลี่ยมในรวงผึ้ง จำนวนครั้งที่กระโดด เมื่อขึ้นไปเรียนในระดับเกรด 3–5 กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรเป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะ

เริ่มเห็นการเชื่อมโยงระหว่างการทำเนิการทางเลขคณิต ตัวอย่างเช่น การคูณเป็นเหมือนการบวกจำนวนที่ซ้ำกัน รู้ว่าการดำเนินการทางคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในเหตุการณ์ต่างๆ ด้วยตนเอง ทั้งเรื่องตรรกยะ สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น ควรสอดแทรกเข้ามาในกิจกรรมการเรียนการสอนทุกครั้ง ในเกรด 9–12 นักเรียนไม่เพียงต้องรู้ถึงลักษณะของการเชื่อมโยง แต่ต้องสามารถหยั่งรู้ที่จะนำความรู้หนึ่งไปแก้ปัญหาต่างๆ ได้ตลอดการเรียนตั้งแต่อนุบาลถึงเกรด 12 นักเรียนควรถามตนเองว่า “ปัญหานี้ หรือคณิตศาสตร์เรื่องนี้เหมือนกับปัญหาอื่น หรือเรื่องอื่นที่เคยเรียนมาก่อนหรือไม่ อย่างไร” การเชื่อมโยงเป็นการสร้างแนวคิดใหม่ๆ ขยายเพิ่มเติมจากคณิตศาสตร์ที่เคยเรียนมาแล้ว เรียนรู้ในการเตรียมตัวรับความรู้ใหม่ นักเรียนระดับประถมศึกษารู้จักนำเรื่องการลบจำนวนเต็มบวกมาโยงเข้ากับการลบ ทศนิยม และเศษส่วน นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตระหนักและรู้จักวิธีนำเสนอการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีแนวคิดเดียวกัน เช่น อัตราส่วนใช้ในการนำเสนออัตราการเปลี่ยนแปลงเพื่อหาความเอียงหรือความชันของเส้นตรง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายรู้จักเชื่อมโยงแนวคิดในพีชคณิต และเรขาคณิต กิจกรรมที่ใช้ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและเส้นรอบวงกลม ทำการทดลองโดยนำวงกลมขนาดต่างๆ หลายๆ รูป มาวัดความยาวของเส้นรอบวงและเส้นผ่านศูนย์กลาง นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นอาจจะนำข้อมูลมาเขียนกราฟ 2 ตัวแปร เส้นรอบวง (c) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) จะได้แนวเส้นตรงผ่านจุด (0, 0) และอัตราส่วนของ c/d คงที่ เมื่อเฉลี่ยค่าของ c/d จะได้ค่าอยู่ระหว่าง 3.1 และ 3.2 ซึ่งเป็นค่าประมาณของ  $\pi$  ปัญหานี้ได้นำแนวคิดในเรื่องของการวัด การวิเคราะห์ข้อมูล เรขาคณิต พีชคณิต และจำนวนมาใช้

2. เข้าใจคณิตศาสตร์ว่าเชื่อมโยงกันได้อย่างไร และนำความรู้หนึ่งไปสร้างความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกันได้เมื่อนักเรียนสังสมประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่โรงเรียนไปเรื่อยๆ ความสามารถในการเห็นส่วนที่สามารถเกี่ยวข้องกันได้ ในคณิตศาสตร์ควรมีเพิ่มขึ้น นักเรียนในระดับชั้นอนุบาลถึงเกรด 2 จะตระหนักในเรื่องการนับ รู้จักจำนวน และสัญญาณของวัตถุต่างๆ นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาจะได้ค้นหาการดำเนินการทางเลขคณิตแบบต่างๆ และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจะได้ค้นหาตัวอย่างของจำนวนตรรกยะ รู้จักการสร้างสัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น ส่วนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะได้ค้นหาการเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์ในเรื่องต่างๆ ดังตัวอย่าง พีระมิดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกตัดยอดสามารถนำมาเป็นแนวทางในการหาสูตรการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

3. ตระหนัก และรู้จักประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ในการเรียนคณิตศาสตร์ควรได้ทำงานเกี่ยวกับปัญหาในวิชาอื่นๆ บ้าง การเชื่อมโยงสามารถทำได้กับวิชาอื่นๆ ที่เป็นชีวิตประจำวันของนักเรียน ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงเกรด 2 นักเรียนสามารถเรียนคณิตศาสตร์พื้นฐานที่มีการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง นักเรียนในระดับเกรด 3–5 ควรจะได้เรียนการประยุกต์ของคณิตศาสตร์ที่สำคัญกับวิชาอื่นๆ และขยายเพิ่มเติมขึ้นไปอีกในระดับเกรด 6–8 และในระดับเกรด 9–12 ควรจะใช้คณิตศาสตร์ไปอธิบายปัญหาที่ประยุกต์ซับซ้อนขึ้น



การให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการให้งานถือเป็นเรื่องสำคัญคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ เกษศาสตร์ และบริหารธุรกิจ การเชื่อมต่อกับคณิตศาสตร์เข้ากับวิทยาศาสตร์ไม่ได้ทำแค่เฉพาะเนื้อหาแต่ยังรวมถึงกระบวนการ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้นำไปประยุกต์ให้เข้ากับการเรียนคณิตศาสตร์ ดังในมาตรฐานการศึกษาการให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยการให้งานถือเป็นเรื่องสำคัญคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ เกษศาสตร์ และบริหารธุรกิจ การเชื่อมต่อกับคณิตศาสตร์เข้ากับวิทยาศาสตร์ไม่ได้ทำแค่เฉพาะเนื้อหาแต่ยังรวมถึงกระบวนการ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้นำไปประยุกต์ให้เข้ากับการเรียนคณิตศาสตร์ ดังในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Education Standards) ที่ระบุไว้ใน 1 ปี โรงเรียนประถมศึกษจะต้องสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอากาศ โดยนำคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับกิจกรรมการสอนนี้ซึ่งสามารถทำได้หลากหลาย เช่น นักเรียนอาจจะออกแบบเครื่องมือ หรืออุปกรณ์วัดสภาพอากาศวางแผนการจัดการ และการสื่อสารข้อมูล เป็นต้น

ตัวอย่างของการประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นเรื่องที่นักเรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแห่งหนึ่งได้ไปฝึกงานที่บริษัทผลิตยาแห่งหนึ่ง ซึ่งกำลังขยายงานด้วยการตั้งสาขาใหม่ จากข้อมูลที่ทราบทางบริษัทไม่ได้คำนึงถึงแต่เฉพาะยอดขายที่จะได้ในอนาคตในการหาทำเลที่ตั้งร้านเท่านั้น ทีมงานของนักเรียนได้รับความช่วยเหลือให้คำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารของบริษัท นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์สถิติข้อมูลประชากรและข้อมูลทางเศรษฐกิจที่ทำให้เราทราบถึงอุปสงค์ทางการตลาด นักเรียนได้ทำงานกับพนักงานของบริษัทและร่วมประเมินความเป็นไปได้ของทำเลที่ตั้งสาขาใหม่ นักเรียนได้ทำงานกับสถาปนิกในการออกแบบตัวร้าน และทำงานร่วมกับพนักงานบัญชีในการวางแผนในเรื่องการเงิน

โทมัส และซานเตียโก (Thomas; & Santiago. 2002: 484) กล่าวถึงมาตรฐานการเชื่อมโยง ปี 1989 และ 2000 ว่า ในปี 1989 มาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผล มาตรฐานการเชื่อมโยงได้กำหนดไว้อย่างมีความหมายเป็น 1 ใน 4 ของมาตรฐานด้านกระบวนการที่เชื่อมต่อกันเพื่อการผ่านระดับช่วงชั้นทั้งหมด

แต่ละกลุ่มระดับอนุบาล-เกรด 4, เกรด 5-เกรด 8 และเกรด 9-เกรด 12 ลักษณะเฉพาะของหลักสูตรจะส่งเสริมให้การเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์เป็นการพิสูจน์ว่าระดับช่วงชั้นที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มความลึกซึ้งในการสร้างการเชื่อมโยงให้มากขึ้น

ในระดับอนุบาลถึงเกรด 4 เน้นการกำหนดนี้ถึงความสัมพันธ์ สร้างการเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยให้พวกเขาเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดในวิชาคณิตศาสตร์ ในเกรด 5-8 การสังเกตการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์เป็นการเน้นถึงจุดมุ่งหมายอย่างกว้างๆ ของนักเรียนเทคนิคการเขียนภาพให้ได้สัดส่วนอย่างเห็นด้วยตาจริงในวิชาคณิตศาสตร์เหมือนกับการรวบรวมสิ่งทั้งหมดหลักสูตรที่สนับสนุนนักเรียนในเกรด 9-12 มีความสำคัญต่อการสืบสวนสอบสวนของการ

เชื่อมโยงคณิตศาสตร์ต่อไปถึงการรวบรวมความสนใจในความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อคณิตศาสตร์และการประยุกต์

หลักการและมาตรฐานขั้นสูง มาตรฐานการเชื่อมโยงตลอดจนหลักสูตร เป็นตัวบ่งชี้ที่มากกว่าการเข้าใจ (หยั่งรู้) จุดความสนใจ และการเชื่อมโยงกันเป็น 1 ใน 5 ของมาตรฐานด้านกระบวนการมาตรฐานการเชื่อมโยงนิยามอย่างชัดเจน เป็น 1 ในกลุ่มของเกณฑ์สำหรับนักเรียนระดับอนุบาล–เกรด 12 ในแผนการเรียนรู้

แผนการเรียนรู้จากระดับอนุบาล–เกรด 12 ควรจะทำให้นักเรียนสามารถ

- ตระหนัก และรู้จักเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์
- เข้าใจถึงความคิดทางคณิตศาสตร์ว่ามีการเชื่อมโยงกันอย่างไร และสร้างความคิดเพื่อสร้างการเชื่อมโยงทั้งหมดเข้าด้วยกัน

- ตระหนัก และรู้จักประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

กรมวิชาการ (2545: 26–27) ได้กล่าวถึงมาตรฐานการเชื่อมโยงในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ช่วงชั้นที่ 4 ดังนี้

1. เชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่นๆ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ ได้

2. นำความรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในงานและการดำรงชีวิต

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปสร้างองค์ความรู้ใหม่ นำความรู้ไปใช้ในการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

### 3.3 การพัฒนาทักษะ/ กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การจัดกระบวนการเรียนรู้ ครูถือว่าเป็นผู้ที่มีบทบาทที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงสำหรับครูที่จะนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

เบซิล (Basil. 1999: 8–12) ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนหาข้อมูลนอกห้องเรียน เนื่องจากการให้นักเรียนได้มีโอกาสหาข้อมูลนอกห้องเรียนเป็นการช่วยให้พวกเขาเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตจริงการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการเพิ่มความสามารถของนักเรียนให้สามารถเชื่อมโยงแนวคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่นๆ และชีวิตจริง โดยการใช้ประสบการณ์เหล่านี้จะเป็นการกระตุ้นสนับสนุนการเรียนการสอน และนักเรียนจะได้จดจำว่าความรู้ในตอนเริ่มต้นของ

พวกเขาเกี่ยวกับจำนวน ขนาด รูปร่าง และแบบรูป เกี่ยวพันกับสิ่งที่อยู่รอบตัวโดยผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูล

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 360) กล่าวว่า นักเรียนควรได้รับโอกาสในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ทั้งในโรงเรียน และในสังคมปัจจุบันมากขึ้น ครูคณิตศาสตร์ต้องค้นคว้าร่วมมือกับครูในวิชาอื่นเพื่อสำรวจแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปยังปัญหาอื่นซึ่งเกิดขึ้นในห้องเรียน การรวมคณิตศาสตร์เข้าไปในเนื้อหาซึ่งให้สัญลักษณ์และกระบวนการที่มีประโยชน์ เป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญของมาตรฐานทั้งหมด ทำให้นักเรียนมองเห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยให้เข้าใจมันได้ ทักษะการเชื่อมโยงมีประโยชน์ในการแก้ปัญหา การอภิปราย และแบบจำลองข้อเท็จจริงในโลก และการสื่อสารความคิดและข้อมูลที่ซับซ้อนในลักษณะที่ละเอียดและชัดเจน การนำเสนอปัญหาช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนและชัดเจนขึ้น ทำให้นักเรียนอธิบายปัญหาและหาคำตอบได้ ถ้านักเรียนเป็นผู้มีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ จำเป็นต้องฝึกให้นักเรียนปรับเปลี่ยนวิธีการหาคำตอบที่หลากหลายขึ้น และตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองที่แตกต่างกัน

การเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อทางคณิตศาสตร์สามารถสร้างได้หลายแนวทางเมื่อนักเรียนศึกษาหัวข้อหนึ่งสามารถนำไปประยุกต์ในหัวข้ออื่นได้ โดยการเชื่อมโยงปรากฏออกมาขณะนักเรียนทำคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเช่น

- ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่สามารถช่วยให้เข้าใจในการดำเนินการของเศษส่วน การนำเสนอข้อมูล การแก้ปัญหาสัดส่วน การหาตัวประกอบ และความน่าจะเป็น
- บทเรียนเรื่องการวัดต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างสูตรและแก้ปัญหา โดยใช้แนวคิดทางเรขาคณิต การวัด และพีชคณิต

นักเรียนจะได้แนวคิดใหม่ๆ กระบวนการ และทักษะจากการแก้ปัญหา แล้วสามารถรวบรวมแนวคิดและความคิดรวบยอดเพื่อส่งเสริมความเชื่อมั่นของนักเรียนในความคิดของเขาเอง เนื้อหาส่งเสริมทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อการเชื่อมโยง แต่ครูจะต้องหาโอกาสในการช่วยเหลือนักเรียนให้สร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ปัญหาที่สร้างขึ้นต้องเป็นปัญหาที่เน้นให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เอาใจใส่ต่อการตระหนัก และการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อจะค่อยๆ ซึมซาบเข้าไปในตัวนักเรียน ซึ่งคาดหมายว่าแนวคิดที่พวกเขาจะได้เรียนรู้เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาและค้นคว้ามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์อื่นๆ

ไคลล์; และคนอื่นๆ (Kyle; McIntyre; & Moore. 2001: 80–86) กล่าวว่า ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงที่พวกเขาสนใจ เนื่องจากการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขา นักเรียนจะชอบแก้ปัญหาและสนุกกับการเรียนรู้ และนักเรียนได้ทำงานอย่างมีความหมาย อีกทั้งกิจกรรมหรือปัญหาที่สมควรเป็นปัญหาเปิดเพื่อให้นักเรียนได้คิด สามารถบอกแนวคิดและแสดงเหตุผลได้

กรมวิชาการ (2545: 200–205) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหา สอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และองค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงมีดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น
2. มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่นๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี
3. มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย
4. มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่ต้องเกี่ยวข้องด้วย
5. มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผล

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า การพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยง ครูผู้สอนควรส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสคิดเชื่อมโยงในการเรียนรู้อยู่เสมอ โดยกำหนดสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

### 3.4 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง

คณิตศาสตร์มีความเชื่อมโยงกันอยู่ภายในเนื้อหา ทั้งยังมีการเชื่อมโยงกับศาสตร์ต่างๆ มากมาย และสามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ นักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ ไว้ดังนี้

สครอย และสครอย (Sqroi; & Sqroi. 1993: 569–570) กล่าวว่า เดิมการสอนพีชคณิตและเรขาคณิตในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาเน้นการสอนโดยแยกออกจากกัน ต่อมาบางรัฐในสหรัฐอเมริกา มีการปรับปรุงหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายโดยมีการนำการบูรณาการมาใช้กับพีชคณิตและเรขาคณิต โดยแท้จริงมนมติของการเชื่อมโยงระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิตไม่ใช่เรื่องใหม่ นักคณิตศาสตร์และนักปรัชญาชาวฝรั่งเศส ชื่อเรเน่ เดส์คาร์ตส์ (Rene' Descartes) ได้พัฒนา

เรขาคณิตที่รู้จักกันดี คือ เรขาคณิตวิเคราะห์ โดยการนำภาพเรขาคณิตเข้ามานำเสนอด้วยพีชคณิต ด้วยการใช้ระบบจำนวนจริงและสมการ

เคนเนดี และทิปส์ (Kennedy; & Tipps. 1994: 194–200) กล่าวว่า การเชื่อมโยงในวิชาคณิตศาสตร์นั้นนักเรียนจำเป็นต้องทำการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนผัง สัญลักษณ์ และภาษา รูปแบบการแสดงมโนทัศน์และความเข้าใจเนื้อหาต่างๆ ให้รวมกันเป็นหลักการทางคณิตศาสตร์ พวกเขาจำเป็นต้องทำการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์และโลกแห่งความเป็นจริง

การเชื่อมโยงนี้มีความเกี่ยวข้องกันในระหว่างการสอน ควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนปฏิบัติงานหรือกิจกรรม แล้วแปลงกิจกรรมเหล่านั้นออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ กราฟ และสัญลักษณ์ต่างๆ ตัวอย่างเช่น ในชั้นเรียนเกรด 3 ครูได้สอนให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงระหว่าง “ลูกกอล์ฟ” กับเศษส่วน นักเรียนในชั้นเรียนนั้นได้รู้จักการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันด้วยปัญหา “ลูกกอล์ฟ” การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ กับชีวิตจริงเกิดได้อย่างมากมาย ครูสามารถให้นักเรียนปฏิบัติงานที่จะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ งานคหกรรม เกี่ยวกับอาหาร และกิจกรรมในวิชาต่างๆ บางทีอาจเป็นกิจกรรมในชั้นเรียนและสามารถทำเป็นโครงการรายบุคคลหรือกลุ่มเล็กๆ หรือบางทีจะทำในช่วงเวลาที่เหมาะสม

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงถึงวิธีที่ครูจะสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่างๆ และสังคครอบตัว ด้วยการให้นักเรียนทำโครงการที่บางโครงการอาจให้ทำร่วมกันทั้งชั้นรายบุคคล หรือทำโดยกลุ่มย่อย ดังนี้

### 1. คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

- การโคจรของดวงจันทร์
- การจดบันทึกอุณหภูมิ ความเร็วลม และความดันอากาศ
- การส่งมนุษย์ไปยังดวงจันทร์ การโคจรของดาวเคราะห์
- การกำหนดมาตราส่วน
- การสร้างระบบโซลาร์เซลล์

### 2. คณิตศาสตร์และสังคมศึกษา

- นาฬิกาและนาฬิกาทราย
- การสร้างพีระมิดในประเทศอียิปต์
- การออกแบบพรมและตะกร้าที่ใช้หลักการสมมาตรและทรงลูกบาศก์ของ

ชาวอินเดียนแดงทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา

- การเปรียบเทียบภูมิประเทศ ตำแหน่งที่ราบสูง ที่ราบต่ำ ภูมิประเทศที่

สูงที่สุด และที่ลึกที่สุดใต้ทะเล

### 3. คณิตศาสตร์และสุขภาพ

- การเรียนรู้เกี่ยวกับระดับโคเลสเตอรอลเพื่อสุขภาพ
- การวัดความสูงของนักเรียน การบันทึกผลในรูปแบบตารางและกราฟ
- การหาปริมาณแคลอรีจากการอ่านฉลากข้อมูลโภชนาการข้างกล่อง

ผลิตภัณฑ์การวัดระดับโคเลสเตอรอล

#### 4. คณิตศาสตร์และศิลปะ

- การวัดรอบขอบกระดาษเพื่อติดขอบผนัง
- การกำหนดมาตราส่วนจากละครในชั้นเรียน วัดและเตรียมกระดาษ

สร้างฉากการวาดภาพทิวทัศน์ต่างๆ

- การอ่านและทำตามคำแนะนำจากการประดิษฐ์ Origami ของชาวญี่ปุ่น

#### 5. คณิตศาสตร์และการอ่านและศิลปะทางภาษา

- การหารูปแบบของคำ การแยกประเภทของคำ
- อ่านรายงานการวิจัยและงานเขียนทางคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง
- เลขวิทยา (Numerology) และตัวเลขที่ดงาม

- การวิจัยและเขียนเรื่องราวของนักคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง จำนวน และความงามของตัวเลข การวิเคราะห์ข้อความเพื่อบอกจำนวนพยัญชนะ (เรื่องนี้สามารถเชื่อมโยงกับรายการเกมโชว์ทางโทรทัศน์ของสหรัฐที่ชื่อ Wheel of Fortune)

#### 6. คณิตศาสตร์และการศึกษาทางกายภาพ

- นับจำนวนไม้เลื้อยที่ขึ้นตามเชือก
- แบบแผนพื้นที่ในการเล่น
- การนับจำนวนรอบของการกระโดดเชือก การแสดงให้เห็นว่าโอลิมปิก

ยิ่งใหญ่การจัดวางพื้นที่ในการเล่น การจับเวลาในการแข่งขัน

คณิตศาสตร์กับโลกปัจจุบันเชื่อมโยงกันในหลายๆ ด้าน จากบทความในหนังสือพิมพ์หรือนิตยสาร ไม่ว่าจะเป็นทางด้านธุรกิจ แนวโน้มทางเศรษฐกิจ สภาพอากาศ และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การรายงานพิเศษทั้งในรูปแบบบทความ และภาพข่าว แผนผังการเดินทางที่ทำได้ สถานีรถไฟและสนามบิน ล้วนให้ข้อมูลที่เป็นคณิตศาสตร์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนทั้งสิ้น ปัญหาทางเศรษฐกิจ ปัญหาการจัดการขยะและมลพิษที่เกิดจากรถยนต์ ของเสียจากโรงงาน ได้ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ครูจึงควรสอนโดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือกับปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

ดังนั้นนักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อจะได้บูรณาการเนื้อหาทั้งหมด ครูจะประสบความสำเร็จเมื่อทำหน้าที่ให้นักเรียนสามารถสร้างการเชื่อมโยงมโนคติของเนื้อหาต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น เศษส่วนและทศนิยมกับเรื่องของเปอร์เซ็นต์ การคูณกับการบวก การหารกับการลบ และการนำการวัดไปใช้ในเรขาคณิต นักเรียนต้องรู้จักการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงได้

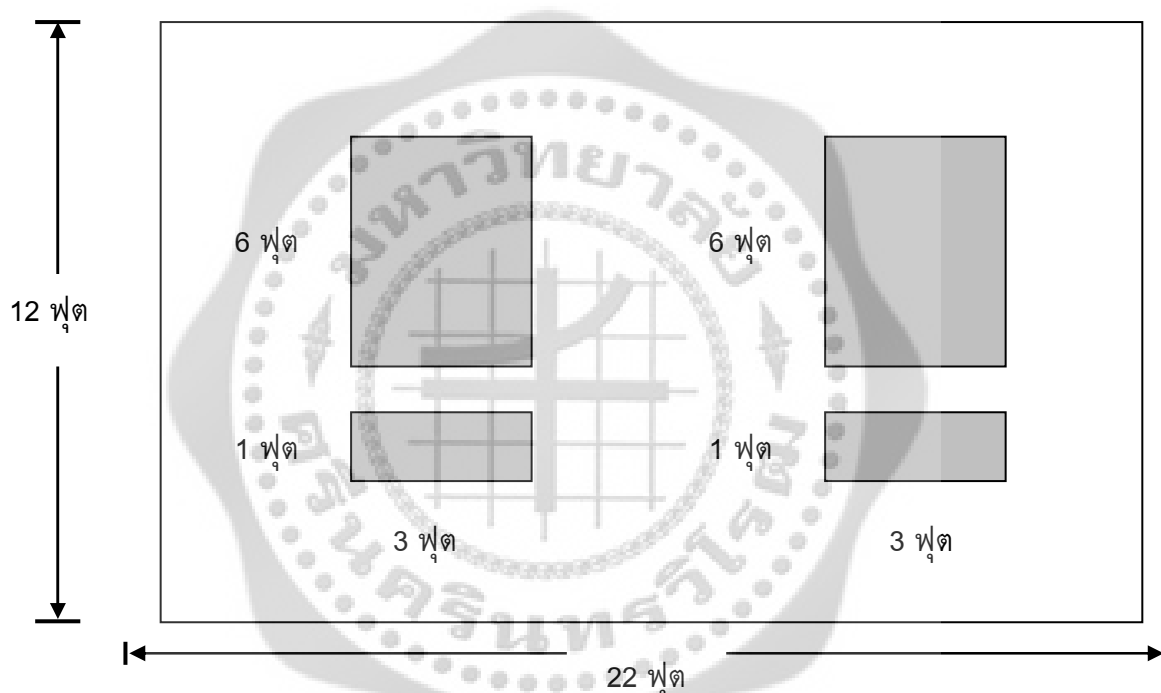
นุท (Knuth. 2000: 48–53) กล่าวว่า การที่นักเรียนจะเข้าใจความหมายของฟังก์ชันที่ไม่เพียงแค่ว่า ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนมีการนำเสนอวิธีที่ต่างกันในการหาคำตอบให้มีการแสดงสมการในรูปแบบต่างๆ เช่น ให้มีการนำเสนอสมการเชิงเส้นทั้งในรูปแบบ Point-slope และรูปแบบต่างๆ วิธีการนำเสนอด้วยกราฟ การแปลงกราฟไปเป็นสมการ ซึ่งควรให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความรู้และอภิปรายถึงวิธีการได้มาซึ่งคำตอบ

นัทเซาลัส (Natsaulas. 2000: 364–370) กล่าวว่า การเชื่อมโยงระหว่างกรุปสมมาตร (Symmetry Groups) ในคณิตศาสตร์กับศิลปะและประวัติศาสตร์ว่า ที่ผ่านมามีการนำเอาวัฒนธรรมจากที่ต่างๆ มาเป็นต้นแบบในการผลิตออกแบบสิ่งประดับและตกแต่ง หรือเป็นภาพสัญลักษณ์ของพิธีการ หรือสัญลักษณ์ทางศาสนา ซึ่งจากที่กล่าวว่าเป็นคณิตศาสตร์ธรรมชาติมีภาพที่สร้างมาจากการสะท้อน และการหมุนภาพบนระนาบ ดังนั้นประวัติศาสตร์และการผสมผสานทางศิลปะ ทำให้นักเรียนได้ศึกษาการสะท้อน และการหมุนบนระนาบได้ เช่นเดียวกับมโนทัศน์ของรูปสมมาตรการศึกษารูปสมมาตรเพื่อให้เชื่อมโยงศิลปะและประวัติศาสตร์ ส่งเสริมความเข้าใจในการสร้างภาพบนระนาบ

วาเชอร์ และมิลรอย (Vacher; & Mylroie. 2001: 640–641) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับธรณีวิทยาในการสำรวจถ้ำว่า ถ้ำนั้นแตกต่างจากภูเขา ทะเลสาบ หรือแม่น้ำตรงที่เราไม่สามารถเห็นปากถ้ำได้ในระยะไกล ไม่สามารถทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม ไม่สามารถบอกลักษณะภายในถ้ำได้จนกว่าเราจะเดินเข้าไปสำรวจภายใน ภายในถ้ำนั้นยังทอดยาวออกไปหลายทาง จนไม่อาจทำนายส่วนปลายของถ้ำได้ จึงต้องมีวิธีการในการสำรวจโดยหาความยาวของระยะทางในถ้ำเป็นส่วนๆ และทิศทาง แล้วเขียนแทนด้วยเวกเตอร์ การเขียนแผนที่ของถ้ำจึงเป็นการแปลงข้อมูลของระยะทางและมุมออกมาเป็นเวกเตอร์ในระบบสามมิติ

ดอสเซย์; และคนอื่นๆ (Dossey; et al. 2002: 81–83) กล่าวถึง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า ความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์สร้างขึ้นได้ทันทีขณะเกิดการเรียนรู้ โดยสร้างการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ใหม่และความรู้ส่วนหนึ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว นักเรียนที่สามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายจะพัฒนาความเข้าใจในคณิตศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้นการเชื่อมโยงทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหา และสามารถทำการอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้คล่องแคล่วขึ้น นอกเหนือจากการใช้เครื่องมืออื่นๆ ในการแก้ปัญหาทางมโนทัศน์ หรือเนื้อหาในคณิตศาสตร์ที่มีการเชื่อมโยงช่วยให้นักเรียนมองคณิตศาสตร์แบบบูรณาการ การแยกคณิตศาสตร์ออกเป็นวิชาย่อยๆ เช่น เรียนพีชคณิตเบื้องต้น แล้วมาเรียนวิชาพีชคณิต และเรขาคณิตตามลำดับ ทำให้นักเรียนมองวิชาคณิตศาสตร์ว่าไม่สัมพันธ์กัน แม้ว่าบทเรียนก่อนหน้าจะเป็นพื้นฐานความเข้าใจในคณิตศาสตร์ระดับสูงการแยกเนื้อหาออกจากกันทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างการเชื่อมโยงที่ทำให้เข้าใจภาพรวมของคณิตศาสตร์ การเรียนที่เน้นการเชื่อมโยงจะทำให้นักเรียนมีพื้นฐานที่แข็งแกร่งในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป

สมบัติการแจกแจงนับเป็นตัวอย่างที่ดีของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงหลายเนื้อหาเข้าด้วยกัน สมบัติการแจกแจงเป็นสิ่งสำคัญในการคูณจำนวนเต็มบวก การคูณที่ตัวคูณมีเลขโดดถึง 3 ตัว เช่น  $8 \times 172$  ทำให้ง่ายขึ้นโดยใช้สมบัติการแจกแจงเป็น  $(8 \times 100) + (8 \times 70) + (8 \times 2)$  นอกจากนี้สมบัติการแจกแจงยังช่วยนักเรียนในการหาพื้นที่แรเงา ดังแสดงในภาพประกอบ 13 (Dossey; et al. 2002: 82) ซึ่งสมบัติการแจกแจงไม่ได้ใช้แยกตัวประกอบ และแทนค่าในประโยคพีชคณิตเท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปใช้กับผลคูณเชิงสเกลาร์ในเวกเตอร์และเมตริกซ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ขั้นสูง ครูสามารถช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงเพื่อให้เกิดความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ในภาพกว้างได้



$$\text{พื้นที่ คือ } (22)(12) - 2[(3)(6) + (3)(1)]$$

ภาพประกอบ 13 การใช้สมบัติการแจกแจงหาพื้นที่แรเงา

ที่มา: Dossey; John A.; et al. (2002). *Mathematics Methods and Modeling for Today's Mathematics Classroom. A Contemporary Approach to Teaching Grades 7–12*: 82.

นักเรียนต้องรู้จักและเริ่มการสร้างการเชื่อมโยงตั้งแต่ระดับประถมศึกษา ครูอาจชี้แนะให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงเรขาคณิตในระบบพิกัดฉาก โดยให้พิสูจน์ว่าเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม



ด้านขนานตัดแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน สามารถใช้วิธีการหาจุดกึ่งกลางของเส้นทแยงมุมทั้งสอง เพื่อพิสูจน์ข้อความดังกล่าว

ครูสามารถแนะนำกระบวนการเชื่อมโยงให้กับนักเรียนโดยการให้งานที่ครูออกแบบขึ้นงานที่แสดงการเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ของเรื่องที่เคยเรียนมาแล้ว เช่น การสำรวจลำดับฟีโบนัชชี(Fibonacci Sequence) 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, ... สามารถเชื่อมโยงกับแบบรูปและฟังก์ชัน ก่อกำเนิดเมื่อสำรวจต่อไปนำไปสู่ความรู้เรื่องอัตราส่วนของ สี่เหลี่ยมมุมฉากทอง และประยุกต์เข้ากับงานศิลปะโลกของการออกแบบ การเชื่อมโยงกับวิชาต่างๆ ในคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆและเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

ดวงเดือน อ่อนนวม; และคนอื่นๆ (2547: 50) กล่าวถึงลักษณะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นไปได้หลายลักษณะดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เช่น การเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างสูตร การหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ต้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเรื่องพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใน 2 ประเด็น คือพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ตั้งอยู่บนฐานเดียวกันและมีความสูงเท่ากัน และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ ความกว้างคูณความยาว ดังนั้น

สูตรการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม คือ  $\frac{1}{2} \times \text{ความยาวฐาน} \times \text{ความสูง}$

2. การเชื่อมโยงระหว่างเรื่องต่างๆ ของคณิตศาสตร์ เช่น การลบเป็นการดำเนินการตรงข้ามของการบวก การคูณเป็นการบวกซ้ำๆ การคูณและการหารเป็นการดำเนินการตรงกันข้ามร้อยละสัมพันธ์กับเศษส่วน การวัดสัมพันธ์กับเรขาคณิต

3. การเชื่อมโยงแบบจำลองหลายๆ แบบสู่ความคิดรวบยอดเดียวกัน เช่น การให้นักเรียนสร้างหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐานตามความต้องการของตนเอง ก็จะได้หน่วยที่ไม่เป็นมาตรฐานหลายๆ ลักษณะ แต่ทุกหน่วยนำไปสู่ความคิดรวบยอดเดียวกันว่าเป็นหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐาน

4. การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดไปสู่วิธีคิดคำนวณ เช่น ในการเรียนรู้เรื่องหน่วยการวัดเด็กต้องเกิดความคิดรวบยอดว่าจำนวนต่างๆ จะมาบวกกลับกันได้ต้องมีหน่วยการวัดเดียวกัน ดังนั้นถ้าหากจำนวนเหล่านี้มีหน่วยต่างกันจึงต้องมีการเปลี่ยนหน่วยให้เหมือนกันก่อน

5. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยการกำหนดเป็นหน่วยการเรียนรู้เป็นวิถีทางหนึ่งที่สนับสนุนส่งเสริมการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน การกำหนดหน่วยการเรียนรู้เปิดโอกาสให้เด็กได้ศึกษา สำรวจสืบค้นเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ที่ตนสนใจ ได้มีโอกาสแสดงความคิดริเริ่ม ได้สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ในขณะที่เดียวกันยังคงเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย หน่วยการเรียนรู้อาจเป็นหน่วยการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์เอง หรือเป็นหน่วยการเรียนรู้กลางที่คณิตศาสตร์เรียนรู้ร่วมด้วยกับวิชาอื่นๆ ก็ได้

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า คณิตศาสตร์มีการเชื่อมโยงกับศาสตร์ต่างๆ ในโลกอย่างมากมายครูผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเริ่มเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้เดิมกับเนื้อหาความรู้ใหม่ ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพื่อให้เกิดการ บูรณาการทางคณิตศาสตร์ แล้วขยายการพัฒนาการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไปสู่ศาสตร์ต่างๆ และนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง และเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน

### 3.5 ประโยชน์ของการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยง

เบิร์คฮาร์ด (Burkhardt. 2001: Online) กล่าวถึงประโยชน์ของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ให้นำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้มากขึ้น
2. ทำให้ไม่มีช่องว่างในการเรียนรู้
3. ทำให้หลักสูตรเกิดความสมดุล
4. สนับสนุนความเสมอภาค

เมอลิโน; โอเวนส์; และ เวนท์ูรา (Merlino. 2000: Online; Owens. 2001: Online; & Ventura. 2001: Online) กล่าวถึงประโยชน์ของการเชื่อมโยงในเนื้อหาคณิตศาสตร์ว่าทำให้นักเรียนมองคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าสนใจ ดุจมีชีวิตชีวามากขึ้น และตระหนักว่าคณิตศาสตร์มีอยู่ในชีวิตจริงและมีอยู่รอบตัวเรา

แม็ค (Mack. 2004: 226–232) กล่าวถึงการเชื่อมโยงในการพัฒนาความคล่องแคล่วในการคำนวณด้วยเศษส่วน โดยให้นักเรียนเกรด 5–8 ดำเนินการด้วยขนาดของหน่วยที่เหมือนกัน ขณะที่สนับสนุนให้นักเรียนมองสิ่งที่เหมือนกัน นักเรียนสำรวจการบวกและการลบเศษส่วน วิธีการนี้อาจจะช่วยให้นักเรียนมองเห็นการบวกและการลบของเศษส่วนในวิธีเปลี่ยนหน่วยให้เป็นแบบเดียวกัน จึงเป็นการสนับสนุนนักเรียนให้เกิดการพัฒนาความคล่องแคล่วในการคำนวณด้วยเศษส่วน

กรมวิชาการ (2545: 203) กล่าวถึงประโยชน์ของทักษะการเชื่อมโยงดังนี้ มีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในวิชาชีพบางอย่างโดยตรง เช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหาร งานเกษตร งานออกแบบสร้างหีบห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน เช่น การซื้อขาย การชั่ง ตวง วัด

จากการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่า เป็นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระภายในวิชาคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ซึ่งครูผู้สอนควรจะทำให้ผู้เรียนเห็นถึงสิ่งที่พบ และให้ทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยง

### 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ งานวิจัยต่างประเทศ

ลอร์สัน และชินแนพเพน (Lawson; & Chinnappan. 2000: 26–43) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานแก้ปัญหากับการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน และศึกษาต่อไปถึงตัวชี้วัดความสามารถด้านเนื้อหา และการเชื่อมโยงความรู้ในการแก้ปัญหาทางเรขาคณิต ระหว่างนักเรียน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกับกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ขึ้นเองได้มากกว่าและสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ครูจัดตามแผนการสอนมาสัมพันธ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่ และตัวชี้วัดความสามารถในการเชื่อมโยงมีผลต่อความสำเร็จในการแก้ปัญหาสูงกว่าตัวชี้วัดความสามารถด้านเนื้อหา จุดมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้ข้อมูลกับครูในการหาวิธีการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ที่มีคุณภาพได้

ไคลล์ และคนอื่นๆ (Kyle; McIntrye; & Moore. 2001: 80–86) ได้พัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยใช้วิธีเข้าไปเยี่ยมครอบครัวของนักเรียน ใช้การพูดคุยแบบไม่เป็นทางการและการสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้าง หลังจากนั้นจึงรวบรวมข้อมูลและจัดรูปแบบของสิ่งที่นักเรียนสนใจและทักษะการปฏิบัติของแต่ละครอบครัว ซึ่งบางอย่างเกี่ยวกับขั้นตอนการทำเกษตรการเลี้ยงสัตว์ การฝีมือ การดูทีวี และการทำอาหาร หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลนั้นมาพัฒนาเป็นปัญหาที่มีความหลากหลาย และมีขั้นตอนในการแก้ปัญหาหลายขั้นตอน แล้วนำมาให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ผู้ปกครองของนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น จากที่เคยคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องยาก และช่วยให้ครูผู้สอนสามารถนำความรู้ที่บ้านของนักเรียนมาช่วยส่งเสริมการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น นอกจากนั้นแล้วไคลล์และคณะยังเชื่อว่าการให้นักเรียนได้ทำงานที่มีความหมาย การให้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการส่งเสริมความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน และนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมอย่างสุดความสามารถถ้าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้นได้เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขาความรู้และทักษะที่ครอบครัวเขาสนใจ

แพนดิสซิโอ (Pandiscio. 2002: 216–221) ได้สำรวจการโยงมิติการพิสูจน์กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรขาคณิตของนักศึกษาฝึกสอน โดยให้นักศึกษาฝึกสอน 4 คน (ชาย 2 คน หญิง 2 คน) แก้ปัญหาเรขาคณิตที่ไม่คุ้นเคยโดยใช้พื้นฐานมโนทัศน์ของยูคลิดจำนวน 2 ข้อ ให้สร้างการพิสูจน์ตามรูปแบบที่ให้ผลออกมาเป็นรูปแบบกรณีทั่วไป และให้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิตผลปรากฏว่านักศึกษาฝึกสอนทั้ง 4 คน ยอมรับว่าแม้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิตจะไม่ได้ช่วยพิสูจน์ แต่ก็เหมือนเครื่องมือช่วยสร้างความรู้สึก (Sense) ให้เกิดความเข้าใจความสัมพันธ์ในปัญหาหรือทฤษฎีบท เพื่อนำไปใช้ในการพิสูจน์

นิโคล และเครสโป (Nicol; & Crespo. 2005: 240–251) ได้ศึกษาการค้นหาคณิตศาสตร์จากสถานที่ทางจินตนาการ โดยการทบทวนหาแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้

ทางคณิตศาสตร์ การศึกษาดังกล่าวมีความมุ่งหมายที่จะแลกเปลี่ยนความคิด เพื่อที่จะหาหนทางในการทำให้คณิตศาสตร์มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนไม่เพียงแต่เข้าใจในเรื่องทักษะวิธีการ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เท่านั้น ยังเป็นการทำให้นักเรียนมีความเฉลียวฉลาดในการคิดมากยิ่งขึ้น มีการใช้คณิตศาสตร์มาประยุกต์กับชีวิตประจำวัน และมีความเห็นเรื่องการเรียนคณิตศาสตร์ภายในโรงเรียนที่ต้องเชื่อมโยงกับงานต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันตามความหลากหลายของอาชีพ เช่น ช่างไม้ ชาวประมง คำขาย ซึ่งแต่ละอาชีพสามารถนำความรู้มาใช้ในการคำนวณและแก้ไขปัญหาในชีวิต งานชิ้นนี้ได้อ้างอิงถึงสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อนักเรียนนำเอาหลักการทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ในชีวิตจริง ผลการศึกษาเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าแบบทดสอบทางจินตนาการเป็นตัวเสนอถึงโอกาสในการใช้สติปัญญาและอารมณ์ ความรู้สึกที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งจากการเรียนคณิตศาสตร์ นี่คือรูปแบบของการรวมกลุ่มกันที่จะให้คุณค่ากับการศึกษาทางคณิตศาสตร์ การทำให้คณิตศาสตร์เป็นที่น่าสนใจต่อนักเรียนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อนักเรียน การศึกษาทำให้มีการสำรวจคำถามว่าอะไรที่ทำให้คณิตศาสตร์มีความหมายต่อนักเรียน และหาแนวทางที่ทำให้มีการพัฒนาต่อไปและทำให้อยู่ในรูปแบบที่สละสลวยที่จะช่วยให้การสอนเข้าถึงความท้าทายและคุณภาพของการทำงานร่วมกันของนักเรียนด้วยความแตกต่างของชนิดของบทเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้เห็นถึงความตั้งใจของรูปแบบของการรวมตัวในการศึกษาทางสติปัญญาและอารมณ์

เกนส์เบิร์ก (Gainsburg, 2007: online) กล่าวว่า คณิตศาสตร์ศึกษาจะเน้นความสำคัญเกี่ยวกับการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวันในการเรียนการสอน สิ่งตีพิมพ์ที่มีอยู่บ่งบอกถึงสภาพความเป็นจริงในห้องเรียนว่ามีการฝึกฝนเกี่ยวกับการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวันไม่บ่อยครั้งนัก และทำอย่างเร่งรีบ แต่ในการเรียนสองถึงสามครั้งจะมีการเน้นเฉพาะเพื่อสอบ ฉะนั้นทำอย่างไรที่ครูจะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสำรวจครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมจำนวน 62 คน ในเรื่องความเข้าใจ และการประยุกต์ใช้การเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน จุดมุ่งหมายของงานวิจัยคือการสร้างการเชื่อมโยงในการสอน และปัจจัยที่สนับสนุนและผลักดันให้มีการฝึกฝนการเชื่อมโยง ผู้วิจัยสังเกตครู 5 คน ในการใช้การเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันภายในห้องเรียนและติดตามผลโดยการสัมภาษณ์ครู ผลการวิจัยพบว่า การสร้างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันเป็นสิ่งสำคัญซึ่งเป็นที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น และสนับสนุนสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวกับจะทำอย่างไรในการช่วยเหลือนักเรียนที่มีลักษณะแตกต่างกันในการเรียนคณิตศาสตร์

### งานวิจัยในประเทศ

สมบัติ แสงทองคำสุก (2545: 68) ได้พัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชัน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนแบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงดังกล่าว หลังได้รับการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เทอดเกียรติ วงศ์สมบูรณ์ (2547: 51) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยง เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ดังกล่าวมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงสามารถสอบผ่านเกณฑ์ที่มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .01

นงลักษณ์ แก้วมาลา (2547: 75) ได้สร้างชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงเรื่อง การแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภายหลังจากได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่องการแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศศิธร แก้วรักษา (2547: 59) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบชิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่องสถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบชิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบชิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันเรื่องสถิติเบื้องต้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E1/E2) 80/80 โดยมีประสิทธิภาพ 82.11/83.59 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบชิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันเรื่องสถิติเบื้องต้น สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รัชดา ยাত্রา (2549: 66) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการปฏิบัติกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงสูงกว่าก่อนเข้าร่วมกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการปฏิบัติกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ลิลลา ดลภาค (2549: 86) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการ ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พร้อม

ทั้งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนการสอนเรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงสามารถสอบผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุรางคณา ยาหยี (2549: 78) ได้พัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่องทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ช่วงชั้นที่ 4 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงชั้นที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงเรื่องทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ช่วงชั้นที่ 4 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่า 96.88/97.36 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงชั้นที่ 4 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยชุดการเรียนแบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่องทฤษฎีกราฟเบื้องต้นสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงชั้นที่ 4 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยชุดการเรียนแบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงชั้นที่ 4 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 65 ขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 5) ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ช่วงชั้นที่ 4 ภายหลังจากได้รับการสอนโดยชุดการเรียนคณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 ขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บงกชรัตน์ สมานสินธุ์ (2551: 76-77) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบอริยสัจ 4 และเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากระบบการจัดการเรียนการสอนแบบอริยสัจ 4 สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากระบบการจัดการเรียนการสอนแบบอริยสัจ 4 ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 60 ขึ้นไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วาสนา กิมเท็ง (2553: 115-116) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และความใฝ่รู้ใฝ่เรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และเปรียบเทียบ

ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ ผลการวิจัยพบว่าทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วรรณศิริ หลงรัก (2553: 119) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท เรื่อง สถิติ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท เรื่อง สถิติ กับเกณฑ์ ผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ย 83.33/80.31 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบทสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบทผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบทผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบทผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยทั้งต่างประเทศและในประเทศสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง ทั้งการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นและการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น เป็นการเรียนรู้ที่มีคุณค่า มีความหมายต่อผู้เรียน และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตได้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 3 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 105 คน

##### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 34 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit)

##### ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ใช้เวลาในการทดลองสอน 18 คาบ คาบละ 50 นาที โดยแบ่งเป็นการทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ การทดสอบหลังเรียน 2 คาบ และจัดกิจกรรมการเรียนการสอน 14 คาบ

##### เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก เรื่อง การวัด ซึ่งประกอบด้วย

- |                        |       |
|------------------------|-------|
| 1. ความเป็นมาของการวัด | 1 คาบ |
| 2. การวัดความยาว       | 3 คาบ |



3. การวัดพื้นที่	4 คาบ
4. การวัดปริมาตรและน้ำหนัก	4 คาบ
5. การวัดเวลา	2 คาบ
รวม	14 คาบ

## การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง “การวัด” ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

1. ขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องการวัด โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1.2 ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3)

1.3 ศึกษาคู่มือการสอนคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

1.4 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนบ้านปล่องเหลียม สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดสมุทรสาคร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.5 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบ 4MAT

1.6 วิเคราะห์ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการวัด เพื่อกำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้

1.7 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การวัด ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้ 5 แผน คือ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความเป็นมาของการวัด	1 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การวัดความยาว	3 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การวัดพื้นที่	4 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การวัดปริมาตรและน้ำหนัก	4 คาบ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การวัดเวลา	2 คาบ
รวม	14 คาบ

## ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วย

1. สาระ
2. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด
3. สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้
  - 4.1 ด้านความรู้
  - 4.2 ด้านทักษะ / กระบวนการ
  - 4.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์
5. สาระการเรียนรู้
6. กิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้
  - 6.1 ขั้นสร้างคุณค่าและประสบการณ์ (สมองซีกขวา)
  - 6.2 ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ (สมองซีกซ้าย)
  - 6.3 ขั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด (สมองซีกขวา)
  - 6.4 ขั้นพัฒนาความคิดรวบยอด (สมองซีกซ้าย)
  - 6.5 ขั้นลงมือปฏิบัติจากกรอบความคิดที่กำหนด (สมองซีกซ้าย)
  - 6.6 ขั้นสร้างชิ้นงานเพื่อสะท้อนความเป็นตนเอง (สมองซีกขวา)
  - 6.7 ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและการประยุกต์ใช้ (สมองซีกซ้าย)
  - 6.8 ขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้กับผู้อื่น (สมองซีกขวา)
7. ชิ้นงาน / ภาระงาน
8. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้
9. การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ประกอบด้วย
  - 9.1 พฤติกรรม
  - 9.2 วิธีการ
  - 9.3 เครื่องมือ
  - 9.4 เกณฑ์การประเมิน
10. บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
  - 10.1 ผลการสอน
  - 10.2 ปัญหาและอุปสรรค
  - 10.3 ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด ที่ผู้วิจัยสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความชัดเจน และความถูกต้องของมาตรฐานการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ตลอดจนภาษาที่

ถูกต้อง และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขในเรื่องแก้ไขคำผิดและสัญลักษณ์ต่าง ๆ การยกตัวอย่างที่หลากหลาย การใช้สื่อในการสอน ความเหมาะสมของเนื้อหากับเวลาที่ใช้ในการสอน

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความชัดเจนและความถูกต้องของมาตรฐานการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และความสอดคล้องระหว่างตัวชี้วัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ตลอดจนภาษาที่ถูกต้อง แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข โดยปรับปรุงเรื่องการใช้ภาษาในการเขียนแผน

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปเสนอประธานกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยอีกครั้ง

1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องซึ่งเป็นแผนจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

## 2. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู แบบเรียน และวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จากเอกสารและตำราเกี่ยวกับเทคนิคการสร้าง และวิเคราะห์ข้อสอบของชวาล แพร์ตกุล (2520: 1 – 407)

2. สร้างตารางวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยผู้วิจัยจะวิเคราะห์ร่วมกับอาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 3 คน

3. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 3 คน ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและความครอบคลุมของคำถามและความเหมาะสม หลังจากนั้นนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อประธานกรรมการตรวจพิจารณาอีกครั้ง แล้วนำข้อสอบไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม (IOC) คัดเลือกข้อที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC)  $\geq 0.50$  ขึ้นไป ซึ่งได้ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 จำนวน 40 ข้อ

5. นำแบบทดสอบที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งได้ผ่านการเรียน เรื่อง การวัด มาแล้ว จำนวน 100 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

6. ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบที่นักเรียนทำ โดยให้ 1 คะแนน สำหรับข้อสอบที่ตอบถูกและให้ 0 คะแนน สำหรับข้อสอบที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 ตัวเลือก
7. นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ เพื่อหาค่าความยาก ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) โดยใช้เทคนิค 27% ของ จุง เทห์ ฟาน คัดเลือกข้อที่มีความยาก ( $p$ ) ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) 0.20 ขึ้นไป
8. เลือกข้อสอบที่มีค่าความยากระหว่าง ระหว่าง 0.32 – 0.74 และค่าอำนาจจำแนก 0.24 – 0.78 จำนวน 20 ข้อ โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร
9. นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไปทดลองกับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR– 20 (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2540: 183 -184) ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง
10. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**
- ข้อ (0) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ารูปหนึ่ง มีเส้นรอบรูปยาว 18 เซนติเมตร ถ้าด้านยาวยาวกว่าด้านกว้าง 4 เซนติเมตร รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้านี้มีพื้นที่เท่าไร
- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| ก. 13.75 ตารางเซนติเมตร | ข. 16.25 ตารางเซนติเมตร |
| ค. 18.25 ตารางเซนติเมตร | ง. 22.75 ตารางเซนติเมตร |
- ข้อ (00) นาแปลงหนึ่งมีเนื้อที่ 2 ไร่ 2 งาน 50 ตารางวา ต้องการใส่ปุ๋ย 40 กรัม ต่อเนื้อที่ 1 ตารางเมตร ถ้าใส่ปุ๋ย ในนาทั้งหมดจะต้องใช้ปุ๋ยกี่กิโลกรัม
- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| ก. 132 กิโลกรัม | ข. 148 กิโลกรัม |
| ค. 156 กิโลกรัม | ง. 168 กิโลกรัม |

#### เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ส่วนข้อที่ตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน

### 3. ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นแบบอัตนัย มีจำนวน 6 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2. ศึกษาเนื้อหาและตัวชี้วัดจากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หนังสือคู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์ (สสท.) เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

3. กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ๆ ละ 2 ข้อ คือ ตอนที่ 1 วัดทักษะการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 วัดทักษะการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และตอนที่ 3 วัดทักษะการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน

4. สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ตอนละ 4 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 12 ข้อและเกณฑ์การให้คะแนน

#### เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

คะแนน	ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
4	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/ศาสตร์อื่น/ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา เพื่ออธิบายข้อสรุปได้อย่างชัดเจนและนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง
3	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่น/ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา เพื่ออธิบายข้อสรุปได้แต่คำตอบไม่ถูกต้อง
2	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่น/ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาได้บางส่วน และอธิบายข้อสรุปไม่ถูกต้อง
1	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ / สาระอื่น/ชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหายังไม่เหมาะสม แต่มีความพยายามในการเขียนอธิบาย
0	ไม่มีการเชื่อมโยง/ไม่มีร่องรอยในการหาคำตอบ

ที่มา: ปรับปรุงจากกรมวิชาการ. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544: 121-

## ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ข้อที่ (0) ยุ่งข้าวทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก กว้าง 2 วา ยาว 2.5 วา และสูง 1.5 วา จะจุข้าวได้กี่เกวียน

ตาราง 3 แนวทางการให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

แนวคำตอบ	คะแนน	ผลที่ปรากฏให้เห็น
<p>ปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง x ยาว x สูง            ปริมาตรยุ่งข้าวเท่ากับ = <math>2 \times 2.5 \times 1.5</math> ลูกบาศก์วา  <math>1</math> ลูกบาศก์วา = <math>8</math> ลูกบาศก์วา  <math>7.5</math> ลูกบาศก์วา = <math>7.5 \times 8 = 60</math> ลูกบาศก์เมตร  <math>1</math> ลูกบาศก์เมตร = <math>1,000,000</math> ลูกบาศก์เซนติเมตร  <math>60</math> ลูกบาศก์เมตร = <math>60 \times 1,000,000</math> ลูกบาศก์เซนติเมตร  <math>1,000</math> ลูกบาศก์เซนติเมตร = <math>1</math> ลิตร  <math>60 \times 1,000,000</math> ลูกบาศก์เซนติเมตร = <math>\frac{60 \times 1,000,000}{1,000}</math> ลิตร  <math>= 60,000</math> ลิตร  <math>20</math> ลิตร = <math>1</math> ถัง  <math>60,000</math> ลิตร = <math>\frac{60,000}{20} = 3,000</math> ถัง  <math>100</math> ถัง = <math>1</math> เกวียน  <math>3,000</math> ถัง = <math>\frac{3,000}{100} = 30</math> เกวียน            ดังนั้น ยุ่งข้าวจะจุข้าวได้ <math>30</math> เกวียน</p>	4	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่ออธิบายข้อสรุปได้อย่างชัดเจนและนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง
<p>ปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง x ยาว x สูง            ปริมาตรยุ่งข้าวเท่ากับ = <math>2 \times 2.5 \times 1.5</math> ลูกบาศก์วา  <math>1</math> ลูกบาศก์วา = <math>8</math> ลูกบาศก์วา  <math>7.5</math> ลูกบาศก์วา = <math>7.5 \times 8 = 60</math> ลูกบาศก์เมตร  <math>1</math> ลูกบาศก์เมตร = <math>1,000,000</math> ลูกบาศก์เซนติเมตร  <math>60</math> ลูกบาศก์เมตร = <math>60 \times 1,000,000</math> ลูกบาศก์เซนติเมตร  <math>1,000</math> ลูกบาศก์เซนติเมตร = <math>1</math> ลิตร  <math>60 \times 1,000,000</math> ลูกบาศก์เซนติเมตร = <math>\frac{60 \times 1,000,000}{1,000}</math> ลิตร  <math>= 60,000</math> ลิตร  <math>20</math> ลิตร = <math>1</math> ถัง</p>	3	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่ออธิบายข้อสรุปได้แต่คำตอบไม่ถูกต้อง

ตาราง 3 (ต่อ)

แนวคำตอบ	คะแนน	ผลที่ปรากฏให้เห็น
$60,000 \text{ ลิตร} = \frac{60,000}{20} = 3,000 \text{ ถัง}$ $100 \text{ ถัง} = 1 \text{ เกวียน}$ $3,000 \text{ ถัง} = \frac{3,000}{100} = 3 \text{ เกวียน}$ ดังนั้น ยุงข้าวจะจุข้าวได้ 3 เกวียน		
ปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง x ยาว x สูง ปริมาตรยุงข้าวเท่ากับ = $2 \times 2.5 \times 1.5$ ลูกบาศก์วา $1 \text{ ลูกบาศก์วา} = 8 \text{ ลูกบาศก์วา}$ $7.5 \text{ ลูกบาศก์วา} = 7.5 \times 8 = 60 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$ $1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} = 1,000,000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$ $60 \text{ ลูกบาศก์เมตร} = 60 \times 1,000,000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$ $1,000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} = 1 \text{ ลิตร}$ $60 \times 1,000,000 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} = \frac{60 \times 1,000,000}{1,000} \text{ ลิตร}$ $= 60,000 \text{ ลิตร}$	2	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้บางส่วน แต่อธิบายข้อสรุปไม่ถูกต้อง
ปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง x ยาว x สูง ปริมาตรยุงข้าวเท่ากับ = $2 \times 2.5 \times 1.5$ ลูกบาศก์วา $1 \text{ ลูกบาศก์วา} = 8 \text{ ลูกบาศก์วา}$ $7.5 \text{ ลูกบาศก์วา} = 7.5 \times 8 = 60 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$	1	มีการนำความรู้และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหายังไม่เหมาะสม แต่มีความพยายามในการเขียนอธิบาย
ปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก = กว้าง x ยาว x สูง ปริมาตรยุงข้าวเท่ากับ = $2 \times 2.5 \times 1.5$ ลูกบาศก์วา	0	ไม่มีการเชื่อมโยง

5. นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์ในการให้คะแนนที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบ แล้วนำมาคำนวณหาค่า IOC และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ซึ่งได้ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 จำนวน 12 ข้อ

6. แก้ไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 12 ข้อ ตามข้อเสนอแนะ จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาควบคุมปริญญาโทตรวจสอบอีกครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อย

7. นำแบบทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดสมุทรสาคร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ที่เรียนเรื่อง การวัด มาแล้ว จำนวน 100 คน เพื่อหาค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ และตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์

8. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์เป็นรายข้อโดยพิจารณาจากดัชนีค่าความยากง่าย (Pe) และดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) พร้อมกับคัดเลือก โดยใช้วิธีของวิทนีและซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) เฉพาะข้อที่มีค่าความยากง่าย (Pe) ตามเกณฑ์ ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยคัดเลือกตามเกณฑ์ 6 ข้อ มีค่าความยากง่าย (Pe) ตั้งแต่ 0.32 - 0.74 และมีค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.35 - 0.73

9. นำแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้วจำนวน 6 ข้อ หาค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยมีผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยอีก 1 คน ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบตามเกณฑ์ จากนั้นนำคะแนนของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน โดยได้ค่าความเชื่อมั่นของการให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 0.99 แสดงว่าการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดมีความเชื่อถือได้

10. นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกแล้วจำนวน 6 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัย โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543 : 218) แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัยเท่ากับ 0.88 แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

11. นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดสมุทรสาคร ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 ห้องเรียน

## วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยเป็นการวิจัยแบบ One – Group Pretest – Posttest Design (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2536: 150)



ตาราง 4 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	Pretest	Treatment	Posttest
E	T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลอง
X	แทน	การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
T <sub>1</sub>	แทน	การสอบก่อนการจัดกระทำทดลอง
T <sub>2</sub>	แทน	การสอบหลังการจัดกระทำทดลอง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขอความร่วมมือกับโรงเรียนบ้านปล่องเหล็กม สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 1 ห้อง เป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ และผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเองโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด
2. ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบถึงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติตนได้ถูกต้อง
3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ไปทำการทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง แล้วบันทึกคะแนนที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ เป็นคะแนนก่อนเรียน(Pretest)
4. ดำเนินการทดลอง โดยใช้การจัดการกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง
5. ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นชุดเดียวกับชุดแรก แล้วบันทึกผลคะแนนหลังเรียน
6. ตรวจสอบให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้วิธีทางสถิติต่อไป

## การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด โดยใช้สถิติ t – test for Dependent Samples

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60) โดยใช้สถิติ t – test one group

3. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด โดยใช้สถิติ t – test for Dependent Samples

4. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60) โดยใช้สถิติ t – test one group

### สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

#### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 79)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$N$  แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 79)

$$s = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ $S$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
$\sum X^2$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
$N$	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

## 2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248-249)

สูตร IOC	=	$\frac{\sum R}{N}$
เมื่อ IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
$N$	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จากโปรแกรมสำเร็จรูป EVANA โดยคำนวณจากสูตร KR - 20 คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2540: 183 -184) ดังนี้

สูตร $r_{tt}$	=	$\frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right]$
เมื่อ $r_{tt}$	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
$n$	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
$p$	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ทำได้ในข้อหนึ่ง ๆ หรือจำนวนคนที่ทำถูกทั้งหมด
$q$	แทน	สัดส่วนผู้ที่ไม่ได้ในข้อหนึ่ง คือ $1 - p$
$S_t^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือฉบับนี้

2.3 หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EVANA โดยใช้เทคนิค 27 เปอร์เซ็นต์ จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบของ จุง เตห์ ฟาน

2.4 หาค่าความยาก ( $P_E$ ) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นรายข้อ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B-Index & Non 0-1 method ตามสูตรของ วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) (ลัวัน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 199-201) ดังนี้

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

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

2.5 หาค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นรายข้อ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B-Index & Non 0-1 method ตามสูตรของ วิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) (ลัวัน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 199-201) ดังนี้

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

เมื่อ D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
$S_U$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
$S_L$	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

2.6 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบัค (Cronbach) (ลิ้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 218) จากโปรแกรมสำเร็จรูป B-Index & Non 0-1 method

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

เมื่อ $\alpha$	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
$n$	แทน	จำนวนข้อสอบ
$S_i^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
$S^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนของข้อสอบทั้งฉบับ

โดยที่ 
$$S_i^2 = \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ $S_i^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
$\sum X_i$	แทน	ผลทั้งหมดของคะแนนในข้อที่ i
$\sum X_i^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังในข้อที่ i
$N$	แทน	จำนวนคนเข้าสอบ

### 3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test for Dependent Samples เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด จากสูตร (Ferguson. 1971: 154)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \quad ; \quad df = n - 1$$

เมื่อ $t$	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t – distribution
$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังและก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
$(\sum D)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังในข้อที่ i
$n$	แทน	จำนวนนักเรียน

3.2 ใช้วิธีการทางสถิติแบบ t – test one group เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ร้อยละ 60 จากสูตร (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 133 - 134)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}; df = n - 1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t – distribution

$\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$\mu_0$  แทน ค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นเกณฑ์

s แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผลจากการทดลอง และการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
K	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
s	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
$\mu_0$	แทน	ค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นเกณฑ์ (ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม)
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t – Distribution
**	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความหมายผลของการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอตามลำดับขั้นของสมมติฐาน ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample
3. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples
4. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 60 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

## ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบ One-Group Pretest - Posttest Design ข้อมูลที่ได้สามารถแสดงค่าสถิติ โดยจำแนกตามตัวแปรที่ศึกษา ได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples ผลปรากฏดังตาราง 5

ตาราง 5 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด

กลุ่มตัวอย่าง	n	K	$\bar{X}$	s	t
ก่อนการทดลอง	34	20	6.76	1.56	31.36**
หลังการทดลอง	34	20	15.79	1.84	

\*\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $t_{(.01, 33)} = 2.445$ )

จากตาราง 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60) โดยใช้สถิติ t-test for One Sample ผลปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)

กลุ่มตัวอย่าง	n	K	$\bar{X}$	s	$\mu_0(60\%)$	t
หลังการทดลอง	34	20	15.79	1.84	12	11.84**

\*\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $t_{(.01, 33)} = 2.445$ )

จากตาราง 6 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 15.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.95



3. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples ผลปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด

กลุ่มตัวอย่าง	n	K	$\bar{X}$	s	t
ก่อนการทดลอง	34	20	4.09	2.49	25.08**
หลังการทดลอง	34	20	15.44	2.21	

\*\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $t_{(.01, 33)} = 2.445$ )

จากตาราง 7 พบว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60) โดยใช้สถิติ t-test for One Sample ผลปรากฏดังตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)

กลุ่มตัวอย่าง	n	K	$\bar{X}$	s	$\mu_0(60\%)$	t
หลังการทดลอง	34	20	15.44	2.21	12	9.06**

\*\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $t_{(.01, 33)} = 2.445$ )

จากตาราง 8 พบว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 15.44 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.20

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบ 4MAT
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียน การสอนแบบ 4MAT กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของ นักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียน การสอนแบบ 4MAT กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60)

#### สมมุติฐานในการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอน แบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอน แบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT
4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียน ที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่ง ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) จากการจับฉลากมา 1 ห้องเรียนจากห้องเรียนทั้งหมด 3 ห้องเรียน ซึ่งทาง

โรงเรียนได้จัดผู้เรียนของแต่ละห้องแบบละความสามารถ ได้กลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 34 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง “การวัด” ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขอความร่วมมือโรงเรียนบ้านปล่องเหลียม อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยตนเองด้วยการจัดการเรียนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 14 พฤษภาคม 2556 – 13 มิถุนายน 2556
2. ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบถึงการจัดการเรียนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้เข้าใจตรงกันและปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้อง
3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นจำนวน 20 ข้อ แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นจำนวน 6 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านปล่องเหลียม ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง แล้วบันทึกคะแนนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ เป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้เวลาในการดำเนินการทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ วัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ รวม 100 นาที
4. ดำเนินการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด โดยใช้เวลาการสอน 16 คาบ คาบละ 50 นาที
5. เมื่อดำเนินการจัดการเรียนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด ครบแล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นจำนวน 20 ข้อ แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นจำนวน 6 ข้อ อีกครั้ง และบันทึกผลการทดลองให้เป็นคะแนนหลังเรียน (Posttest) โดยใช้เวลาในการดำเนินการทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ วัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ รวม 100 นาที
6. ตรวจสอบให้คะแนน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample
3. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples
4. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

### สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 15.79 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.95
3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
4. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 15.44 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.20

### อภิปรายผล

จากการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1.1 การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นความแตกต่างระหว่างผู้เรียนเป็นสำคัญโดยคำนึงถึงผู้เรียน 4 แบบ ที่มีความสามารถในการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป ผู้เรียนแต่ละแบบจะสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างทางสมอง และระบบการทำงานของสมองทั้งสองซีก การจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นที่จะต้องให้ความเท่าเทียมกันกับผู้เรียนทั้ง 4 แบบ เพื่อให้สามารถพัฒนาสมองสองซีกซ้ายและขวาไปพร้อมกันอย่างสมดุล ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามความถนัดและความสามารถของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ มอร์ริสและแมคคาร์ธี (Morris; & McCarthy.1990: 194 – 195) กล่าวว่าผู้เรียนมี 4 แบบ ซึ่งมีรูปแบบการเรียนรู้ และการรับรู้ที่ต่างกัน การจัดรูปแบบการเรียนการสอนจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างลึกซึ้ง โดยแบ่งรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเป็น 4 ส่วน ส่วนที่ 1 ตรงกับผู้เรียนแบบที่ 1 ผู้เรียนมีการเรียนรู้โดยใช้จินตนาการ (Imaginative Learners) เป็นพวกที่ชอบถามเหตุผลว่า “ทำไม” หรือ Why? จะเรียนได้ดีโดยการฟัง จะรับข้อมูลแล้วสะท้อนความคิดเห็นโดยหาความหมายที่ชัดเจน แล้วบูรณาการให้เข้ากับแนวคิดของตนเองเพื่อนำข้อมูลไปใช้เป็นส่วนตัวสามารถจัดการกับปัญหาได้ด้วยตนเอง และระดมความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่นได้ เป็นช่วงที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์และกระบวนการเฝ้าสังเกตอย่างไตร่ตรอง ผู้สอนควรกระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนคิด โดยใช้คำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกต การออกไปปฏิบัติสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจริงของสิ่งที่เรียน ให้ผู้เรียนวิเคราะห์หาเหตุผล ฝึกทำกิจกรรมกลุ่มอย่างหลากหลาย เช่น ฝึกเขียนแผนผังมโนคติ (Concept mapping) ช่วยกันระดมสมอง อภิปรายร่วมกัน ส่วนที่ 2 ตรงกับผู้เรียนแบบที่ 2 ผู้เรียนที่มีการเรียนรู้โดยใช้การวิเคราะห์ (Analytic Learners) และการเก็บรายละเอียดเป็นหลัก เป็นพวกที่ชอบถามว่าข้อเท็จจริงคือ “อะไร” หรือ What? จะแสวงหารายละเอียดและคิดเป็นขั้นตอน จะรับรู้ในลักษณะรูปธรรมและสะท้อนความคิดเห็นออกมา เก่งในการเรียนแบบเดิม การตรวจสอบข้อเท็จจริง และนำเสนอข้อเท็จจริงต่างๆ มาประกอบเป็นทฤษฎีจัดการกับปัญหาด้วยเหตุผลหลักเกณฑ์ และการดำเนินการเป็นขั้นตอนเพื่อนำสู่ข้อเท็จจริง เป็นช่วงที่ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการสังเกตอย่างไตร่ตรองไปสู่การสร้างความคิดรวบยอด ผู้สอนควรเน้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์อย่างไตร่ตรอง นำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงกับข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้า โดยจัดระบบการวิเคราะห์ เปรียบเทียบการจัดลำดับความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียน ผู้สอนควรให้ทฤษฎีหลักการที่ลึกซึ้ง โดยเฉพาะรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจ และพัฒนาความคิดรวบยอดของตนเองในเรื่องที่เรียน กิจกรรมควรเป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนค้นคว้าจากใบความรู้ แหล่งวิทยาการท้องถิ่นการสาธิต การทดลองการใช้ห้องสมุด วิดิทัศน์ สื่อประสมต่าง ๆ ส่วนที่ 3 ตรงกับผู้เรียนแบบที่ 3 ผู้เรียนมีการเรียนรู้ด้วยประสาทสัมผัสและสามัญสำนึก (Commonsense

Learners) เป็นพวกที่ชอบถามว่า “อย่างไร” หรือ How? ชอบการลงมือปฏิบัติ จะรับรู้ข้อมูลที่เป็นนามธรรม และประมวลความรู้จากการทดลองการกระทำจริง ชอบทดลองทำสิ่งต่างๆ ต้องการรู้วิธีการทำงานของสิ่งต่างๆ ชอบวางแผนและกำหนดเวลา จัดการกับปัญหาด้วยการลงมือทำ เป็นช่วงที่ผู้เรียนจะสร้างความคิดรวบยอด (มโนคติ) ไปสู่การลงมือปฏิบัติกิจกรรม การทดลอง ตามความคิดของตนเองและสร้างชิ้นงานที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว ผู้สอนควรให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองจากใบงานการทดลอง ทำแบบฝึกหัด การสรุปผลการปฏิบัติกิจกรรมสรุปผลการทดลองที่ถูกต้องชัดเจน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามข้อสงสัยก่อนปฏิบัติกิจกรรมฝึกเลือกใช้อุปกรณ์บันทึกผลการทดลอง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถของตนเองตามความถนัด ความสนใจ เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานตามจินตนาการของตนเองที่แสดงถึงความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียนให้เห็นเป็นรูปธรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยเลือกวิธีการนำเสนอผลงานในลักษณะเฉพาะตัว ชิ้นงานที่สร้างอาจเป็นภาพวาด นิทานสมมุติรวบรวมสิ่งที่เรียน สิ่งประดิษฐ์ แผ่นพับ เป็นต้น และส่วนที่ 4 ตรงกับผู้เรียนแบบที่ 4 ผู้เรียนมีการเรียนรู้แบบพลวัตและการค้นพบด้วยตนเอง (Dynamic Learners) เป็นพวกที่ชอบตั้งเงื่อนไข “ถ้าอย่างนั้น” หรือ If ? จะรับรู้ผ่านสิ่งที่เป็นรูปธรรม เรียนด้วยการลองผิดลองถูก จะปรับตัวหรือเปลี่ยนแปลงได้ง่าย มีความคิดใหม่ๆ มีความสามารถมองทิศทางใหม่ๆ จัดการกับปัญหาด้วยสัญชาตญาณ เป็นช่วงที่ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานของตนเองโดยสอดแทรกการอภิปรายถึงปัญหา อุปสรรคในการปฏิบัติกิจกรรม วิธีการแก้ไขปัญหา เพื่อปรับปรุงชิ้นงานจนสำเร็จและเป็นประโยชน์ต่อตนเอง ซึ่งสามารถบูรณาการการประยุกต์ใช้เชื่อมโยงกับชีวิตจริง/อนาคต ควรให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ชิ้นงานของตนเองโดยอธิบายขั้นตอนการทำงาน ปัญหาอุปสรรคในการทำงานและวิธีการแก้ไข โดยบูรณาการการประยุกต์ใช้เพื่อเชื่อมโยงกับชีวิตจริง/อนาคต ซึ่งอาจจะวิเคราะห์ชิ้นงานในกลุ่มย่อยหรือกลุ่มใหญ่ก็ได้ตามความเหมาะสมเป็นขั้นสุดท้ายซึ่งผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้นำผลงานของตนเองมานำเสนอหรือจัดแสดงในรูปแบบต่างๆ เช่น การจัดนิทรรศการ ป้ายนิเทศ เพื่อให้เพื่อน ๆ ได้ชื่นชมซึ่งถือเป็นการแบ่งปันโอกาสทางด้านความรู้และประสบการณ์ให้ผู้อื่นได้ซาบซึ้ง ในขั้นนี้ผู้เรียนควรรับฟังการวิพากษ์วิจารณ์อย่างสร้างสรรค์ ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ดังนั้นหลังจากนักเรียนได้ผ่านขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทั้ง 4 ส่วนแล้ว ทำให้ผู้เรียนมีลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไปตามศักยภาพของตนเอง ทำให้บรรยากาศแห่งการเรียนรู้สนุกสนานเต็มตามศักยภาพและเกิดทัศนคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ ปริญญา สองสีดา (2550: 23) กล่าวถึง ประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้สอนและเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน อีกทั้งการจัดกิจกรรมยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะ เก่ง ดี มีสุข ทำให้ผู้เรียนมีลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกันไปตามศักยภาพของตนเอง ทำให้บรรยากาศแห่งการเรียนรู้สนุกสนานเต็มตามศักยภาพของผู้เรียน จึงส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง

1.2 การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิด และการตัดสินใจอย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน 4 แบบ เป็นรูปแบบการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ในทุกด้านอย่างเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนได้ดึงศักยภาพของตนเองออกมา ส่งผลให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะค้นหาความรู้ในเรื่องที่กำลังศึกษา เห็นได้จากการทำกิจกรรมกลุ่มนักเรียนแต่ละคนมีลักษณะการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน บางคนสามารถเข้าใจได้ดีจากการฟังคำอธิบายจากครู นักเรียนบางคนเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือทำแบบฝึกหัด บางคนเรียนรู้ได้ดีจากการทดลอง และนอกจากนี้แล้วนักเรียนแต่ละคนยังมีความถนัดคนละด้าน เช่น ด้านการพูดนำเสนอ ด้านการเขียน ด้านการวาดภาพ ด้านการคิดคำนวณ นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มจึงแบ่งงานกันทำตามความถนัดของตัวเอง ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการทำงานร่วมกัน เป็นกลุ่ม นักเรียนสามารถแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้มีความมั่นใจในตนเอง กล้าแสดงออก และยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งทางร่างกาย สติปัญญา สังคม และอารมณ์ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างลึกซึ้ง จนสามารถสร้างความคิดรวบยอดได้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ โชคสุวิชัย สุภาพาส (2554: 22) ที่กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ได้ง่าย โดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้ครูสามารถสังเกตศักยภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการที่ผู้เรียนดึงศักยภาพของตัวเองออกมาใช้ การประเมินผลสามารถทำได้โดยการประเมินผลตามสภาพจริง ผู้เรียน เก่ง ดี มีสุข สนุกสนานกับกิจกรรม ทำให้มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ทุกคนในห้องเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ มีความรักและยอมรับซึ่งกันและกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จริญญาศรี แจบไธสง (2546: 56-57), อรทัย เสนจินฉิไชย (2546: 63), รวิชญูดมย์ ทองแมน (2547: 89), ปริญาญา สองสีดา (2550: 78), ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้น

2. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

2.1 การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยมีการเชื่อมโยงซึ่งเป็นทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระภายในวิชาคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งครูผู้สอนควรจะต้องชี้ให้ผู้เรียนเห็นถึงความเชื่อมโยงของสิ่งที่พบ และให้ทำกิจกรรมในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยง ดังที่เคนเนดี้ และทิปส์ (Kennedy; & Tipps.1994: 194-198) กล่าวถึงการเชื่อมโยงในคณิตศาสตร์ว่า นักเรียนจะต้องเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ และมโนคติ เข้ากับกระบวนการใน

การรวมเนื้อหาและวิธีการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีความเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้พบเห็นหรือมีอยู่ในชีวิตประจำวันเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้อย่างเข้าใจต่อแท่งจากตัวอย่างที่สัมผัสได้จริงทำให้รู้สึกว่าการเรียนคณิตศาสตร์มีประโยชน์ มีคุณค่า สามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตจริง (ปรีชา เหน็บเย็นผล. 2544: 56) ซึ่งสอดคล้องกับโคล์; และคนอื่นๆ (Kyle; McIntyre; & Moore. 2001: 80–86) ที่กล่าวว่า ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม และแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงที่พวกเขาสนใจ เนื่องจากการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงเข้ากับความเป็นส่วนตัวของพวกเขา นักเรียนจะชอบแก้ปัญหาและสนุกกับการเรียนรู้ และนักเรียนได้ทำงานอย่างมีความหมาย อีกทั้งกิจกรรมหรือปัญหาที่ให้ควรเป็นปัญหาเปิดเพื่อให้นักเรียนได้คิด สามารถบอกแนวคิดและแสดงเหตุผลได้

2.2 การจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ครูถือว่าเป็นผู้ที่มีบทบาทที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง ควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนปฏิบัติงานหรือกิจกรรม แล้วแปลงกิจกรรมเหล่านั้นออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ กราฟ และสัญลักษณ์ต่างๆ นักเรียนจะได้แนวคิดใหม่ๆ กระบวนการ และทักษะจากการแก้ปัญหา แล้วสามารถรวบรวมแนวคิดและความคิดรวบยอดเพื่อส่งเสริมความเชื่อมั่นของนักเรียนในความคิดของเขาเอง เนื้อหาส่งเสริมทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อการเชื่อมโยง แต่ครูจะต้องหาโอกาสในการช่วยเหลือนักเรียนให้สร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ปัญหาที่สร้างขึ้นต้องเป็นปัญหาที่เน้นให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เอาใจใส่ต่อการตระหนัก และการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อจะค่อยๆ ซึมซาบเข้าไปในตัวนักเรียน ซึ่งคาดหมายว่าแนวคิดที่พวกเขาจะได้เรียนรู้เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาและค้นคว้าหาคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับกรมวิชาการ (2545: 200–205) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

### ข้อสังเกตจากการวิจัย

จากการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้พบข้อสังเกตบางประการจากการวิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้



1. การให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาไปความรู้ที่มีเนื้อหาไม่ซ้ำกันแล้วออกไปสอนเพื่อนหน้าชั้นเรียน จะเห็นว่านักเรียนบางคนสามารถอธิบายและถ่ายทอดได้ดีมาก การให้ศึกษาเนื้อหาที่แตกต่างกันจะทำให้นักเรียนสนใจฟังในสิ่งที่เพื่อนกำลังสอนอยู่
2. การเปลี่ยนแปลงวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างหลากหลายวิธีทำให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้อย่างสนุกสนาน
3. การเปลี่ยนวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลายทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้น ดังนั้นการเตรียมสื่อการเรียนการสอนอย่างเพียงพอและเหมาะสมจะทำให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้เร็วขึ้น
4. การให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด การทำใบงาน สามารถประเมินนักเรียนได้ว่านักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากน้อยเพียงใด เพราะหลังจากที่นักเรียนทำแบบฝึกหัดแล้วนักเรียนจะต้องช่วยกันเฉลยบนกระดาน
5. เนื่องจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มผู้เรียนที่เรียนอ่อนจะไม่ชอบแสดงความคิดเห็น ครูผู้สอนจะต้องเข้าไปแนะนำให้ผู้เรียนที่เรียนเก่งคอยซักจูงและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในระหว่างการทำกิจกรรมให้มาก และยังเป็นการทำให้ผู้เรียนที่เรียนเก่งรู้จักการเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ และช่วยเหลือผู้อื่น
6. ในการทำกิจกรรมต่างๆ ถ้าครูผู้สอนมีรางวัลให้นักเรียนจะมีความกระตือรือร้นเป็นพิเศษ และเพิ่มความสนุกสนานในการทำกิจกรรมยิ่งขึ้น
7. การทำกิจกรรมกลุ่มควรให้ผู้เรียนออกมานำเสนอผลงาน ในระยะแรกผู้เรียนยังไม่กล้าแสดงออกเท่าที่ควร อาจจะต้องสุ่มให้ผู้เรียนออกมานำเสนอ และหลังจบการนำเสนอครูต้องกล่าวชมเชย และให้คำแนะนำกับผู้เรียนที่ออกมานำเสนอแล้วมีสิ่งผิดพลาดด้วยน้ำเสียงที่อ่อนโยน มีเมตตา
8. ในใบกิจกรรมบางกิจกรรมโจทย์ปัญหาอาจจะเยอะเกินไปควรตัดโจทย์ปัญหาให้พอดีกับเวลาที่นักเรียนทั้งห้องสามารถทำเสร็จในคาบเรียนได้

### ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและการศึกษาครั้งต่อไป ดังนี้

#### ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ครูผู้สอนควรอธิบายและยกตัวอย่าง ให้กับผู้เรียนอย่างชัดเจนพร้อมทั้งยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาอย่างง่ายเพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจถูกต้อง
2. ครูผู้สอนจะต้องเตรียมตัวและทำความเข้าใจขั้นตอนการสอนแต่ละขั้นเป็นอย่างดี เพื่อประโยชน์แก่ผู้เรียนและครูผู้สอน

3. ครูผู้สอนต้องมีความอดทนในการรอฟังความคิดเห็นต่าง ๆ จากผู้เรียน ใส่ใจและให้คำชี้แนะอย่างทั่วถึง ไม่ลำเอียงหรืออคติ สร้างความรู้สึกเป็นกันเองระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

4. ในการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียนครูควรให้ความใส่ใจให้ทั่วถึงในชั้นเรียน ให้คำปรึกษากับนักเรียนในระหว่างการทำกิจกรรม และครูจะต้องใช้น้ำเสียงที่อ่อนโยนเวลาให้คำปรึกษาและน้ำเสียงที่สนุกสนานเวลาที่นักเรียนกำลังทำกิจกรรมในชั้นเรียน

5. ผู้สอนควรให้กำลังใจเมื่อผู้เรียนสามารถทำสิ่งต่าง ๆ ได้ถูกต้อง เช่น ปรบมือให้ ชม ให้ดาว ให้รางวัล เพื่อผู้เรียนจะรู้สึกภูมิใจ เกิดความมั่นใจ กล้าพูด และกล้าแสดงออกมากขึ้น

6. ครูผู้สอนควรกำหนดเวลาให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาหรือกิจกรรมต่าง ๆ อย่างพอเหมาะ มิฉะนั้นจะทำให้กิจกรรมใช้เวลามากจนเกินไป

7. ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่มีความหลากหลาย ทันสมัย เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละชั้น และให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมอย่างเต็มที่โดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็วและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

### ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรให้มีการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ เช่น ทฤษฎีบทพีทาโกรัส พื้นที่ผิวและปริมาตร ความเท่ากันทุกประการ ความคล้าย เป็นต้น

2. ควรมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะในการให้เหตุผล ทักษะในการคิดสังเคราะห์ ทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

3. ควรมีการนำรูปแบบของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ไปบูรณาการใช้กับการเรียนการสอนในรูปแบบอื่นๆ เช่น การจัดการเรียนการสอนแบบ CIPPA MODEL การจัดการเรียน การสอนแบบบูรณาการ การจัดการเรียนการสอนแบบจิตตปัญญาศึกษา เป็นต้น

4. ควรมีการนำเทคนิคการสอนต่าง ๆ มาสอดแทรกในขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT ในบางขั้นตอน เช่น เทคนิค TGT (Team Games Tournament), TAI (Team Assisted Individualization) และ KWDL (Know Want Do Learned) เป็นต้น



## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2545). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กรรณิการ์ แพลอย. (2547). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแปลงแบบหมุนแกนพิกัดของสมการกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กิตติคม คาวีรัตน์. (2543, ตุลาคม). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 4 MAT*, *วารสารวิชาการ*. 3(10): 31 – 34.
- กิตติชัย สุชาติโนบล. (2546). *4MAT การจัดการกระบวนการเรียนรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ของผู้เรียน*. ราชบุรี: โรงพิมพ์ธรรมรักษ์การพิมพ์.
- จรรยา ภูอุดม. (2544). *การพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จรรยา ภูอุดม. (2546). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับเทคนิควิธีการสอนแบบร่วมมือ*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชญานิษฐ์ พุกเถื่อน. (2536). *การศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดพิษณุโลก*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). พิษณุโลก: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ. (2542). *การสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชวาล แพรัตกุล. (2520). *เทคนิคการเขียนข้อสอบ*. กรุงเทพฯ : พิกัดอักษร.

- ชานนท์ ศรีผ่องงาม. (2549). การพัฒนาชุดการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่มสัมฤทธิ์ (Student Teams Achievement Division: STAD) เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์.
- โชคสุวิชัย สุภาพาส (2554). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่องเส้นขนาน ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ดวงเดือน อ่อนน่วม; และคนอื่นๆ. (2547). ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- ดุษฎี บริพัตร ณ อยุธยา. (2538). จากศักยภาพสู่อิสรภาพ. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์.
- ตรุเนตร อัชชสวัสดิ์. (2542,กันยายน – ธันวาคม). งานวิจัย การศึกษาผลการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรม 4 MAT และการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาสังคมศึกษา. วิชาการศึกษาศาสตร์.1(1) : 79 – 80.
- เทอดเกียรติ วงศ์สมบูรณ์. (2547). กิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ธีรนุช นามประเทือง. (2545). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติ และความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณ การหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(การประถมศึกษา).กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นงลักษณ์ แก้วมาลา. (2547). ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่องการแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- บงกชรัตน์ สมานสินธุ์. (2551). ผลการจัดการเรียนการสอนแบบอริยสัจ 4 ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปรินญา สONGSIDA. (2550). ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่องทศนิยมและเศษส่วนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ไพท สิทธิสุนทร. (2543, มีนาคม). การเรียนรู้แบบ 4 MAT, *สานปฏิรูป.3* (24), 20 -23.
- ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2537). *ประมวลสาระชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อการสอน (หน่วยที่ 9-12)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิชญ์ณมภ์ ทองแมน. (2547). *การพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT เรื่องเศษส่วน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. การศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)*. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- รัชดา ยาดตรา. (2549). *ผลของการจัดกิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์โดยใช้ทักษะการเชื่อมโยงที่มีผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2536). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. 85.
- . (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- .(2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- . (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ลิลลา ดลภาค. (2549). *กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- วรรณศิริ หลงรัก. (2553). ผลของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้านบริบท (Contextual Learning) เรื่อง สถิติ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเชื่อมโยงและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วนิดา พรชัย. (2548). ผลการจัดการเรียนการสอนแบบซิปปา (CIPPA MODEL) เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมกล้าแสดงออกของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วัชร บุนนาค. (2525). การสอนคณิตศาสตร์ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 8-15. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วาสนา กิมเท็ง. (2553). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และความใฝ่รู้ใฝ่เรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2543). วิสัยทัศน์การศึกษา. นนทบุรี : SR PRINTING LIMITED PARTNERSHIP. ----- . (2552). จากหลักสูตรแกนกลางสู่หลักสูตรสถานศึกษา : กระบวนทัศน์ใหม่การพัฒนา. กรุงเทพฯ : จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.
- ศศิธร แก้วรักษา. (2547). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบซิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมบัติ แสงทองคำสุก. (2545). การพัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงเรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สันติ อิทธิพลนาวากุล. (2550). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนโดยใช้โปรแกรม GSP (The Geometer's Sketchpad) เพื่อส่งเสริมความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องภาคตัดกรวย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การสอนคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สิริพร ทิพย์คง. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

- สุดาภรณ์ อรุณดี. (2546). ผลของการใช้การเรียนรู้แบบ 4MAT ที่มีต่อพฤติกรรมการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดราชผาติการาม เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุรสาล ผาสุข. (2546). การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และผลในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุรางคณา ยาหยี. (2549). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบร่วมมือที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง เรื่อง ทฤษฎีกราฟเบื้องต้น ช่วงชั้นที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวิทย์ มูลคำ; และ อรทัย มูลคำ. (2545). 21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม ค่านิยมและการเรียนรู้โดยการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ . โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2545). กรุงเทพฯ: อัมรินทร์พรินติ้ง.
- เสมอใจ จงเจริญคุณวุฒิ. (2545). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการสอนแบบ 4MAT กับการสอนปกติ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ : ภาคหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อรทัย เสนจินตมิไชย. (2546). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ : ผลของการจัดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโจทย์ปัญหาหระคน และพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อัมพร ม้าคนอง. (2545). รายงานวิจัย เรื่อง ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- . (2547). การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัทพิมพ์.
- อุษณีย์ โพธิสุข. (2542,พฤศจิกายน). การสอนแบบ 4 MAT System , *สานปฏิรูป*. 2(20): 62-65.
- Basil, C. G. (1999) . Collecting data outdoors : making connections to the real world. *Teaching Children Mathematics*. 6(1): 8–12.



- Burkhardt, Hugh. (2001). *The Emperor's Old Clothes, or How the World See It*. Retrieved May 1, 2009, from [www.nctm.org/dialogues/2001-01/default\\_all\\_print.htm](http://www.nctm.org/dialogues/2001-01/default_all_print.htm)
- Merlino, Joseph F. (2000). *Understanding Integrated Mathematics Using Living Metaphors*. Retrieved May 1, 2009, from [www.nctm.org/dialogues/2001-01/default\\_all\\_print.htm](http://www.nctm.org/dialogues/2001-01/default_all_print.htm)
- Carroll, John B. (1963). A Model of School Learning , *Teachers College Record*. 64(8): 723–733.
- Dagez, Hanan Ettaher; & Hashim, Khairuddin (2005). *Online Learning Style E-Learning Approaches*. Kuala Lumpur: University Tun Abdul Rasak (Unitar). Retrieved September 26, 2010, from <http://www.lsum.net/DAGEEZ2.pdf>
- Dossey, John A.; et al. (2002). *Mathematics Methods and Modeling for Today's Mathematics Classroom : A Contemporary Approach to Teaching Grades 7-12*. Pacific Grove: Brooks/Cole.
- Ferguson, George A. (1971). *Statistical Analysis in Psychology and Education*. 4th ed. Tokyo : McGraw – Hill.
- Finn. Kelly F.; et al. (2003, June). Assertiveness Level of Occupational Therapists. *Dissertation Abstracts International*. 58(2): 809.
- Gainsburg. (2007, July). *Real-world connections in secondary mathematics teaching*. Dissertation. Retrieved April 20, 2009, from [www.springerlink.com/content/ix36jh65500033i4/?p=4dbc516f60cb4d7fab44a9ca7391050d&pi=0.html](http://www.springerlink.com/content/ix36jh65500033i4/?p=4dbc516f60cb4d7fab44a9ca7391050d&pi=0.html)
- Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book.
- Jones, J.; Jones, K.; & Vermette, P. (2009). Using Social and Emotional Learning to Foster Academic Achievement in Secondary Mathematics. *American Secondary Education*. 37(3): 4–9.
- Kennedy, Leonard M.; & Tipps, Steve. (1994). *Guiding Children's Learning of Mathematics*. 7<sup>th</sup> ed. Belmont, California: Wadsworth.
- Knuth, Eric J. (2000). Understanding Connections between Equation and Graphs. *The Mathematics Teacher*. 93(1): 48–53.
- Kolb , David A ; & Rubin, Irwin M. ; & McIntyre, Jame M.(1984).*Organizational Psychology : an Experiential Approach to Organizational Behavior*. 4th ed. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice – Hall.
- Kyle, D.W., McIntyre, E.; & Moore, G.H. (2001). Connecting mathematics instruction with the families of young children. *Teaching Children Mathematics*. 8(2): 80–86.

- Lawson, Michael J.; & Chinnappan, Mohan. (2000, January). Knowledge Connectedness in Geometry Problem Solving. *Journal for Research in Mathematics Education*. 31(1): 26-43.
- Leon, Linda; Seal, Kala Chand; & Przasnyski, Zbigniew H.(2006, September). Introducing Captivate Your Students' Minds: Developing Interactive Tutorials to Support the Teaching of Spreadsheet Modeling Skills. *Inform's Transaction Education*. 7(1): 70-87. Retrieved September 26, 2010, from <http://www.informs.org/content/download/97815/846985/file/1532-0545-2006-07-01-0070.pdf>
- Mack, Nancy K. (2004, November). Connecting to Develop Computational Fluency with Fractions. *Teaching Children Mathematics*. 11(4): 226–232.
- Maddox, Harry. (1963). *How to study*. London: Wyman Ltd.
- McCarthy , Bernice. (1990). *4 MAT in Action II* . 200 West Station Street Barrington in the United States of America : Excel , Inc.
- . (2000). *About Teaching 4 MAT in the Classroom*. Wauconda, IL: About Learning Inc.
- Merlino, Joseph F. (2000). *Understanding Integrated Mathematics Using Living Metaphors*. Retrieved May 1, 2009, from [www.nctm.org/dialogues/2001-01/default\\_all\\_print.htm](http://www.nctm.org/dialogues/2001-01/default_all_print.htm)
- Morris , Susan; & McCarthy , Bernice. (1990). *4 MAT in Action ,II sample lesson plans for use with the 4 MAT system*.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*. Reston, Virginia:NCTM, Inc.
- . (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston. Va : NCTM, 2000.
- . (2002). *Principles and Standards for School Mathematics*. United States of America: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Natsaulas, Anthula. (2000,May). *Group Symmetries Connect Art and History with Mathematics*. *Mathematics Teacher*. 93(5): 364-370.
- Nicol, Cynthia; & Cespo, Sanda. (2005). Exploring Mathematics in Imaginative Places: Rethinking What Counts as Meaningful Contexts for Learning Mathematics. *School Science and Mathematics*. 240–251.

- Nicoll-Senft, Joan M.; & Seider, Susan N. (2010, January-March). Assessing the Impact of the 4MAT Teaching Model Across Multiple Disciplines in Higher Education. *College Teaching*. 58(1): 19-27. Retrieved September 26, 2010, from [http://www.ita.dk/media/42791/vcol\\_a\\_424736\\_o.pdf](http://www.ita.dk/media/42791/vcol_a_424736_o.pdf)
- Owens, Kathy. (2001). *An Integrated Approach for Young Students*. Retrieved May 1, 2009, from [www.nctm.org/dialogues/2001-01/default\\_all\\_print.htm](http://www.nctm.org/dialogues/2001-01/default_all_print.htm)
- Peker, Murat. (2008, February). Pre-Service Elementary School Teachers' Learning Styles and Attitudes Mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 4(1): 21-26.
- Pandiscio, Eric A. (2002, May). Exploring the Link Between Preservice Teachers' Conception of Proof and the Use of Dynamic Geometry Software. *School Science and Mathematics*. 102(5): 216-220.
- Prescott, Daniel A. (1961). Report of Conference on Child Study. *Education Bulletin*. Faculty of Education. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Rawat, D.S.; & Gupta, S.L. (1970). *Education Wastage at the Primary Level. A Handbook For Teachers*. New Delhi: S.K.Kitchula at Nalanda Press.
- Riordan, Jurie E.; & Noyce, Pendred E. (2001). The Impacts of Standards-Based Mathematics Curricula on Student Achievement in Massachusetts. *Journal for Research in Mathematics Education*. 32(4): 368-A.
- Sqroi, Richard J.; & Sqroi, Laura Shannon. (1993). *Mathematics for elementary school teachers: problem-solving investigation*. Boston: PWS.
- Thomas, Christine D.; & Santiago, Carmelita. (2002, May). *Building Mathematically Powerful students through Connections*. National Council of Teachers of Mathematics. *Mathematics Teaching in the Middle School*. (484-488)
- Vacher, H.L.; & Mylroie, John E. (2001, November). *Connecting with Geology : Where's the End of Cave?*. *Mathematics Teacher*. 94(8): 640 - 641.
- Ventura, J. (2001). *Integrating Literature, Mathematics, and Science*. Retrieved May 1, 2009, from [www.nctm.org/dialogues/200101/default\\_all\\_print.htm](http://www.nctm.org/dialogues/200101/default_all_print.htm)
- Wilson, J. W. (1971). "Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics," *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. Edited by Benjamin S. Bloom. U.S.A.: Mc Graw-Hill, 643-696.
- Wong, Monique. (2009). *Teacher Qualifications and Student Academic Achievement*. Haverford College. Dept. of Economics. United States.



## ภาคผนวก ก

### ผลการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด
- ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด
- ค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด
- ค่า  $\sum X_i$ ,  $\sum X_i^2$  ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า  $s_i^2$  เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด
- ค่า  $p$  และ  $q$  ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด
- ค่าความง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด
- ค่า  $\sum X_i$ ,  $\sum X_i^2$  และ  $s_i^2$  ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการวัด
- ค่า  $\sum X_i$ ,  $\sum X_i^2$  ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า  $s_i^2$  เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด
- ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนการวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด

ตาราง 9 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ของแบบทดสอบ  
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	+1	+1	+1	1.00	21	+1	+1	+1	1.00
2	+1	+1	+1	1.00	22	+1	+1	+1	1.00
3	+1	+1	+1	1.00	23	+1	-1	+1	1.00
4	+1	+1	0	0.67	24	+1	+1	+1	1.00
5	+1	+1	+1	1.00	25	+1	+1	+1	1.00
6	+1	+1	+1	1.00	26	+1	+1	+1	1.00
7	+1	+1	+1	1.00	27	+1	+1	+1	1.00
8	+1	+1	+1	1.00	28	+1	+1	+1	1.00
9	+1	+1	0	0.67	29	+1	+1	+1	1.00
10	+1	+1	0	0.67	30	+1	+1	+1	1.00
11	+1	+1	+1	1.00	31	+1	+1	+1	1.00
12	+1	+1	+1	1.00	32	+1	+1	+1	1.00
13	+1	+1	+1	1.00	33	+1	+1	+1	1.00
14	+1	+1	+1	1.00	34	+1	+1	+1	1.00
15	+1	+1	0	0.67	35	+1	+1	+1	1.00
16	+1	+1	+1	1.00	36	+1	+1	+1	1.00
17	+1	+1	+1	1.00	37	+1	+1	+1	1.00
18	+1	+1	+1	1.00	38	+1	+1	+1	1.00
19	+1	+1	+1	1.00	39	+1	+1	+1	1.00
20	+1	+1	+1	1.00	40	+1	+1	+1	1.00

คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ข้อที่มีค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยพิจารณาจากค่า IOC  $\geq 0.5$  จึงคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 จำนวน 40 ข้อ

ตาราง 10 ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์  
เรื่อง การวัด จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1	+1	+1	+1	1.00
2	+1	+1	+1	1.00
3	+1	+1	0	0.67
4	+1	+1	+1	1.00
5	+1	+1	+1	1.00
6	+1	+1	0	0.67
7	+1	+1	+1	1.00
8	+1	+1	0	0.67
9	+1	+1	+1	1.00
10	+1	+1	+1	1.00
11	+1	+1	+1	1.00
12	+1	+1	+1	1.00

คัดเลือกแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ข้อที่มีค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยพิจารณาจากค่า IOC  $\geq 0.5$  จึงคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 จำนวน 12 ข้อ

ตาราง 11 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด จำนวน 40 ข้อ โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป Evana

ข้อที่	p	r	ผลการพิจารณา
1	0.80	0.28	ตัดทิ้ง
2	0.44	0.26	คัดเลือกไว้
3	0.54	0.04	ตัดทิ้ง
4	0.44	0.07	ตัดทิ้ง
5	0.33	0.78	คัดเลือกไว้
6	0.65	0.26	คัดเลือกไว้
7	0.48	0.24	คัดเลือกไว้
8	0.74	0.26	คัดเลือกไว้
9	0.44	0.15	ตัดทิ้ง
10	0.26	0.18	ตัดทิ้ง
11	0.52	0.22	ตัดทิ้ง
12	0.50	0.26	คัดเลือกไว้
13	0.42	0.20	ตัดทิ้ง
14	0.44	0.38	คัดเลือกไว้
15	0.46	0.32	คัดเลือกไว้
16	0.29	0.26	ตัดทิ้ง
17	0.28	0.22	ตัดทิ้ง
18	0.40	0.39	คัดเลือกไว้
19	0.52	0.25	คัดเลือกไว้
20	0.52	0.22	ตัดทิ้ง
21	0.44	0.38	คัดเลือกไว้
22	0.44	0.30	คัดเลือกไว้
23	0.33	0.65	คัดเลือกไว้
24	0.46	0.27	คัดเลือกไว้
25	0.33	0.53	ตัดทิ้ง



ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อที่	P	r	ผลการพิจารณา
26	0.30	0.59	ตัดทิ้ง
27	0.32	0.62	คัดเลือกไว้
28	0.28	0.57	ตัดทิ้ง
29	0.28	0.57	ตัดทิ้ง
30	0.30	0.48	ตัดทิ้ง
31	0.50	0.48	ตัดทิ้ง
32	0.65	0.20	ตัดทิ้ง
33	0.56	0.38	คัดเลือกไว้
34	0.32	0.51	ตัดทิ้ง
35	0.44	0.38	คัดเลือกไว้
36	0.54	0.27	คัดเลือกไว้
37	0.46	0.34	คัดเลือกไว้
38	0.48	0.30	ตัดทิ้ง
39	0.44	0.24	คัดเลือกไว้
40	0.39	0.28	ตัดทิ้ง

คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยคัดเลือกตามเกณฑ์ดังนี้  
 1) มีค่าความยากง่าย (p) ตั้งแต่ 0.32 - 0.74 ซึ่งเป็นความยากง่ายพอเหมาะ ไม่ยากหรือ ไม่ง่ายจนเกินไป 2) มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.24 - 0.78 ซึ่งเป็นข้อที่สามารถจำแนกนักเรียนอ่อนและเก่งได้ 3) ครอบคลุมเนื้อหาจุดประสงค์การเรียนรู้ และตัดข้อที่มีความใกล้เคียงกันโดยคำนึงถึงน้ำหนักชั่วโมงของเนื้อหา โดยคัดเลือกแบบทดสอบนี้จำนวน 20 ข้อ ได้แก่ ข้อ 2 , 5 , 6 , 7 , 8 , 12 , 14 , 15 , 18 , 19 , 21 , 22 , 23 , 24 , 27 , 29 , 33 , 35 , 36 และ 39

ตาราง 12 ค่า  $\sum X$  ,  $\sum X^2$  ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า  $S^2$  เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความ  
เชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด

คนที่	$\sum X$	$\sum X^2$	คนที่	$\sum X$	$\sum X^2$
1	16	256	26	13	169
2	15	225	27	16	256
3	17	289	28	8	64
4	10	100	29	14	196
5	19	361	30	15	225
6	16	256	31	8	64
7	7	49	32	13	169
8	14	196	33	11	121
9	18	324	34	8	64
10	11	121	35	14	196
11	10	100	36	15	225
12	18	324	37	13	169
13	12	144	38	10	100
14	15	225	39	9	81
15	19	361	40	16	256
16	5	25	41	9	81
17	13	169	42	14	196
18	9	81	43	8	64
19	17	289	44	7	49
20	16	256	45	10	100
21	8	64	46	13	169
22	9	81	47	7	49
23	17	289	48	15	225
24	13	169	49	10	100
25	15	225	50	18	324

ตาราง 12 (ต่อ)

คนที่	$\sum X$	$\sum X^2$	คนที่	$\sum X$	$\sum X^2$
51	8	64	76	19	361
52	16	256	77	14	196
53	13	169	78	8	64
54	7	49	79	10	100
55	15	225	80	9	81
56	8	64	81	17	289
57	13	169	82	16	256
58	17	289	83	10	100
59	12	144	84	15	225
60	11	121	85	17	289
61	7	49	86	18	324
62	10	100	87	6	36
63	18	324	88	8	64
64	19	361	89	18	324
65	15	225	90	13	169
66	18	324	91	15	225
67	12	144	92	9	81
68	16	256	93	7	49
69	13	169	94	12	144
70	17	289	94	7	49
71	13	169	96	6	36
72	18	324	97	19	361
73	8	64	98	16	256
74	18	324	99	5	25
75	15	225	100	17	289
				$\sum X = 1,281$	$\sum X^2 = 17,981$

ตาราง 13 ค่า p และ q ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
คณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด

ข้อที่	p	q	pq	ข้อที่	p	q	pq
2	0.550	0.450	0.248	19	0.760	0.240	0.182
5	0.630	0.370	0.233	21	0.620	0.380	0.236
6	0.830	0.170	0.141	22	0.630	0.370	0.233
7	0.760	0.240	0.182	23	0.650	0.350	0.228
8	0.730	0.270	0.197	24	0.620	0.380	0.236
12	0.750	0.250	0.188	27	0.740	0.260	0.192
14	0.670	0.330	0.221	29	0.750	0.250	0.188
15	0.820	0.180	0.148	33	0.680	0.320	0.218
16	0.750	0.250	0.188	36	0.830	0.170	0.141
18	0.550	0.450	0.248	39	0.750	0.250	0.188
					รวม		4.03

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตร  
KR – 20 (Kuder – Richardson )

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{\sigma^2} \right\}$$

เมื่อ	$r_{tt}$	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ทำถูกในข้อหนึ่ง ๆ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ หรือ $1 - p$
	$S_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบทั้งฉบับ

โดยที่ 
$$S_i^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ	$S_i^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบทั้งฉบับ
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคนของแบบทดสอบ ทั้งฉบับ
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
	$N$	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

จากตาราง 12 จะได้  $\sum X = 1,281$ ,  $\sum X^2 = 17,981$ ,  $N = 100$

$$\begin{aligned} S_i^2 &= \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)} \\ &= \frac{100(17,981) - (1,281)^2}{100(100-1)} \\ &= 15.87 \end{aligned}$$

จากตาราง 13 จะได้  $n = 20$ ,  $\sum pq = 4.03$ ,  $S_i^2 = 15.87$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} r_{tt} &= \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{\sigma^2} \right\} \\ &= \frac{20}{20-1} \left\{ 1 - \frac{4.03}{15.87} \right\} \\ &= \frac{20}{19} \left\{ \frac{15.87 - 4.03}{15.87} \right\} \\ &= 0.79 \end{aligned}$$

ตาราง 14 ค่าความยากง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด จำนวน 12 ข้อ

ข้อที่	$P_E$	$D$	ผลการพิจารณา
1	0.44	0.25	ตัดทิ้ง
2	0.32	0.73	คัดเลือกไว้
3	0.30	0.53	ตัดทิ้ง
4	0.64	0.35	คัดเลือกไว้
5	0.74	0.36	คัดเลือกไว้
6	0.44	0.24	ตัดทิ้ง
7	0.54	0.43	คัดเลือกไว้
8	0.73	0.54	ตัดทิ้ง
9	0.46	0.62	คัดเลือกไว้
10	0.48	0.36	ตัดทิ้ง
11	0.75	0.34	ตัดทิ้ง
12	0.65	0.43	คัดเลือกไว้

คัดเลือกแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยคัดเลือกตามเกณฑ์ดังนี้  
 1) มีค่าความยากง่าย ( $P_E$ ) อยู่ระหว่าง 0.32 – 0.74 ซึ่งเป็นความยากง่ายพอเหมาะ ไม่ยากหรือไม่ง่ายจนเกินไป 2) มีค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) อยู่ระหว่าง 0.35 – 0.73 ซึ่งเป็นข้อที่สามารถจำแนกนักเรียนอ่อนและเก่งได้ 3) ครอบคลุมเนื้อหาจุดประสงค์การเรียนรู้ และตัดข้อที่มีความใกล้เคียงกัน โดยคำนึงถึงน้ำหนักชั่วโมงของเนื้อหา โดยคัดเลือกแบบทดสอบนี้จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ ข้อ 2, 4, 5, 7, 9 และ 12

ตาราง 15 ค่า  $\sum x_i$  ,  $\sum x_i^2$  และ  $S_i^2$  ที่ใช้ในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด

ข้อที่	$\sum x_i$	$\sum x_i^2$	$S_i^2$
2	315	1063	0.71
4	269	785	0.62
5	262	750	0.64
7	299	961	0.68
9	287	893	0.70
12	271	819	0.85
			$\sum S_i^2 = 4.21$

ตาราง 16 ค่า  $\sum x_i$  ,  $\sum x_i^2$  ทั้งฉบับที่ใช้ในการหาค่า  $S_i^2$  เพื่อใช้แทนค่าในสูตรการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด

คนที่	X	X <sup>2</sup>	คนที่	X	X <sup>2</sup>
1	15	225	16	16	256
2	17	289	17	18	324
3	18	324	18	12	144
4	19	361	19	9	81
5	12	144	20	13	169
6	10	100	21	17	289
7	6	36	22	19	361
8	14	196	23	18	324
9	17	289	24	14	196
10	18	324	25	12	144
11	18	324	26	8	64
12	19	361	27	17	289
13	10	100	28	18	324
14	11	121	29	9	81
15	15	225	30	10	100

ตาราง 16 (ต่อ)

คนที่	X	X <sup>2</sup>	คนที่	X	X <sup>2</sup>
31	7	49	61	11	121
32	17	289	62	17	289
33	17	289	63	17	289
34	18	324	64	18	324
35	18	324	65	18	324
36	19	361	66	10	100
37	19	361	67	10	100
38	8	64	68	6	36
39	11	121	69	7	49
40	12	144	70	15	225
41	13	169	71	15	225
42	15	225	72	16	256
43	16	256	73	16	256
44	16	256	74	18	324
45	9	81	75	18	324
46	12	144	76	7	49
47	10	100	77	10	100
48	9	81	78	9	81
49	14	196	79	11	121
50	11	121	80	18	324
51	10	100	81	19	361
52	10	100	82	18	324
53	17	289	83	19	361
54	18	324	84	17	289
55	19	361	85	17	289
56	17	289	86	17	289
57	17	289	87	16	256
58	10	100	88	8	64
59	8	64	89	16	256
60	7	49	90	17	289



ตาราง 16 (ต่อ)

คนที่	X	X <sup>2</sup>	คนที่	X	X <sup>2</sup>
91	10	100	96	12	144
92	9	81	97	19	361
93	12	144	98	18	324
94	10	100	99	19	361
95	13	169	100	18	324
			$\sum x = 1,404$		$\sum x^2 = 21,288$

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right\}$$

เมื่อ  $\alpha$  แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น  
 $k$  แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ  
 $s_i^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ  
 $s_t^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบ  
 ทั้งหมด

โดยที่ 
$$s_i^2 = \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ  $s_i^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ  
 $\sum X_i$  แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนในข้อที่  $i$   
 $\sum X_i^2$  แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสองในข้อที่  $i$   
 $N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

และ 
$$s_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ  $s_t^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบทั้งฉบับ  
 $\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนของแบบทดสอบ  
 ทั้งฉบับ  
 $\sum X^2$  แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง  
 $N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

จากตาราง 16 จะได้  $\sum X = 1,404$  ,  $\sum X^2 = 21,288$  ,  $N = 100$

$$\begin{aligned} s_t^2 &= \frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)} \\ &= \frac{100(21,288) - (1,404)^2}{100(100-1)} \\ &= 15.92 \end{aligned}$$

จากตาราง 15 จะได้  $k = 6$  ,  $\sum S_i^2 = 4.21$  ,  $S_t^2 = 15.92$

ดังนั้น 
$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{s_t^2} \right\} \\ &= \frac{6}{6-1} \left\{ 1 - \frac{4.21}{15.92} \right\} \\ &= 0.88 \end{aligned}$$

ตาราง 17 ค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์  
เรื่อง การวัด

คนที่	คะแนนจากผู้วิจัย (X)	คะแนนจาก ผู้ตรวจให้คะแนน คนที่ 2 (Y)	$X^2$	$Y^2$	XY
1	15	16	225	256	240
2	17	18	289	324	306
3	18	17	324	289	306
4	19	18	361	324	342
5	12	13	144	169	156
6	10	11	100	121	110
7	6	6	36	36	36
8	14	13	196	169	182
9	17	16	289	256	272
10	18	18	324	324	324
11	18	17	324	289	306
12	19	18	361	324	342
13	10	11	100	121	110
14	11	12	121	144	132
15	15	14	225	196	210
16	16	15	256	225	240
17	18	17	324	289	306
18	12	13	144	169	156
19	9	10	81	100	90
20	13	12	169	144	156
21	17	17	289	289	289
22	19	18	361	324	342
23	18	19	324	361	342
24	14	15	196	225	210
25	12	12	144	144	144
26	8	9	64	81	72
27	17	16	289	256	272

ตาราง 17 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากผู้วิจัย (X)	คะแนนจาก ผู้ตรวจให้คะแนน คนที่ 2 (Y)	$X^2$	$Y^2$	XY
28	18	18	324	324	324
29	9	10	81	100	90
30	10	11	100	121	110
31	7	8	49	64	56
32	17	16	289	256	272
33	17	17	289	289	289
34	18	19	324	361	342
35	18	17	324	289	306
36	19	18	361	324	342
37	19	18	361	324	342
38	8	9	64	81	72
39	11	10	121	100	110
40	12	13	144	169	156
41	13	14	169	196	182
42	15	16	225	256	240
43	16	15	256	225	240
44	16	16	256	256	256
45	9	10	81	100	90
46	12	11	144	121	132
47	10	11	100	121	110
48	9	10	81	100	90
49	14	13	196	169	182
50	11	12	121	144	132
51	10	10	100	100	100
52	10	11	100	121	110
53	17	16	289	256	272
54	18	19	324	361	342
55	19	18	361	324	342

ตาราง 17 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากผู้วิจัย (X)	คะแนนจาก ผู้ตรวจให้คะแนน คนที่ 2 (Y)	$X^2$	$Y^2$	XY
56	17	18	289	324	306
57	17	16	289	256	272
58	10	11	100	121	110
59	8	7	64	49	56
60	7	8	49	64	56
61	11	10	121	100	110
62	17	17	289	289	289
63	17	18	289	324	306
64	18	17	324	289	306
65	18	18	324	324	324
66	10	11	100	121	110
67	10	11	100	121	110
68	6	7	36	49	42
69	7	7	49	49	49
70	15	16	225	256	240
71	15	15	225	225	225
72	16	17	256	289	272
73	16	16	256	256	256
74	18	19	324	361	342
75	18	18	324	324	324
76	7	8	49	64	56
77	10	11	100	121	110
78	9	8	81	64	72
79	11	11	121	121	121
80	18	19	324	361	342
81	19	18	361	324	342
82	18	17	324	289	306
83	19	19	361	361	361

ตาราง 17 (ต่อ)

คนที่	คะแนนจากผู้วิจัย (X)	คะแนนจาก ผู้ตรวจให้คะแนน คนที่ 2 (Y)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
84	17	16	289	256	272
85	17	16	289	256	272
86	17	16	289	256	272
87	16	15	256	225	240
88	8	9	64	81	72
89	16	17	256	289	272
90	17	17	289	289	289
91	10	11	100	121	110
92	9	10	81	100	90
93	12	13	144	169	156
94	10	11	100	121	110
95	13	12	169	144	156
96	12	12	144	144	144
97	19	18	361	324	342
98	18	17	324	289	306
99	19	18	361	324	342
100	18	19	324	361	342
รวม	1,404	21,288	1,412	21,246	21,226

ศึกษาผลสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของผู้วิจัยและผู้ตรวจให้คะแนนคนที่ 2 โดยการใช้สถิติสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน

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

เมื่อ

r แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

 $\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนที่ตรวจโดยผู้วิจัย

$\Sigma Y$	แทน	ผลรวมของคะแนนที่ตรวจโดยผู้ช่วยวิจัย
$\Sigma X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนที่ตรวจโดยผู้วิจัย แต่ละตัวยกกำลังสอง
$\Sigma Y^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนที่ตรวจโดยผู้ช่วยวิจัย แต่ละตัวยกกำลังสอง
$\Sigma XY$	แทน	ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนที่ตรวจโดย ผู้วิจัยกับคะแนนที่ตรวจโดยผู้ช่วยวิจัย
$N$	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

จากตาราง 17 จะได้  $\Sigma X = 1,404$  ,  $\Sigma Y = 1,412$  ,  $\Sigma X^2 = 21,288$

$$\Sigma Y^2 = 21,246, \Sigma XY = 21,226, N = 100$$

$$\begin{aligned}
 r_{xy} &= \frac{N \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{\sqrt{[N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} \\
 &= \frac{(100 \times 21,246) - (1,404 \times 1,412)}{\sqrt{[(100 \times 21,288) - (1,404)^2] \times [(100 \times 21,246) - (1,412)^2]}} \\
 &= 0.99
 \end{aligned}$$

## ภาคผนวก ข

### คะแนนของนักเรียนก่อนและหลังการทดลอง

- คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด
- คะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด



ตาราง 18 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2  
ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน ( $X_1$ )	คะแนนหลังเรียน ( $X_2$ )	$X_2^2$	D	$D^2$
1	7	16	256	9	81
2	6	15	225	9	81
3	4	11	121	7	49
4	5	17	289	12	144
5	5	18	324	13	169
6	6	16	256	10	100
7	6	15	225	9	81
8	7	17	289	10	100
9	8	18	324	10	100
10	4	13	169	9	81
11	6	16	256	10	100
12	9	15	225	6	36
13	7	15	225	8	64
14	6	16	256	10	100
15	10	19	361	9	81
16	5	16	256	11	121
17	6	15	225	9	81
18	6	16	256	10	100
19	8	18	324	10	100
20	9	20	400	11	121
21	6	16	256	10	100
22	5	15	225	10	100
23	7	15	225	8	64
24	5	16	256	11	121
25	8	17	289	9	81
26	9	16	256	7	49
27	9	18	324	9	81

ตาราง 18 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน ( $X_1$ )	คะแนนหลังเรียน ( $X_2$ )	$X_2^2$	D	$D^2$
28	7	13	169	6	36
29	8	15	225	7	49
30	6	14	196	8	64
31	6	14	196	8	64
32	7	13	169	6	36
33	8	17	289	9	81
34	9	16	256	7	49
		$\sum X_2 = 537$	$\sum X_2^2 = 8,593$	$\sum D = 307$	$\sum D^2 = 2,865$

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}; df = n-1$$

เมื่อ  $t$  แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t – Distribution  
 $\sum D^2$  แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังและก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แต่ละคู่ยกกำลังสอง  
 $(\sum D)^2$  แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังและก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดยกกำลังสอง  
 $n$  แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

จากตาราง 18 จะได้  $\sum D = 307$  ,  $\sum D^2 = 2,865$  ,  $n = 34$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad t &= \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \\ &= \frac{307}{\sqrt{\frac{(34 \times 2,865) - (307)^2}{34 - 1}}} \\ &= \frac{307}{\sqrt{\frac{97,410 - 94,249}{33}}} \\ &= 31.36 \end{aligned}$$

(เปิดตาราง t จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t เท่ากับ 2.445 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 เมื่อ  $df = 34 - 1 = 33$ )

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด กับเกณฑ์ (ร้อยละ 60) โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} ; df = n - 1$$

เมื่อ	t แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t - Distribution
	$\bar{X}$ แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	$\mu_0$ แทน	ค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
	s แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	n แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{X}$ ) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด หาได้จากสูตร

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{\sum X}{n} \\ &= \frac{537}{34} \\ &= 15.79 \end{aligned}$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังการ  
จัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด หาได้จากสูตร

$$s = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{34(8,593) - (537)^2}{34(34-1)}}$$

$$= 1.839$$

เนื่องจาก  $\bar{X} = 15.79$  ,  $\mu_0 = 12$  ,  $s = 1.839$  ,  $n = 34$

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$= \frac{15.79 - 12}{\frac{1.839}{\sqrt{34}}}$$

$$= 11.843$$

(เปิดตาราง t จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t เท่ากับ 2.445 ที่ระดับ  
นัยสำคัญทางสถิติที่ .01 เมื่อ  $df = 34 - 1 = 33$ )

ตาราง 19 คะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2  
ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อน เรียน ( $X_1$ )	คะแนนหลัง เรียน ( $X_2$ )	$X_2^2$	D	$D^2$
1	4	15	225	11	121
2	2	12	144	10	100
3	0	14	196	14	196
4	5	13	169	8	64
5	4	15	225	11	121
6	0	13	169	13	169
7	0	12	144	12	144
8	3	18	324	15	225
9	2	17	289	15	225
10	6	13	169	7	49
11	2	15	225	13	169

ตาราง 19 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน ( $X_1$ )	คะแนนหลังเรียน ( $X_2$ )	$X_2^2$	D	$D^2$
12	4	15	225	11	121
13	5	14	196	9	81
14	3	12	144	9	81
15	10	20	400	10	100
16	4	18	324	14	196
17	3	16	256	13	169
18	2	17	289	15	225
19	5	18	324	13	169
20	4	19	361	15	225
21	3	12	144	9	81
22	9	17	289	8	64
23	4	16	256	12	144
24	5	14	196	9	81
25	4	17	289	13	169
26	9	19	361	10	100
27	5	16	256	11	121
28	5	15	225	10	100
29	4	15	225	11	121
30	4	16	256	12	144
31	8	16	256	8	64
32	7	14	196	7	49
33	0	18	324	18	324
34	4	14	196	10	100
		$\sum X_2 = 525$	$\sum X_2^2 = 8,267$	$\sum D = 386$	$\sum D^2 = 4,612$

เปรียบเทียบคะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Samples

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} ; df = n - 1$$

เมื่อ	t แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t – Distribution
	$\sum D^2$ แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังและก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แต่ละคู่ยกกำลังสอง
	$(\sum D)^2$ แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบหลังและก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดยกกำลังสอง
	n แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

จากตาราง 19 จะได้  $\sum D = 386$  ,  $\sum D^2 = 4,612$  ,  $n = 34$

ดังนั้น

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

$$= \frac{386}{\sqrt{\frac{(34 \times 4,612) - (386)^2}{34 - 1}}}$$

$$= \frac{386}{\sqrt{\frac{156,808 - 148,996}{33}}}$$

$$= 25.081$$

(เปิดตาราง t จะได้ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t เท่ากับ 2.445 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 เมื่อ  $df = 34 - 1 = 33$ )

เปรียบเทียบคะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด (ร้อยละ 60) โดยใช้สถิติ t-test for One Sample

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} ; df = n - 1$$

เมื่อ	t แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t – Distribution
	$\bar{X}$ แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	$\mu_0$ แทน	ค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นเกณฑ์ (ร้อยละ 60)
	s แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
	n แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{X}$ ) ของคะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด หาได้จากสูตร

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum X}{n} \\ &= \frac{525}{34} \\ &= 15.441\end{aligned}$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ของคะแนนวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดการเรียนการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด หาได้จากสูตร

$$\begin{aligned}s &= \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \\ &= \sqrt{\frac{34(8,267) - (525)^2}{34(34-1)}} \\ &= 2.205\end{aligned}$$

เนื่องจาก  $\bar{X} = 15.441$  ,  $\mu_0 = 12$  ,  $s = 2.205$  ,  $n = 34$

$$\begin{aligned}t &= \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \\&= \frac{15.441 - 12}{\frac{2.205}{\sqrt{34}}} \\&= 9.055\end{aligned}$$

(เปิดตาราง  $t$  จะได้ค่าวิกฤตของ  $t$  จากการแจกแจงแบบ  $t$  เท่ากับ 2.445 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 เมื่อ  $df = 34 - 1 = 33$ )





## ภาคผนวก ค

### ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนแบบ 4MAT เรื่อง การวัด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. ใบงาน เรื่อง หน่วยการวัดความยาวในระบบต่าง ๆ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

## ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

### เรื่อง การวัดความยาว

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การวัด

ภาคเรียนที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการวัดความยาว

เวลา 3 ชั่วโมง

เรื่อง หน่วยการวัดความยาวในระบบต่าง ๆ

เวลา 1 ชั่วโมง

### 1. สาระ

สาระที่ 2 การวัด

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

### 2. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ค 2.1

เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

ม.2/1

เปรียบเทียบหน่วยความยาว หน่วยพื้นที่ ในระบบเดียวกัน และต่างระบบ และเลือกใช้หน่วยการวัดได้อย่างเหมาะสม

ม.2/2

คาดคะเนเวลา ระยะทาง พื้นที่ ปริมาตรและน้ำหนักได้อย่างใกล้เคียง และอธิบายวิธีการที่ใช้ในการคาดคะเน

ม.2/3

ใช้การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัดในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

มาตรฐาน ค 6.1

มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆและมีความคิดสร้างสรรค์

ม.1-3/1

ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา

ม.1-3/2

ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ม.1-3/3

ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

ม.1-3/4

ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

ม.1-3/5

เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ

ม.1-3/6

มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

### 3. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

หน่วยการวัดความยาวของไทย หน่วยการวัดในระบบเมตริก และระบบอังกฤษ มีหน่วยที่มีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน

การพิจารณาเปรียบเทียบหน่วยการวัดความยาวต่างระบบนั้น จะต้องรู้ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของทั้งสองระบบ

หน่วยการวัดความยาวแต่ละหน่วยต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด และความรู้เกี่ยวกับความยาว สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริง

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

**ด้านความรู้ (K) นักเรียนสามารถ**

1. เปรียบเทียบหน่วยการวัดความยาว ในระบบเดียวกันและต่างระบบได้
2. เลือกใช้หน่วยการวัดความยาวได้อย่างเหมาะสม
3. คาดคะเน ความยาวของสิ่งที่กำหนดให้ได้อย่างใกล้เคียง และสามารถอธิบายวิธีการที่ใช้คาดคะเนได้
4. ใช้การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัดความยาวในสถานการณ์ต่างๆ ได้

**ด้านทักษะ / กระบวนการ (P) นักเรียนสามารถ**

1. ให้เหตุผล แก้ปัญหา
2. สื่อสาร นำเสนอ
3. เชื่อมโยง

**ด้านคุณลักษณะ (A) นักเรียนสามารถ**

1. มีความรับผิดชอบในการทำงาน
2. มีความกระตือรือร้น
3. มีความร่วมมือ

### 5. สาระการเรียนรู้

**การวัดความยาว**

หน่วยการวัดความยาวที่นิยมใช้กันในประเทศไทย ได้แก่ หน่วยการวัดความยาวในระบบเมตริก ระบบอังกฤษ และมาตราไทย หน่วยการวัดความยาวที่สำคัญซึ่งนักเรียนควรรู้จักมีดังนี้

**หน่วยการวัดความยาวในระบบเมตริก**

10 มิลลิเมตร	เท่ากับ 1 เซนติเมตร
100 มิลลิเมตร	เท่ากับ 1 เมตร
1,000 มิลลิเมตร	เท่ากับ 1 กิโลเมตร

### หน่วยการวัดความยาวในระบบอังกฤษ

12 นิ้ว	เท่ากับ	1 ฟุต
3 ฟุต	เท่ากับ	1 หลา
1,760 หลา	เท่ากับ	1 ไมล์

### หน่วยการวัดความยาวในมาตราไทย

12 นิ้ว	เท่ากับ	1 คืบ
2 คืบ	เท่ากับ	1 ศอก
4 ศอก	เท่ากับ	1 วา
20 วา	เท่ากับ	1 เส้น
400 เส้น	เท่ากับ	1 โยชน์
กำหนดการเทียบ	1 วา	เท่ากับ 2 เมตร

### หน่วยการวัดความยาวในระบบอังกฤษเทียบกับเมตริก (โดยประมาณ)

1 นิ้ว	เท่ากับ	2.54 เซนติเมตร
1 หลา	เท่ากับ	0.9144 เมตร
1 ไมล์	เท่ากับ	1.6093 กิโลเมตร

เราอาจเปลี่ยนหน่วยการวัดความยาวในระบบเดียวกันและต่างระบบกันได้ตามหน่วยการวัดความยาวดังกล่าวข้างต้น ดังตัวอย่าง

1. คุณป้ามาลีสูง 155 เซนติเมตร อยากทราบว่าคุณป้ามาลีสูงกี่เมตร  
เนื่องจาก 100 เซนติเมตร เท่ากับ 1 เมตร และคุณป้ามาลีสูง 155 เซนติเมตร  
ดังนั้น คุณป้ามาลีสูง  $\frac{155}{100} = 1.55$  เมตร
2. ความยาวของรั้วโรงเรียนด้านติดถนนเป็น 1.9 กิโลเมตร อยากทราบว่าความยาวของรั้วโรงเรียนด้านติดถนนเป็นกี่เมตร  
เนื่องจาก 1 กิโลเมตร เท่ากับ 1,000 เมตร และรั้วโรงเรียนยาว 1.9 กิโลเมตร  
ดังนั้น ความยาวของรั้วโรงเรียนเป็น  $1.9 \times 1,000 = 1,900$  เมตร
3. ภราดร ศรีชาพันธุ์ นักเทนนิสที่มีชื่อเสียงของไทย สูง 185 เซนติเมตร ไมเคิล จอร์แดน นักบาสเกตบอลที่มีชื่อเสียงของสหรัฐอเมริกา สูง 6 ฟุต 6 นิ้ว อยากทราบว่าใครสูงกว่ากัน และสูงกว่าเท่าไร

เพื่อตอบคำถามข้างต้น จำเป็นจะต้องหาความสูงของคนทั้งสองให้เป็นหน่วยเดียวกัน ก่อนจึงจะบอกได้ว่าใครสูงกว่ากัน ในที่นี้จะเปลี่ยนหน่วยการวัดความสูงของไมเคิล จอร์แดน ให้เป็นหน่วยเซนติเมตร

เนื่องจากไมเคิล จอร์แดน สูง 6 ฟุต 6 นิ้ว

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นความสูง } (6 \times 12) + 6 &= 72 + 6 \\ &= 78 \text{ นิ้ว} \end{aligned}$$

เนื่องจาก 1 นิ้ว เท่ากับ 2.54 เซนติเมตรโดยประมาณ

ดังนั้น ไมเคิล จอร์แดนสูงประมาณ  $78 \times 2.54 = 198.12$  เซนติเมตร

แต่ภรรยาสองเพียง 185 เซนติเมตร

นั่นคือ ไมเคิล จอร์แดน สูงกว่า ภรรยา ประมาณ  $198.12 - 185 = 13.12$  เซนติเมตร

## 6. กิจกรรมการเรียนรู้

### ชั่วโมงที่ 1

#### 1. ขั้นสร้างคุณค่าและประสบการณ์ (สมองซีกขวา)

1.1 ครูเขียนข้อความ “ชายอกสามศอก” บนกระดาน แล้วถามนักเรียนตามประเด็นต่อไปนี้

- นักเรียนเคยได้ยินข้อความนี้หรือไม่
- ข้อความนี้มีความหมายว่าอย่างไร
- นักเรียนทราบหรือไม่ว่า 1 ศอก มีความยาวเท่าไร

1.2 ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าจากข้อความ “ชายอกสามศอก” เป็นการบอกโดยใช้หน่วยการวัดความยาวของไทย ซึ่งหน่วยการวัดความยาวจะมีหลายระบบ ในขั้นนี้หน่วยการวัดความยาวที่นักเรียนควรรู้มี 3 ระบบ คือ

- 1) หน่วยการวัดความยาวของไทย
- 2) หน่วยการวัดความยาวในระบบเมตริก
- 3) หน่วยการวัดความยาวในระบบอังกฤษ

#### 2. ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ (สมองซีกซ้าย)

ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน คละกันตามความสามารถคือ เก่ง ปานกลาง ค่อนข้างเก่ง ปานกลางค่อนข้างอ่อน และอ่อน จากนั้นให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม ร่วมกันศึกษาความรู้ เรื่อง การวัดความยาวในระบบต่างๆ จากหนังสือเรียน แล้วช่วยกันอภิปราย

#### 3. ขั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด (สมองซีกขวา)

ครูยกตัวอย่างการเปลี่ยนหน่วยความยาวจากหน่วยหนึ่งไปหน่วยหนึ่งในระบบเดียวกันโดยใช้ความสัมพันธ์ของหน่วยการวัดความยาวในระบบนั้นๆ 3-5 ตัวอย่าง แล้วให้นักเรียนช่วยกันหาคำตอบ จนนักเรียนเข้าใจ

#### 4. ขั้นพัฒนาความคิดรวบยอด (สมองซีกซ้าย)

- 4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อบอกข้อแตกต่างของหน่วยการวัดความยาวของแต่ละระบบ
- 4.2 ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการอภิปรายหน้าชั้นเรียน โดยครูคอยอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังมีข้อบกพร่องอยู่
- 4.3 นักเรียนตอบคำถามกระตุ้นความคิด เช่น นักเรียนเคยใช้หน่วยการวัดความยาวในระบบใดบ้าง และมีความเข้าใจในหน่วยความยาวนั้นหรือไม่ จงอธิบาย (พิจารณาตามคำตอบของนักเรียน โดยให้อยู่ในดุลยพินิจของครูผู้สอน)
- 4.4 สมาชิกแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนหน่วยการวัดความยาวในระบบเดียวกันของแต่ละระบบว่าเหมือนกันอย่างไร
- 4.5 ครูขออาสาสมัครนักเรียน กลุ่มละ 1 คน นำเสนอผลการอภิปรายหน้าชั้นเรียน แล้วครูอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังมีข้อบกพร่องอยู่
- 4.6 นักเรียนทุกคนช่วยกันสรุปเกี่ยวกับหน่วยการวัดความยาวในระบบต่างๆ และการเปลี่ยนหน่วยการวัดความยาวในระบบเดียวกัน

#### 5. ขั้นลงมือปฏิบัติจากกรอบความคิดที่กำหนด (สมองซีกซ้าย)

- 5.1 ครูให้นักเรียนตอบคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจตามประเด็นต่อไปนี้
  - หน่วยการวัดความยาวของไทยที่ใช้ในปัจจุบันมีหน่วยใดบ้าง และใช้บอกความยาวในเรื่องใด
  - จาก “12 นิ้ว เท่ากับ 1 คืบ” นักเรียนคิดว่าในที่นี้มีความยาวนิ้วเท่ากับ “นิ้ว” ในหน่วยการวัดความยาวในระบบอังกฤษหรือไม่ เพราะเหตุใด
  - หน่วยการวัดความยาวในระบบอังกฤษมีหน่วยใดบ้างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน
- 5.2 นักเรียนทุกคนทำใบงานที่ 1 เรื่อง หน่วยการวัดความยาวในระบบต่างๆ เสร็จแล้วจับคู่กับเพื่อนในกลุ่มผลัดกันอธิบายคำตอบของใบงาน
- 5.3 ครูจับสลากตัวแทนกลุ่มนำเสนอคำตอบของใบงาน
- 5.4 ครูตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่ยังมีข้อบกพร่องอยู่

#### 6. ขั้นสร้างชิ้นงานเพื่อสะท้อนความเป็นตนเอง (สมองซีกขวา)

ครูสาธิตการทำหนังสือเล่มเล็ก และให้นักเรียนทำหนังสือเล่มเล็กสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้เป็นองค์ความรู้ของนักเรียน (หากนักเรียนทำในชั่วโมงไม่เสร็จให้นักเรียนกลับไปทำเป็นการบ้านส่งในชั่วโมงเรียนต่อไป)

#### 7. ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและการประยุกต์ใช้ (สมองซีกซ้าย)

ให้นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในห้องเรียนว่าหนังสือเล่มเล็กที่จัดทำขึ้นเป็นอย่างไร เช่น ขั้นตอนการจัดทำ ปัญหา อุปสรรค วิธีการแก้ไข การนำไปใช้ ฯลฯ

### 8. ชั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้กับผู้อื่น (สมองชิกขา)

นักเรียนชื่นชมผลงานของตนเองและของเพื่อน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่มีต่อผลงานของเพื่อน

### 7. ภาระงาน / ชิ้นงาน

ใบงานที่ 1 เรื่อง หน่วยการวัดความยาวในระบบต่างๆ  
หนังสือเล่มเล็ก

### 8. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. ใบงานที่ 1
2. หนังสือเรียนคณิตศาสตร์
3. หนังสือเล่มเล็ก

แหล่งเรียนรู้

1. ห้องสมุด

### 9. การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัด / ประเมิน	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ด้านความรู้	ใบงานที่ 1 หนังสือเล่มเล็ก	แบบประเมินผลงาน (ใบกิจกรรม)	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
ด้านทักษะ / กระบวนการ 1. การให้เหตุผล แก้ปัญหา 2. การสื่อสาร นำเสนอ 3. การเชื่อมโยง	ให้อภิปราย	แบบประเมินการ อภิปราย	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ 1. ความรับผิดชอบ 2. ความกระตือรือร้น 3. ความร่วมมือ	ประเมิน พฤติกรรม ระหว่างเรียนและ หลังการเรียนรู้	แบบประเมิน คุณลักษณะ	ผ่านเกณฑ์ในระดับดี

10. บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....







### การแปลผล ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนน	8 – 9	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน	6 – 7	หมายถึง	ดี
คะแนน	4 – 5	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน	0 – 3	หมายถึง	ควรปรับปรุง

### เกณฑ์การให้คะแนนผลงาน

#### 1. ด้านความถูกต้อง

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	งานที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้องทั้งหมด
2 / ดี	งานที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้อง 70% ขึ้นไป
1 / พอใช้	งานที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้อง 50% ขึ้นไป
0 / ควรปรับปรุง	งานที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้องต่ำกว่า 50%

#### 2. ด้านความตรงต่อเวลา

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	งานที่ได้รับมอบหมายเสร็จและส่งตรงเวลาที่กำหนด
2 / ดี	งานที่ได้รับมอบหมายเสร็จแต่ส่งไม่ตรงเวลาที่กำหนด
1 / พอใช้	งานที่ได้รับมอบหมายไม่เสร็จและส่งไม่ตรงเวลาที่กำหนด
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ปฏิบัติงานและไม่ส่งงานเลย

#### 3. ด้านความมีระเบียบเรียบร้อย

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ใบกิจกรรม ชิ้นงาน สะอาดเรียบร้อยดี
2 / ดี	ใบกิจกรรม ชิ้นงาน ส่วนใหญ่สะอาดเรียบร้อยดี
1 / พอใช้	ใบกิจกรรม ชิ้นงาน ไม่ค่อยสะอาดเรียบร้อยดี
0 / ควรปรับปรุง	ใบกิจกรรม ชิ้นงาน ไม่สะอาดเลย



### การแปลผล ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนน	8 – 9	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน	6 – 7	หมายถึง	ดี
คะแนน	4 – 5	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน	0 – 3	หมายถึง	ควรปรับปรุง

### เกณฑ์การให้คะแนนอภิปราย

#### 1. ด้านการสื่อความหมาย

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	พูดอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้องทั้งหมดตามลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจน
2 / ดี	พูดอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง ตามลำดับขั้นตอน มีความชัดเจนเป็นบางส่วน
1 / พอใช้	พูดอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบถูกต้องเป็นบางส่วน ลำดับขั้นตอนชัดเจนเป็นบางส่วน
0 / ควรปรับปรุง	ไม่สามารถพูดอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบได้

#### 2. ด้านการแสดงความคิดเห็น

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	พูดแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์และสรุปความได้ถูกต้องชัดเจน และกล้าแสดงออก
2 / ดี	พูดแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์และสรุปความได้ถูกต้องชัดเจน และกล้าแสดงออกเป็นส่วนใหญ่
1 / พอใช้	พูดแสดงความคิดเห็นเชิงวิพากษ์วิจารณ์และสรุปความได้ถูกต้องชัดเจน และกล้าแสดงออกเป็นบางครั้ง
0 / ควรปรับปรุง	ไม่แสดงความคิดเห็นใดๆเลย

#### 3. ด้านการเชื่อมโยง

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ตอบคำถามพร้อมให้เหตุผลได้ด้วยตนเอง
2 / ดี	ตอบคำถามพร้อมให้เหตุผลโดยครูหรือเพื่อนคอยชี้แนะในบางครั้ง
1 / พอใช้	ตอบคำถามพร้อมให้เหตุผลโดยครูหรือเพื่อนคอยชี้แนะทุกครั้ง
0 / ควรปรับปรุง	ไม่สามารถตอบคำถามใดๆได้เลย



### การแปลผล ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนน	8 – 9	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน	6 – 7	หมายถึง	ดี
คะแนน	4 – 5	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน	0 – 3	หมายถึง	ควรปรับปรุง

### เกณฑ์การให้คุณลักษณะ

#### 1. ด้านความรับผิดชอบ

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ส่งงานก่อนหรือตรงกำหนดเวลานัดหมาย
2 / ดี	ส่งงานช้ากว่ากำหนดเล็กน้อย และมีเหตุผลที่พอรับฟังได้
1 / พอใช้	ส่งงานช้ากว่ากำหนดโดยไม่มีเหตุผล
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ส่งงานเลย

#### 2. ด้านความกระตือรือร้น

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ลงมือปฏิบัติงานทันทีที่ได้รับมอบหมายและปฏิบัติเอง
2 / ดี	ลงมือปฏิบัติงานค่อนข้างช้า แต่มีเหตุผลที่พอรับฟังได้
1 / พอใช้	ลงมือปฏิบัติงานช้ามาก ต้องมีคนคอยกระตุ้นหรือแนะนำ
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ปฏิบัติงานเลย

#### 3. ด้านความร่วมมือ

คะแนน/ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏให้เห็น
3 / ดีมาก	ร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดี
2 / ดี	ร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดีเป็นส่วนใหญ่
1 / พอใช้	ร่วมแสดงความคิดเห็นและร่วมปฏิบัติกิจกรรมจนสำเร็จด้วยดีเป็นบางเวลา
0 / ควรปรับปรุง	ไม่ร่วมแสดงความคิดเห็นและไม่ร่วมปฏิบัติกิจกรรมใดๆเลย

### ใบงานที่ 1 หน่วยการวัดความยาวในระบบต่าง ๆ

คำชี้แจง ให้นักเรียนเปลี่ยนหน่วยวัดความยาวต่อไปนี้ให้เป็นหน่วยใหม่ แต่ให้มีความยาวเท่าเดิม

- 1) 61.5 มิลลิเมตร ⇨ .....
- 2) 0.211 เมตร ⇨ .....
- 3) 0.058 กิโลเมตร ⇨ .....
- 4) 15.6 หลา ⇨ .....
- 5) 48 นิ้ว (อังกฤษ) ⇨ .....
- 6) 18 ฟุต ⇨ .....
- 7) 12.5 เซนติเมตร ⇨ .....
- 8) 1,530 เมตร ⇨ .....
- 9) 380 เมตร ⇨ .....
- 10) 2 ไมล์ ⇨ .....
- 11) 95 มิลลิเมตร ⇨ .....
- 12) 1.85 เมตร ⇨ .....
- 13) 1.025 กิโลเมตร ⇨ .....
- 14) 12.1 หลา ⇨ .....
- 15) 72 นิ้ว (ของไทย) ⇨ .....
- 16) 12 ฟุต ⇨ .....
- 17) 19.2 เซนติเมตร ⇨ .....
- 18) 1,460 เมตร ⇨ .....
- 19) 3 ไมล์ ⇨ .....
- 20) 125 มิลลิเมตร ⇨ .....

### เฉลยใบงานที่ 1 หน่วยการวัดความยาวในระบบต่าง ๆ

คำชี้แจง ให้นักเรียนเปลี่ยนหน่วยวัดความยาวต่อไปนี้ให้เป็นหน่วยใหม่ แต่ให้มีความยาวเท่าเดิม

- 1) 61.5 มิลลิเมตร  $\Rightarrow$  ..... 6.15 เซนติเมตร
- 2) 0.211 เมตร  $\Rightarrow$  ..... 21.1 เซนติเมตร
- 3) 0.058 กิโลเมตร  $\Rightarrow$  ..... 58 เมตร
- 4) 15.6 หลา  $\Rightarrow$  ..... 46.8 ฟุต
- 5) 48 นิ้ว (อังกฤษ)  $\Rightarrow$  ..... 4 ฟุต
- 6) 18 ฟุต  $\Rightarrow$  ..... 6 หลา
- 7) 12.5 เซนติเมตร  $\Rightarrow$  ..... 125 มิลลิเมตร
- 8) 1,530 เมตร  $\Rightarrow$  ..... 1.53 กิโลเมตร
- 9) 380 เมตร  $\Rightarrow$  ..... 0.38 กิโลเมตร
- 10) 2 ไมล์  $\Rightarrow$  ..... 3,520 หลา
- 11) 95 มิลลิเมตร  $\Rightarrow$  ..... 9.5 เซนติเมตร
- 12) 1.85 เมตร  $\Rightarrow$  ..... 185 เซนติเมตร
- 13) 1.025 กิโลเมตร  $\Rightarrow$  ..... 1,025 เมตร
- 14) 12.1 หลา  $\Rightarrow$  ..... 36.3 ฟุต
- 15) 72 นิ้ว (ของไทย)  $\Rightarrow$  ..... 6 คืบ
- 16) 12 ฟุต  $\Rightarrow$  ..... 4 หลา
- 17) 19.2 เซนติเมตร  $\Rightarrow$  ..... 192 มิลลิเมตร
- 18) 1,460 เมตร  $\Rightarrow$  ..... 1.460 กิโลเมตร
- 19) 3 ไมล์  $\Rightarrow$  ..... 5,280 หลา
- 20) 125 มิลลิเมตร  $\Rightarrow$  ..... 12.5 เซนติเมตร





ภาคผนวก ก

แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ปรนัย จำนวน 20 ข้อ (นำไปทดลองจริง) และแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด อัตนัย จำนวน 6 ข้อ

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

### เรื่อง การวัด

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

จำนวน 20 ข้อ 20 คะแนน

เวลา 50 นาที

คำชี้แจง จงพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย × ลงใน  
กระดาษคำตอบ

ข้อ 1. 21 หลา เท่ากับกี่ฟุต

- |            |            |
|------------|------------|
| ก. 42 ฟุต  | ข. 63 ฟุต  |
| ค. 126 ฟุต | ง. 210 ฟุต |

ข้อ 2. 15 ศอก เท่ากับกี่เมตร กี่ศอก

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| ก. 3 เมตร 0 ศอก | ข. 3 เมตร 3 ศอก |
| ค. 5 เมตร 0 ศอก | ง. 7 เมตร 1 ศอก |

ข้อ 3. โรงเรียนอยู่ห่างจากวัด 3 โยชน์ โรงเรียนอยู่ห่างจากวัดกี่เส้น

- |               |               |
|---------------|---------------|
| ก. 900 เส้น   | ข. 1,050 เส้น |
| ค. 1,200 เส้น | ง. 1,350 เส้น |

ข้อ 4. สนามกว้าง 1,654 วา สนามกว้างกี่เส้น กี่วา

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| ก. 80 เส้น 6 วา  | ข. 81 เส้น 15 วา |
| ค. 82 เส้น 14 วา | ง. 83 เส้น 7 วา  |

ข้อ 5. ถนนสายแรกยาว 4.2 กิโลเมตร ถนนสายที่สองยาว 95 เส้น ถนนสายใดมีความยาวมากกว่าและมากกว่ากันกี่กิโลเมตร

- |                                     |
|-------------------------------------|
| ก. ถนนสายแรกยาวกว่า 0.4 กิโลเมตร    |
| ข. ถนนสายแรกยาวกว่า 10 กิโลเมตร     |
| ค. ถนนสายที่สองยาวกว่า 0.4 กิโลเมตร |
| ง. ถนนสายที่สองยาวกว่า 10 กิโลเมตร  |

ข้อ 6. 660 ตารางวา เท่ากับกี่ไร่

ก. 1.25 ไร่

ข. 1.65 ไร่

ค. 1.85 ไร่

ง. 2.05 ไร่

ข้อ 7. 4,602 เอเคอร์ เท่ากับกี่ตารางไมล์ กี่เอเคอร์

ก. 7 ตารางไมล์ 86 เอเคอร์

ข. 7 ตารางไมล์ 122 เอเคอร์

ค. 7 ตารางไมล์ 132 เอเคอร์

ง. 7 ตารางไมล์ 146 เอเคอร์

ข้อ 8. 1,366 ตารางวา เท่ากับกี่ไร่ กี่งาน กี่ตารางวา

ก. 1 ไร่ 3 งาน 66 ตารางวา

ข. 2 ไร่ 3 งาน 66 ตารางวา

ค. 3 ไร่ 1 งาน 66 ตารางวา

ง. 4 ไร่ 1 งาน 66 ตารางวา

ข้อ 9. สนามรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 30 เมตร ยาว 60 เมตร สนามมีพื้นที่กี่ไร่ กี่ตารางวา

ก. 1 ไร่ 50 ตารางวา

ข. 2 ไร่ 150 ตารางวา

ค. 3 ไร่ 75 ตารางวา

ง. 4 ไร่ 200 ตารางวา

ข้อ 10. สนามรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีพื้นที่ 1 ไร่ 50 ตารางวา สนามกว้าง 12 วา สนามยาวกี่เมตร

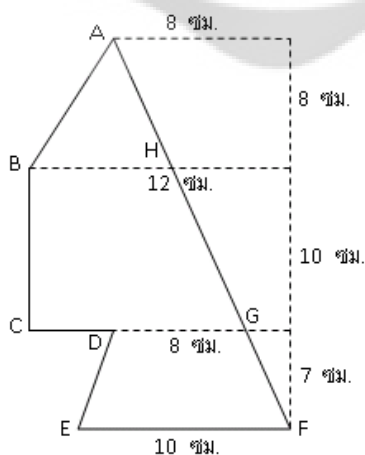
ก. 37.5 เมตร

ข. 75 เมตร

ค. 125 เมตร

ง. 150 เมตร

ข้อ 11.



ABCDEFGH มีพื้นที่เท่าไร

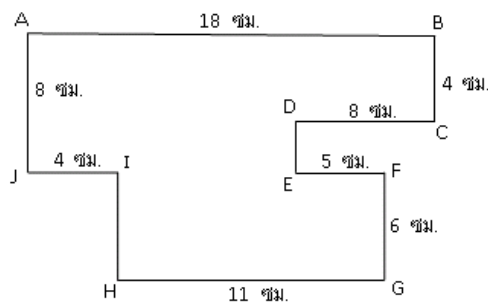
ก. 100.1 ตารางเซนติเมตร

ข. 163.0 ตารางเซนติเมตร

ค. 214.5 ตารางเซนติเมตร

ง. 273.5 ตารางเซนติเมตร

ข้อ 12.



ABCDEF GHIJ มีพื้นที่เท่าไร

- ก. 178 ตารางเซนติเมตร  
 ข. 181 ตารางเซนติเมตร  
 ค. 186 ตารางเซนติเมตร  
 ง. 194 ตารางเซนติเมตร

ข้อ 13. สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าที่มีเส้นทแยงมุมยาว 3.8 เมตร เส้นกึ่งยาว 0.64 เมตร และ 0.56 เมตร สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าที่มีพื้นที่กี่ตารางเซนติเมตร

- ก. 22,800 ตารางเมตร      ข. 2,800 ตารางเมตร  
 ค. 22.8 ตารางเมตร      ง. 2.28 ตารางเมตร

ข้อ 14. สวนผลไม้รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าวมีเส้นทแยงมุมยาว 46 เมตร และ 168 เมตร สวนผลไม้มีพื้นที่กี่ไร่ ไร่ งาน กี่ตารางวา

- ก. 1 ไร่ 1 งาน 66 ตารางวา      ข. 2 ไร่ 1 งาน 66 ตารางวา  
 ค. 5 ไร่ 3 งาน 64 ตารางวา      ง. 9 ไร่ 2 งาน 64 ตารางวา

ข้อ 15. ข้าวเปลือกปริมาตร 4 เกวียน 11 ถัง ข้าวเปลือกมีปริมาตรกี่ถัง

- ก. 41 ถัง      ข. 91 ถัง  
 ค. 411 ถัง      ง. 8,011 ถัง

ข้อ 16. น้ำส้ม 5 ขวด บรรจุขวดละ 125 มิลลิลิตร น้ำส้มมีปริมาตรรวมกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

- ก. 625 ลูกบาศก์เซนติเมตร      ข. 6.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร  
 ค. 0.00625 ลูกบาศก์เซนติเมตร      ง. 0.000625 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข้อ 17. 12,045 มิลลิกรัม เท่ากับกี่กรัม กี่มิลลิกรัม

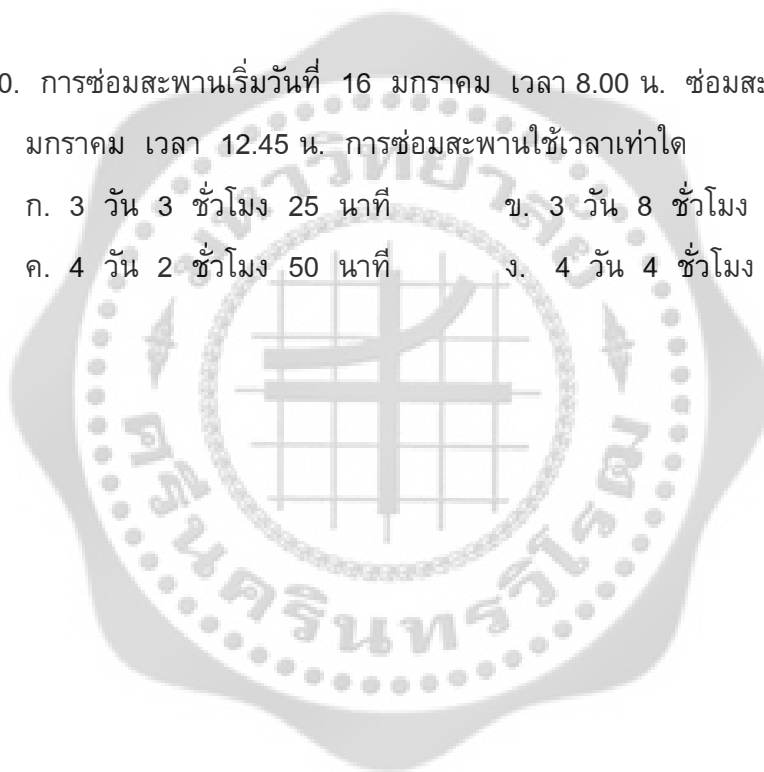
- ก. 1 กรัม 2,045 มิลลิกรัม      ข. 1 กรัม 2,450 มิลลิกรัม  
 ค. 12 กรัม 45 มิลลิกรัม      ง. 12 กรัม 450 มิลลิกรัม

- ข้อ 18. ส้มหนัก 12 กิโลกรัม 120 กรัม มะม่วงหนักกว่าส้ม 2 กิโลกรัม 480 กรัม  
ต่อมาซื้อมะม่วงเพิ่มอีก 3 กิโลกรัม 280 กรัม มีมะม่วงรวมกี่กิโลกรัม กี่กรัม
- ก. 16 กิโลกรัม 640 กรัม                      ข. 17 กิโลกรัม 880 กรัม  
ค. 18 กิโลกรัม 250 กรัม                      ง. 19 กิโลกรัม 520 กรัม

ข้อ 19. ปีใดเป็นปีอธิกสุรทิน

- ก. ค.ศ. 1647                      ข. ค.ศ. 660  
ค. ค.ศ. 1975                      ง. ค.ศ. 1900

- ข้อ 20. การซ่อมสะพานเริ่มวันที่ 16 มกราคม เวลา 8.00 น. ซ่อมสะพานเสร็จวันที่ 20 มกราคม เวลา 12.45 น. การซ่อมสะพานใช้เวลาเท่าใด
- ก. 3 วัน 3 ชั่วโมง 25 นาที                      ข. 3 วัน 8 ชั่วโมง 50 นาที  
ค. 4 วัน 2 ชั่วโมง 50 นาที                      ง. 4 วัน 4 ชั่วโมง 45 นาที

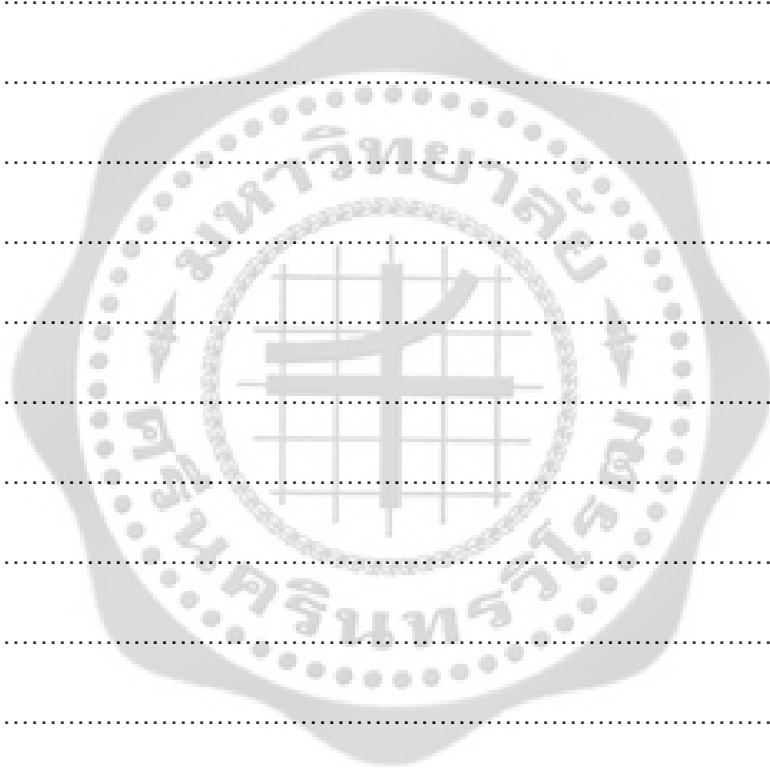






ข้อ 3. สี่เหลี่ยมด้านขนานมีพื้นที่ 182 ตารางเซนติเมตร ฐานของสี่เหลี่ยมด้านขนานยาว 26 เซนติเมตร สี่เหลี่ยมคางหมูมีความสูงเท่ากับความสูงของสี่เหลี่ยมด้านขนานและมีด้านคู่ขนานยาว 15 เซนติเมตร 18 เซนติเมตร สี่เหลี่ยมคางหมูมีพื้นที่เท่าไร

แนวคิดและคำตอบ











ภาคผนวก จ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญด้านแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
คณิตศาสตร์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

1. อาจารย์ ดร.อุทัย คำรักษา

สาขาวิชาการศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ จ.นครปฐม

2. อาจารย์วัลภา เกียรติบุญญาฤทธิ์

ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนชลราษฎรอำรุง จ.ชลบุรี

3. อาจารย์ปิ่นแก้ว สระแก้ว

ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ

โรงเรียนเมืองคง จ.นครราชสีมา





ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวสุนันทา บ้านกล้วย
วันเดือนปีเกิด	27 มีนาคม 2525
สถานที่เกิด	อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	182/2 หมู่ 3 ต.หนองขาว อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี 71110

## ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนหนองขาวโกวิทวิทยาคม จังหวัดกาญจนบุรี
พ.ศ. 2548	วิทยาศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกคณิตศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
พ.ศ. 2556	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ