

# การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ. 2568

# การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2568

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

**ชื่อเรื่อง** : การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
**ผู้วิจัย** : นายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี
**ปริญญา** : ครุศาสตรมหาบัณฑิต (คณิตศาสตรศึกษา)
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รามนรี นนทภา
**ปีที่สำเร็จการศึกษา** : 2568

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่องหลักการนับเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเน้นพัฒนากิจกรรมให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติและความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และเจตคติก่อนและหลังเรียน รวมถึงเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเจตคติและความวิตกกังวลในช่วงเวลาต่าง ๆ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 39 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบประเมินเจตคติ และแบบประเมินความวิตกกังวล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบ เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกันและกรณีกลุ่มเดียว และสถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure นอกจากนี้ยังใช้การวิเคราะห์งานเขียนและการบรรยายเชิงวิเคราะห์

ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 83.31/78.63 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้น ได้แก่ การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา การวิเคราะห์และเรียนรู้ประเด็นปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา การนำเสนอคำตอบ และการสรุปความรู้และประเมินผล หลังเข้าร่วมกิจกรรม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 78.63 อยู่ในระดับดี

และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 90.20 อยู่ในระดับดีมาก ทั้งสองด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ เจตคติมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ลดลงอย่างชัดเจน

**คำสำคัญ:** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน, โปรแกรม GeoGebra, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์, เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์, ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์, หลักการนับเบื้องต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

_____อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

**Title** : The Development of Problem-Based Learning Activities Integrated with GeoGebra on basic counting principles: Impact on Mathematics Achievement, Attitude, and Anxiety in Mathayom 4 Students
**Author** : Mr.Phatpaphong Boonprapasri
**Degree** : Master of Education (Mathematics Education)
Rajabhat Maha Sarakham University
**Advisor** : Assistant Professor Dr.Ramnaree Nontapa
**Year** : 2025

# ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and study the effects of learning activities using problem-based learning with GeoGebra program on basic counting principles for Mathayom 4 students. The study focuses on developing effective activities according to a 70/70 efficiency criterion, examining learning achievement, attitudes, and anxiety toward mathematics, comparing pre-post achievement and attitudes, comparing results with the 70% criterion, and studying changes in attitudes and anxiety over different periods. The sample consisted of 39 Mathayom 4 students selected through using cluster random sampling. Research instruments included learning activity plans, achievement tests, attitude assessments, and anxiety assessments. Data was analyzed using basic statistics and statistical tests such as percentage, mean, standard deviation, dependent samples $t$-test, one sample $t$-test and One-Way ANOVA with Repeated Measures. Additionally, written work analysis and analytical description were used.

The results of the research showed that the learning activities had an efficiency of ($E_1/E_2$) 83.31/78.63, higher than the established criteria, with a 5-step activity process: group formation and problem presentation, problem analysis and learning, problem-solving implementation, solution presentation, and knowledge summarization and evaluation. After participating in the activities, students achieved an average mathematics achievement of 78.63% (good level) and average attitudes

toward mathematics of 90.20% (excellent level). Both aspects were significantly higher than the 70% criterion at the .05 level. Moreover, attitudes toward mathematics continuously improved while mathematics anxiety notably decreased.

**Keywords:** Problem-Based Learning, GeoGebra, Mathematics Achievement, Attitude Toward Mathematics, Mathematics Anxiety, Basic Counting Principles

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

_____Major Advisor

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการชี้แนะจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รามนรี นนทภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเอื้อเฟื้อและความตั้งใจของท่านในการช่วยเหลือให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินงานจนเสร็จสิ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยะธิดา ปัญญา ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธพงศ์ ทิพย์ชาติ ผู้ทรงคุณวุฒิการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวพล นนทภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีคุณภาพและความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญลักษณ์ เขจรภักดิ์, อาจารย์วริดา พลาศรี, คุณครูพรลภัส ศิลป์ศิริวานิชย์ และคุณครูไพสนธ์ ภูหัดธรรม ผู้เชี่ยวชาญที่ได้กรุณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัย พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้มีความเหมาะสมและสามารถใช้งานได้จริง ดร.ตวัญจ์ลักษณ์ พวงนิล ผู้อำนวยการโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลในโรงเรียน และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบทดสอบและแบบสอบถามอย่างเต็มที่ ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณคุณพ่อกีรติ บุญประภาศรี คุณแม่เบญจมาพร บุญประภาศรี ผู้มีพระคุณ ตลอดจนบูรพาจารย์ ครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน และผู้มีอุปการะทุกคนที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมาในทุกขั้นตอนของการศึกษาในครั้งนี้

นายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

# สารบัญ

**หัวเรื่อง** **หน้า**


บทคัดย่อ ..... ก
ABSTRACT ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย ..... 6
1.3 สมมติฐานการวิจัย ..... 6
1.4 ขอบเขตการวิจัย ..... 7
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 8
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 10
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม ..... 11
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ..... 11
2.2 การจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ..... 17
2.3 โปรแกรม GeoGebra ..... 44
2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ..... 60
2.5 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ..... 65
2.6 ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ..... 74
2.7 สถิติทดสอบที ..... 83
2.8 สถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure ..... 86
2.9 เครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ ..... 89
2.10 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ..... 110
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 112
2.12 กรอบแนวคิดงานวิจัย ..... 161

**หัวเรื่อง** **หน้า**


บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 163
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ..... 163
3.2 แบบแผนการวิจัย ..... 164
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 165
3.4 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย ..... 165
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 184
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 188
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 189
บทที่ 4 ผลการวิจัย ..... 196
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 196
4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 197
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 197
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 229
5.1 สรุป ..... 229
5.2 อภิปรายผล ..... 232
5.3 ข้อเสนอแนะ ..... 238
บรรณานุกรม ..... 240
ภาคผนวก ..... 257
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 258
ภาคผนวก ข การหาคุณภาพเครื่องมือ ..... 286
ภาคผนวก ค รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย ..... 303
ภาคผนวก ง การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติ ..... 305
ภาคผนวก จ หนังสือขอความอนุเคราะห์ ..... 314
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างชิ้นงานและผลการทดสอบของผู้เรียน ..... 321
การเผยแพร่ผลงานวิจัย ..... 339
ประวัติผู้วิจัย ..... 340

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


2.1 โครงสร้างรายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มพื้นฐาน ค 31101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ..... 15
2.2 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ..... 40
2.3 อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ File Menu ในโปรแกรม GeoGebra ..... 47
2.4 อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ Edit Menu ในโปรแกรม GeoGebra ..... 47
2.5 อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ View Menu ในโปรแกรม GeoGebra ..... 48
2.6 อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ Option Menu ในโปรแกรม GeoGebra ..... 49
2.7 อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ Tools Menu ในโปรแกรม GeoGebra ..... 49
2.8 อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ Help Menu ในโปรแกรม GeoGebra ..... 50
2.9 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือย้ายวัตถุ ..... 50
2.10 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือจุด ..... 51
2.11 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือเส้นตรง และเวกเตอร์ ..... 51
2.12 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือเส้นตรง และโลคัส ..... 52
2.13 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือรูปหลายเหลี่ยม ..... 53
2.14 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือวงกลม ..... 53
2.15 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือภาคตัดกรวย ..... 54
2.16 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือการวัด ..... 54
2.17 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือการแปลง ..... 55
2.18 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือกลุ่มพิเศษ ..... 56
2.19 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือแสดงผลใน Graphics View .... 56
2.20 อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือ 3 มิติเบื้องต้น ..... 58
2.21 เกณฑ์การแปลความหมายของแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ด้วยค่าเฉลี่ย ของช่วงคะแนน ..... 82
2.22 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ..... 94
2.23 ประเภทของความเชื่อมั่นความหมายและวิธีการประมาณค่า ..... 103
2.24 เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก ..... 108

**ตารางที่** **หน้า**


3.1 แบบแผนการวิจัย (One Group Pretest-Posttest Design) ..... 164
3.2 แบบแผนการวิจัย (One Group Repeated Measures Design) ..... 164
3.3 เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ..... 166
3.4 การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ..... 168
3.5 จำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย .... 172
3.6 การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย ..... 173
3.7 จำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ... 176
3.8 การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย..... 177
3.9 เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ ..... 179
3.10 เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ ..... 179
3.11 เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ การเรียงสับเปลี่ยน การจัดหมู่ ..... 179
3.12 การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบประเมินเจตคติต่อ วิชาคณิตศาสตร์ ..... 181
3.13 การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบประเมิน ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ..... 184
3.14 เกณฑ์การประเมินผล แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ..... 186
3.15 เกณฑ์การประเมินผล แบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ..... 186
3.16 เกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยพิจารณา คะแนนจากผลการสอบหลังเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ..... 187

**ตารางที่** **หน้า**

4.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดยใช้ คะแนนเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ..... 199
4.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ..... 201
4.3 ผลการวิเคราะห์ระดับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดยใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ..... 208
4.4 ผลการวิเคราะห์ระดับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ..... 211
4.5 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ก่อนเรียนและหลังเรียน นำเสนอโดย ร้อยละ (percentage) ..... 216
4.6 การเปรียบเทียบระดับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ..... 217
4.7 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ย และคะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent-Sample $t$-test) นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าองศาอิสระ ค่าสถิติที และระดับนัยสำคัญทางสถิติ ..... 218
4.8 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มเดียว (One-Sample $t$-test) นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าองศาอิสระ ค่าสถิติ และระดับนัยสำคัญทางสถิติ ..... 221

**ตารางที่** **หน้า**

4.9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed ในระยะก่อนการเรียน และระยะเวลาต่างๆ ..... 222
4.10 ค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในระยะก่อนการเรียน และระยะเวลาต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons ..... 223
4.11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed ในระยะก่อนการเรียน และระยะเวลาต่างๆ ..... 225
4.12 ค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในระยะก่อนการเรียน และระยะเวลาต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons..... 225
ข.1 การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ..... 287
ข.2 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม ( $IOC$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย ..... 290
ข.3 ค่าอำนาจจำแนก ( $B$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $r_{cc}$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย ..... 292
ข.4 ค่าความยากง่าย ( $p$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ..... 293
ข.5 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม ( $IOC$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ..... 295
ข.6 ค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ..... 296
ข.7 ค่าความยากง่าย ( $p$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ..... 296
ข.8 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม ( $IOC$ ) ของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ ..... 297

**ตารางที่** **หน้า**

ข.9 ค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) ของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ..... 298
ข.10 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม ( $IOC$ ) ของแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ ..... 300
ข.11 ค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) ของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ..... 301

# สารบัญภาพ

**ภาพที่** **หน้า**


2.1 วงจรหลักการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ปรับปรุงจาก การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem-Based Learning). โดย มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2545), *วารสารวิชาการ,* 5(2), 11-17. ..... 28

2.2 หน้าเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม GeoGebra ..... 45

2.3 หน้าต่างเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม GeoGebra ..... 46

2.4 Tools Bar เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้บ่อย ..... 50

2.5 3D Tools Bar เครื่องมือเบื้องต้น ..... 57

2.6 กรอบแนวคิดงานวิจัย ..... 162

4.1 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 201

4.2 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 202

4.3 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการบวก ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 203

4.4 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการบวก ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 203

4.5 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการคูณ ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 204

**ภาพที่** **หน้า**

4.6 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการคูณ ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 205
4.7 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ การเรียงสับเปลี่ยน ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 206
4.8 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ การเรียงสับเปลี่ยน ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 206
4.9 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ การจัดหมู่ ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 207
4.10 งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ การจัดหมู่ ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน ..... 207
4.11 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ..... 219
4.12 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ..... 227

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1) จากคุณค่าและความสำคัญของคณิตศาสตร์ดังกล่าว การเรียนรู้ในยุคใหม่ ต้องเรียนเพื่อให้เกิดทักษะในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 เน้นการจุดประกายให้ผู้เรียนใฝ่รู้ใฝ่เรียน ส่งเสริมทัศนคติที่ดีและศักยภาพของผู้เรียนให้ได้ลงมือปฏิบัติ และได้พัฒนาศักยภาพทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษนี้ (ดวงหทัย กาศวิบูลย์, 2561, น. 26) การจัดการศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นจุดมุ่งหมายสำคัญประการหนึ่งของการจัดการศึกษาของชาติ เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาคน เพื่อไปสู่การพัฒนาความเจริญในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการคิด การให้เหตุผลการสร้างองค์ความรู้ และการทำงาน การจัดการศึกษาด้านคณิตศาสตร์จึงมุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ในยุคปัจจุบันที่สังคมมีกิจกรรมที่ซับซ้อนมากขึ้นแตกต่างไปจากอดีต การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เพียงพอ มีความสามารถ ความชำนาญในการนำความรู้ไปใช้ตลอดจนพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ในระดับที่จะสามารถจัดการกับสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างสมเหตุสมผล จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง (อัมพร ม้าคนอง, 2556, น. 6) และเป้าหมายหลักของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เช่น ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 3)

รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ และเหมาะที่จะนำมาเพื่อพัฒนาให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหา คือ การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem based Learning: PBL) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยให้ความสำคัญกับประสบการณ์ และกระบวนการในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ต้องใช้ทั้งความคิด และการลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาแนวทาง หรือวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาอันจะนำไปสู่การพัฒนาทั้งความรู้และทักษะของผู้เรียน (ดวงหทัย กาศวิบูลย์, 2561, น. 63) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือ ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา และแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจนได้เห็นทางเลือก และวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้นรวมทั้งช่วยให้ผู้เรียน เกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งลักษณะที่สำคัญของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ การนำเสนอปัญหาที่เป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนจะได้องค์ความรู้จากการแก้ปัญหาโดยปัญหา จะเป็นตัวกระตุ้นหรือนำทางให้นักเรียนแสวงหาความรู้โดยการนำตนเอง จะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ และถ้านักเรียนแก้ปัญหาได้ก็จะมีส่วนช่วยให้จดจำเนื้อหาความรู้นั้นได้ง่ายและนานขึ้นเพราะมีประสบการณ์ตรงในการแก้ปัญหาด้วยความรู้ (ทิศนา แขมมณี, 2557, น. 137-138)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา (GeoGebra) เป็นนวัตกรรมการสอนที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน ที่การศึกษาด้านเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว โปรแกรมจีโอจีบราเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรมมากขึ้น ด้วยคุณสมบัติพิเศษที่สามารถแสดงการเคลื่อนไหว การหมุน และการเปลี่ยนแปลงค่าของฟังก์ชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Zhao, Daying, et al., 2024, pp. 233-237) ซึ่งโปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมประยุกต์แบบโต้ตอบ ที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับประถมจนถึงระดับมหาวิทยาลัยในหลายหลากสาขา เช่น ทางด้านเรขาคณิต พีชคณิตแคลคูลัส และสถิติ เป็นต้น การใช้โปรแกรมจีโอจีบราสามารถบูรณาการกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มช่วยพัฒนาศักยภาพของนักเรียนและครูผู้สอน อีกทั้ง ยังเป็นแนวทางในการค้นคว้าเพิ่มเติม และนำแนวคิดที่ได้ไปจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามความสามารถของตน ส่งผลให้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความคิดสร้างสรรค์ มีจินตนาการเกิดทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (The Institute for the Promotion of Teaching

Science and Technology, 2017) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้ ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นทำกิจกรรมการเรียนรู้ และ 3) ขั้นสรุป (Thipraksa, 2017 and Muangpathom, 2014) ในการสร้าง GeoGebra มีเครื่องมือมากมายที่เราสามารถทำได้ด้วยจุด เวกเตอร์ ส่วนของเส้นตรง เส้น รูปหลายเหลี่ยม ภาคตัดกรวย อสมการ พหุนามโดยปริยาย และฟังก์ชัน โดยที่ ทั้งหมดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้แบบไดนามิกในภายหลัง เราสามารถป้อนและแก้ไขวัตถุจากการที่สร้างขึ้นได้โดยตรงจากการเลือกวัตถุนั้นด้วยเมาส์และคลิกเลือก หรือผ่านทาง Input Bar นอกจากนั้น GeoGebra ได้จัดทำชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับ ฟังก์ชันอีกจำนวนมาก เช่น ในการหาอนุพันธ์และ integrals ของฟังก์ชัน เป็นต้น และที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ GeoGebra มีความสามารถในการใช้ตัวแปรสำหรับตัวเลข การใช้ Array และคำสั่งแบบมีเงื่อนไข ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมในภาษาสูง เช่น C, Java ดังนั้น โปรแกรม GeoGebra จึงเหมาะสำหรับครูและนักเรียนใช้ เพื่อคาดเดาและทำความเข้าใจวิธีพิสูจน์ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ (ชวลิต เอี่ยมเจริญ, 2561, น. 2)

เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในลักษณะต่าง ๆ เพื่อตอบสนองต่อวิชาคณิตศาสตร์ เช่น ตระหนักในคุณค่าหรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์ชอบหรือพอใจที่จะเรียนคณิตศาสตร์ พร้อมที่จะเรียนหรือแข่งขันทางคณิตศาสตร์ (อัมพร ม้าคนอง, 2556, น. 16) ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ครูผู้สอนควรคำนึงถึง และควบคู่ไปกับการให้ความรู้ด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้นคือการที่ผู้เรียนจะแสดงความรู้สึกหรือพฤติกรรมต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างไร และขึ้นอยู่กับว่าผู้เรียนมีเจตคติทางบวกหรือทางลบหากมีเจตคติทางบวกซึ่งเป็นเจตคติที่ดีแล้ว พฤติกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะปรากฏในลักษณะที่พึงปรารถนา เช่น ตั้งใจเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชอบถามคำถามคณิตศาสตร์ ชอบเข้าร่วมกิจกรรมคณิตศาสตร์ชอบช่วยเพื่อนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ แต่หากผู้เรียนมีเจตคติทางลบก็จะแสดงพฤติกรรมไปในทางตรงข้าม เช่น ไม่สนใจและไม่ตั้งใจเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พยายามหลีกเลี่ยงที่จะเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่ชอบทำการบ้านคณิตศาสตร์ ไม่ต้องการเข้าร่วมกิจกรรมหรือชมรมคณิตศาสตร์ นักเรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์จะมีความสนใจ เอาใจใส่ต่อการศึกษาค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ หมั่นทำการบ้านหรืองานที่ได้รับมอบหมาย อันจะเป็นการเสริมสร้างนิสัยที่ดีในการเรียนซึ่งอาจกล่าวได้ว่า นักเรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อาจจะส่งผลต่อความตั้งใจเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วย (Samson Oyelola Oyedeji, 2017, p. 277) เพราะว่านักเรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีความรู้สึกว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญมีประโยชน์มีความจำเป็น และมีคุณค่าควรแก่การศึกษา จึงให้ความสนใจเอาใจใส่ต่อการเรียนอย่างสม่ำเสมอใฝ่หาความรู้เพิ่มเติม จึงทำให้มีผลการเรียนดี การที่นักเรียนจะมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน

วิชาคณิตศาสตร์นั้น ครูผู้สอนจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย เพื่อตอบสนองกับความต้องการ ความถนัด ความสนใจ และศักยภาพของนักเรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล และให้นักเรียนเรียนอย่างมีความสุข มีความกระตือรือร้นในการเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ และถ้านักเรียนมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก็ย่อมจะเป็นอุปสรรคต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพราะจะทำให้นักเรียนไม่สนใจ ไม่กระตือรือร้น ไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ และไม่ชอบศึกษาค้นคว้าความรู้เพิ่มเติม (Wilson, 1971, pp. 685-689)

ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematic Anxiety) หรือความไม่สบายใจที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในปัจจัย ที่เป็นปัญหาของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การเรียนคณิตศาสตร์ตลอดจนถึงการทดสอบในวิชาคณิตศาสตร์ถือว่า เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความวิตกกังวล ผู้เรียนส่วนมากมีความเชื่อว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยากและน่าเบื่อ อีกทั้งครูผู้สอนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะเจ้าระเบียบ และเข้มงวดผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกกลัว เบื่อ และไม่อยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นก็พบว่าในขณะเรียนเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น เช่น ไม่เข้าใจเนื้อหา ทำการบ้านไม่ได้ก็จะเกิดอาการท้อจนไม่อยากเรียน นักเรียนหลายคนที่ทุกข์ทรมานจากความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีความมั่นใจเพียงเล็กน้อยในความสามารถในการทำคณิตศาสตร์ และมีแนวโน้มที่จะอยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์จำนวนน้อยที่สุด (Anderson and Bourke, 2000, p. 36) ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์นี้ เป็นผลมาจากการเห็นคุณค่าในตนเองต่ำและการกลัวความล้มเหลว มันทำให้เกิดปัญหาในการคิด จากที่กล่าวมาพบว่านักเรียนมักจะหลีกเลี่ยงคณิตศาสตร์เมื่อใดก็ตามที่เป็นไปได้ ซึ่งความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์มีผลมาจากทัศนคติที่เป็นลบต่อการเรียนคณิตศาสตร์ การไม่พอใจในความสามารถทางคณิตศาสตร์ของตนเอง และไม่เข้าใจเป้าหมายของการเรียนคณิตศาสตร์ (Norwood, 1994, p. 249) ซึ่งโดยส่วนมากนั้นความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เกิดขึ้นจากการขาดความรู้ ความชำนาญในทักษะคณิตศาสตร์ และการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Bandura, 1997, p. 75) ดังนั้นครูควรหาวิธีป้องกันเพื่อลดความกลัวหรือความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นและทัศนคติ อีกทั้ง ครูควรเห็นคุณค่า และเคารพในสิ่งที่ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น จะทำให้ผู้เรียนรู้สึกมั่นใจในการเรียน มีการรับรู้ความสามารถของตนเอง และมั่นใจในความสามารถของตนเองสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีอีกหลากหลายปัจจัยที่สำคัญ และมีอิทธิพลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียน (Bandura, 1997, p. 137)

ปัจจัยที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่ดี การเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมักประสบปัญหาจากหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปัจจัยแรกคือความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Pizzie & Kraemer, 2023, p. 44) พบว่าก่อให้เกิดความรู้สึกทางลบ ความคิดที่รบกวนสมาธิ และนำไปสู่พฤติกรรมหลีกเลี่ยงการทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ (Wakhata,

et al., 2024, p. 1) ระบุว่าความวิตกกังวลลดความสามารถในการเข้าใจและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ปัจจัยสำคัญอีกประการคือทัศนคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Suherman & Vidákovich, 2024, pp. 1-13) ชี้ให้เห็นว่าทัศนคติมีผลต่อประสบการณ์การเรียนรู้และผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยทัศนคติเชิงลบทำให้ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหาลดลง นอกจากนี้ (Egara & Mosimege, 2024, pp. 8131-8150) ได้ระบุถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความถนัดส่วนบุคคล กลยุทธ์การสอน ภูมิหลังทางเศรษฐกิจและสังคม และแรงจูงใจของผู้เรียน

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตและทดลองสอนที่โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร จังหวัดมหาสารคาม ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 และจากประสบการณ์ในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 พบว่าผลการเรียนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์มีแนวโน้มที่ไม่ดี ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความเครียดและไม่สนใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น ในการเรียนเรื่องหลักการนับเบื้องต้น นักเรียนต้องเผชิญกับปัญหาหลายประการ เช่น การแสดงแผนภาพต้นไม้ที่ซับซ้อน ซึ่งทำให้เกิดความสับสน ไม่สามารถระบุเส้นทางที่ถูกต้องหรือรวมถึงการนับจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ นักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานของความน่าจะเป็นในแผนภาพโพสสิบิลิตี้ และมีความยากลำบากในการแสดงและนับจำนวนความเป็นไปได้ในสถานการณ์ต่างๆ นักเรียนยังมีปัญหาในการใช้หลักการคูณในการนับจำนวนความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่ต่อเนื่องกัน โดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละขั้นตอน และยังพบว่ามีปัญหาในการใช้หลักการบวกเมื่อเหตุการณ์ไม่สามารถเกิดขึ้นพร้อมกันได้ ซึ่งทำให้เกิดความสับสนกับการนับเหตุการณ์ที่มีลักษณะเหมือนกันหรือซ้อนทับกัน อีกทั้งนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดของการเรียงสับเปลี่ยน โดยเฉพาะเมื่อจำนวนของรายการเพิ่มขึ้น และมีปัญหาในการคำนวณจำนวนวิธีที่เป็นไปได้ นักเรียนมักสับสนระหว่างการจัดหมู่และการเรียงสับเปลี่ยน ไม่สามารถแยกแยะได้ชัดเจนว่าการจัดหมู่มีลักษณะอย่างไรและต้องใช้หลักการใดในการคำนวณ เพื่อแก้ไขปัญหาการเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยเสนอให้มีการใช้กิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากปัญหาหรือสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้อง ผ่านกระบวนการกลุ่มและการเรียนรู้ร่วมมือ ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและการแก้ปัญหาด้วยเหตุผลให้กับนักเรียน การใช้โปรแกรม GeoGebra ยังช่วยในการแสดงแบบภาพของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่มีความน่าสนใจมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดความวิตกกังวลและเพิ่มความมั่นใจให้กับนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ด้วย การนำเสนอวิธีการใหม่ ๆ เช่นนี้อาจเป็นทางเลือกที่ดีในการพัฒนาการเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลดีต่อทั้งความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างมาก

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และผลการวิจัยที่ได้จะทำให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการเรียนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตลอดจนเป็นแนวทาง ให้คุณครูและผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้ตระหนักถึงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน อันจะส่งผลต่อการประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

1.2.2 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ก่อนและหลังเรียน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

1.2.5 เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ย และคะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3.2 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ย และคะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

1.3.3 คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ย และคะแนนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีพัฒนาการในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ที่ดีขึ้น

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

### 1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์)

### 1.4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น การจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

ตัวแปรตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

### 1.4.3 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลบูรพาวิทยาคาร อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 74 คน

### 1.4.4 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวนนักเรียน 39 คน ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

### 1.4.5 ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567

### 1.4.6 สถานที่ที่ใช้ในการวิจัย

โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากปัญหาหรือสถานการณ์จริงที่สนใจ ผ่านทางกระบวนการกลุ่ม การเรียนรู้แบบร่วมมือการสืบกันกระบวนการทำความเข้าใจและแก้ปัญหาด้วยเหตุผล ซึ่งผู้เรียนจะมีโอกาสทำงานร่วมกัน โดยร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ค้นคว้าและศึกษาข้อมูล วางแผนแก้ปัญหา หาทางเลือกที่หลากหลายและลงมือแก้ปัญหา ซึ่งตัวปัญหานั้นจะมีความสัมพันธ์กับชีวิตจริงและเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ ครูผู้สอนเป็นเพียงผู้คอยให้คำแนะนำและจัดสภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ มีขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทั้งหมด 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา และขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา

การจัดกลุ่มและการกำหนดบทบาท ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยที่มีความสามารถคละกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยและกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคน เตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบกับปัญหา การนำเสนอปัญหา ครูเชื่อมโยงนักเรียนเข้าสู่ปัญหา โดยนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความสนใจและสภาพแวดล้อมของนักเรียน เพื่อกระตุ้นความคิดและการมีส่วนร่วม

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา

การทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา นักเรียนร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์และสรุปประเด็นที่สำคัญสำรวจความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหา รวมถึงระบุประเด็นที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม การเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนค้นหาข้อมูลและทรัพยากรจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ เพื่อประกอบการวิเคราะห์และหาทางแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

การเสนอแนวคิดและการอภิปราย นักเรียนนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหา สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติ การดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือก ตรวจสอบความถูกต้อง ทบทวนและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา พร้อมประเมินผลลัพธ์ที่ได้

ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา

การนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลลัพธ์หรือคำตอบของปัญหาต่อชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเรียนรู้ร่วมกัน

ขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล

การสรุปความรู้และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม การประเมินผลประเมินผลการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และทักษะทางสังคม โดยการประเมินทำร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู รวมถึงการประเมินความเหมาะสมของปัญหาที่นำเสนอแก่กลุ่มนักเรียน

โปรแกรม GeoGebra หมายถึง เครื่องมือหรือสื่อในการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมแสดงให้เห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นที่สามารถเคลื่อนไหว พลิก หมุน หรือเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน ทำให้ผู้เรียนสามารถสังเกตด้านต่าง ๆ โดยจะนำโปรแกรม GeoGebra มาใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างองค์ความรู้ในเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย จากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ตามเกณฑ์ 70/70

70 ตัวแรก ( $E_1$ ) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบย่อย ใบงาน คิดเป็นร้อยละ 70

70 ตัวหลัง ( $E_2$ ) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง การวัดระดับความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Domain) ของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับ ความรู้ความจำ (Knowledge and Recall) การคำนวณ (Computation) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) และการสังเคราะห์ (Synthesis) ทั้งในส่วนของเนื้อหาสาระ ข้อเท็จจริงที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ และมโนทัศน์แต่ละเรื่องที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับการเรียนการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ

เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลต่อการเรียนวิชานี้ ซึ่งอาจเป็นบวกหรือลบ ส่งผลต่อการตอบสนอง เช่น ความพอใจหรือไม่พอใจ การตระหนักในคุณค่าหรือไม่เห็นคุณค่า ความชอบหรือไม่ชอบ และความพร้อมที่จะเรียน ความรู้สึกทางบวกสร้างแรงจูงใจและความตั้งใจในการเรียน ขณะที่ความรู้สึกทางลบอาจทำให้หมดกำลังใจ ดังนั้น ครูควรพัฒนาเจตคติที่ดีในนักเรียนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต เครื่องมือในการวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ คือ แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งประเมินความรู้สึกต่าง ๆ ของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ 5 ระดับในการให้คะแนนตามระดับความพอใจ การตระหนักในคุณค่าและความชอบในวิชา เพื่อให้ครูได้ข้อมูลในการปรับปรุงการสอนและพัฒนาเจตคติที่ดีในนักเรียน

ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกเครียดเมื่อเผชิญกับคณิตศาสตร์ ส่งผลให้บุคคลรู้สึกสับสน ตื่นตระหนก เกลียดกลัว และหมดกำลังใจเมื่อต้องแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความวิตกกังวลนี้ทำให้บุคคลอยากหลีกหนีหรือหลีกเลี่ยงการเรียนและการสอบวิชาคณิตศาสตร์ ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปฏิบัติงานทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ การวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ใช้แบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความวิตกกังวลในการสอบวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อต้องสอบวิชาคณิตศาสตร์หรือเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสอบคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลที่เกี่ยวกับจำนวนและตัวเลข ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อบุคคลต้องจัดการกับจำนวนหรือตัวเลขในชีวิตประจำวัน

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อสนเทศในการช่วยให้ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ และผู้เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ดังนี้

1.6.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จะได้รับประโยชน์โดยตรง โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และมีความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ลดลง ซึ่งจะส่งผลดีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

1.6.2 ครูผู้สอนคณิตศาสตร์จะได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยการใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.6.3 โรงเรียนและสถานศึกษาจะได้รับประโยชน์จากการมีแนวทางในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาด้านคณิตศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลต่อการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในภาพรวม

1.6.4 วงการการศึกษาคณิตศาสตร์จะได้องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยี ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดและพัฒนาการวิจัยในด้านนี้ต่อไป

1.6.5 ผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้แพร่หลายมากขึ้น เพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาของประเทศ

# บทที่ 2
# การทบทวนวรรณกรรม

การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. การจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
3. โปรแกรม GeoGebra
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
5. เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์
6. ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์
7. สถิติทดสอบที
8. สถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure
9. เครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ
10. ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
12. กรอบแนวคิดงานวิจัย

## 2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1-5) ได้กำหนดหลักสูตรและสาระที่จำเป็นต่อผู้เรียน คำอธิบายรายวิชา มาตรฐานการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

**2.1.1 ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์**

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยคำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ นั่นคือการเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จนั้น จะต้องเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ พร้อมที่จะประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษา หรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นสถานศึกษาควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียน

**2.1.2 เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์**

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จัดเป็น 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น

2.1.2.1 จำนวนและพีชคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับ ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน การใช้จำนวนในชีวิตจริง แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์ นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2.1.2.2 การวัดและเรขาคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับ ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วน ตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิต การนึกภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบท ทางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการนำ ความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2.1.2.3 สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับ การตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บ รวบรวมข้อมูลการคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการนับเบื้องต้นความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบาย เหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

**2.1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้**

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค. 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการ ของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้

มาตรฐาน ค. 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรมและ นำไปใช้

มาตรฐาน ค. 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหา ที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค. 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

มาตรฐาน ค. 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ ระหว่าง รูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำ ไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค. 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค. 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

**2.1.4 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์**

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น และต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ความสามารถต่อไปนี้

2.1.4.1 การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ วางแผน แก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

2.1.4.2 การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้รูปภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

2.4.1.3 การเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง

2.4.1.4 การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ

2.4.1.5 การคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่เพื่อปรับปรุง พัฒนาองค์ความรู้

**2.1.5 คุณภาพของผู้เรียน**

ผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อเรียนครบทุกผลการเรียนรู้ จะมีคุณภาพดังนี้

2.1.5.1 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับเซตและตรรกศาสตร์เบื้องต้น ในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

2.1.5.2 เข้าใจและใช้หลักการนับเบื้องต้น การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ ในการแก้ปัญหาและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้

2.1.5.3 นำความรู้เกี่ยวกับเลขยกกำลัง ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม ไปใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งปัญหาเกี่ยวกับดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน

2.1.5.4 เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ

**2.1.6 โครงสร้างเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น**

โครงสร้างเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ค 31102 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1.0 หน่วยกิต ระยะเวลา 40 ชั่วโมง มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1 ดังนี้

**ตารางที่ 2.1** โครงสร้างรายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน ค 31101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

| ลำดับที่ | ชื่อหน่วยการเรียนรู้ | มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | หลักการนับเบื้องต้น | ค 3.2 | หลักการนับ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ ซึ่งมีกฎการคูณและกฎการบวก โดยกฎการคูณเป็นการทำงานอย่างหนึ่งตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จงาน มี k ขั้นตอนต่อเนื่อง แต่กฎการบวกเป็นการทำงานอย่างหนึ่งมีวิธีทำได้ kแบบ แต่ละแบบงานเสร็จโดยไม่ต่อเนื่องกับแบบอื่น | 20 | 30 |
| 2 | ความน่าจะเป็น | ค 3.2 | 1. การทดลองสุ่มเป็นการกระทำซึ่งรู้ว่าผลลัพธ์จะเกิดขึ้นเป็นอะไรแต่ไม่สามารถบอกได้ถูกต้องแน่นอนว่าในแต่ละการทดลองผลที่เกิดจะเป็นอะไร แซมเปิลสเปซเป็นเซตของผลลัพธ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งหมดจากการทดลองสุ่มเหตุการณ์ เป็นสับเซตของเซตแซมเปิลสเปซซึ่งมีสมาชิกเป็นผลลัพธ์ที่เราสนใจจากการทดลองสุ่ม | 20 | 30 |

(ต่อ)

**ตารางที่ 2.1 (ต่อ)**

| ลำดับที่ | ชื่อหน่วยการเรียนรู้ | มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด | สาระสำคัญ | เวลา (ชั่วโมง) | น้ำหนักคะแนน |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2. ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์เป็นอัตราส่วนของจำนวนผลที่สนใจของเหตุการณ์นั้นกับจำนวนผลทั้งโหมดของการทดลองสุ่ม | | |
| คะแนนทดสอบกลางภาค | | | | | 20 |
| รวมคะแนนระหว่างเรียน | | | | | 60 |
| คะแนนทดสอบปลายภาค | | | | | 20 |
| รวมทั้งหมด | | | | | 100 |

จากตารางที่ 2.1 พบว่า โครงสร้างเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ค 31101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ประกอบด้วย 2 หน่วยการเรียนรู้ โดยหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 คือเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ระยะเวลา 18 ชั่วโมง และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 คือเรื่อง ความน่าจะเป็น ระยะเวลา 19 ชั่วโมง ชั่วโมงรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 40 ชั่วโมง ตลอดภาคการเรียนที่ 2

สรุปได้ว่า หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 ข้างต้นประกอบไปด้วยทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์ เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์เพิ่มเติม สาระคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คุณภาพของผู้เรียน และโครงสร้างเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เป็นกรอบและทิศทางในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในสังคม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ซึ่งอยู่ในสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับ การตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูลการคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการนับเบื้องต้น และความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ แล้วนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้พัฒนา

ความรู้ความเข้าใจ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ให้สูงขึ้น และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ลดลง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

## 2.2 การจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐาน (Problem-Based Learning: PBL) เป็นแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในขณะที่กำลังจดจดจ่อในการทำกิจกรรมอย่างกระตือรือร้นกับปัญหาที่มีความหมาย ผู้เรียนได้มีโอกาสในการแก้ปัญหาในบริบทของการทำงานร่วมกัน (Collaborative Settings) ได้สร้างตัวแบบการทางความคิด (Mental Model) สำหรับการเรียนรู้ และพัฒนานิสัยการเรียนรู้โดยการกำกับตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติและการสะท้อนคิด (Yew & Goh, 2016, p. 12) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริง เป็นการเรียนรู้จากกระบวนการทำงานที่มุ่งทำความเข้าใจและแก้ปัญหาโดยผู้สอนนำเสนอสถานการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนได้อภิปราย ค้นคว้า แสวงหาข้อมูล และตัดสินใจแก้ปัญหา (ยุทธพงศ์ ทิพย์ชาติ, 2558, น. 213) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.2.1 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้หลายทัศนะ ดังนี้

Albanese and Mitchell (1993, pp. 25-81) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นการเรียนรู้ที่นำตัวปัญหาเข้ามาเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้โดยปัญหา จะเป็นตัวกระตุ้นการเรียนรู้และชี้นำให้นักเรียนไปสืบค้นต่อไป

Dolmans and Schmidt (1995, pp. 228-231) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า การเรียนการสอนที่นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้ด้วยตัวเองและเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย โดยนักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นร่วมกันกับเพื่อน ๆ ซึ่งเป็นการเรียนที่ท้าทาย และสนุกสนาน

Barell (1998, p. 7) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นกระบวนการของการสำรวจ เพื่อจะตอบคำถามสิ่งที่อยากรู้อยากเห็น ข้อสงสัยและความไม่มั่นใจ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ปัญหาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ จะเป็นปัญหาที่ไม่ชัดเจน มีความยากหรือมีข้อสงสัยสามารถตอบคำถามได้หลายคำตอบ

Duch (1998, p. 1) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นวิธีการเรียนการสอนที่มีลักษณะ ใช้ปัญหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวันของนักเรียนเป็นวิธีการเรียนการสอน ที่ฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา นักเรียนจะเรียนรู้ทักษะตลอดชีวิต ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในการค้นคว้า และใช้ทรัพยากรการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพและความรู้ต่าง ๆ ที่มีอยู่ก่อนแล้ว เป็นสิ่งที่มีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

Torp and Sage (1998, p. 5) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เน้นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้าและการค้นคว้า และการแก้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน ซึ่งนักเรียนอาจพบเจอกระบวนการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน นั้นเป็นทั้งยุทธวิธีการเรียนการสอนและแนวทางในการจัดหลักสูตร ซึ่งมีลักษณะดึงดูดให้นักเรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำ และออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ส่งเสริม ให้นักเรียนได้คิดและสำรวจ หลักสูตรที่สร้างขึ้นจะมีปัญหาเป็นแกนกลาง มีบทบาทในการเตรียมประสบการณ์จริงที่ส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ สนับสนุนให้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และบูรณาการสิ่งต่าง ๆ ที่เรียนรู้ในโรงเรียนกับชีวิตจริงเข้าด้วยกัน ในขณะที่เรียนรู้นักเรียนจะถูกทำให้เป็นนักแก้ปัญหา และพัฒนาไปสู่การเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้ โดยการชี้นำตนเองได้ในกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ครูจะเป็นผู้ร่วมในการแก้ปัญหา มีหน้าที่ในการสร้างความสนใจ สร้างความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เป็นผู้แนะนำ และอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์

Kain (2003, pp. 39-72) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานไว้ว่า การที่ผู้เรียนได้ประสบพบเจอกับสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงที่น่าฉงนสงสัย รู้สึกเชื่อมโยงกับปัญหาทำให้พวกเขาจะต้องทำความเข้าใจว่าอะไรที่ควรได้รับการแก้ไข อะไรที่ต้องค้นคว้าเพื่อหาข้อมูลเพิ่มเติม แล้วพยายามที่จะหาแนวทางในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว โดยที่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้การใช้ทักษะต่าง ๆ เช่น ทักษะในการสืบค้น (Investigation) ทักษะการสื่อสาร ความพากเพียร และทักษะการแก้ปัญหาไปพร้อม ๆ กับการเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดในสิ่งที่เรียน ทั้งนี้ สถานการณ์ปัญหาคือตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้ จึงควรมีลักษณะปลายเปิดและมีความหลากหลายในแนวทางแก้ไขปัญหาหรืออาจมีหลายคำตอบ

Hmelo-Silver (2004, p. 4) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานไว้ว่า เป็นรูปแบบการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนมีการสร้างความรู้ใหม่ๆ จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริงเป็นบริบท (Context) ของการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ที่ยืดหยุ่น มีความเชื่อมั่นในตนเอง มีทักษะการร่วมมือกัน มีแรงจูงใจ มีทักษะในการคิดวิเคราะห์และ

คิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาที่ศึกษาด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ปัญหาเป็นหลัก

Savery (2006, p. 1) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานไว้ว่า แนวการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่เพิ่มขีดความสามารถของผู้เรียน (Empower) ในการศึกษาค้นคว้า หลอมรวมทฤษฎี (หรือหลักการ) เข้ากับการปฏิบัติ และประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกกำหนดให้ ซึ่งปัจจัยหลักของความสำเร็จของแนวการสอนนี้คือการเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีใครงสร้างที่หลวม ไม่สมบูรณ์ มีความคลุมเครือ (Ill-Structured Problems) และผู้สอนมีหน้าที่ให้คำขี้แนะในกระบวนการในการเรียนของผู้เรียน และดำเนินการซักถามอย่างละเอียดในช่วงของการสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้

Barell (2006, p. 5) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานไว้ว่า เป็นกระบวนการสืบค้นโดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีความยุ่งยากและเป็นปัญหา (Messy and Problematic) มีความเกี่ยวข้องกับประสบการณ์หรือสิ่งที่ผู้เรียนประสบพบเจอได้ทั่วไป ที่สามารถดึงดูดความสนใจ (Intriguing) ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น เกิดแรงใจภายายใน (Intrinsic Motivation)

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, น. 56) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานไว้ว่า เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นโดยสร้างความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและมีความสำกัญต่อผู้เรียน ตัวปัญหาจะเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้

ทิศนา แขมมณี (2552, น. 54) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ว่า เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือก และวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ

อัมพร ม้าคนอง (2553, น. 32) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาฐานไว้ว่า เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนและผู้เรียนควรร่วมกันเลือกปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้เรียนสนใจหรือต้องการเรียนรู้ โดยอาจเป็นสถานการณ์จริงหรือผู้สอนจัดให้ก็ได้ ในระหว่างการทำกิจกรรมผู้เรียนควรมี โอกาสทำงานร่วมกัน โดยร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ค้นคว้าและศึกษาข้อมูลวางแผนแก้ปัญหา หาทางเลือกที่หลากหลายและลงมือแก้ปัญหา โดยมีผู้สอนเป็นผู้แนะนำให้การสนับสนุน และประเมินการทำงานและผลการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และการปฏิบัติงาน

ราชบัณฑิตยสถาน (2555, น. 417) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง วิธีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง และดำเนินการแก้ปัญหานั้นโดยเชื่อว่ากระบวนการต่างๆที่ผู้เรียนดำเนินการ เช่น การคิดวิเคราะห์ปัญหาการแสวงหาทางแก้ปัญหาปฏิบัติการแก้ปัญหาการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ และสรุปผลโดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งรวมทั้งช่วยพัฒนาทักษะการคิด และทักษะทางสังคมของผู้เรียนได้ด้วย

นภสร เรือนโรจน์รุ่ง (2558, น. 18) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองโดยสามารถพิจารณาข้อมูลที่มีอย่างสมเหตุสมผล มีแหล่งอ้างอิงทำให้ข้อมูลน่าเชื่อถือ นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้อยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข โดยการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ตนหามาได้กับผู้อื่น ฝึกการช่วยเหลือกันขณะทำงาน การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพิ่มความสามัคคีในหมู่คณะ การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะให้ผลที่ดีต้องอาศัยโจทย์ปัญหาที่ดีด้วยจึงจะทำให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพดีที่สุด

ไพศาล สุวรรณน้อย (2558, น. 4) ได้กล่าวถึงความหมาย ของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ปัญหาเป็นหลัก ถ้ามองในแง่ของยุทธศาสตร์การสอน PBL เป็นเทคนิคการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเผชิญหน้ากับปัญหาด้วยตนเอง จะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการคิดหลายรูปแบบ เช่น การคิดวิจารณญาณ คิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์

ดวงหทัย กาศวิบูลย์ (2561, น. 63) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยให้ความสำคัญกับประสบการณ์และกระบวนการในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ต้องใช้ทั้งความคิด และการลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาแนวทาง หรือวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหา อันจะนำไปสู่การพัฒนาทั้งความรู้และทักษะของผู้เรียน

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน โดยปัญหาจะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ นำไปสู่การค้นคว้า สืบสอบ และแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มผู้เรียนจะได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน และการเรียนรู้ด้วยตนเองในขณะที่ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำและสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ วิธีการนี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ทางทฤษฎีกับการปฏิบัติ สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง และพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต

**2.2.2 ประวัติและความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน**

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงประวัติ และความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นปัญหาเป็นฐานไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Mierson and Parikh (2000, p. 23) ได้กล่าวถึงประวัติ และความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (PBL) ในปี ค.ศ. 1971 Howard Barrow เป็นผู้ริเริ่มนำการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลัก มาใช้เป็นครั้งแรกกับนักศึกษาแพทย์ มหาวิทยาลัย McMaster ประเทศแคนาดา โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้นักศึกษาแพทย์ได้รับความรู้แบบบูรณาการ สามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้ ทักษะการแก้ปัญหาเกี่ยวกับผู้ป่วย ซึ่งได้รับการยอมรับ และมีการนำไปใช้ในหลักสูตรแพทยศาสตร์ของสถาบันต่าง ๆ ต่อมามีการนำรูปแบบนี้ ไปประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในสถาบันการศึกษาสายวิชาชีพต่าง ๆ เช่น พยาบาล กฎหมาย วิศวกรรม และสถาปัตยกรรมในหลักสูตรระดับอุดมศึกษา

จารุมน หนูคง และพัลลภ พิริยะสุรวงศ์ (2557, น. 185-189) ได้กล่าวถึงประวัติและความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (PBL) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่ง ที่นำมาปรับใช้ในหลาย ๆ กลุ่มสาระการเรียนรู้ได้ เช่น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาศาสนาและวัฒนธรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้ได้รับการยอมรับว่า เป็นการเรียนการสอน ที่ให้ประสบการณ์มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะกระบวนการเรียนรู้ และพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้เรียนจะได้ฝึกฝนการสร้างองค์ความรู้โดยผ่านกระบวนการคิด ด้วยการแก้ปัญหาอย่างมีความหมาย ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการที่ครอบคลุมทั้งความสามารถทางสติปัญญา การใช้กระบวนการคิดขั้นสูงและการใช้เหตุผล

ดวงหทัย กาศวิบูลย์ (2561, น. 60-61) ได้กล่าวถึงประวัติและความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (PBL) ไว้ว่า John Dewey เป็นผู้ที่ได้เสนอแนวคิดที่เป็นรากฐานของแนวการสอน PBL (PBL teaching Approach) เนื่องจากดิ้วอี้ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้และแก้ปัญหาจากการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) โดยในช่วงปี 1970s มหาวิทยาลัย McMaster University ประเทศแคนนาดา เป็นแห่งแรกที่นำ PBL มาใช้ในการศึกษาทางการแพทย์อย่างเป็นระบบเพื่อให้นักศึกษาแพทย์ได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหาและการให้เหตุผลทางคลินิกในการระบุอาการ วินิจฉัยโรค และกำหนดวิธีการรักษาโดยการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ป่วยจริงหรือผู้ป่วยจำลองและโดยการศึกษาจากกรณีศึกษาที่เป็นลายลักษณ์อักษร (Merritt, Lee, Rillero & Kinach, 2017) โดยการออกแบบชุดสถานการณ์ปัญหาที่ไม่ใช่กรณีศึกษาแบบเดิม ๆ แต่นักศึกษาแพทย์ได้รับข้อมูลจากสถานการณ์ปัญหาที่มีข้อมูลไม่ครบถ้วน ทำให้พวกเขาต้องทำการสืบค้นหาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ได้รับเพื่อหาข้อหาข้อมูลเพิ่มและตั้งคำถามที่เหมาะสม ดำเนินการ

วางแผนเพื่อแก้ปัญหา เหล่านี้บ่มเพาะกระบวนการการให้เหตุผลทางคลินิกและความเข้าใจในเครื่องมือต่างที่พวกเขานำมาใช้ในการแก้ปัญหา (Delisle,1997) ต่อมาในวงการวิชาชีพต่าง ๆ ได้นำ PBL ไปปรับใช้ เช่น วงการโฆษณา สถาปัตยกรรม การบริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ การพยาบาลและกายภาพบำบัด โดยมีงานวิจัยที่พบว่า PBL เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาและทักษะในบริบทของวิชาชีพต่าง เหล่านี้ ซึ่งในวงการศึกษาการนำ PBL มาปรับใช้ในช่วงแรกเริ่มต้มต้นบริบททางการศึกษาในระดับอุดมศึกษา โดยพบว่าแนวการสอน PBL มีประสิทธิภาพมากกว่าการสอนแบบเต็มที่เน้นการบอกหรือบรรยาย อีกทั้งยังส่งผลดีต่อการคงทนของความรู้ในระยะยาวและการพัฒนาทักษะในด้านต่างในขณะที่การนำ PBL มาปรับใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียน พบว่ามีงานวิจัยจำนวนไม่น้อยที่แสดงให้เห็นว่า PBL ส่งผลดีต่อผู้เรียนในด้านต่าง ๆ โดยสรุปพบใน 4 ด้านได้แก่ 1) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) ด้านความคงทนของความรู้ 3) ด้านการพัฒนาความคิดรวบยอด และ 4) ด้านเจตคติต่อวิชาที่เรือน (Merritt, et al., 2017) PBL ได้รับการยอมรับและถูกนำไปปรับใช้อย่างแพร่หลายในหลากหลายวงการวิชาชีพรวมทั้งในวงการศึกษาซึ่งมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ยังได้พบว่า PBL มีผลต่อคุณภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน กล่าวคือ PBL สามารถพัฒนานิสัยการเรียนรู้โดยการกำกับตนเอง (Self-Directed Learning Habits) ทักษะในการแก้ปัญหา และความรู้ในเนื้อหาสาระวิชาอย่างลึกซึ้ง (Yew & Goh, 2016)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ประวัติ และความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (PBL) เริ่มต้นในปี 1971 โดย Howard Barrow ที่มหาวิทยาลัย McMaster ประเทศแคนาดา เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะการแก้ปัญหาในนักศึกษาแพทย์ แนวคิดนี้ได้รับแรงบันดาลใจจาก John Dewey ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ ปัจจุบัน PBL ถูกนำไปใช้ในหลายวิชาชีพและกลุ่มสาระการเรียนรู้ เนื่องจากช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริง

**2.2.3 ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 และมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนในหลายๆ ด้าน จากการที่ผู้สอนจัดการให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ใหม่ที่ได้รับ ทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและต้องการแก้ปัญหานั้น ๆ เกิดกระบวนการคิด แสวงหาข้อมูล ประมวลผลข้อมูล อภิปรายและตัดสินใจแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่จำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง และการเรียนรู้ตลอดชีวิต นอกจากนี้การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนและแรงบันดาลใจในการใฝ่หาความรู้ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากกว่าการรับฟังเนื้อหาจากผู้สอนเพียงฝ่ายเดียว การมีส่วนร่วมทำให้เกิดความรู้สึก

ความเป็นเจ้าของความรู้และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ให้ผู้เรียนนำความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมมาใช้แก้ปัญหาอย่างน่าสนใจและท้าทายในการแก้ปัญหา ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สุนันท์ สังข์อ่อง (2555, น. 12) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ทำให้เกิดแรงจูงใจเพิ่มขึ้น นักเรียนอยากเรียนรู้มากขึ้นจากปัญหาที่ได้คำตอบแล้ว

2. เป็นการเรียนรู้จากสภาพจริงทำให้สิ่งที่เรียนรู้สอดคล้องกับชีวิตจริงและมีความหมายมีคุณค่าต่อนักเรียน

3. ส่งเสริมให้เกิดการคิดขั้นสูง ทำให้นักเรียนต้องสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ ตีความข้อมูลและสังเคราะห์ความรู้เพื่อนำไปสู่การตอบปัญหา

4. ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีเรียน ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (Self-Regulated Learning)

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, น. 17) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. สถานการณ์ที่เป็นปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้

2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นและพบเห็นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียน

3. ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบนำตนเอง วางแผนการเรียน ค้นคว้าหาคำตอบ คัดเลือกแหล่งเรียนรู้และประสบการณ์ และประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. การเรียนรู้แบบนี้มีการพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน มีโอกาสเรียนรู้ความแตกต่างระหว่างบุคคล การทำความเข้าใจและปรับตัวให้เข้ากับกลุ่มเพื่อน

5. ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบบูรณาการทั้งความรู้และทักษะที่จำเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือเป็นแนวทางการสอนที่สอดคล้องกับความต้องการในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และเรียนรู้ได้ด้วยตนเองในหลากหลายสถานการณ์ กระบวนการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหานำไปสู่การกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น และแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งนี้ PBL มีความสำคัญในหลายด้านดังนี้ 1. สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ 2. เรียนรู้จากสถานการณ์จริง 3.พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง 4. ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Regulated Learning) 5. พัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน และ 6. การเรียนรู้แบบบูรณาการ

**2.2.4 ลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน**

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา และสถาบันทางการศึกษา ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

Barrows and Tamblyn (1980, p. 18) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ปัญหาจะถูกเสนอให้กับนักเรียน เป็นอันดับแรกในขั้นตอนของการเรียนรู้

2. ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้ จะเป็นปัญหาที่เหมือนกับปัญหา ที่นักเรียนสามารถพบในชีวิตประจำวัน

3. นักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มในการแก้ปัญหา โดยมีอิสระในการแสดงความสามารถในการให้เหตุผล การประยุกต์ใช้ความรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเองที่เหมาะสม กับขั้นตอนการเรียนรู้ในแต่ละขั้น

4. เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง ที่มีขั้นตอนในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทาง ในการกำหนดกระบวนการทำงาน เพื่อแก้ปัญหา

5. ความรู้และทักษะที่ต้องการให้นักเรียน ได้รับจะเกิดหลังการแก้ปัญหาหรือการทำงานที่ใช้ความรู้ และทักษะเหล่านั้น

6. การเรียนรู้จะประกอบด้วยการทำงานในการแก้ปัญหา และศึกษาด้วยตนเองโดยมีลักษณะที่บูรณาการทั้งความรู้ที่นักเรียนมี และทักษะกระบวนการเข้าด้วยกัน

Barrow (1996, pp. 5-6) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. เป็นการเรียนรู้ที่จะต้องยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ภายใต้การแนะนำของผู้สอนประจำกลุ่มโดยผู้เรียนต้องรับผิดชอบการเรียนของตนเอง ระบุสิ่งที่ตนต้องการรู้เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น โดยแสวงหาความรู้จากแหล่งที่จะให้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ซึ่งอาจมาจากหนังสือ วารสาร คณาจารย์ ข้อมูลออนไลน์หรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ

2. จัดกลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละประมาณ 5-8 คน พร้อมกับผู้สอนประจำกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยความหลากหลายของบุคคลต่าง ๆ

3. ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือผู้แนะแนวทาง โดยมีบทบาทที่ไม่ใช่ผู้บรรยายไม่ใช่ผู้บอกข้อมูล ไม่บอกผู้เรียนว่าถูกหรือผิด แต่มีบทบาทในการกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามด้วยตนเองเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ดีขึ้น และจัดการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. รูปแบบของปัญหามุ่งเน้น ให้มีการรวบรวมข้อมูล และกระตุ้นการเรียนรู้โดยปัญหาที่นำเสนอ เป็นสิ่งที่ท้าท้ายผู้เรียน ที่จะต้องเผชิญในการปฏิบัติจริง ตรงประเด็น และกระตุ้น

การเรียนรู้ให้หาทางแก้ปัญหา เป็นสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงความจำเป็น ที่จะต้องเรียนรู้พื้นฐานข้อมูล จากศาสตร์วิชาอื่นที่หลากหลาย

5. ปัญหาเป็นเครื่องมือ สำหรับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

6. ความรู้ใหม่ได้มาโดยผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างแท้จริง ในระหว่างการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีการทำงานร่วมกันกับบุคคลอื่น พร้อมทั้งได้มีการอภิปรายเปรียบเทียบ ทบทวน และโต้แย้งในสิ่งที่เรียนด้วย

Gijselaers (1996, pp. 13-14) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการสร้างไม่ใช่กระบวนการรับซึ่งการเรียนรู้ขึ้นจากการสร้างความรู้ เชื่อมโยงกับเครือข่ายมโนทัศน์ที่มีความหมายการเกิดการเรียนรู้ และข้อมูลใหม่มีอยู่แล้วในเครือข่าย ขึ้นอยู่กับว่าผู้เรียนจะทำอย่างไรกับข้อมูลเหล่านั้น ข้อมูลใหม่เกิดขึ้นได้จากการระลึกถึงความรู้เดิมที่มีอยู่ และเคยใช้ความรู้นั้น ๆ ในการแก้ปัญหา นั่นคือความรู้เดิมจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้สิ่งใหม่

2. การรู้เกี่ยวกับสิ่งที่รู้ซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ (Knowing About Knowing Affects Learning) ซึ่งการเรียนรู้จะแกร่งกล้า เมื่อนักเรียนมีทักษะในการกำกับตนเอง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ 19 ทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ นั่นคือ มีการกำหนดเป้าหมายการเรียนว่าจะทำอะไร สามารถเลือกยุทธวิธีว่าจะทำอย่างไร และมีการประเมินผลว่าบรรลุจุดมุ่งหมายหรือไม่ ซึ่งเป็นการตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง การที่จะประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหานั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการมีความรู้อยู่ในตัวเพียงอย่างเดียว แต่จะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วิธีการ ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งความสำเร็จบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้

3. ปัจจัยทางสังคม และองค์ประกอบแวดล้อมที่มีอิทธิพล ต่อการเรียนรู้ เป็นปัจจัยที่เป็นตัวนำให้นักเรียน เกิดความเข้าใจในความรู้ และสามารถนำไปใช้เป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาซึ่งจะสามารถทำให้ ประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมาย ที่ต้องการในการศึกษาระดับสูงขึ้น รูปแบบการเรียนที่เป็นไปตามสภาพแวดล้อม ที่ทำให้ผู้เรียนได้ประสบกับปัญหาจริงหรือการได้ปฏิบัติเกี่ยวกับอาชีพ ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้เกี่ยวกับการรู้คิดไปใช้ในการแก้ปัญหาและปัจจัยทางสังคมนั้นก็มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล นั่นคือการทำงานเป็นกลุ่ม ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกัน และกัน อันจะก่อให้เกิดทางเลือกหลากหลายที่จะนำไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหา

Torp and Sage (1998, pp. 14-16) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ดึงดูดความสนใจของนักเรียน เหมือนพวกเขาได้เข้าไปอยู่ในสถานการณของปญหาที่เกิดขึ้นจริง

2. รวบรวมหลักสูตร ที่เกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายจากการเรียนรู้ของนักเรียนในทิศทาง ที่เกี่ยวกับการเชื่อมโยงกัน

3. สร้างบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ โดยครูเป็นผู้รวบรวมความคิดของนักเรียน และแนะนำให้นักเรียนตั้งคำถาม เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง

Illinois Mathematics and Science and Academy (2001, p. 14) สถาบันคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์แห่งอิลลินอยส์ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ในการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ปัญหาที่มีแนวทางในการหาคำตอบหลากหลาย (Ill-Structured Problem) จะถูกนำเสนอเป็นอันดับแรก และจัดเป็นศูนย์กลางของเนื้อหาสาระและบริบทของการเรียนรู้

2. ปัญหาที่เป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ มีลักษณะดังนี้

2.1 โครงสร้างที่มีลักษณะ ที่สามารถหาแนวทางในการหาคำตอบได้หลากหลาย (Ill-Structured) เป็นลักษณะปัญหาตามแบบธรรมาติทั่วไป

2.2 สถานการณ์มีลักษณะที่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ตายตัว (Messy)

2.3 มีการเปลี่ยนแปลงได้เสมอเมื่อมีข้อมูลใหม่ ๆ เพิ่มเข้ามา

2.4 ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ง่ายหรือรูปแบบการไม่แน่นอน

2.5 ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเสมอไป

3. การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานในชั้นเรียนนั้น นักเรียนจะถูกจัด บทบาทเป็นนักแก้ปัญหา ครูมีบทบาทเป็นผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ (Tutors and Coaches)

4. ในกระบวนการสอน และการเรียน จะมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ แต่ความรู้นั้นผู้เรียนแต่ละคน จะต้องสร้างขึ้นด้วยตนเอง การคิดต้องเต็มไปด้วยความชัดเจน มีความหมาย

5. การประเมินการเรียนรู้ จะประเมินตามสภาพจริงโดยดูที่ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหา

Zhang (2002, pp. 30-31) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. เป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้มาจากการแก้ปัญหา ที่มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับชีวิตจริงมากที่สุด

2. ใช้ปัญหาเป็นตัวขับเคลื่อนในการเรียนรู้

3. เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ ระหว่างความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ และทักษะกระบวนการเข้าด้วยกัน

4. นักเรียนจะเป็นผู้ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และเอื้ออำนวยความสะดวก ในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน

5. เป็นการเรียนรู้แบบชี้นำตนเอง นักเรียนจะเป็นผู้กำหนดทิศทางของการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในการกำหนดว่าต้องเรียนรู้อะไร อย่างไร จากที่ใด เพื่อให้ได้ความรู้มาแก้ปัญหา

6. เป็นการเรียนรู้จากกระบวนการของการเรียนรู้ การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนรู้จะเกิดขึ้นขณะดำเนินการแก้ปัญหา

7. เป็นการเรียนรู้แบบช่วยเหลือกันเป็นกลุ่ม

8. ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้จะเป็นปัญหาที่ยาก มีความซับซ้อน ไม่ชัดเจน เป็นปัญหาปลายเปิดที่สามารถกระตุ้นนักเรียนให้ได้ใช้ความคิด ทำความเข้าใจปัญหา และค้นคว้าหาความรู้มาเพื่อแก้ปัญหานั้น

9. ให้ความสำคัญกับประสบการณ์ และความรู้ที่มีอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งครูใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม กับนักเรียนแต่ละคน

มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2545, น. 13) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้อย่างแท้จริง (Student-Centered Learning)

2. การเรียนรู้เกิดขึ้นในกลุ่มผู้เรียนที่มีขนาดเล็ก

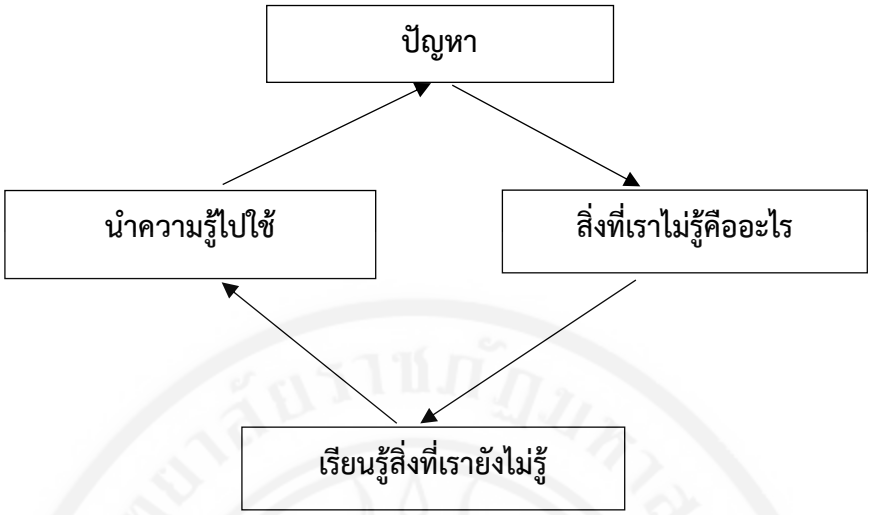
3. ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) หรือผู้ให้คำแนะนำ (Guide)

4. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้

5. ปัญหาที่นำมาใช้ลักษณะคลุมเครือ มีความไม่ชัดเจน ปัญหาหนึ่งปัญหาอาจมีคำตอบได้หลายคำตอบหรือแก้ไขปัญหาได้หลายทาง (Ille-Structure Problem)

6. ผู้เรียนเป็นคนแก้ปัญหาโดยแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง (Self-Directed Learning)

7. ประเมินผลจากสถานการณ์จริง โดยพิจารณาจากความสามารถในการปฏิบัติ (Authentic Assessment) การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) ไม่ใช่การสอนแบบแก้ปัญหา (Problem Solving Method) เพราะการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับศาสตร์โดยตรง ของผู้เรียนต้องมาก่อน โดยปัญหาจะเป็นตัวกระตุ้นหรือนำทางให้ผู้เรียนต้องไปแสวงหาความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง เพื่อจะได้ค้นพบคำตอบของปัญหานั้น กระบวนการหาความรู้ด้วยตนเองนี้ จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหา ดังภาพประกอบต่อไปนี้




**ภาพที่ 2.1** วงจรหลักการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL). ปรับปรุงจาก การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem-Based Learning), โดย มัณฑรา ธรรมบุศย์, (2545), *วารสารวิชาการ,* 5(2), 11-17.

ทิศนา แขมมณี (2552, น. 137-138) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอน เป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา และแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะ กระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550, น. 2-3) ได้กล่าวถึงลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และเริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้

2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ ควรเป็นปัญหาที่พบเห็นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียนหรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นจริง

3. ผู้เรียนเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-Directed Learning) ค้นหาและการแสวงหาความรู้คำตอบด้วยตนเอง ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง บริหารเวลา คัดเลือกวิธีการเรียนรู้ และประสบการณ์การเรียนรู้ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. ผู้เรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย เพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้ข้อมูลร่วมกัน เป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุและผล ฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะในการรับส่งข้อมูลเรียนรู้ เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคล และฝึกการจัดระบบตนเองเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นทีม ความรู้จากคำตอบที่ได้มีหลากหลายองค์ความรู้ จะผ่านการวิเคราะห์โดยผู้เรียนมีการสังเคราะห์ และตัดสินใจร่วมกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนอกจากจัดการเรียนรู้เป็นกลุ่มแล้วยังสามารถจัดการเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้ แต่อาจทำให้ผู้เรียนขาดการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. การเรียนรู้มีลักษณะบูรณาการความรู้ และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ และคำตอบที่กระจ่างชัด

6. ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้นั้นจะได้มาภายหลัง จากการผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น

7. การประเมินผลเป็นการประเมินผลจากสภาพจริง โดยที่จะมีการพิจารณาจากการปฏิบัติงานและผลของความก้าวหน้าของผู้เรียน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ลักษณะการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) มีจุดเด่นคือเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยตนเองผ่านการทำงานกลุ่มย่อย ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก ปัญหาที่ใช้มักซับซ้อนและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง กระตุ้นการคิดวิเคราะห์และสร้างความรู้ใหม่ การเรียนรู้มีลักษณะบูรณาการและประเมินผลจากสถานการณ์จริง เน้นพัฒนาทักษะสำคัญ เช่น การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกันและการเรียนรู้ด้วยตนเอง

**2.2.5 ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน**

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา และสถาบันทางการศึกษา ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Duch (1995, p. 1) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่ใช้ ในการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. เป็นปัญหาที่มีประสิทธิภาพ ต้องดึงดูดใจผู้เรียนเป็นประการแรก และกระตุ้นให้ผู้เรียนสำรวจ เพื่อความเข้าใจมโนทัศน์ที่ลึกซึ้ง ปัญหานั้นควรสัมพันธ์กับความเป็นจริง

2. ปัญหาที่ดีต้องการให้ผู้เรียนได้ตัดสินใจหรือพิจารณา โดยใช้ข้อเท็จจริงที่พอหาได้/ข้อสนเทศ/เหตุผล/และการมีหลักการ และเหตุผล นอกจากนี้ปัญหานั้นควรต้องให้ผู้เรียนได้ให้นิยามข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องจำเป็น เพื่อที่จะกล่าวถึงข้อสนเทศใดที่เกี่ยวข้อง หรือขั้นตอนใดหรือการปฏิบัติใด ที่ต้องการจำเป็นที่จะเข้าถึงปัญหาได้

3. ความร่วมมือจากสมาชิกทั้งหมด ของกลุ่มผู้เรียนมีความจำเป็น เพื่อที่จะได้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านปัญหาที่มีความยาก และซับซ้อนของปัญหา ปัญหาจะต้องได้รับการควบคุม เพื่อว่าผู้เรียนจะได้ตระหนักในแง่ที่ว่า “การแข่งและชัยชนะ” ซึ่งไม่ใช่กลยุทธ์ของการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

4. คำตอบตอนเริ่มแรกในปัญหา ควรแสดงถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสมาชิกของกลุ่มในการอภิปราย ซึ่งลักษณะเหล่านี้รวมถึงปัญหาปลายเปิด ที่ไม่จำกัดว่ามีคำตอบเดียว ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้ที่เรียนไปก่อนแล้ว และมีการประเมินปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นผู้เรียนให้ดึงความรู้ และแนวคิดซึ่งกันและกันออกมา

5. วัตถุประสงค์ และเนื้อหาของรายวิชา ควรรวมเข้าไว้ในปัญหาเชื่อมโยงความรู้เดิมกับมโนทัศน์ใหม่ และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับมโนทัศน์ในรายวิชาอื่น และสาขาวิชาอื่น

Illinois Problem-Based Learning Network (1996, อ้างถึงใน รังสรรค์ ทองสุกนอก, 2547, น. 11) ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Center for Problem-Based Learning) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า ดังนี้

1. เป็นปัญหาที่มีคุณสมบัติที่ยุ่งเหยิง และมีความซับซ้อน
2. เป็นปัญหาที่ต้องการการสำรวจ การค้นคว้า และการรวบรวมข้อมูล
3. เป็นปัญหาที่ต้องมีการทดลองดูก่อน นั่นคือเป็นปัญหาที่ไม่สามารถ หาคำตอบได้ทันทีจะต้องใช้การตรวจสอบก่อน
4. มีคำตอบหลายคำตอบ ไม่สามารถใช้สูตรใดสูตรหนึ่งหาคำตอบได้ทันที

Torp and Sage (1998, p. 20) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหา ที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าดังนี้

1. จะต้องมีความคลุมเครือ
2. จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีข้อมูลใหม่มาสนับสนุน
3. ไม่สามารถแก้ไขได้โดยง่ายหรือไม่ได้ใช้สูตรตายตัวในการหาคำตอบ

Illinois Mathematics and Science and Academy (2001) สถาบันคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์แห่งอิลลินอยส์ ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหา ที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่ามีลักษณะ ดังนี้

1. โครงสร้างที่มีลักษณะ ที่สามารถหาแนวทางในการหาคำตอบได้หลากหลาย (Ill-Structured) เป็นลักษณะปัญหาตามแบบธรรมชาติทั่วไป
2. สถานการณ์จะมีลักษณะที่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ตายตัว (Messy)
3. มีการเปลี่ยนแปลงได้เสมอเมื่อมีข้อมูลใหม่ ๆ เพิ่มเข้ามา

4. ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ง่าย ๆ หรือรูปแบบการแก้ปัญหาไม่แน่นอน

5. ไม่มีคำตอบที่ถูกเสมอไป

Kain (2003, pp. 39-72) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. ปัญหานั้นต้องทันสมัย และเกี่ยวข้องกับนักเรียน กล่าวคือ เป็นปัญหาที่ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้อยากเห็น

2. ปัญหานั้นต้องมีความสมจริง หรือเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมากพอที่จะให้นักเรียนเกิดความตระหนัก และเห็นถึงความสำคัญของการแก้ปัญหา

3. ปัญหานั้นต้องมีความจำเป็นมากพอ ที่จะดึงดูดให้นักเรียนคิดว่าเป็นสิ่งที่คุ้มค่าที่จะแก้ปัญหา และนักเรียนเกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของปัญหา (Ownership)

4. ปัญหานั้นต้องไม่มีความสมบูรณ์จนเกินไป (Ill-Structured) กล่าวคือ ปัญหานั้นต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหา และเติมเต็มสิ่งที่ขาดหายไปของปัญหาให้สมบูรณ์

5. ปัญหานั้นต้องมีความซับซ้อนมากพอ ที่จะให้นักเรียนต้องใช้ความพยายามในการแก้ปัญหาและมีความซับซ้อนมากพอ โดยควรมีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายหรือมีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ

6. ปัญหานั้นสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และตามมาตรฐานการศึกษาที่กำหนดไว้ด้วย

ทิศนา แขมมณี (2552, น. 137) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหา ที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า ปัญหาสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดภาวะงุนงงสงสัย และความต้องการที่จะแสวงหาความรู้ เพื่อขจัดความสงสัยดังกล่าว การให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาจริงหรือสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ และร่วมกันคิดหาทางแก้ปัญหานั้น ๆ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ อันเป็นทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต และการเรียนรู้ตลอดชีวิต

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแห่งมหาวิทยาลัยแซมฟอร์ด (พิจิตร อุตตะโปน, 2550, น. 19, อ้างถึงใน Center or Problem Base Learning at Samford University) ได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนการสอน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

1. เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน และเป็นปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง

2. เป็นปัญหาที่ต้องมีการสืบสวนค้นคว้า รวบรวมข้อมูล การไตร่ตรองเพื่อแก้ปัญหาและใช้กระบวนการกลุ่มในการหาคำตอบ

3. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที จะต้องมีการตรวจสอบก่อนและเป็นปัญหาที่ต้องใช้ความรู้ หรือประสบการณ์ในการหาคำตอบ

4. เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ง่าย และมีหลายคำตอบ ไม่สามารถใช้สูตรใดสูตรหนึ่งหาคำตอบได้ทันที

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ ปัญหาดึงดูดความสนใจ มีความสมจริง ซับซ้อน และเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง โดยต้องไม่มีคำตอบที่แน่นอน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นคว้า วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีหลากหลาย ปัญหาควรเชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้และเสริมสร้างความรู้ใหม่ผ่านการทำงานร่วมกัน เพื่อพัฒนาทักษะ ความคิดสร้างสรรค์ และการเรียนรู้อย่างยั่งยืน

**2.2.6 การนำแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**

เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ พัฒนาทักษะที่จำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในชีวิตจริง และการเรียนรู้ตลอดชีวิตนั้น ผู้สอนจะต้องมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญหลายท่านได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้หลายทัศนะ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Good (1973, pp. 25-30) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กลุ่มผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหา และข้อความที่ปรากฏอยู่ในปัญหามีความชัดเจน โดยอาศัยความรู้พื้นฐานของสมาชิกภายในกลุ่ม หรือศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและงานวิจัยอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 2 กลุ่มผู้เรียนระบุปัญหาหรือข้อมูลสำคัญร่วมกัน โดยมีการพูดคุยภายในกลุ่ม เข้าใจปัญหาเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่กล่าวถึงในปัญหานั้น

ขั้นตอนที่ 3 กลุ่มผู้เรียนร่วมกันระดมสมอง เพื่อวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ อธิบายถึงความเชื่อมโยงต่าง ๆ ของข้อมูลหรือปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 กลุ่มผู้เรียนกำหนด และจัดลำดับความสำคัญของสมมติฐาน พยายามหาเหตุผลอธิบายปัญหาหรือข้อมูลที่ค้นพบ โดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน การแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล ตั้งสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผลสำหรับปัญหานั้น ๆ

ขั้นตอนที่ 5 กลุ่มผู้เรียนกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อค้นหาข้อมูลหรือความรู้ที่อธิบายหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผู้เรียนสามารถบอกได้ว่าความรู้ส่วนใดรู้แล้ว ส่วนใดต้องกลับไปทบทวน ส่วนใดยังไม่รู้ หรือจำเป็นต้องกลับไปค้นคว้าเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 6 ผู้เรียนค้นคว้ารวบรวมสารสนเทศจากสื่อ และแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 7 จากการรายงานข้อมูล หรือสารสนเทศใหม่ที่ได้มาแล้วนั้น จากนั้นผู้เรียนจะนำมาอภิปราย วิเคราะห์ สังเคราะห์ ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการและประเมินผลการเรียนรู้

Schmidt (1993, pp. 422-423) ได้กล่าวถึงขั้นตอน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเรียนกลุ่มย่อยครั้งแรก นักเรียนได้รับโจทย์ปัญหา ซึ่งเป็นสถานการณ์จริงที่เกิดในวิชาชีพ นักเรียนในกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์แยกแยะปัญหา แยกปัญหาออกเป็นประเด็นต่าง ๆ แล้วหยิบยกแต่ละปัญหา มาพิจารณาแต่ละข้อว่ามีต้นเหตุความเป็นมาอย่างไร และควรแก้ไขอย่างไรตั้งสมมติฐาน กำหนดวัตถุประสงค์ การเรียนรู้เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน ผู้สอนควรดูแลชี้แนะให้ผู้เรียนกำหนดวัตถุประสงค์ ให้ตรงกับวัตถุประสงค์หลักของหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 2 นักเรียนแยกย้ายไปค้นคว้าตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ทุกคนค้นคว้าตามวัตถุประสงค์ เมื่อได้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนจึงกลับมารวมกลุ่มกันอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการเรียนกลุ่มย่อยครั้งที่ 2 นักเรียนทุกคนจะร่วมกันอภิปรายถกเถียงถึงหัวข้อความรู้ที่ได้ ไปค้นคว้ามาว่าตรงประเด็นการแก้ปัญหาหรือไม่ สามารถเข้าใจปัญหาเพิ่มขึ้นได้หรือไม่ พร้อมทั้งสรุปเป็นความรู้ทั่วไป ผู้สอนมีหน้าที่ชี้แนะ หากนักเรียนมีข้อมูลไม่ครบหรือไม่ถูกต้อง แต่ไม่ได้เป็นผู้สรุปให้นักเรียน

ศูนย์การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Center for Problem-Based Learning) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (Illinois University) สหรัฐอเมริกา (Torp & Sage, 1998, pp. 33-43) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อมของผู้เรียน ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเตรียมให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเป็นผู้เผชิญกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งการเตรียมความพร้อมนี้ขึ้นอยู่กับอายุ ความสนใจ ภูมิหลังของผู้เรียน ในการเตรียมความพร้อมนี้จะให้ผู้เรียนได้อภิปรายเกี่ยวเนื่องถึงเรื่องที่จะสอนอย่างกว้างๆ ซึ่งจะต้องตระหนักว่าการเตรียมความพร้อมนี้ไม่ใช่การสอนเนื้อหาก่อน เพราะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานต่างจากการเรียนรู้แบบอื่น ตรงที่ความรู้หรือทักษะที่ผู้เรียนได้รับจะเป็นผลมาจากการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นพบปัญหาในขั้นนี้ มีจุดมุ่งหมายสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดบทบาทของตนในการแก้ปัญหา และกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการที่จะแก้ปัญหา ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้อภิปราย และเสนอความคิดเห็นต่อปัญหา เมื่อมองเห็นถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นนิยามว่า เรารู้อะไร (What We Know) เราจำเป็นต้องเรียนรู้อะไร (What We Need to Know) และแนวคิดของเรา (Our ideas) ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสริมให้

ผู้เรียนได้พัฒนาสิ่งที่ตนรู้อะไร อะไรที่จำเป็นต้องรู้ และแนวคิดอะไรที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พิจารณาถึงความรู้ที่ตนเองมีที่เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา และเตรียมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปแก้ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะทำความเข้าใจปัญหา และพร้อมที่จะสำรวจ ค้นคว้าหาความรู้เพื่อการแก้ปัญหา ครูจะให้นักเรียนได้กำหนดสิ่งที่ตนรู้จากสถานการณ์ปัญหา สิ่งที่จำเป็นที่ต้องรู้เพิ่มเติมที่จะมาส่งเสริมให้สามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งจะระบุแหล่งข้อมูลสำหรับค้นคว้าและแนวคิดในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นกำหนดปัญหา จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์ที่ได้เผชิญ และกำหนดเงื่อนไขที่ขัดแย้งกับเงื่อนไขที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ ซึ่งจะช่วยให้ได้คำตอบของปัญหาที่ดี

ขั้นที่ 5 ขั้นค้นคว้า รวบรวมข้อมูล และเสนอข้อมูล ผู้เรียนจะช่วยกันค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็น ต้องรู้จักจากแหล่งข้อมูลที่กำหนดไว้แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาเสนอต่อกลุ่มให้เข้าใจตรงกัน จุดมุ่งหมายในขั้นนี้ ประการแรกเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนวางแผน และดำเนินการรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งเสนอข้อมูลนั้นต่อกลุ่ม ประการที่สองเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจว่าข้อมูลใหม่ที่ค้นคว้ามาทำให้เข้าใจปัญหาอย่างไร และจะประเมินข้อมูลใหม่เหล่านั้นว่าสามารถช่วยเหลือให้เข้าใจปัญหาได้อย่างไรด้วย ประการที่สามเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถทางการสื่อสาร และการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งช่วยให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 6 ขั้นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ค้นคว้ากับปัญหาที่กำหนดไว้แล้วแก้ปัญหาบนฐานข้อมูลที่ค้นคว้ามา เนื่องจากปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้สามารถเป็นไปได้ให้มากที่สุด

ขั้นที่ 7 ขั้นการประเมินค่าของคำตอบ จุดมุ่งหมายในขั้นนี้เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนทำการประเมินค่าสิ่งที่มาช่วยในการแก้ปัญหา (ข้อมูลที่ค้นคว้ามา) และผลของคำตอบที่ได้ในแต่ละปัญหาว่าทำให้เรียนรู้อะไร ซึ่งนักเรียนจะแสดงเหตุผล และร่วมกันอภิปรายในกลุ่มโดยใช้ข้อมูลที่ค้นคว้ามาเป็นพื้นฐาน

ขั้นที่ 8 ขั้นการแสดงคำตอบ และการประเมินผลงานในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนเชื่องโยงและแสดงถึงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ ได้ความรู้มาอย่างไร และทำไมความรู้นั้นถึงสำคัญ ในขั้นนี้นักเรียน จะเสนอผลงานออกมาที่แสดงถึงกระบวนการเรียนรู้ตั้งแต่ต้นจนได้คำตอบของปัญหา ซึ่งเป็นการประเมินผลงานของตนเองและกลุ่มไปด้วย

ขั้นที่ 9 ขั้นตรวจสอบปัญหาเพื่อขยายการเรียนรู้ในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันกำหนดสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ต่อไป นักเรียนจะพิจารณาจากปัญหาที่ได้ดำเนินการไปแล้วว่ามีประเด็น อะไรที่ตนสนใจอยากเรียนรู้อีก เพราะในขณะดำเนินการเรียนรู้นักเรียนอาจจะมีสิ่งที่อยากรู้นอกจากที่ครูจัดเตรียมไว้ให้

จากขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 9 การดำเนินการเรียนรู้จะดำเนินเป็นวงจร หากขั้นใดมีข้อสงสัยก็ย้อนกลับไปยังขั้นก่อนหน้านั้น และเมื่อจบการเรียนรู้จากปัญหาหนึ่ง ๆ แล้วจะกำหนดปัญหาใหม่ และในแต่ละขั้นจะประกอบไปด้วยการประเมินการเรียนรู้

Tan (2017, pp. 1018-1021) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดยมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพบปัญหา (Meeting the problem) ในขั้นตอนนี้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้น และขยายบริบทของนักเรียนที่เหมือนจริง นักเรียนตกแต่งรายละเอียด ของประเด็นปัญหาที่น่าจะเกิดขึ้น รับฟังความคิดเห็นของคนส่วนใหญ่ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของปัญหาและมุ่งมั่นที่จะพิจารณาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา และการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาและการเรียนรู้ประเด็นปัญหา (Problem Analysis and Learning Issue) เป็นการนำเข้ามาในการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยตรง ในขั้นตอนนี้ความรู้เดิมของนักเรียนจะมีการเปิดใช้งาน และสร้างความคิดสำหรับการเรียนรู้ต่อไป นักเรียนระดมสมองและวิเคราะห์ปัญหาที่พบ ระบุประเด็นการเรียนรู้ และกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การค้นพบและการรายงานผล (Discovery and Reporting) นักเรียนแต่ละคนรายงานข้อค้นพบที่ได้จากการไปศึกษาค้นคว้า แบ่งปันข้อมูลหรือสารสนเทศใหม่ ๆ ที่แต่ละคนได้ไปศึกษามา และวิเคราะห์ สังเคราะห์ ทบทวน และประเมินคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้

ขั้นตอนที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา และสะท้อนผล (Solution Presentation and Reflection) นำเสนอข้อค้นพบหรือคำตอบของปัญหา และการเรียนรู้รวมกันผ่านการอภิปราย สะท้อนผล และประเมินผล

ขั้นตอนที่ 5 ข้อคิดเห็น การบูรณาการ และการประเมินผล (Overview Integration and Evaluation) ครูผู้สอน และนักเรียนรวมกันแสดงความคิดเห็น สรุปผลหรือตกแต่งรายละเอียดของการแก้ปัญหาที่ได้นำมาเสนอ และช่วยกันประเมินผลสิ่งที่ได้รวมกันทำหลังจากได้นำเสนอปัญหาและผลการแก้ปัญหาที่ผ่านการสะท้อนผล หรือผ่านการพิจารณาแล้ว

Stix and Hrbek (2006, pp. 1-120) เสนอขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 9 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ครูให้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงแก่นักเรียนด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การอธิบาย การเล่าเรื่องประกอบ หรือการใช้รูปภาพประกอบการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 2 กำหนดบทบาทของนักเรียนให้เป็นผู้แก้สถานการณ์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะเริ่มคิดหาวิธีการในการแก้สถานการณ์ปัญหาตามแนวคิดของตนเอง

ขั้นที่ 3 นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำการแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือความเห็น ตรวจสอบความรู้ที่แต่ละคนมี และสิ่งที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ครูให้คำแนะนำ และนักเรียนในกลุ่มพิจารณาร่วมกันเกี่ยวกับเกณฑ์ที่จะใช้สำหรับการประเมินผล

ขั้นที่ 5 นักเรียนในกลุ่มรวบรวมข้อมูลเนื้อหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น

ขั้นที่ 6 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันสร้างวิธีการในการแก้สถานการณ์ปัญหานั้น จากข้อมูลต่อกลุ่มของตนเองได้รวบรวมไว้ จนได้ผลลัพธ์สุดท้ายของการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 7 นักเรียนในแต่ละกลุ่มเตรียมการนำเสนอผลงานของตนเอง

ขั้นที่ 8 นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอวิธีการในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่แต่ละกลุ่มได้ทำโดยครูผู้สอนเป็นผู้สังเกตการณ์ และกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม

ขั้นที่ 9 นักเรียนในแต่ละกลุ่ม สะท้อนผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่กลุ่มของตนเองได้กระทำ โดยประเมินผลตามเกณฑ์ที่ได้วางไว้ในขั้นตอนที่ 4 และเปรียบเทียบวิธีการในการแก้สถานการณ์ ปัญหาของกลุ่มต่างๆ เพื่อหาข้อสรุปที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแก้สถานการณ์ปัญหานั้น

ชานนท์ จันทรา (2549, น. 47-50) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพบปัญหา เป็นขั้นตอนของการระบุถึงปัญหาที่พบหรือการสร้างปัญหาซึ่งอาจเกิดจากการอ่าน การสะท้อนปัญหาหรือการไต่ถามของนักเรียนแต่ละคน โดยจะมีการมอบหมายบทบาทและหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม และสมาชิกในกลุ่มจะร่วมกันระดมความคิดและตกแต่งรายละเอียดของประเด็นปัญหาที่น่าจะเกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาและการเรียนรู้ประเด็นปัญหา เป็นขั้นตอนของการระดมความคิดและวิเคราะห์ปัญหาที่พบ โดยการสำรวจและทบทวนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การระบุประเด็นการเรียนรู้และกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ จากนั้นจึงมอบหมายงานที่ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 การค้นพบและการรายงานผล เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแนวคิดข้อความรู้ วิธีการหรือสิ่งที่คาดว่าจะเป็นคำตอบของปัญหา และรายงานข้อค้นพบที่ได้จากการไปศึกษาค้นมาให้กลุ่มทราบ จากนั้นสมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและหาแนวทางที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหา โดยการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ทบทวนและประเมินคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้เพื่อเตรียมนำเสนอต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหาและสะท้อนผล ในขั้นตอนนี้แต่ละกลุ่มนำเสนอข้อค้นพบหรือคำตอบของปัญหาโดยการเรียนรู้ร่วมกันกับกลุ่มอื่นผ่านการอภิปราย สะท้อนผล และประเมินผล

ขั้นตอนที่ 5 ข้อคิดเห็น การบูรณาการ และการประเมินผล ในขั้นนี้ครูและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น สรุปผลหรือตกแต่งรายละเอียดของการแก้ปัญหาที่แต่ละกลุ่มได้นำเสนอ โดยสมาชิกในแต่ละกลุ่มช่วยกันประเมินผลสิ่งที่ได้ร่วมกันทำ หลังจากได้นำเสนอปัญหาและผลการแก้ปัญหาที่ผ่านการสะท้อนผลหรือผ่านการพิจารณาแล้ว

มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2549, น. 11-17) ได้เสนอลำดับขั้นของผู้สอนและลำดับขั้นการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

ลำดับขั้นของผู้สอน ผู้สอบสามารถดำเนินการดามลำดับขั้น 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างกลุ่มย่อย ก่อนที่จะเริ่มต้นการสอน ให้แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละประมาณ 5-6 คน ตามความสมัครใจของนักเรียนหรือผู้สอนอาจจัดแบ่งมาล่วงหน้าก็ได้

ขั้นที่ 2 ขั้นนำเสนอปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนฉายภาพสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้รับรู้ปัญหาอาจจะนำมาจากกรณีตัวอย่าง เทปโทรทัศน์ รายงานการค้นคว้าปัญหาจากชีวิตจริงที่สำคัญ คือปัญหาควรมีลักษณะคลุมเครือ ไม่ชัดเจน ไม่ควรใช้ปัญหาที่ง่ายเกินไปจนกระทั่งนักเรียนสามารถใช้ความรู้เดิมในการแก้ปัญหาได้ เพราะจุดประสงค์ของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ ระหว่างที่นักเรียนอยู่ในกระบวนการเรียนรู้ต้องการให้นักเรียนค้นหาความรู้เพื่อให้ได้ความคิดรวบยอด หลักการ หรือทักษะใหม่ ๆ ให้มากที่สุด

ขั้นที่ 3 ขั้นกระบานการกลุ่ม เป็นขั้นที่ผู้อนกระะชั้นนั้นหรือนทุกกลุ่มให้จ่ายกันระคมความคิดโดยอาศัยความรู้เดิมที่แต่ละคนมีอยู่ แล้วจึงสะท้อนสิ่งที่ตนรู้ให้เพื่อน ๆ ในกลุ่มได้รับรู้ ในขั้นนี้ผู้สอนต้องให้อิสระแก่นักเรียน ไม่ควบคุมจนมากเกินไป

ชั้นที่ 4 ขั้นเสนอผลการระคมความคิด เป็นขั้นที่ผู้สอนให้นักเรียนรายงานผลการระดมความคิดของกลุ่มเพื่อให้สมาชิกทั้งชั้นเรียนได้รับรู้ โดยอาจให้ตัวแทนกลุ่มอออกมาเขียนกระดานหรือให้รายงานหน้าชั้นก็ได้ หลังจากนั้นจึงให้นักเรือนทุกคนร่วมกับอภิปราย

ขั้นที่ 5 ขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนขอให้นักเรียนแต่ละกลุ่มหาทางออกหรือเสนอวิธีแก้ปัญหาว่าจะทำอย่างไร ผู้สอนมีหน้าที่แนะนำให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากภายนอกกลุ่ม เช่น ศึกษาจากตำรา เอกสารทางวิชาการ สัมภาษณ์ผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การทำงานในขั้นนี้นักเรือนจะทำเป็นรายบุคคลหรือร่วมมือกันทำเป็นกลุ่มก็ได้

ลำดับขั้นการเรียนรู้ของนักเรียน การเรียนรู้ของนักเรียนมีอยู่ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดประเด็นปัญหาอย่างรอบคอบ ในขณะที่เข้ากลุ่ม ผู้ทำหน้าที่เป็นประธานต้องพยายามให้สมาชิกทุกคนคิดประเด็นที่เป็นปัญหาอย่างแท้จริง และต้องให้สมาชิกทุกคนเข้าใจประเด็นปัญหาให้ตรงกันด้วย

ขั้นที่ 2 สำรวจแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เป็นขั้นที่นักเรียนสำรวจแนวทางแก้ไขปัญหาที่มีโอกาสประสบผลสำเร็จ โดยการระดมสมองจากกลุ่ม ประธานกลุ่มต้องพยายามให้สมาชิกทุกคนได้พูดและรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ๆ ในกลุ่มด้วย

ขั้นที่ 3 ขั้นจำกัดทางเลือก หลังจากกลุ่มได้กำหนดรายการสมมติฐานหลาย ๆ สมมติฐานแล้ว ต้องพยายามจำกัดทางเลือกให้แคบลง โดยอาจลองจัดลำดับความเป็นไปได้และเลือกแนวทางที่จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาน้อยที่สุด

ชั้นที่ 4 ขั้นทดสอบผลการแก้ปัญหา เป็นชั้นที่นักเรียนนำเสนอความคิดเห็นที่ได้จากการไปศึกษาค้นคว้านอกห้องเรียนให้ผู้สอนและเพื่อน ๆ ทั้งชั้นได้รับทราบ ถ้าวิธีการที่กลุ่มนำมาเสนอไม่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งอาจเป็นเพราะยังค้นหาวิธีการที่ถูกต้องไม่ได้ นักเรียนจะต้องกลับไปเริ่มต้นที่ขั้นที่ 1 อีกครั้ง

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550, น. 6-8) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องอธิบายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนร่วมกันอภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด เพียงพอกับการตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปตรวจสอบสมมติฐานและแก้ปัญหา ถ้าข้อมูลไม่เพียงพอจะต้องกำหนดสิ่งที่ต้องเรียนเพิ่มเติม แผนการเรียนรู้ และแหล่งข้อมูลแล้วดำเนินการศึกษาอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ก่อฯ

ขั้นที่ 5 สรุป และประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้า มีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้นำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นความรู้ที่เกิดขึ้นได้มาจากกระบวนการเรียนรู้ที่เริ่มจากปัญหา โดยผู้เรียนเป็นคนแก้ปัญหาและแสวงหาข้อมูลใหม่ๆ ด้วยตนเอง ควรมีลักษณะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Directed Leaming) และเน้นการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ผู้เรียนต้องวางแผนการเรียน เลือกวิธีการเรียนรู้และประสบการณ์การเรียนรู้ จัดการบริหารเวลา รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้เป็นลักษณะของการบูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ จัดการเรียนรู้เป็นกลุ่มช่อย ให้ผู้เรียนมีโอกาสทำงาน มีการวิเคราะห์ สังเคราะห์และตัดสินใจร่วมกันโดยร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ค้นคว้าและศึกษาข้อมูล วางแผนแก้ปัญหา หาทางเลือกที่หลากหลายและลงมือแก้ปัญหา โดยผู้สอนเป็นผู้แนะ นำให้การสนับสนุนและจะต้องมีปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งปัญหาที่ใช้ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตจริงของผู้เรียน หรือผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันเลือกปัญหาหรือสถานการณ์ ที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้ การประเมินผลใช้การประเมินตามสภาพจริง ประเมินการทำงานและผลการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และการปฏิบัติงาน

**2.2.7 การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน**

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา และสถาบันทางการศึกษา ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของ Good (1973, pp. 25-30), Schmidt (1993, pp. 422-423), Torp & Sage (1998, pp. 33-43), Tan (2017, pp. 1018-1021), Stix and Hrbek (2006, pp. 1-120), ชานนท์ จันทรา (2549, น. 47-50) มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2549, น. 11-17) และ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550, น. 6-8) ผลการสังเคราะห์ ดังตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2** การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

| Good (1973, pp. 25-30) | Schmidt (1993, pp. 422-423) | Torp and Sage (1998, pp. 33-43) | Tan (2017, pp. 1018-1021) | Stix and Hrbek (2006, pp. 1-120) |
|---|---|---|---|---|
| ทำความเข้าใจปัญหา | เรียนกลุ่มย่อยครั้งที่ 1 เพื่อพิจารณาแต่ละข้อว่ามีต้นเหตุความเป็นมาอย่างไรควรแก้ไขอย่างไร โดยตั้งสมมติฐาน กำหนดวัตถุประสงค์ และตั้งสมมติฐาน | เตรียมความพร้อมของผู้เรียน | การพบปัญหา | ให้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงแก่นักเรียน |
| ระบุปัญหาหรือข้อมูลสำคัญร่วมกัน | | พบปัญหา | | กำหนดบทบาทของนักเรียนให้เป็นผู้แก้สถานการณ์ปัญหา |
| ร่วมกันระดมสมองเพื่อวิเคราะห์ปัญหา | | ขั้นนิยามว่า เรารู้อะไร เราจำเป็นต้องเรียนรู้อะไร และแนวคิดของเรา | การวิเคราะห์ปัญหาและการเรียนรู้ประเด็นปัญหา | นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำการแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือความเห็น |
| กำหนด และจัดลำดับความสำคัญของสมมติฐาน | | | | ครูให้คำแนะนำและนักเรียนในกลุ่มพิจารณาร่วมกันเกี่ยวกับเกณฑ์ที่จะใช้สำหรับการประเมินผล |
| กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ | | ขั้นกำหนดปัญหา | | |

(ต่อ)

**ตารางที่ 2.2 (ต่อ)**

| Good (1973, pp. 25-30) | Schmidt (1993, pp. 422-423) | Torp and Sage. 1998, pp. 33-43) | Tan (2017, pp. 1018-1021) | Stix and Hrbek (2006, pp. 1-120) |
|---|---|---|---|---|
| ค้นคว้ารวบรวมสารสนเทศ | ค้นคว้าตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ | ขั้นค้นคว้ารวบรวมข้อมูลและเสนอข้อมูล | | รวบรวมข้อมูลเนื้อหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น |
| รายงานข้อมูล | เรียนกลุ่มย่อยครั้งที่ 2 นักเรียนทุกคนจะร่วมกันอภิปรายถกเถียงและสรุปเป็นความรู้ทั่วไป | ขั้นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ | การค้นพบและการรายงานผล | สร้างวิธีการในการแก้สถานการณ์ปัญหานั้นจากข้อมูลต่อกลุ่มของตนเอง |
| | | ขั้นการประเมินค่าของคำตอบ | การนำเสนอคำตอบของปัญหา และสะท้อนผล | แต่ละกลุ่มเตรียมการนำเสนอผลงานของตนเอง |
| | | ขั้นการแสดงคำตอบ | ข้อคิดเห็นการบูรณาการและการประเมินผล | ทุกกลุ่มนำเสนอวิธีการในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่แต่ละกลุ่มได้ทำ |
| | | ขั้นตรวจสอบปัญหา | | แต่ละกลุ่มสะท้อนผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่กลุ่มของตนเอง |

(ต่อ)

**ตารางที่ 2.2 (ต่อ)**

| ชานนท์ จันทรา (2549, น. 47-50) | มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2549, น. 11-17) | สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550, น. 6-8) | ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ผู้วิจัยใช้ในงานวิจัย |
|---|---|---|---|
| การพบปัญหา | ขั้นสร้างกลุ่มย่อย | กำหนดปัญหา | การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา |
| การวิเคราะห์ปัญหาและการเรียนรู้ประเด็นปัญหา | ขั้นนำเสนอปัญหา | ทำความเข้าใจปัญหาดำเนินการศึกษาค้นคว้า | การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา |
| การค้นพบและการรายงานผล | ขั้นกระบวนการกลุ่ม | สังเคราะห์ความรู้ | การดำเนินการแก้ปัญหา |
| การนำเสนอคำตอบของปัญหาและสะท้อนผล | ขั้นเสนอผลการระดมความคิด | สรุปและประเมินค่าของคำตอบ | การนำเสนอคำตอบของปัญหา |
| ข้อคิดเห็นการบูรณาการและการประเมินผล | ขั้นเสนอแนวทางแก้ปัญหา | นำเสนอและประเมินผลงาน | การสรุปความรู้และประเมินผล |

จากตารางที่ 2.2 จากการศึกษาสรุปได้ว่า การสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่ผู้วิจัยใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา การจัดกลุ่มและการกำหนดบทบาท ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยที่มีความสามารถคละกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยและกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคน เตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบกับปัญหา การนำเสนอปัญหา ครูเชื่อมโยงนักเรียนเข้าสู่ปัญหา โดยนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความสนใจและสภาพแวดล้อมของนักเรียน เพื่อกระตุ้นความคิดและการมีส่วนร่วม

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา การทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา นักเรียนร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ และสรุปประเด็นที่สำคัญสำรวจความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหา รวมถึงระบุประเด็นที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม การเก็บรวบรวม

ข้อมูลนักเรียนค้นหาข้อมูลและทรัพยากรจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เพื่อประกอบการวิเคราะห์และหาทางแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา การเสนอแนวคิดและการอภิปราย นักเรียนนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหา สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติ การดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือก ตรวจสอบความถูกต้อง ทบทวนและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา พร้อมประเมินผลลัพธ์ที่ได้

ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา การนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลลัพธ์หรือคำตอบของปัญหาต่อชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเรียนรู้ร่วมกัน

ขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล การสรุปความรู้และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม การประเมินผลประเมินผลการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และทักษะทางสังคม โดยการประเมินทำร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู รวมถึงการประเมินความเหมาะสมของปัญหาที่นำเสนอแก่กลุ่มนักเรียน

สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากปัญหาหรือสถานการณ์จริงที่สนใจ ผ่านทางกระบวนการกลุ่ม การเรียนรู้แบบร่วมมือการสืบกัน กระบวนการทำความเข้าใจและแก้ปัญหาด้วยเหตุผล ซึ่งผู้เรียนจะมีโอกาสทำงานร่วมกันโดยร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ค้นคว้าและศึกษาข้อมูล วางแผนแก้ปัญหา หาทางเลือกที่หลากหลายและลงมือแก้ปัญหา ซึ่งตัวปัญหานั้นจะมีความสัมพันธ์กับชีวิตจริงและเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ ครูผู้สอนเป็นเพียงผู้คอยให้คำแนะนำและจัดสภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้ มีขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทั้งหมด 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา และขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา การจัดกลุ่มและการกำหนดบทบาท ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยที่มีความสามารถคละกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยและกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคน เตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบกับปัญหา การนำเสนอปัญหา ครูเชื่อมโยงนักเรียนเข้าสู่ปัญหา โดยนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความสนใจและสภาพแวดล้อมของนักเรียน เพื่อกระตุ้นความคิดและการมีส่วนร่วม

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา การทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา นักเรียนร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ และสรุปประเด็นที่สำคัญ สำรวจความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหา รวมถึงระบุประเด็นที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม การเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนค้นหาข้อมูลและทรัพยากรจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เพื่อประกอบการวิเคราะห์และหาทางแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา การเสนอแนวคิดและการอภิปราย นักเรียนนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหา สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติ การดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือก ตรวจสอบความถูกต้อง ทบทวนและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา พร้อมประเมินผลลัพธ์ที่ได้

ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา การนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลลัพธ์หรือคำตอบของปัญหาต่อชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเรียนรู้ร่วมกัน

ขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล การสรุปความรู้และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม การประเมินผลประเมินผลการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และทักษะทางสังคม โดยการประเมินทำร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู รวมถึงการประเมินความเหมาะสมของปัญหาที่นำเสนอแก่กลุ่มนักเรียน

## 2.3 โปรแกรม GeoGebra

GeoGebra เป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกโดย Markus Hohenwarter ในปี พ.ศ. 2544 (เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท) ที่ University of Salzburg และได้มีการพัฒนาให้ดีขึ้นตลอดมานอกจากนี้โปรแกรมนี้ยังได้รับความช่วยเหลือจากนักพัฒนา open source ซอฟต์แวร์จำนวนมากจากหลายประเทศ ทำให้โปรแกรมนี้มีการแปลเป็นภาษาต่าง ๆ ซึ่งนำไปใช้เพื่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั่วโลก (GeoGebra, 2021, p. 1) GeoGebra เป็นโปรแกรมประยุกต์แบบโต้ตอบ ที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับประถมจนถึงระดับมหาวิทยาลัยในหลายหลากสาขา เช่น ทางด้านเรขาคณิต พีชคณิตแคลคูลัส และสถิติ เป็นต้น GeoGebra ได้ถูกพัฒนาให้สามารถทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม ได้แก่ เดสก์ท็อปสำหรับ Windows, macOS และ Linux โดยมีแอปพลิเคชันแท็บเล็ตสำหรับ Android, iPad และ Windows และเว็บบนเทคโนโลยี HTML5 จากการที่ GeoGebra เป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์คณิตศาสตร์แบบโต้ตอบสำหรับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับประถมจนถึงระดับมหาวิทยาลัย ในการสร้าง GeoGebra มีเครื่องมือมากมายที่เราสามารถทำได้ด้วยจุด เวกเตอร์ ส่วนของเส้นตรง เส้น รูปหลายเหลี่ยม ภาคตัดกรวย อสมการ พหุนามโดยปริยาย และฟังก์ชัน โดยที่ ทั้งหมดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้แบบไดนามิกในภายหลัง เราสามารถป้อนและแก้ไขวัตถุจากการที่สร้างขึ้นได้โดยตรงจากการเลือกวัตถุนั้นด้วยเมาส์และคลิกเลือก หรือผ่านทาง Input Bar นอกจากนั้น GeoGebra ได้จัดทำชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับ ฟังก์ชันอีกจำนวนมาก เช่น ในการหาอนุพันธ์และ integrals ของฟังก์ชัน เป็นต้น และที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ GeoGebra มีความสามารถ

ในการใช้ตัวแปรสำหรับตัวเลข การใช้ Array และคำสั่งแบบมีเงื่อนไข ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมในภาษาสูง เช่น C, Java ดังนั้น โปรแกรม GeoGebra จึงเหมาะสำหรับครูและนักเรียนใช้เพื่อคาดเดาและทำความเข้าใจวิธีพิสูจน์ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ (ชวลิต เอี่ยมเจริญ, 2561, น. 2-10)

### 2.3.1 การติดตั้งโปรแกรม GeoGebra

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมประเภท Freeware ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดมาใช้งานได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ซึ่งดาวน์โหลดได้จาก https://www.geogebra.org/download โดยสามารถเลือกได้ว่าจะให้ทำงานบน แพลตฟอร์ม Windows, Max, Linux และเวอร์ชั่นที่ต้องการ หลังจากดาวน์โหลดเสร็จแล้ว โปรแกรมจะติดตั้งโดยอัตโนมัติ

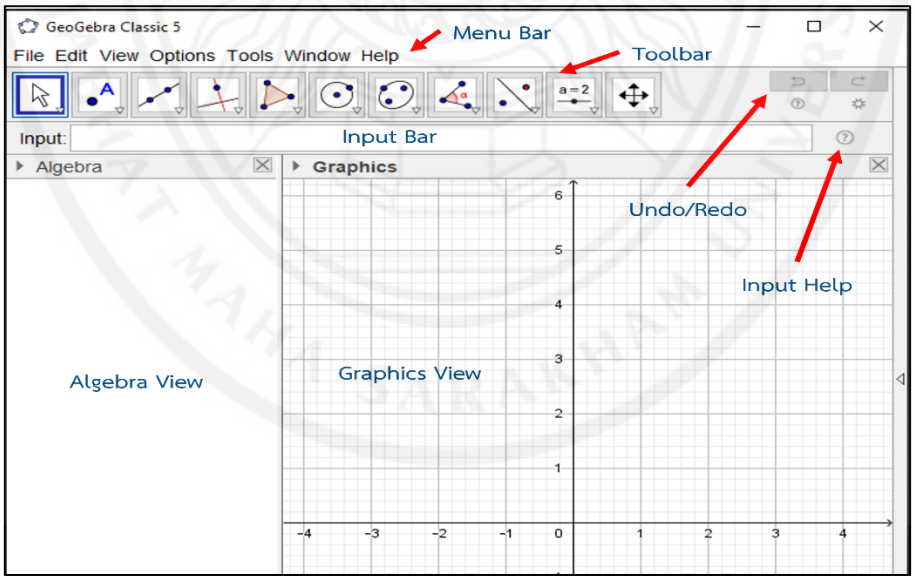
### 2.3.2 ชนิดข้อมูลและการดำเนินการพื้นฐาน

1. จำนวน ตัวดำเนินการ + , - , * , / , ^
2. ลิสต์ ตัวดำเนินการ + , - , * , / , ^
3. บูลีน ตัวดำเนินการ && (และ) , || (หรือ) , ! (not)
4. ข้อความ ตัวดำเนินการ +
5. การเปรียบเทียบ ตัวดำเนินการ > , >= , < , <= , == , !=

ข้อควรระวัง การกำหนดชื่อให้วัตถุที่ใช้ในการอ้างอิงต้องไม่ซ้ำกับคำสงวน หรือชื่อเครื่องมือ ตัวอักษรใหญ่และเล็กถือว่าแตกต่างกัน เช่น PointA , pointA จะเป็นคนละวัตถุ

### 2.3.3 ส่วนประกอบที่สำคัญภายในโปรแกรม GeoGebra

เมื่อเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม GeoGebra หน้าต่างแรกที่จะพบ ปรากฏดังภาพที่ 2.2



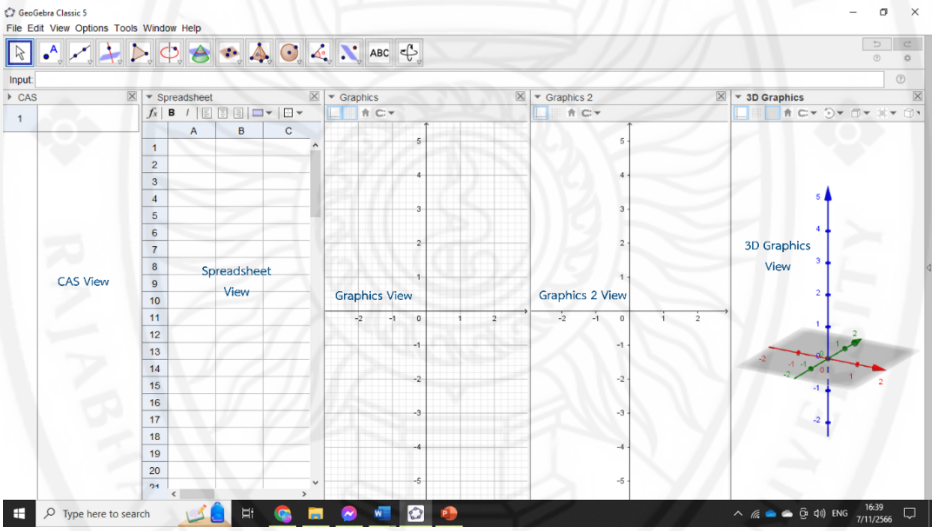

**ภาพที่ 2.2** หน้าเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม GeoGebra

ส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่

1. Menu Bar
2. Tools Bar
3. Input Bar
4. หน้าต่าง Algebra
5. หน้าต่าง Graphics

นอกจากนี้ ใน GeoGebra ยังได้เพิ่มหน้าต่างที่ทำให้ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ที่สำคัญ ได้แก่

6. หน้าต่าง CAS View
7. หน้าต่าง Spreadsheet View
8. หน้าต่าง Graphics 2 View
9. หน้าต่าง 3D Graphics View




**ภาพที่ 2.3** หน้าต่างเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม GeoGebra

2.3.3.1 Menu Bar ประกอบด้วย

1) File Menu มีรายละเอียดและการทำงานคล้ายกับโปรแกรมทั่วไป ปรากฏดังตารางที่ 2.3

**ตารางที่ 2.3** อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ File Menu ในโปรแกรม GeoGebra

| รายการ | การทำงาน |
|---|---|
| New Window | เปิดหน้าต่างใหม่ |
| New | สร้าง file ใหม่ |
| Open ... | เปิด file |
| Open from Webpage ... | เปิด file จาก GeoGebra Webpage |
| Open Recent | เปิด file ที่เคยทำล่าสุด |
| Save | บันทึก |
| Save As ... | บันทึกในชื่ออื่น |
| Save Online | บันทึกในรูปแบบออนไลน์ |
| Export | นำออกในรูปแบบอื่น เช่น HTML |
| Print Preview | พิมพ์ภาพในหน้าต่าง Graphics |
| Close | ปิด |

จากตารางที่ 2.3 พบว่า File Menu ประกอบไปด้วย (1) New Window เปิดหน้าต่างใหม่ (2) New สร้าง file ใหม่ (3) Open ... เปิด file (4) Open from Webpage เปิด file จาก GeoGebra Webpage (5) Open Recent เปิด file ที่เคยทำล่าสุด (6) Save บันทึก (7) Save As ... บันทึกในชื่ออื่น (8) Save Onlineบันทึกในรูปแบบออนไลน์ (9) Export นำออกในรูปแบบอื่น เช่น HTML (10) Print Preview พิมพ์ภาพในหน้าต่าง Graphics และ (11) Close ปิด

2) Edit Menu มีรายละเอียดและการทำงาน ปรากฏดังตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ Edit Menu ในโปรแกรม GeoGebra

| รายการ | การทำงาน |
|---|---|
| Undo | เลิกทำ |
| Redo | ทำซ้ำ |
| Copy | คัดลอก |
| Paste | วาง |
| Graphics View to Clipboard | คัดลอกภาพจาก Graphics View ไปไว้ใน Clipboard |
| Insert Image from | แทรกภาพจาก file หรือ Clipboard |
| Object Properties | กำหนดสมบัติของวัตถุ |
| Select All | เลือกวัตถุทั้งหมด |

จากตารางที่ 2.4 พบว่า Edit Menu ประกอบไปด้วย (1) Undo เลิกทำ (2) Redo ทำซ้ำ (3) Copy คัดลอก (4) Paste วาง (5) Graphics View to Clipboard คัดลอกภาพจาก Graphics View ไปไว้ใน Clipboard (6) Insert Image from แทรกภาพจาก file หรือ Clipboard (7) Object Properties กำหนดสมบัติของวัตถุ และ (8) Select All เลือกวัตถุทั้งหมด

3) View Menu มีรายละเอียดและการทำงาน ปรากฏดังตารางที่ 2.5

**ตารางที่ 2.5** อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ View Menu ในโปรแกรม GeoGebra

| รายการ | การทำงาน |
|---|---|
| Algebra | เปิดหน้าต่าง Algebra |
| Spreadsheet | เปิดหน้าต่าง Spreadsheet |
| CAS | เปิดหน้าต่าง CAS |
| Graphics | เปิดหน้าต่าง Graphics |
| Graphics 2 | เปิดหน้าต่าง Graphics 2 |
| 3D Graphics | เปิดหน้าต่าง Graphics 3 มิติ |
| Construction Protocol | เปิดหน้าต่าง Construction Protocol |
| Probability Calculator | เปิดหน้าต่างเครื่องคำนวณความน่าจะเป็น |
| Keyboard | แผงแป้นอักขระ |
| Input Bar | แถบข้อมูลรับเข้า |
| Layout | เค้าโครง |
| Refresh Views | แสดงภาพใหม่ |
| Recompute All Objects | คำนวณวัตถุใหม่อีกครั้ง |

จากตารางที่ 2.5 พบว่า View Menu ประกอบไปด้วย (1) Algebra เปิดหน้าต่าง Algebra (2) Spreadsheet เปิดหน้าต่าง Spreadsheet (3) CAS เปิดหน้าต่าง CAS (4) Graphics เปิดหน้าต่าง Graphics (5) Graphics 2 เปิดหน้าต่าง Graphics 2 (6) 3D Graphics เปิดหน้าต่าง Graphics 3 มิติ (7) Construction Protocol เปิดหน้าต่าง Construction Protocol (8) Probability Calculator เปิดหน้าต่างเครื่องคำนวณความน่าจะเป็น (9) Keyboard แผงแป้นอักขระ (10) Input Bar แถบข้อมูลรับเข้า (11) Layout เค้าโครง (12) Refresh Views แสดงภาพใหม่ และ (13) Recompute All Objects คำนวณวัตถุใหม่อีกครั้ง

4) Option Menu มีรายละเอียดและการทำงาน ปรากฏดังตารางที่ 2.6

**ตารางที่ 2.6** อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ Option Menu ในโปรแกรม GeoGebra

| รายการ | การทำงาน |
|---|---|
| Rounding | กำหนดจำนวนตำแหน่งทศนิยมที่แสดง |
| Labeling | กำหนดป้ายชื่อวัตถุ |
| Font Size | กำหนดขนาดตัวอักษร |
| Languages | เลือกภาษา |
| Advanced ... | กำหนดค่าขั้นสูง |
| Save Setting | บันทึกค่าที่กำหนด |
| Restore Default Setting | คืนค่าที่กำหนดเริ่มต้น |

จากตารางที่ 2.6 พบว่า Option Menu ประกอบด้วย (1) Rounding กำหนดจำนวนตำแหน่งทศนิยมที่แสดง (2) Labeling กำหนดป้ายชื่อวัตถุ (3) Font Size กำหนดขนาดตัวอักษร (4) Languages เลือกภาษา (5) Advanced ... กำหนดค่าขั้นสูง (6) Save Setting บันทึกค่าที่กำหนด และ (7) Restore Default Setting คืนค่าที่กำหนดเริ่มต้น

5) Tools Menu มีรายละเอียดและการทำงาน ปรากฏดังตารางที่ 2.7

**ตารางที่ 2.7** อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ Tools Menu ในโปรแกรม GeoGebra

| รายการ | การทำงาน |
|---|---|
| Customize Toolbar ... | ดำเนินการแถบเครื่องมือด้วยตนเอง |
| Create New Tool ... | สร้างเครื่องมือใหม่ |
| Manage Tools ... | ดำเนินการเครื่องมือสร้างใหม่ |

จากตารางที่ 2.7 พบว่า Tools Menu ประกอบไปด้วย (1) Customize Toolbar ... ดำเนินการแถบเครื่องมือด้วยตนเอง (2) Create New Tool ... สร้างเครื่องมือใหม่ และ (3) Manage Tools ... ดำเนินการเครื่องมือสร้างใหม่

6) Window Menu เพื่อเลือกหน้าต่างการทำงานกรณีที่ทำงานมากกว่า 1 หน้าต่าง หรือต้องการเปิดหน้าต่างใหม่

7) Help Menu มีรายละเอียดและการทำงาน ปรากฏดังตารางที่ 2.8

**ตารางที่ 2.8** อธิบายรายละเอียดและการทำงานของ Help Menu ในโปรแกรม GeoGebra

| รายการ | การทำงาน |
|---|---|
| Tutorials | สอนการใช้งาน |
| Manual | แสดงคู่มือการใช้งานคำสั่ง |
| GeoGebra Forum | แสดง GeoGebra Forum |
| Report Bug | รายงานข้อผิดพลาด |
| About/License | แสดงเกี่ยวกับ GeoGebra และ Version |

จากตารางที่ 2.8 พบว่า Help Menu ประกอบไปด้วย (1) Tutorials สอนการใช้งาน (2) Manual แสดงคู่มือการใช้งานคำสั่ง (3) GeoGebra Forum แสดง GeoGebra Forum (4) Report Bug รายงานข้อผิดพลาด และ (5) About/License แสดงเกี่ยวกับ GeoGebra และ Version

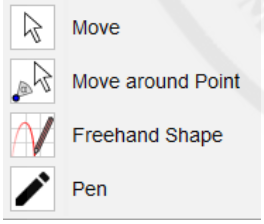
2.3.3.2 Tools Bar ประกอบด้วยเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้บ่อย ปรากฏดังภาพที่ 2.4




**ภาพที่ 2.4** Tools Bar เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้บ่อย

1) เครื่องมือย้ายวัตถุ ประกอบด้วย 4 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.9

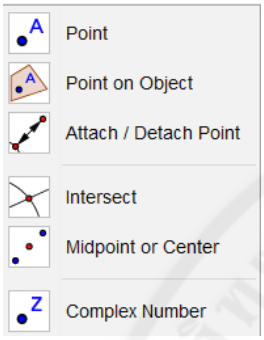
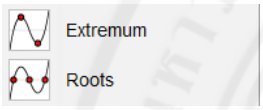
**ตารางที่ 2.9** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือย้ายวัตถุ

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  | เคลื่อนย้ายวัตถุ |
| | เคลื่อนวัตถุรอบจุดกำหนด |
| | เขียนรูปแบบอิสระ |
| | ปากกา |

จากตารางที่ 2.9 พบว่า เครื่องมือย้ายวัตถุ ประกอบด้วย 3 เครื่องมือ (1) เครื่องมือย้ายวัตถุ (2) เคลื่อนวัตถุรอบจุดกำหนด (3) เครื่องมือเขียนรูปแบบอิสระ และ (4) เครื่องมือเขียนด้วยปากกา

2) เครื่องมือจุด ประกอบด้วย 8 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.10

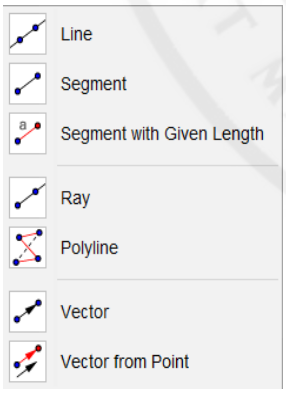
**ตารางที่ 2.10** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือจุด

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  | สร้างจุด |
| | สร้างจุดบนวัตถุ |
| | รวม/แยกวัตถุ |
| | หาจุดตัดของ 2 วัตถุ |
| | จุดกึ่งกลางหรือจุดศูนย์กลาง |
| | กำหนดจุดแทนจำนวนเชิงซ้อน |
|  | หาค่าสูงสุด/ต่ำสุดของฟังก์ชัน |
| | หาค่ารากของฟังก์ชัน |

จากตารางที่ 2.10 พบว่า เครื่องมือจุด ประกอบด้วย 8 เครื่องมือ (1) เครื่องมือสร้างจุด (2) เครื่องมือสร้างจุดบนวัตถุ (3) เครื่องมือรวม/แยกวัตถุ (4) เครื่องมือหาจุดตัดของ 2 วัตถุ (5) เครื่องมือจุดกึ่งกลางหรือจุดศูนย์กลาง (6) เครื่องมือกำหนดจุดแทนจำนวนเชิงซ้อน (7) เครื่องมือหาค่าสูงสุด/ต่ำสุดของฟังก์ชัน และ (8) เครื่องมือหาค่ารากของฟังก์ชัน

3) เครื่องมือเส้นตรง และเวกเตอร์ ประกอบด้วย 7 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.11

**ตารางที่ 2.11** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือเส้นตรง และเวกเตอร์

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  | สร้างเส้นตรงโดยกำหนดจุดผ่าน 2 จุด |
| | สร้างส่วนของเส้นตรงโดยกำหนดจุดเริ่มต้น และจุดปลายของส่วนของเส้นตรง |
| | สร้างส่วนของเส้นตรงโดยกำหนดจุดและความยาวที่กำหนด |
| | สร้างรังสีโดยกำหนดจุดเริ่มต้นรังสีและจุดที่รังสีผ่าน |
| | สร้างเส้น Polyline |
| | สร้างเวกเตอร์ โดยกำหนดจุดเริ่มต้นเวกเตอร์และจุดปลายเวกเตอร์ |
| | สร้างเวกเตอร์จากจุดและเวกเตอร์ที่กำหนด |

จากตารางที่ 2.11 พบว่า เครื่องมือเส้นตรง และเวกเตอร์ ประกอบด้วย 7 เครื่องมือ (1) เครื่องมือสร้างเส้นตรงโดยกำหนดจุดผ่าน 2 จุด (2) เครื่องมือสร้างส่วนของเส้นตรงโดยกำหนดจุดเริ่มต้น และจุดปลายของส่วนของเส้นตรง (3) เครื่องมือสร้างส่วนของเส้นตรงโดยกำหนดจุดและความยาวที่กำหนด (4) เครื่องมือสร้างรังสีโดยกำหนดจุดเริ่มต้นรังสีและจุดที่รังสีผ่าน (5) เครื่องมือสร้างเส้น Polyline (6) เครื่องมือสร้างเวกเตอร์ โดยกำหนดจุดเริ่มต้นเวกเตอร์และจุดปลายเวกเตอร์ และ (7) เครื่องมือสร้างเวกเตอร์จากจุดและเวกเตอร์ที่กำหนด

4) เครื่องมือเส้นตรงและโลคัส ประกอบด้วย 8 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.12

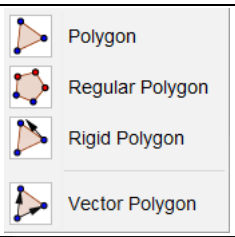
**ตารางที่ 2.12** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือเส้นตรง และโลคัส

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  Perpendicular Line | สร้างเส้นตั้งฉากผ่านจุดและเส้นตรงที่กำหนด |
|  Parallel Line | สร้างเส้นขนานผ่านจุดและเส้นตรงที่กำหนด |
|  Perpendicular Bisector | สร้างเส้นตรงที่แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับส่วนของเส้นตรงที่กำหนด |
|  Angle Bisector | สร้างเส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมโดยเลือกจุดของแขนมุม หรือเส้นตรง 2 เส้น |
|  Tangents | สร้างเส้นสัมผัสวงกลม ภาคตัดกรวย หรือฟังก์ชัน |
|  Polar or Diameter Line | สร้างเส้นตรงที่ผ่านจุดที่สัมผัสวงกลม หรือภาคตัดกรวย |
|  Best Fit Line | สร้างเส้น Best Fit |
|  Locus | สร้างโลคัส |

จากตารางที่ 2.12 พบว่า เครื่องมือเส้นตรงและโลคัส ประกอบด้วย 8 เครื่องมือ (1) เครื่องมือสร้างเส้นตั้งฉากผ่านจุดและเส้นตรงที่กำหนด (2) เครื่องมือสร้างเส้นขนานผ่านจุดและเส้นตรงที่กำหนด (3) เครื่องมือสร้างเส้นตรงที่แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับส่วนของเส้นตรงที่กำหนด (4) เครื่องมือสร้างเส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมโดยเลือกจุดของแขนมุม หรือเส้นตรง 2 เส้น (5) เครื่องมือสร้างเส้นสัมผัสวงกลม ภาคตัดกรวย หรือฟังก์ชัน(6) เครื่องมือสร้างเส้นตรงที่ผ่านจุดที่สัมผัสวงกลม หรือภาคตัดกรวย (7) เครื่องมือสร้างเส้น Best Fit และ (8) เครื่องมือสร้างโลคัส

5) เครื่องมือรูปหลายเหลี่ยม ประกอบด้วย 4 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.13

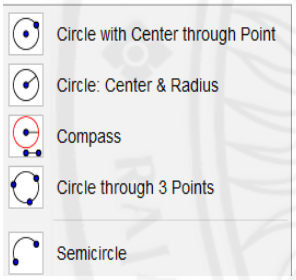
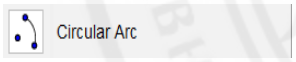
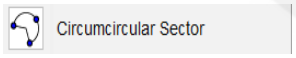
**ตารางที่ 2.13** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือรูปหลายเหลี่ยม

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  | สร้างรูปสามเหลี่ยม |
| | สร้างรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่า |
| | สร้างรูปสามเหลี่ยมไม่บิดเบี้ยว |
| | สร้างเวกเตอร์รูปหลายเหลี่ยม |

จากตารางที่ 2.13 พบว่า เครื่องมือรูปหลายเหลี่ยม ประกอบด้วย 4 เครื่องมือ (1) เครื่องมือสร้างรูปสามเหลี่ยม (2) เครื่องมือสร้างรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่า (3) เครื่องมือสร้างรูปสามเหลี่ยมไม่บิดเบี้ยว และ (4) เครื่องมือสร้างเวกเตอร์รูปหลายเหลี่ยม

6) เครื่องมือวงกลม ประกอบด้วย 9 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.14

**ตารางที่ 2.14** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือวงกลม

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  | สร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและจุดผ่าน |
| | สร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมี |
| | สร้างวงเวียนโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและความยาว |
| | สร้างวงกลมโดยกำหนดจุดผ่าน 3 จุด |
| | สร้างครึ่งวงกลมโดยกำหนดจุดปลายเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 จุด |
|  | สร้างส่วนโค้งวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลาง จุดเริ่มต้นส่วนโค้ง จุดปลายส่วนโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา |
|  | สร้างส่วนโค้งวงกลมโดยกำหนด 3 จุด |
|  | สร้างเซกเตอร์ของวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลาง จุดเริ่มต้นเซกเตอร์ จุดปลายเซกเตอร์ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา |
|  | สร้างเซกเตอร์ของวงกลมโดยกำหนดจุดผ่าน 3 จุด ทิศทางตามลำดับของจุด |

จากตารางที่ 2.14 พบว่า เครื่องมือวงกลม ประกอบด้วย 9 เครื่องมือ (1) เครื่องมือสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและจุดผ่าน (2) เครื่องมือสร้างวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมี (3) เครื่องมือสร้างวงเวียนโดยกำหนดจุดศูนย์กลางและความยาว (4) เครื่องมือสร้างวงกลม

โดยกำหนดจุดผ่าน 3 จุด (5) เครื่องมือสร้างครึ่งวงกลมโดยกำหนดจุดปลายเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 จุด (6) เครื่องมือสร้างส่วนโค้งวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลาง จุดเริ่มต้นส่วนโค้ง จุดปลายส่วนโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (7) เครื่องมือสร้างส่วนโค้งวงกลมโดยกำหนด 3 จุด (8) สร้างเซกเตอร์ของวงกลมโดยกำหนดจุดศูนย์กลาง จุดเริ่มต้นเซกเตอร์ จุดปลายเซกเตอร์ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และ (9) สร้างเซกเตอร์ของวงกลมโดยกำหนดจุดผ่าน 3 จุด ทิศทางตามลำดับของจุด

7) เครื่องมือภาคตัดกรวย ประกอบด้วย 4 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.15

**ตารางที่ 2.15** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือภาคตัดกรวย

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
| Ellipse | สร้างวงรี โดยกำหนดจุดโฟไซและจุดผ่าน |
| Hyperbola | สร้างไฮเปอร์โบลา โดยกำหนดจุดโฟไซและจุดผ่าน |
| Parabola | สร้างพาราโบลา โดยกำหนดจุดโฟกัสและเส้นไดเรกทริก |
| Conic through 5 Points | สร้างภาคตัดกรวย โดยกำหนดจุด 5 จุด |

จากตารางที่ 2.15 พบว่า เครื่องมือภาคตัดกรวย ประกอบด้วย 4 เครื่องมือ (1) เครื่องมือสร้างวงรี โดยกำหนดจุดโฟไซและจุดผ่าน (2) เครื่องมือสร้างไฮเปอร์โบลา โดยกำหนดจุดโฟไซและจุดผ่าน (3) เครื่องมือสร้างพาราโบลา โดยกำหนดจุดโฟกัสและเส้นไดเรกทริก และ (4) เครื่องมือสร้างภาคตัดกรวย โดยกำหนดจุด 5 จุด

8) เครื่องมือการวัด ประกอบด้วย 8 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.16

**ตารางที่ 2.16** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือการวัด

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
| Angle | วัดมุมโดยกำหนด 3 จุด หรือเส้นตรง 2 เส้น ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา |
| Angle with Given Size | สร้างมุมเท่ากับมุมที่กำหนด โดยเลือกจุดแขนมุม จุดมุม และมุมที่กำหนด |
| Distance or Length | วัดระยะทาง หรือความยาว |
| Area | วัดพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม วงกลม วงรี |
| Slope | วัดความชัน โดยเลือกเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรง |
| List | สร้างลิสต์ของวัตถุ |

(ต่อ)

**ตารางที่ 2.16 (ต่อ)**

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
| Relation | หาความสัมพันธ์ของ 2 วัตถุ เช่น เส้นตรง 2 เส้นขนานกันหรือไม่ |
| Function Inspector | หาค่าที่สำคัญของฟังก์ชัน เช่น ค่าสูงสุด/ต่ำสุด ราก เป็นต้น โดยเลือกฟังก์ชัน |

จากตารางที่ 2.16 พบว่า เครื่องมือการวัด ประกอบด้วย 8 เครื่องมือ (1) เครื่องมือวัดมุมโดยกำหนด 3 จุด หรือเส้นตรง 2 เส้น ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (2) เครื่องมือสร้างมุมเท่ากับมุมที่กำหนด โดยเลือกจุดแขนมุม จุดมุม และมุมที่กำหนด (3) เครื่องมือวัดระยะทาง หรือความยาว (4) เครื่องมือวัดพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม วงกลม วงรี (5) เครื่องมือวัดความชัน โดยเลือกเส้นตรงหรือส่วนของเส้นตรง (6) เครื่องมือสร้างลิสต์ของวัตถุ (7) เครื่องมือหาความสัมพันธ์ของ 2 วัตถุ เช่น เส้นตรง 2 เส้นขนานกันหรือไม่ และ (8) เครื่องมือหาค่าที่สำคัญของฟังก์ชัน เช่น ค่าสูงสุด/ต่ำสุด ราก เป็นต้น โดยเลือกฟังก์ชัน

9) เครื่องมือการแปลง ประกอบด้วย 6 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.17

**ตารางที่ 2.17** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือการแปลง

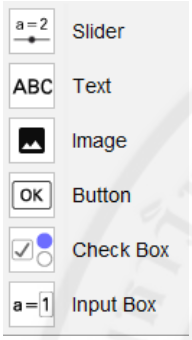
| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
| Reflect about Line | การสะท้อนกับเส้น โดยเลือกวัตถุและเส้นสะท้อน |
| Reflect about Point | การสะท้อนกับจุด โดยเลือกวัตถุกับจุดสะท้อน |
| Reflect about Circle | การสะท้อนกับวงกลม โดยเลือกวัตถุและวงกลมหรือส่วนโค้งของวงกลม |
| Rotate around Point | การหมุนรอบจุด โดยเลือกวัตถุ จุดศูนย์กลางการหมุนและมุม |
| Translate by Vector | การเลื่อนขนานด้วยเวกเตอร์ โดยเลือกวัตถุ และเวกเตอร์ |
| Dilate from Point | การย่อขยาย โดยเลือกวัตถุ จุดศูนย์กลางย่อ/ขยายและอัตราส่วน |

จากตารางที่ 2.17 เครื่องมือการแปลง ประกอบด้วย 6 เครื่องมือ (1) เครื่องมือการสะท้อนกับเส้น โดยเลือกวัตถุและเส้นสะท้อน (2) เครื่องมือการสะท้อนกับจุด โดยเลือกวัตถุกับจุดสะท้อน (3) เครื่องมือการสะท้อนกับวงกลม โดยเลือกวัตถุและวงกลมหรือส่วนโค้งของวงกลม (4) เครื่องมือการหมุนรอบจุด โดยเลือกวัตถุ จุดศูนย์กลางการหมุนและมุม (5) เครื่องมือการเลื่อนขนาน

ด้วยเวกเตอร์ โดยเลือกวัตถุ และเวกเตอร์ และ (6) เครื่องมือการย่อขยาย โดยเลือกวัตถุ จุดศูนย์กลางย่อ/ขยายและอัตราส่วน

10) เครื่องมือกลุ่มพิเศษ ประกอบด้วย 6 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.18

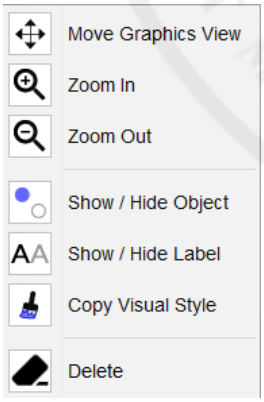
**ตารางที่ 2.18** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือกลุ่มพิเศษ

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  | สร้างจำนวนเต็ม/จริง และมุม |
| | สร้างข้อความ |
| | เปิดไฟล์รูปภาพ |
| | สร้างปุ่มควบคุม เพื่อเขียนสคริปต์คำสั่ง |
| | สร้าง check Box ให้ค่า จริง/เท็จ เพื่อใช้ตรวจสอบ หรือทำ Animation |
| | สร้าง Input Box เพื่อเชื่อมโยงค่าให้กับวัตถุอื่น |

จากตารางที่ 2.18 เครื่องมือกลุ่มพิเศษ ประกอบด้วย 6 เครื่องมือ (1) เครื่องมือสร้างจำนวนเต็ม/จริง และมุม (2) เครื่องมือสร้างข้อความ (3) เครื่องมือเปิดไฟล์รูปภาพ (4) เครื่องมือสร้างปุ่มควบคุม เพื่อเขียนสคริปต์คำสั่ง (5) เครื่องมือสร้าง check Box ให้ค่า จริง/เท็จ เพื่อใช้ตรวจสอบหรือทำ Animation และ (6) เครื่องมือสร้าง Input Box เพื่อเชื่อมโยงค่าให้กับวัตถุอื่น

11) เครื่องมือแสดงผลใน Graphics View ประกอบด้วย 7 เครื่องมือ ปรากฏดังตารางที่ 2.19

**ตารางที่ 2.19** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือแสดงผลใน Graphics View

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  | เคลื่อนย้ายวัตถุในหน้าต่าง Graphics View |
| | ซูมเข้า |
| | ซูมออก |
| | ซ่อน / แสดงวัตถุ |
| | ซ่อน / แสดงป้ายวัตถุ |
| | คัดลอกวัตถุหนึ่งไปแทนอีกวัตถุ |
| | ลบวัตถุ |

จากตารางที่ 2.19 พบว่า เครื่องมือกลุ่มพิเศษ ประกอบด้วย 6 เครื่องมือ (1) เครื่องมือเคลื่อนย้ายวัตถุในหน้าต่าง Graphics View (2) เครื่องมือซูมเข้า (3) เครื่องมือซูมออก (4) เครื่องมือซ่อน/แสดงวัตถุ (5) เครื่องมือซ่อน/แสดงป้ายวัตถุจริง/เท็จ (6) เครื่องมือคัดลอกวัตถุหนึ่งไปแทนอีกวัตถุ และ (7) เครื่องมือลบวัตถุ

2.3.3.3 Input Bar ค่าเริ่มต้นจะอยู่ส่วนล่างของหน้าต่าง GeoGebra แต่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้โดยการกำหนดตำแหน่งในหน้าต่าง Layout และสามารถซ่อนแสดง Input Bar โดยใช้ View Manu

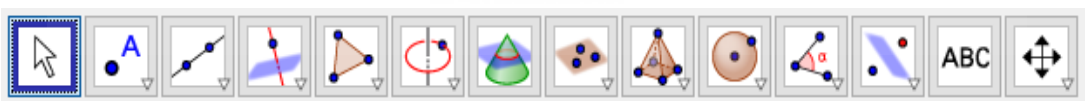
ใน Input Bar เราสามารถสร้างวัตถุได้โดยตรง เช่น กำหนดจุด A ที่ตำแหน่ง (1,1) เราสามารถพิมพ์คำสั่ง A = {1,1} ลงใน Input Bar นอกจากนั้น เราสามารถแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงค่า เช่น ค่า พิกัด หรือ สมการของวัตถุเดิม โดยไม่จำเป็นต้องลบและสร้างใหม่ เช่น ต้องการให้ A จากเดิมมีพิกัด (1,1) เปลี่ยนเป็นพิกัด (2,3) เราสามารถพิมพ์คำสั่ง A = {2,3} ลงใน Input Bar ได้เลย หรือต้องการเปลี่ยนฟังก์ชัน f(x) = 2x+1 เป็น f(x) = sin(x) เราจะพิมพ์ f(x) = sin(x) ลงใน Input Bar ได้เลยเช่นกัน

สมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยใช้งานได้ง่ายและทำงานได้เร็วขึ้น คือ คำสั่งที่เคยพิมพ์ใน Input Bar Box จะถูกเก็บไว้ เมื่อเลื่อน cursor เข้าไปใน Input Box และใช้ลูกศรขึ้น/ลง เพื่อเลือกคำสั่งที่เคยพิมพ์ก่อนหน้านั้น

2.3.3.4 หน้าต่าง Algebra หน้าต่างนี้จะแสดงวัตถุทั้งหมดยกเว้นวัตถุแบบ Auxiliar object ค่าเริ่มต้นของวัตถุในหน้าต่างนี้จะแสดงชื่อและค่า โดยจัดเรียงตามประเภทของวัตถุ แต่สามารถเปลี่ยนได้โดยเลือกปุ่ม Reference เลือก Algebra โดยเลือกให้เรียงตาม ชนิดของวัตถุ การขึ้นกับวัตถุ ตามลำดับการสร้างหรือเลเยอร์ และรายละเอียดของวัตถุอาจจะเลือกให้แสดงค่ารายละเอียด หรือนิยามของวัตถุนั้น ในหน้าต่างนี้วัตถุสามารถที่จะแก้ไขได้เช่นเดียวกับ Input Bar

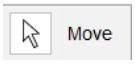
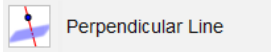
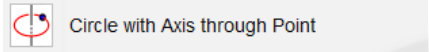
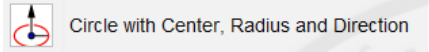
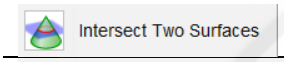
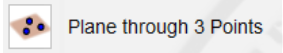
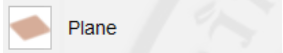
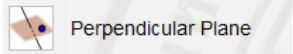
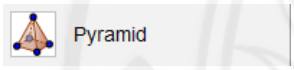
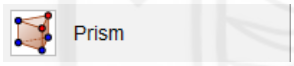
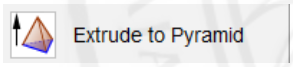
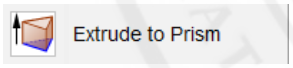
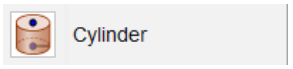
2.3.3.5 หน้าต่าง Graphics View เป็นหน้าต่างที่ใช้สำหรับการแสดงผลใน 2 มิติ เช่น รูปสามเหลี่ยม วงกลม เป็นต้น กรณีที่ต้องการแสดงผลมากกว่า 1 หน้าต่าง เราสามารถที่จะเปิดหน้าต่างเพิ่มโดยเลือก Graphics View 2 และ 3D Graphics สำหรับการแสดงผลภาพ 3 มิติ

2.4.3.6 การใช้เครื่องมือ 3 มิติเบื้องต้น ในการเขียนรูปทรง 3 มิติ เราจะต้องเปิดหน้าต่าง 3D Graphics View ซึ่งจะปรากฏ 3D Tools Bar ดังภาพที่ 2.5 และปรากฏดังตารางที่ 2.20




**ภาพที่ 2.5** 3D Tools Bar เครื่องมือเบื้องต้น

**ตารางที่ 2.20** อธิบายเครื่องมือในโปรแกรม GeoGebra กลุ่มเครื่องมือ 3 มิติเบื้องต้น

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  | ย้ายตำแหน่งจุด (x,y,z) โดยคลิกเมาส์ เพื่อเปลี่ยนตำแหน่ง (x,y) และถ้าคลิกอีกครั้งจะเปลี่ยนค่า z |
|  | สร้างเส้นตรงตั้งฉากกับระนาบและผ่านจุดที่กำหนด |
|  | สร้างวงกลมผ่านจุดและแกนที่กำหนด |
|  | สร้างวงกลมกำหนดจุดศูนย์กลางทิศทางและรัศมี |
|  | สร้างรอยตัดของ 2 ผิว |
|  | สร้างระนาบผ่าน 3 จุด |
|  | สร้างระนาบโดยเลือก 3 จุด หรือจุดและเส้น หรือเส้น 2 เส้น หรือรูปหลายเหลี่ยม |
|  | สร้างระนาบโดยเลือกจุดและเส้นตั้งฉาก |
|  | สร้างระนาบขนานกับระนาบกำหนดและผ่านจุด |
|  | สร้างพีระมิดโดยเลือกหรือสร้างฐานรูปหลายเหลี่ยม แล้วเลือกหรือสร้างจุดยอด |
|  | สร้างปริซึมโดยเลือกหรือสร้างฐานรูปหลายเหลี่ยม แล้วเลือกหรือสร้างจุดยอด |
|  | สร้างพีระมิดหรือกรวย โดยลากรูปสามเหลี่ยม/วงกลม หรือลากรูปหลายเหลี่ยม/วงกลม แล้วเติมส่วนสูง เพื่อสร้างจุดศูนย์กลางของพีระมิด/กรวย |
|  | สร้างพีระมิดหรือทรงกระบอก โดยลากรูปหลายเหลี่ยม/วงกลมหรือเลือกรูปหลายเหลี่ยม/วงกลม แล้วเติมส่วนสูงเพื่อสร้างจุดศูนย์กลางของพีระมิด/กรวย |
|  | สร้างกรวยโดยเลือกจุดศูนย์กลางของจุดยอดแล้วเติมความสูง |
|  | สร้างทรงกระบอกโดยเลือกจุดศูนย์กลางของฐาน จุดศูนย์กลางด้านบน แล้วเติมความสูง |

(ต่อ)

**ตารางที่ 2.20 (ต่อ)**

| เครื่องมือ | คำอธิบายเครื่องมือ |
|---|---|
|  Tetrahedron | สร้างพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยเลือก 2 จุดบนระนาบ |
|  Cube | สร้างทรงลูกบาศก์ โดยเลือก 2 จุดบนระนาบ |
|  Net | สร้าง Net โดยเลือกพีระมิดหรือปริซึม |
|  Sphere: Center & Point | สร้างทรงกลมโดยเลือกจุดศูนย์กลางแล้วเลือกจุดผ่าน |
|  Sphere: Center & Radius | สร้างทรงกลมโดยเลือกจุดศูนย์กลางแล้วเติมรัศมี |
|  Volume | หาปริมาตร |
|  Reflect about Plane | สะท้อนวัตถุกับระนาบ โดยเลือกวัตถุ แล้วเลือกระนาบ |
|  Rotate around Line | หมุนวัตถุรอบเส้นตรง โดยเลือกวัตถุ เส้น แล้วเติมมุมที่หมุน |
|  Rotate 3D Graphics View | หมุนวัตถุในหน้าต่าง 3D Graphics |
|  View in front of | ดูวัตถุ 3 มิติ ด้านที่ถูกเลือก |

จากตารางที่ 2.20 พบว่า กลุ่มเครื่องมือ 3 มิติเบื้องต้น ประกอบด้วย (1) เครื่องมือย้ายตำแหน่งจุด (x,y,z) โดยคลิกเมาส์ เพื่อเปลี่ยนตำแหน่ง (x,y) และถ้าคลิกอีกครั้งจะเปลี่ยนค่า z (2) เครื่องมือสร้างเส้นตรงตั้งฉากกับระนาบและผ่านจุดที่กำหนด (3) เครื่องมือสร้างวงกลมผ่านจุดและแกนที่กำหนด (4) เครื่องมือสร้างวงกลมกำหนดจุดศูนย์กลางทิศทางและรัศมี (5) เครื่องมือสร้างรอยตัดของ 2 ผิว (6) เครื่องมือสร้างระนาบผ่าน 3 จุด (7) เครื่องมือสร้างระนาบโดยเลือก 3 จุด หรือจุดและเส้น หรือเส้น 2 เส้น หรือรูปหลายเหลี่ยม (8) เครื่องมือสร้างระนาบโดยเลือกจุดและเส้นตั้งฉาก (9) เครื่องมือสร้างระนาบขนานกับระนาบกำหนดและผ่านจุด (10) เครื่องมือสร้างพีระมิดโดยเลือกหรือสร้างฐานรูปหลายเหลี่ยม แล้วเลือกหรือสร้างจุดยอด (11) เครื่องมือสร้างปริซึมโดยเลือกหรือสร้างฐานรูปหลายเหลี่ยม แล้วเลือกหรือสร้างจุดยอด (12) เครื่องมือสร้างพีระมิดหรือกรวย โดยลากรูปสามเหลี่ยม/วงกลม หรือลากรูปหลายเหลี่ยม/วงกลม แล้วเติมส่วนสูงเพื่อสร้างจุดศูนย์กลางของพีระมิด/กรวย (13) เครื่องมือสร้างพีระมิดหรือทรงกระบอก โดยลากรูปหลายเหลี่ยม/วงกลมหรือเลือกรูปหลายเหลี่ยม/วงกลม แล้วเติมส่วนสูง เพื่อสร้างจุดศูนย์กลางของพีระมิด/กรวย (14) เครื่องมือสร้างกรวยโดยเลือกจุดศูนย์กลางของจุดยอดแล้วเติมความสูง (15) เครื่องมือสร้างทรงกระบอกโดยเลือกจุดศูนย์กลางของฐาน จุดศูนย์กลางด้านบน แล้วเติมความสูง (16) เครื่องมือสร้างพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า โดยเลือก 2 จุดบนระนาบ (17) เครื่องมือสร้าง

ทรงลูกบาศก์ โดยเลือก 2 จุดบนระนาบ (18) เครื่องมือสร้าง Net โดยเลือกพีระมิดหรือปริซึม (19) เครื่องมือสร้างทรงกลมโดยเลือกจุดศูนย์กลางแล้วเลือกจุดผ่าน (20) เครื่องมือสร้างทรงกลมโดยเลือกจุดศูนย์กลางแล้วเติมรัศมี (21) เครื่องมือหาปริมาตร (22) เครื่องมือสะท้อนวัตถุกับระนาบโดยเลือกวัตถุแล้วเลือกระนาบ (23) เครื่องมือหมุนวัตถุรอบเส้นตรง โดยเลือกวัตถุ เส้น แล้วเติมมุมที่หมุน (24) เครื่องมือหมุนวัตถุในหน้าต่าง 3D Graphics และ (25) เครื่องมือดูวัตถุ 3 มิติ ด้านที่ถูกเลือก

สรุปได้ว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือหรือสื่อในการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นที่สามารถเคลื่อนไหว พลิก หมุน หรือเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน ทำให้ผู้เรียนสามารถสังเกตในสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างสมการและกราฟได้อย่างชัดเจน โดยจะนำโปรแกรม GeoGebra มาใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างองค์ความรู้ในเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

## 2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นตัวชี้วัดความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ และทักษะในวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สะท้อนถึงระดับความสามารถในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาและการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่างๆ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่ได้หมายถึงเพียงความสามารถในการจดจำสูตรหรือขั้นตอนวิธีเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย (Boaler, 2008, pp. 167-194) ระดับความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ ทั้งในส่วนของเนื้อหาสาระ ข้อเท็จจริงที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ และมโนทัศน์แต่ละเรื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร (ชานนท์ จันทรา, 2549, น. 14) ในที่นี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ไว้ดังต่อไปนี้

Wilson (1971, pp. 648-649) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไว้ว่าเป็น ความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Domain) ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งการวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละเนื้อหาทำได้โดยวัดจากระดับพฤติกรรม 4 ระดับ ได้แก่

1. การคิดคำนวณ (Computation) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการบอกเกี่ยวกับข้อเท็จจริง นิยามศัพท์ สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ต้องการให้ผู้เรียนได้ทำตามรูปแบบของความรู้พื้นฐานเหมือนกับความรู้เดิม

1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์เฉพาะโดยต้องการให้ผู้เรียนระลึกถึงชื่อหรือความหมายของคำศัพท์ที่เคยเรียนมา

1.3 ความรู้เกี่ยวกับการดำเนินการตามขั้นตอนที่เรียนมาเป็นความสามารถในการเลียนแบบ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่ต้องการให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับมโนทัศน์ ความสัมพันธ์ รูปทั่วไป สามารถจำแนกได้ 6 ประเภท ได้แก่

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอด

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และรูปทั่วไป

2.3 ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ โดยต้องการให้ผู้เรียนใช้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ

2.4 ความสามารถในการแปลงปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยต้องการให้ผู้เรียนแปลงจากคำพูดเป็นภาพแทนความหมายหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หรือแปลงจากภาพแทนความหมายและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เป็นการพูดอธิบาย

2.5 ความสามารถในการดำเนินการโดยใช้เหตุผลเป็นความสามารถในการอ่านหรือการฟังข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์แล้วดำเนินการพร้อมอธิบายอย่างสมเหตุสมผล

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความเกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยต้องการให้ผู้เรียนอ่านและทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นระดับที่ต้องการให้นักเรียนประยุกต์ใช้มโนทัศน์และความรู้ที่เกี่ยวข้อง หรือเลือกใช้การดำเนินการที่เหมาะสมตามที่เคยฝึกฝนมาแล้วแบ่งได้ 4 ประเภท ได้แก่

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คุ้นเคย โดยต้องการให้ผู้เรียนเลือกใช้ขั้นตอนวิธีการทางคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับปัญหา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ โดยต้องการให้ผู้เรียนระลึกถึงมโนทัศน์ กฎ โครงสร้างการทางคณิตศาสตร์ หรือคำศัพท์ต้องการให้ผู้เรียนค้นพบความสัมพันธ์ และทำการเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูล 2 ชุด

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยต้องการให้ผู้เรียนอ่านตีความแยกแยะส่วนประกอบของปัญหา ข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาย่อย ๆ ที่เคยแก้มาแล้ว

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบรูป โครงสร้างที่เหมือนกัน และความสมมาตรกัน โดยต้องการให้ผู้เรียนได้ระลึกถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำการแปลงและปรับปัญหาย่อย ๆ ให้เป็นลำดับขั้นตอน แบบรูป โครงสร้างที่เหมือนกัน หรือปรับข้อมูลให้สมมาตรกัน

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นระดับพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนต้องการให้ผู้เรียนตรวจสอบความสัมพันธ์ ค้นหาแบบรูป และแก้ปัญหาในสิ่งที่ไม่เคยฝึกฝนหรือไม่คุ้นเคยมาก่อนโดยใช้มโนทัศน์และการดำเนินการที่เคยเรียนมาใช้ประกอบการแก้ปัญหาซึ่งสามารถแบ่งเป็น 5 ประเภท ดังนี้

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย โดยต้องการให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนขั้นตอน วิธีการการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนหน้าในการแก้ปัญหาใหม่ที่ไม่ได้คุ้นเคย

4.2 ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ โดยต้องการให้ผู้เรียนค้นหาความสัมพันธ์ หรือปรับเปลี่ยนโครงสร้างของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบใหม่

4.3 ความสามารถในการแสดงวิธีการพิสูจน์ โดยต้องการให้ผู้เรียนได้พิสูจน์ข้อความโดยใช้ภาษาสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หรือขั้นตอนการพิสูจน์

4.4 ความสามารถในการวิจารณ์การพิสูจน์ เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ และประสบการณ์การพิสูจน์มาใช้ในการวิเคราะห์ วิจารณ์ความสมเหตุสมผลของการพิสูจน์

4.5 ความสามารถในการสร้าง และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของกรณีทั่วไป เป็นความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ และแสดงวิธีการพิสูจน์สิ่งที่ค้นพบในรูปทั่วไป

พร้อมพรรณ อุดมสิน (2544, น. 24) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถต่าง ๆ ทางสมองที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตามหลักสูตร

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2555, น. 150) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไว้ว่าเป็นความสามารถทางสติปัญญาในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจำแนกตามพฤติกรรมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ความจำ และการคำนวณ (Computation) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนผ่านไปแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม ตลอดจนกระบวนการคิดคำนวณอย่างง่าย ๆ พฤติกรรมระดับนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ขั้น ได้แก่

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง หมายถึง ความรู้ความจำเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาในลักษณะเดียวกับที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนมาแล้ว

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม เป็นการถามเพื่อให้ผู้เรียนบอกความหมายของศัพท์ และนิยามที่เคยเรียนมาแล้วโดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณแต่อย่างใด

1.3 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตามกระบวนการคิดคำนวณตามที่เคยเรียนมาแล้ว

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการนำความรู้ที่เรียนมาแล้วมาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ตลอดจนสามารถอธิบายยกตัวอย่าง จำแนก แปลความ ตีความ สรุปความ หรือขยายความได้ พฤติกรรมระดับนี้ แบ่งออกเป็น 6 ขั้น ได้แก่

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ หมายถึง ความสามารถในการสรุปความหมายของสิ่งที่ได้เรียนมาตามความเข้าใจของตนเอง รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาที่ได้เรียนรู้ไปแล้วมาสรุปความหมายของสิ่งนั้นอีกครั้งหนึ่งด้วยตนเอง

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการทำให้เป็นกรณีทั่วไป หมายถึง ความสามารถในการสรุปหรือบอกความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์กับตัวปัญหา ซึ่งผู้เรียนควรจะรู้หลังจากเรียนจบเรื่องนั้นแล้ว

2.3 ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสรุปศัพท์ และนิยามทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ หรือการหาค่าสัญลักษณ์ โดยอาศัยโครงสร้างทางคณิตศาสตร์

2.4 ความเข้าใจในการแปลงส่วนประกอบของปัญหาจากแบบหนึ่งไปอีกแบบหนึ่ง หมายถึง ความสามารถในการแปลงข้อความให้เป็นสัญลักษณ์หรือสมการ โดยมิได้รวมถึงการคำนวณหาคำตอบของสมการนั้น

2.5 ความเข้าใจในการดำเนินตามเหตุผล หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้ความสมเหตุสมผลของข้อความ บทความ หรือผลงานทางคณิตศาสตร์

2.6 ความเข้าใจในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการอ่าน และตีความจากโจทย์ว่าโจทย์กำหนดอะไรบ้างและต้องการถามเรื่องอะไร รวมทั้งการแปลความหมายจากกราฟหรือข้อมูลทางสถิติ ตลอดจนการแปลผลสมการหรือตัวเลขให้เป็นรูปภาพ

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการนำความรู้ กฎ หลักการ ข้อเท็จจริง หรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปแก้ปัญหาใหม่ให้เป็นผลสำเร็จ ทั้งนี้โจทย์ปัญหาที่ใช้วัดในระดับนี้ ต้องไม่ใช่โจทย์ข้อเดิมที่ผู้เรียนเคยฝึกทำมาแล้ว พฤติกรรมระดับนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาธรรมดา หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาที่คล้ายกับปัญหาที่เคยเรียนมาแล้วในห้องเรียน

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนึกถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกัน เช่น มโนทัศน์ กฎ เพื่อค้นพบความสัมพันธ์ เปรียบเทียบ และนำมาสรุปเพื่อตัดสินใจ

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะจำแนกส่วนประกอบย่อยของปัญหาหรือสิ่งที่โจทย์กำหนดว่าจำเป็นหรือไม่ในการแก้ปัญหาโจทย์นั้น ๆ

3.4 ความสามารถในการมองเห็นรูปแบบ ลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและสมมาตร หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการหาสิ่งที่คุ้นเคยกับข้อมูลที่กำหนดให้ หรือจากปัญหาที่กำหนดให้

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นระดับที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่แปลกกว่าธรรมดา มีลักษณะซับซ้อน หรือโจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยกับที่รู้มาก่อน แต่ต้องอยู่ในขอบข่ายเนื้อหาวิชาที่เคยเรียนมาแล้ว พฤติกรรมระดับนี้ แบ่งออกเป็น 5 ขั้น ได้แก่

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่แปลกกว่าธรรมดา หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมาแล้วไปสู่การแก้ปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหาลักษณะนี้ส่วนมากเป็นปัญหาที่ไม่สามารถคิดคำนวณโดยตรงได้

4.2 ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ใหม่หรือนำสัญลักษณ์จากสิ่งที่กำหนดให้มาสร้างสูตรใหม่ด้วยตนเอง หรือเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการหาคำตอบ

4.3 ความสามารถในการแสดงพิสูจน์ หมายถึง ความสามารถในการพิสูจน์ด้วยตนเองโดยอาศัยทฤษฎีหรือบทนิยามต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการพิสูจน์

4.4 ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ หมายถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลเพื่อวิพากษ์วิจารณ์การพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่มีขั้นตอนใดผิดพลาดบ้าง

4.5 ความสามารถในการสร้าง และแสดงความสมเหตุสมผลของการทำให้เป็นกรณีทั่วไป หมายถึง ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ และการเขียนพิสูจน์ความสัมพันธ์ที่ค้นพบจนสามารถสรุปเป็นกรณีทั่วไปได้

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง การวัดระดับความสามารถทางสติปัญญา (Cognitive Domain) ของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับความรู้ความจำ (Knowledge and Recall) การคำนวณ (Computation) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) และการสังเคราะห์ (Synthesis) ทั้งในส่วนของเนื้อหาสาระ ข้อเท็จจริงที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ และมโนทัศน์แต่ละเรื่องที่เกิดขึ้นหลังจากได้รับการเรียนการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ

## 2.5 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

เจตคติ (Attitude) เป็นตัวแปรทางจิตวิทยาชนิดหนึ่ง ที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายแต่เน้นความโน้มเอียงทางจิตภายในแสดงให้เห็นได้โดยพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง นอกจากนี้ยังกล่าวว่าเจตคติเป็นเรื่องราวของความชอบความไม่ชอบ ความลำเอียง ความคิดเห็น ความรู้สึกและความเชื่อมั่นต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง (Thurstone, 1967, p. 479) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ในด้านความพอใจหรือไม่พอใจ ความชอบหรือไม่ชอบ รวมไปถึงการตระหนักในคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้น ถ้าครูสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ให้เกิดกับตัวนักเรียนได้ย่อมส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, น. 169) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.5.1 ความหมายของเจตคติ

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของเจตคติไว้ดังนี้

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543, น. 52) กล่าวว่า เจตคติเป็นความรู้สึกของคนเรา จะรู้สึกได้ก็ต่อเมื่อประสาทของเราได้สัมผัสกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งก่อน นั่นคือรับรู้สิ่งนั้นก่อนนั่นเอง ถ้าจิตเราเกี่ยวข้องกับสิ่งนั้น ก็จะทำให้เกิดความรู้สึกตั้งแต่ขั้นต้น ๆ จนถึงขั้นสูง ๆ คือเกิดความสนใจความซาบซึ้ง พอใจ และเจตคติตามมา

นันทา สู้รักษา (2544, น. 161) กล่าวว่า เจตคติเป็นแนวโน้มหรือความพร้อมที่จะตอบสนองต่อบุคคล วัตถุ สถานการณ์แวดล้อม หรือสิ่งเร้าซึ่งอาจมีทิศทาง ทั้งทางบวกและลบ ถ้าบุคคลมีเจตคติทางบวกต่อสิ่งใดก็จะมีพฤติกรรมที่จะเผชิญสิ่งนั้น ถ้ามีเจตคติในทางลบก็จะหลีกเลี่ยง

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน (2548, น. 12) ให้ความหมายของเจตคติว่า เจตคติหมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งท่าทีที่แสดงออกชี้บ่งถึงสภาพจิตใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเจตคติ ทั้งบวกและลบ มากและน้อย และมีทิศทางไปสู่เป้าหมายที่แสดงออก พฤติกรรม ได้แก่ การแสดงออก (ทางบวกหรือทางลบ) ต่อสิ่งของ บุคคล สถานที่ เหตุการณ์ อย่างสม่ำเสมอ

เจริญศักดิ์ ชูวงษ์ (2555, น. 28) ได้ให้ความหมายของเจตคติไว้ว่า เจตคติมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับพฤติกรรม เป็นความพร้อมทางจิตและระบบประสาท โดยบุคคลจะแสดงการสนองตอบต่อสิ่งหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ผ่านอารมณ์และความรู้สึก เช่น ความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบ ความพอใจหรือความไม่พอใจ ที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

มนตรี วงษ์สะพาน (2556, น. 89) กล่าวว่า เจตคติ เป็นความรู้สึกโน้มเอียงทางจิตใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความโน้มเอียงดังกล่าวเป็นไปในทิศทางที่พึงปรารถนา (ชอบ พอใจ) หรือไม่พึงปรารถนา (เกลียด ไม่พอใจ ฯลฯ)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า เจตคติหมายถึง ความคิดเห็นของบุคคล ที่มีต่อสิ่งต่างๆ เนื่องมาจากการเรียนรู้ และประสบการณ์ ทำให้แสดงออกไปเป็นพฤติกรรมหรือแนวโน้มของการตอบสนองในทิศทางหนึ่งว่า พอใจ หรือไม่พอใจ ชอบหรือไม่ชอบ

**2.5.2 ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์**

ได้มีนักการศึกษา และสถาบันการศึกษากล่าวถึงความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2546, น. 41) กล่าวว่า เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ คือ มโนทัศน์ของนักเรียนที่มีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ ถ้าเป็นทางบวกก็จะเกิดแรงจูงใจ แต่ถ้าเป็นทางลบก็อาจหมดกำลังใจในการเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 189) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ว่า เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่ส่งผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ตอบสนองต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในลักษณะของความชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจ เห็นคุณค่าหรือไม่เห็นคุณค่า รวมทั้งพร้อมหรือไม่พร้อม ที่จะเรียนวิชาคณิตศาสตร์

อัมพร ม้าคนอง (2556, น. 16) ได้ให้ความหมายเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ว่าเป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในลักษณะต่าง ๆ เพื่อตอบสนองต่อวิชาคณิตศาสตร์ เช่น ตระหนักในคุณค่าหรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์ชอบหรือพอใจที่จะเรียนคณิตศาสตร์ พร้อมที่จะเรียนหรือแข่งขันทางคณิตศาสตร์

นภสร เรือนโรจน์รุ่ง (2558, น. 23) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ว่า เจตคติต่อวิชาเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึงความรู้สึกในทางบวกหรือทางลบของนักเรียนที่มีผลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ โดยในระดับประถมศึกษา นักเรียนจะมีพฤติกรรมบ่งชี้ในลักษณะของความตั้งใจและความกระตือรือร้นที่จะเรียนคณิตศาสตร์ ความพอใจที่จะเรียนคณิตศาสตร์หรือทำงานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ รวมทั้งความต้องการเพิ่มพูนความรู้ทางคณิตศาสตร์ และความมั่นใจในการใช้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย ซึ่งครูควรพัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์เพื่อเป็นพื้นฐานที่ดีในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต่อไปในอนาคต

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกหรือความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจเป็นทั้งบวกและลบ โดยส่งผลต่อพฤติกรรม เช่น ความตั้งใจเรียน การเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ และความพร้อมในการเรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ความรู้สึกทางบวกช่วยสร้างแรงจูงใจและพัฒนาการเรียนรู้ ขณะที่ความรู้สึกทางลบอาจทำให้หมดกำลังใจในการเรียน

**2.5.3 องค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์**

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 189) กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความตระหนักในคุณค่าหรือประโยชน์ของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นการมองเห็นความสำคัญ คุณค่า หรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันในการศึกษาต่อ รวมทั้งในการพัฒนาความเจริญต่าง ๆ เช่น การเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ทำให้คนมีเหตุผลหรือช่วยแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

2. ความรู้สึกต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่แสดงออกว่าชอบ หรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจต่อคณิตศาสตร์ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เช่น ผู้เรียนชอบแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ท้าทาย หรือมีความสุขเมื่อได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์

3. ความพร้อมที่จะกระทำหรือเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นความพร้อมของผู้เรียนที่จะเรียน หรือทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์หรือหลีกเลี่ยงที่จะกระทำสิ่งเหล่านั้นเมื่อมีโอกาส เช่น ผู้เรียนจะพยายามเข้าร่วมแข่งขันตอบปัญหาคณิตศาสตร์เมื่อมีโอกาส หรือผู้เรียนพร้อมที่จะเข้าร่วมกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์ของโรงเรียน

อัมพร ม้าคนอง (2556, น. 16) ได้กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้วเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ประกอบด้วย องค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านปัญญาหรือการรู้คิด (Cognitive Component) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการตระหนักถึงความสำคัญ ประโยชน์หรือคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การเห็นว่าวิชาคณิตศาสตร์ เป็นพื้นฐานในการพัฒนาความเจริญ ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตจริง เป็นวิชาที่พัฒนาความคิดของมนุษย์ทำให้เป็นคนมีเหตุผล

2. ด้านความรู้สึก และอารมณ์ (Affective Component) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ทำให้แสดงอารมณ์ และความรู้สึกนั้นเมื่อเผชิญสถานการณ์ เช่น ชอบทำการบ้านคณิตศาสตร์ ชอบแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ มีความสุขเมื่อได้เข้าค่ายคณิตศาสตร์

3. ด้านพฤติกรรม (Behavioral Component) องค์ประกอบด้านนี้เกี่ยวกับความพร้อมของผู้เรียนที่จะทำงานหรือเรียนรู้คณิตศาสตร์ เช่น การพยายามสมัครเข้าร่วมการแข่งขันทางคณิตศาสตร์เมื่อมีโอกาส การเข้าร่วมประกวดโครงงานคณิตศาสตร์

สมาน เอกพิมพ์ (2560, น. 552) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของเจตคติว่า องค์ประกอบของเจตคติมี 3 อย่าง คือ

1. องค์ประกอบเชิงความรู้สึก อารมณ์ (Affective Component)
2. องค์ประกอบเชิงปัญญาหรือ ความรู้คิด (Cognitive Component)
3. องค์ประกอบเชิงพฤติกรรม (Behavioral Component)

กรองกาญจน์ ทองคำสุก (2561, น. 103-109) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มี 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ เกี่ยวกับความเข้าใจและความรู้ที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์
2. ด้านความรู้สึก และอารมณ์ที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เช่น ความชอบหรือไม่ชอบ
3. ด้านพฤติกรรมที่แสดงออกตามเจตคติ เช่น การเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า องค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านปัญญา หรือการตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์ เช่น การช่วยพัฒนาความคิดและแก้ปัญหาในชีวิตจริง 2) ด้านความรู้สึก ซึ่งเกี่ยวข้องกับความชอบหรือไม่ชอบที่เกิดจากประสบการณ์การเรียน เช่น ความสุขเมื่อแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และ 3) ด้านพฤติกรรม ที่แสดงออกถึงความพร้อมในการเรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น การแข่งขันหรือค่ายคณิตศาสตร์ ทั้งสามองค์ประกอบช่วยสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับวิชาคณิตศาสตร์

**2.5.4 การวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์**

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้

เกียรติสุดา ศรีสุข (2552, น. 2-16) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับแบบวัด ไว้ดังนี้

1. ความหมายของแบบวัด เป็นเครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล ความคิดเห็น ความรู้สึก อารมณ์ ความสนใจ ของผู้ตอบแบบวัด เช่น จิตใจ ความรู้ ความเชื่อของผู้ตอบ โดยใช้คำถามหรือข้อความเป็นสิ่งเร้าใจให้ผู้ตอบแสดงความรู้สึกออกมา สามารถใช้วัดทั้งด้านพุทธิพิสัย (Cognition) และจิตพิสัย (Affective)
2. โครงสร้างของแบบวัด ประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

2.1 หนังสือนำหรือคำชี้แจง โดยมากมักจะอยู่ส่วนแรก และอาจมีคำชี้แจงอยู่ด้านหน้าพร้อมคำขอบคุณ โดยคำชี้แจงมักจะระบุถึงจุดประสงค์ที่ให้ตอบแบบวัด การนำคำตอบที่ได้ไปใช้ประโยชน์ คำอธิบายลักษณะของแบบวัด วิธีการตอบแบบวัดพร้อมตัวอย่าง ชื่อ และที่อยู่ของผู้วิจัย ประเด็นที่สำคัญต้องให้ผู้ตอบมั่นใจข้อมูลที่จะตอบไปจะไม่ถูกเปิดเผยเป็นรายบุคคลจะไม่มีผลกระทบต่อผู้ตอบ และมีการพิทักษ์สิทธิของผู้ตอบด้วย

2.2 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ เป็นต้น การที่จะถามข้อมูลส่วนตัวอะไรบ้างนั้นขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยดูว่าตัวแปรที่สนใจจะศึกษานั้นมีอะไรบ้างที่เกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว และควรถามเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นในการวิจัยเท่านั้น

2.3 คำถามเกี่ยวกับคุณลักษณะหรือตัวแปรที่จะวัด เป็นความคิดเห็นของผู้ตอบในเรื่องของคุณลักษณะหรือตัวแปรนั้น

3. แบบวัดประเภทการเขียนคำถาม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1 การวัดโดยใช้คำถามปลายเปิด จะต้องตั้งคำถามให้แคบเพียงพอเพื่อให้คำตอบที่ได้มีทิศทางเฉพาะ คำถามปลายเปิดนี้จะมีประโยชน์ในสภาพการณ์ที่เป็นการสำรวจวินิจฉัย

3.2 การวัดโดยใช้คำถามปลายปิดเป็นคำถามที่กำหนดคำตอบให้ตอบ การใช้คำถามปลายปิดควรจะใช้เมื่อนักวิเคราะห์ระบบสามารถที่จะกำหนดรายการตอบได้อย่างชัดเจนและเมื่อต้องการสำรวจกลุ่มคนจำนวนมากซึ่งถ้าใช้คำถามปลายเปิดเป็นการยากที่จะวิเคราะห์และสรุป

ภาษาที่ใช้ในแบบวัดควรมีลักษณะ ดังนี้

1) ใช้ภาษาที่ตอบสนองได้ดี ใช้คำที่เข้าใจง่าย

2) หลีกเลี่ยงการใช้คำถามที่เป็นคำเฉพาะให้มากที่สุด

3) ใช้คำถามที่สั้น กระชับ ได้ใจความ

4) ไม่ใช้คำหยาบ

5) หลีกเลี่ยงคำที่มีความเอนเอียงต่าง ๆ ในคำถาม

6) คำถามที่ตั้งขึ้นมานั้นต้องแน่ใจว่าเป็นเทคนิคที่ถูกต้องก่อนที่จะใช้

7) คำถามนั้นต้องมีเป้าหมายที่ตอบสนองได้ตรงกับที่ต้องการอยากรู้

4. ขั้นตอนการสร้างแบบวัดขั้นตอนการสร้างแบบวัด ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาคุณลักษณะที่จะวัด การศึกษาคุณลักษณะอาจดูจากวัตถุประสงค์ของการวิจัย กรอบแนวความคิดหรือสมมติฐานการวิจัย จากนั้นจึงศึกษาคุณลักษณะหรือตัวแปรที่จะวัดให้เข้าใจอย่างละเอียดทั้งเชิงทฤษฎีและนิยามเชิงปฏิบัติการ

ขั้นที่ 2 กำหนดประเภทของคำถาม ข้อคำถามในแบบวัดอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. คำถามปลายเปิด (Open Ended Question) เป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบ สามารถตอบได้อย่างเต็มที่ ซึ่งคาดว่าน่าจะได้คำตอบที่แน่นอน สมบูรณ์ ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้มากกว่าคำตอบที่จำกัดวงให้ตอบ คำถามปลายเปิดจะนิยมใช้กันมากในกรณีที่ผู้วิจัยไม่สามารถคาดเดาได้ล่วงหน้าว่าคำตอบจะเป็นอย่างไร หรือใช้คำถามปลายเปิดในกรณีที่ต้องการได้คำตอบ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างคำถามปลายเปิด แบบวัดแบบนี้มีข้อเสียคือ มักจะถามได้ไม่มากนัก การรวบรวมความคิดเห็นและการแปรผลมักจะมีความยุ่งยาก

2. คำถามปลายปิด (Close Ended Question) เป็นคำถามที่ผู้วิจัยมีแนวคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือกตอบจากคำตอบที่กำหนดไว้เท่านั้น คำตอบที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ล่วงหน้ามักได้มาจากการทดลองใช้คำถาม ในลักษณะที่เป็นถามปลายเปิด หรือการศึกษากรอบแนวความคิด สมมติฐานการวิจัย และนิยามเชิงปฏิบัติการ

ขั้นที่ 3 การร่างแบบวัด ต้องมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอนว่าต้องการจะถามอะไรบ้างต้องสร้างคำถามให้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ต้องถามให้ครอบคลุมเรื่องที่จะวัดจำนวนข้อคำถามให้เหมาะสมไม่มากหรือน้อย และเรียงลำดับข้อคำถาม ควรเรียงลำดับให้ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน

ขั้นที่ 4 การปรับปรุงแบบวัด หลักจากที่สร้างแบบวัดเสร็จแล้ว ควรทบทวนแบบวัดอีกครั้งเพื่อหาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข และควรให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบแบบวัดนั้นด้วยเพื่อที่จะได้นำข้อเสนอแนะและข้อวิพากษ์วิจารณ์ของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์คุณภาพแบบวัด การวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดที่สำคัญมี 2 วิธี ได้แก่

1. ความตรง (Validity) หมายถึง เครื่องมือที่สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัดโดยแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1.1 ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) คือการที่แบบวัดมีความครอบคลุมวัตถุประสงค์หรือพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ ค่าสถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพ คือค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (IOC: Index of item Objective Congruence) หรือดัชนีความเหมาะสม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาคำถามเป็นรายข้อ

1.2 ความตรงตามเกณฑ์ (Criterion-Related Validity) หมายถึงความสามารถของแบบวัดที่สามารถวัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริง แบ่งออกได้เป็นความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ และความเที่ยงตรงตามสภาพ สถิติที่ใช้วัดความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ทั้งของ Pearson และ Spearman และค่า t-test เป็นต้น

2. ความเที่ยง (Reliability) เครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผลการวัดที่แน่นอนคงที่จะวัดกี่ครั้งผลจะได้เหมือนเดิม สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเที่ยงค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ้าคอนบาร์ช (Cronbach’s Alpha Coefficient: a coefficient) ซึ่งจะใช้สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งระดับการวัดแบบประมาณค่า (Rating Scale)

5. แบบวัดเจตคติแบบลิเคิร์ทแบบวัดเจตคติแบบลิเคิร์ท (Likert's Scale) มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้วัดเจตคติเป็นการวัด โดยใช้ข้อความเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งสอบถามความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อเรื่องนั้น แล้วให้บุคคลนั้นแสดงความรู้สึกต่อข้อความดังกล่าว การตอบสนองข้อความนั้นอาจเป็นไปได้ทั้งเห็นด้วย หรือพอใจไม่เห็นด้วยหรือไม่พอใจ หรือแสดงความไม่แน่ใจกับข้อความนั้นจากนั้นจึงนำมา ประมวลผลโดยอาศัยรูปแบบค่ารวมเป็นหลักซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้น 3 ประการ ดังนี้

5.1 การสนองตอบต่อคำถามหรือข้อความแต่ละข้อในมาตรวัดจะมีลักษณะคงที่ (Monotonic Trace Line) แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่า ลักษณะคงที่ของการสนองตอบในทุก ๆ ข้อความจะต้องเป็นเส้นทับกัน

5.2 ผลรวมของลักษณะคงที่ของการสนองตอบต่อข้อความทั้งหมดของแต่ละคนจะมีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือเกือบเป็นเส้นตรง (Linear) เพราะถึงแม้ว่าลักษณะคงที่ในทุก ๆ ข้อความจะไม่เป็นเส้นทับกันแต่เมื่อนำค่าคงที่นี้มารวมกันแล้ว จะทำให้ส่วนที่เฉจากเส้นตรงหักลบกันไป

5.3 ผลรวมของลักษณะคงที่ ของการสนองตอบต่อข้อความหนึ่ง ๆ จะมีองค์ประกอบร่วมกันอยู่หนึ่งตัวนั้น คือ ผลรวมนี้จะแทนค่าลักษณะนิสัยที่วัดได้อย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว

ลิเคิร์ท ได้พบว่าค่าของหน่วยวัดซึ่งใช้หน่วยความเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นเกณฑ์นั้นเมื่อเทียบกับคะแนนที่จัดอันดับของการตอบสนองแบบ 1, 2, 3, 4, 5 นั้น มีสหสัมพันธ์กันสูงมากถึง 0.99 ซึ่งสามารถที่จะใช้แทนกันได้มาตราวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ท กำหนดช่วงความรู้สึกของคนเป็น 5 ช่วง หรือ 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย เฉย ๆ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ข้อความที่บรรจุลงในมาตราวัดประกอบด้วยข้อความที่แสดงความรู้สึกต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ทั้งในทางที่ดี (ทางบวก) และ ในทางที่ไม่ดี (ทางลบ) และมีจำนวนพอ ๆ กัน ข้อความเหล่านี้ก็อาจมีประมาณ 18-20 ข้อความ การกำหนดน้ำหนักคะแนนการตอบแต่ละตัวเลือก กระทำภายหลังจากที่ได้รวบรวมข้อมูลมาแล้ว โดยกำหนดตามวิธี Arbitrary Weighting Method ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด การสร้างมาตราวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ทมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการศึกษาว่าต้องการศึกษาเจตคติของใครที่มีต่อสิ่งใด
2. การเลือกคำถามและรวบรวมข้อความคิดเห็น การเก็บรวบรวมข้อความคิดเห็นที่จะเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบออกมา ข้อความนั้นควรมีลักษณะดังนี้

2.1 คำถามทุกข้อต้องเป็นข้อความเกี่ยวกับเจตคติ ไม่ใช่เป็นการถามเรื่องราวของข้อเท็จจริง เพราะคำถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงนั้น ไม่สามารถบอกได้ว่า ผู้ตอบมีเจตคติเป็นอย่างไร คือ จะไม่สามารถวัดความแตกต่างของเจตคติได้

2.2 คำถามทุกข้อต้องชัดเจน รัดกุม และตรงประเด็นที่ต้องการศึกษา การเขียนคำถามควรถามครั้งละหนึ่งประเด็นเท่านั้น เพราะถ้าเขียนคำถามครั้งละหลายประเด็น จะทำให้ผู้ตอบเกิดความสับสน เพราะผู้ตอบอาจจะเห็นด้วยกับคำถามเพียงประเด็นเดียว ส่วนประเด็น อื่นผู้ตอบอาจไม่เห็นด้วย เช่น มหาวิทยาลัยควรจะส่งเสริมด้านการเรียนการสอนและกิจกรรม นักศึกษาควรจะแยกเป็นมหาวิทยาลัยควรจะส่งเสริมด้านการเรียนการสอน กับ มหาวิทยาลัยควรจะ ส่งเสริมกิจกรรมนักศึกษา เป็นต้น

2.3 ข้อคำถามนั้นควรใช้คำและศัพท์ง่าย ๆ ที่ทุกคนอ่านแล้วเข้าใจตรงกัน พยายามหลีกเลี่ยงคำที่มีความหมายหลายแง่หลายมุม

2.4 หลีกเลี่ยงการใช้คำปฏิเสธว่า “ไม่” ให้ใช้คำอื่นที่มีความหมายคล้ายกันแทน

2.5 คำถามควรมีลักษณะที่สามารถจำแนกเจตคติของบุคคลในแง่ต่าง ๆ ได้ กล่าวคือ บุคคลที่มีเจตคติต่างกันควรมีแนวคำตอบปรากฏให้เห็นแตกต่างกัน ส่วนแนวคำถามใดที่บุคคลทุก ๆ คนมีแนวโน้มที่จะตอบเหมือน ๆ กันทั้งที่มีเจตคติต่างกันข้อนั้นควรตัดทิ้งไป

2.6 ผลจากการตอบคำถาม ควรจะกระจายพอสมควร ตามแนวของเจตคติ คือ มีทั้งกลุ่มที่เห็นด้วยและกลุ่มที่ไม่เห็นด้วย

2.7 ในมาตรวัดชุดหนึ่ง ๆ ควรมีคำถามประเภทบวก หรือนิมาน (Favorable Statement) และประเภทลบ หรือ นิเสธ (Unfavorable Statement) อย่างละเท่า ๆ กัน

2.8 ถ้าใช้คำถามประเภทเลือกตอบ (Multiple Choice Statement) ตัวเลือกแต่ละตัวจะต้องสามารถแยกเจตคติได้ และไม่มีหลายตัวแปรในแต่ละคำตอบ เช่น

2.8.1 นักเรียนชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์หรือไม่

2.8.2 นักเรียนคิดว่าคณิตศาสตร์มีประโยชน์หรือไม่

2.8.3 ถ้าจะส่งนักเรียนไปแข่งขันตอบปัญหาคณิตศาสตร์ นักเรียนจะไปหรือไม่

3. การกำหนดตัวแปรของเจตคติเมื่อได้ตั้งคำถามไว้เรียบร้อยแล้ว นำคำถามเหล่านั้นมากำหนดค่าเจตคติว่าควรจะมีค่าตั้งแต่เท่าใดถึงเท่าใดซึ่งจะพิจารณาได้โดยยึดหลักดังนี้

3.1 ข้อคำถามทั้ง 2 ประเภท กำหนดค่าเป็น 5 ลักษณะ คือ ลักษณะค่าของข้อคำถามประเภทนิมานและประเภทนิเสธ

| ข้อคำถามประเภทนิมาน (Favorable Statement) | ข้อคำถามประเภทนิเสธ (Unfavorable Statement) |
|---|---|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Agree) | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Disagree) |
| เห็นด้วย (Agree) | ไม่เห็นด้วย (Disagree) |
| ไม่แน่ใจ (Uncertain) | ไม่แน่ใจ (Uncertain) |
| ไม่เห็นด้วย (Disagree) | เห็นด้วย (Agree) |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Disagree) | เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly Agree) |

3.2 การกำหนดน้ำหนักคำถามประเภทนิมาน กำหนดให้น้ำหนักสูงสุดอยู่ที่ “เห็นด้วยอย่างยิ่ง” และน้ำหนักต่ำที่สุด “ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง” ดังนี้

| | |
|---|---|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ 5 คะแนน |
| เห็นด้วย | ให้ 4 คะแนน |
| ไม่แน่ใจ | ให้ 3 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย | ให้ 2 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ 1 คะแนน |

คำถามประเภทนิเสธ กำหนดให้น้ำหนักสูงสุดอยู่ที่ “ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง” และ น้ำหนัก ต่ำที่สุด “เห็นด้วยอย่างยิ่ง ” ดังนี้

| | |
|---|---|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ 1 คะแนน |
| เห็นด้วย | ให้ 2 คะแนน |
| ไม่แน่ใจ | ให้ 3 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย | ให้ 4 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ 5 คะแนน |

เกณฑ์ในการแปลความหมายค่าน้ำหนักคะแนนเฉลี่ยโดยรวมของเจตคติมีดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

| ค่าเฉลี่ย | การแปลความหมาย |
|---|---|
| 4.51-5.00 | หมายถึง มากที่สุด |
| 3.51-4.50 | หมายถึง มาก |
| 2.41-3.50 | หมายถึง ปานกลาง |
| 1.51-2.40 | หมายถึง น้อย |
| 1.00-1.50 | หมายถึง น้อยที่สุด |

4. การเลือกคำถาม คำถามทุกข้อที่สร้างขึ้นในตอนแรกนี้ จะนำไปใช้เป็น แบบสอบถามเจตคติยังไม่ได้ จะต้องนำคำถามเหล่านี้ไปทดลองดูก่อนว่า คำถามแต่ละข้อนั้นจะเชื่อถือได้หรือไม่ สามารถวัดเจตคติที่ต้องการจะวัดได้หรือไม่เพียงไร โดยการนำข้อความไปทดลองใช้กับผู้ทำแบบสอบถามที่มีลักษณะพื้นฐานคล้ายกับกลุ่มที่เราจะศึกษาจำนวนประมาณ 80-100 คน แล้วนำมาวิเคราะห์รายข้อเพื่อประเมินคุณภาพของแต่ละข้อความซึ่งกระทำได้ 2 วิธี คือ

4.1 หาค่า t-test ระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้คะแนนรวมสูงกับกลุ่มที่ได้คะแนนรวมต่ำ ข้อใดที่ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าข้อความนั้นมีอำนาจจำแนกแยกกลุ่มที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยออกจากกันได้ ให้คัดเลือกข้อความที่มีค่าสูงสุดลงมาตามจำนวนที่ต้องการ

4.2 หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแต่ละข้อกับคะแนนรวมทั้งหมดลบ คะแนนข้อนั้นเป็นการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ความคงที่ภายในมาตรวัด (Criterion of Internal Consistency)

ถ้าได้ค่าสหสัมพันธ์สูง แสดงว่าใช้ได้วิธีคัดเลือกข้อความดังกล่าวนี้ ลิเคิร์ท เสนอวิธีวิเคราะห์โดยการหาค่าสหสัมพันธ์จะได้ผลดีกว่า แต่จากการหาสหสัมพันธ์ระหว่างผลการวิเคราะห์

ทั้งสองวิธีพบว่ามีความสัมพันธ์กัน (Rho) ถึง 0.91 แสดงว่าจะใช้วิธีใดก็ได้

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ คือ แบบวัดที่เป็นเครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล ความคิดเห็น ความรู้สึก อารมณ์ ความสนใจ ของผู้ตอบแบบวัดที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เช่น จิตใจ ความรู้ ความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของผู้ตอบ โดยใช้คำถามหรือข้อความเป็นสิ่งเร้าใจให้ผู้ตอบแสดงความรู้สึกออกมา สามารถใช้วัดทั้งด้านพุทธิพิสัย (Cognition) และจิตพิสัย (Affective)

สรุปได้ว่า เจตคติต่อคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลต่อการเรียนวิชานี้ ซึ่งอาจเป็นบวกหรือลบ ส่งผลต่อการตอบสนอง เช่น ความพอใจหรือไม่พอใจ การตระหนักในคุณค่าหรือไม่เห็นคุณค่า ความชอบหรือไม่ชอบ และความพร้อมที่จะเรียน ความรู้สึกทางบวกสร้างแรงจูงใจและความตั้งใจในการเรียน ขณะที่ความรู้สึกทางลบอาจทำให้หมดกำลังใจ ดังนั้น ครูควรพัฒนาเจตคติที่ดีในนักเรียนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต เครื่องมือในการวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ คือ แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งประเมินความรู้สึกต่าง ๆ ของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ 5 ระดับในการให้คะแนนตามระดับความพอใจ การตระหนักในคุณค่า และความชอบในวิชา เพื่อให้ครูได้ข้อมูลในการปรับปรุงการสอนและพัฒนาเจตคติที่ดีในนักเรียน

## 2.6 ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematic Anxiety) หรือความไม่สบายใจที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในปัจจัย ที่เป็นปัญหาของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การเรียนคณิตศาสตร์ตลอดจนถึงการทดสอบในวิชาคณิตศาสตร์ถือว่า เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความวิตกกังวล ผู้เรียนส่วนมากมีความเชื่อว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยากและน่าเบื่อ อีกทั้งครูผู้สอนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่จะเจ้าระเบียบ และเข้มงวดผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกกลัว เบื่อ และไม่อยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นก็พบว่าในขณะเรียนเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น เช่น ไม่เข้าใจเนื้อหา ทำการบ้านไม่ได้ก็จะเกิดอาการท้อจนไม่อยากเรียน นักเรียนหลายคนที่ทุกข์ทรมานจากความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีความมั่นใจเพียงเล็กน้อยในความสามารถในการทำคณิตศาสตร์ และมีแนวโน้มที่จะอยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์จำนวนน้อยที่สุด (Anderson & Bourke, 2000, p. 36) ความวิตกกังวล (Anxiety) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนรู้ และเป็นบุคลิกภาพอย่างหนึ่งของผู้เรียน นอกจากนี้ยังกล่าวว่า ความวิตกกังวลยังเป็นสภาวะของความไม่สบายใจ อันเนื่องมาจาก

ความปรารถนาอันแรงกล้า และแรงขับไม่อาจไปถึงเป้าหมายที่ต้องการ (English, 1968, p. 35) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**2.6.1 ความหมายของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์**

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

Richardson and Suinn (1972, p. 551) ได้ให้ความหมายความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ว่า เป็นความรู้สึก เครียดและวิตกกังวลที่เกิดขึ้น เนื่องจากมีการจัดกระทำเกี่ยวกับจำนวน หรือตัวเลข และเมื่อต้องมีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ทั้งที่พบในชีวิตประจำวันและในการศึกษา

Fennema (1980, pp. 356-366) ได้ให้ความหมายความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ว่า ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรด้านจิตพิสัยที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ คือ ทำให้อยากหลีกหนี หรือหลีก เลี่ยงจากวิชาคณิตศาสตร์ และทำให้ความสามารถในการปฏิบัติในวิชาคณิตศาสตร์ไม่ดีเท่าที่ควร

Lazarus Tobias and Weissbrod (1974, pp. 16-22) ได้ให้ความหมายความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ว่า เป็นความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ เป็นสภาวะจิตใจของบุคคลที่มีความสับสนใจ มีความตื่นตระหนก เกลียด กลัวคณิตศาสตร์อย่างไม่มีเหตุผล และเกิดความสิ้นหวังหมดกำลังใจ เมื่อต้องพบปัญหาและ แก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์

Sovchilk (1996, p. 115) ได้ให้ความหมายความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ว่าความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบของความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นเนื่องจากสถานการณ์เฉพาะ คือ การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หรือการสอบวิชาคณิตศาสตร์ ทำให้เกิดอาการของความวิตกกังวลตามมา

ปิยวดี ฆายะนานนท์ (2554, น. 55) ได้ให้ความหมายความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ว่า เป็นความวิตกกังวลที่ทำให้เกิดสภาวะของความไม่สบายใจ ความสับสบว้าวุ่น หงุดหงิด เกิดความรู้สึก ตึงเครียด รู้สึกอึดอัดไม่สบายใจเมื่อเผชิญกับคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมอยากหลีกเลี่ยงและเกิดความคิดทางด้านลบต่อตนเองในเรื่องของการเรียน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความหมายของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คือ ความรู้สึกเครียดและวิตกกังวลที่เกิดขึ้นเมื่อเผชิญกับคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถส่งผลให้บุคคลมีความรู้สึกสับสน ตื่นตระหนก เกลียดกลัว และหมดกำลังใจเมื่อต้องแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความวิตกกังวลนี้ทำให้บุคคลอยากหลีกหนีหรือหลีกเลี่ยงการเรียนและการสอบวิชาคณิตศาสตร์ และส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปฏิบัติงานทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

**2.6.2 องค์ประกอบของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์**

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

Liebert and Morns (1976, pp. 975-978) ได้แบ่งองค์ประกอบของความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นเนื่องจากสถานการณ์สอบออกเป็น 2 องค์ประกอบ สรุปได้ดังนี้

1. ความกังวล (Worry) คือ ความคิดกังวลในทางลบเกี่ยวกับ ความสามารถของตนเอง สิ่งที่คาดหวัง สถานการณ์แวดล้อมตัว และผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปฏิบัติ ซึ่งการตอบสนองทางความคิดนี้จะส่งผลให้เกิดการตอบสนองทางด้านอารมณ์ด้วย

2. สภาวะทางอารมณ์ (Emotionality) คือ การรับรู้ประสบการณ์เกี่ยวกับความวิตกกังวลของบุคคล หรือได้รับผลกระทบจากการตอบสนองทางความคิด แล้วแสดงออกทางด้านร่างกายและจิตใจ เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ หรือสภาวะความรู้สึกไม่พอใจ เช่น ความรู้สึกตื่นเต้นกระวนกระวาย กระสับกระส่าย หัวใจเต้นแรงและเร็วขึ้น เหงื่อออกมาก และความเครียด เป็นต้น

เนื่องจากความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์สอบแบ่งออกได้เป็น 2 องค์ประกอบดังกล่าวข้างต้น Morris, Kellaway, and Smith (1978, pp. 589-594) จึงใช้แนวคิดดังกล่าวแบ่งองค์ประกอบของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ออกเป็น 2 องค์ประกอบเช่นเดียวกัน คือ

1. ความกังวล (Worry) เป็นองค์ประกอบทางด้านความคิดของความวิตกกังวล หมายถึง ความกังวลที่เกิดจากความคิดทางด้านลบของผู้เรียนที่มีต่อตนเองในเรื่องของการปฏิบัติงาน หรือกังวลถึงผลของการปฏิบัติงานว่าจะแตกต่างจากสิ่งที่ได้คาดหวังไว้ หรือเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ รวมถึงความคิดเกี่ยวกับความยาก ความสำคัญของการสอบ แบบทดสอบ และความกลัวต่อผลสะท้อนกลับเนื่องจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ได้ปฏิบัติไปแล้ว ตลอดจนอยากหลีกหนีจากสิ่งเร้านั้น

2. สภาวะทางอารมณ์ (Emotionality) เป็นองค์ประกอบทางด้านร่างกาย และจิตใจ ของความวิตกกังวล หมายถึง สภาวะที่ร่างกายและจิตใจได้รับสิ่งเร้า เนื่องจากความกังวลในสถานการณ์ต่าง ๆ มากระตุ้น ทำให้เกิดการตอบสนองต่อสถานการณ์นั้น ๆ ในทางลบทันที เช่น เกิดความรู้สึกหงุดหงิด เคร่งเครียด หรือมีอาการปวดหัว ปวดท้อง เป็นต้น ต่อสถานการณ์ที่เกี่ยวกับ การเรียนหรือการสอบ ทำให้ไม่สามารถบังคับความรู้สึก หรืออาการได้เมื่อมีสถานการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้น

จากองค์ประกอบของความวิตกกังวลดังกล่าว มอร์ริส เคลลาเวย์ และสมิธ ได้สร้างเครื่องมือวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ตามองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้น โดยกำหนดสถานการณ์ที่เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ 3 สถานการณ์ สรุปได้ดังนี้

1. ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ต่าง ๆ ภายในชั้นเรียน คณิตศาสตร์ ได้แก่ ครู บรรยากาศ หรือสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ ตลอดจนวิธีการ เรียนการสอน

2. ในการศึกษาค้นคว้าวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคณิตศาสตร์นอกห้องเรียน

3. ในการสอบคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสอบคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ Strawderman (1986, p. 457) ได้แบ่งรูปแบบของ องค์ประกอบของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งสรุปได้ 2 องค์ประกอบ ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านจิตพิสัย (Affective Components) เป็นองค์ประกอบของความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ทางด้านจิตใจ ซึ่งพิจารณาถึงความรู้สึกหรือการรับรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีแนวโน้มของการพิจารณา 3 ลักษณะคือ

1.1 อยากเข้าหาคณิตศาสตร์ คือ ความพยายามศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในวิชาคณิตศาสตร์ หรือให้ความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์

1.2 อยากหลีกหนีจากคณิตศาสตร์ คือ ความพยายามในการหลบหลีกเลี่ยงการเข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์

1.3 ความรู้สึกของผู้เรียน คือ ความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์

2. องค์ประกอบทางด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Component) เป็นองค์ประกอบของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ทางด้านความคิด ความเข้าใจ โดยพิจารณาถึงระดับของความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า องค์ประกอบของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้รับการพัฒนามาจากแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความวิตกกังวลโดยแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ คือความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ด้านพุทธพิสัย คือความรู้คิด ความคิดความเข้าใจที่เกิดการรบกวนที่เกิดขึ้นจากจิตใจ เช่น กังวลกับผลสำเร็จ ความสงสัยในความเชื่อมั่นของตนเอง ทัศนะคติเชิงลบ เป็นต้น และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ด้านจิตพิสัย คือความรู้สึก กล่าวคือความกังวลและสภาวะทางอารมณ์ทำให้เกิดความรู้สึกและความคิดที่กระตุ้นให้เกิดสภาวะทางอารมณ์ไปในทิศทางลบต่อสิ่งนั้น ๆ จากสถานการณ์ที่ต่างกันไป เช่น กลัว ประหม่า เครียด อึดอัด เป็นต้น

**2.6.3 ประเภทของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์**

ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงประเภทของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้

Levitt (1967, p. 45) and Spielberger (1970, p. 92) ได้แบ่งประเภทความวิตกกังวลไว้คล้ายคลึงกันโดยแบ่งความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ความวิตกกังวลทั่วไป หรือความวิตกกังวลที่เป็นคุณลักษณะส่วนบุคคล (Trait Anxiety) คือ ความวิตกกังวลที่เป็นลักษณะประจำตัวของแต่ละบุคคล เป็นลักษณะที่ค่อนข้างคงที่จนกลายเป็นนิสัย ความวิตกกังวลประเภทนี้มักจะเกิดกับบุคคลในสถานการณ์ทั่ว ๆ ไป ทุกสถานการณ์และไม่ปรากฏออกมาเป็นพฤติกรรมโดยตรง แต่จะเป็นตัวเสริมหรือตัวประกอบความวิตกกังวล เฉพาะสถานการณ์ บุคคลที่มีความวิตกกังวลประจำตัวสูงจะรับรู้สิ่งเร้าที่จะทำให้เกิดความไม่พึงพอใจหรืออันตรายได้เร็วกว่าผู้ที่มีความวิตกกังวลประจำตัวต่ำ อย่างไรก็ตามทุกคนจะมีความวิตกกังวลประเภทนี้โดยไม่รู้ตัวจึงเป็นส่วนหนึ่งของบุคลิกภาพ

2. ความวิตกกังวลเฉพาะสถานการณ์ (State Anxiety) คือความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นในเวลาเฉพาะเมื่อมีสถานการณ์เฉพาะคือสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่จะทำให้บุคคลแสดงพฤติกรรมโต้ตอบที่สามารถสังเกตได้ในช่วงระยะเวลาที่ถูกกระตุ้นนั้น เป็นภาวะที่บุคคลรู้สึกว่าตึงเครียด หวาดหวั่น กระวนกระวาย ระบบการทำงานของประสาทอัตโนมัติมีการตื่นตัวสูง ซึ่งความรุนแรง และระยะเวลาที่เกิดจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของความวิตกกังวลประจำตัว (Trait Anxiety)

Rounds and Hendel (1980, pp. 138-149) ได้แบ่งความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ตามการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ของเนื้อหาออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ความวิตกกังวลในการสอบวิชาคณิตศาสตร์ เป็นความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นเมื่อต้องสอบ วิชาคณิตศาสตร์ หรือเผชิญกับสถานการณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบคณิตศาสตร์

2. ความวิตกกังวลที่เกี่ยวกับจำนวนและตัวเลข เป็นความวิตกกังวลที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลต้องการมีการจัดกระทำเกี่ยวกับจำนวนหรือตัวเลขในการดำเนินชีวิตในแต่ละวัน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ประเภทของความวิตกกังวลมี 2 ประการ คือ ความวิตกกังวลในสภาพทั่วไปเกิดได้ทุกสถานการณ์เกิดขึ้นเป็นลักษณะประจำตัวของบุคคล และความวิตกกังวลเฉพาะสถานการณ์เกิดขึ้นบางสถานการณ์ขึ้นอยู่กับการกระตุ้นของสิ่งเร้าส่วนในด้านประเภทของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์นั้นจึงแบ่งออกได้เป็นความวิตกกังวลในการสอบคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลที่เกี่ยวกับจำนวนและตัวเลข

**2.6.4 การวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์**

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงการวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้

Sovchilk (1989, p. 113) ได้สรุปจากงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์จำนวนมากกว่า 5,000 ฉบับไว้ว่า ความวิตกกังวลทั่วไป สามารถวัดได้ตาม 3 วิธีหลัก ดังนี้

1. วิธีวัดทางอ้อม เป็นวิธีวัดโดยใช้การสังเกตเกี่ยวกับสัญญาณที่บ่งบอกความวิตกกังวลเป็นหลัก ได้แก่ การดึงผมออก การขบกัดเล็บมือ หรือ การเคาะเท้าเบา ๆ เป็นต้น

2. วิธีวัดกึ่งโดยตรง เป็นวิธีการวัดโดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้น เพื่อสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกบุคคลถ้าคะแนนในการตอบสูง แสดงว่ามีความวิตกกังวลสูงด้วย

3. วิธีวัดโดยตรง เป็นวิธีวัดโดยใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการทางจิตวิทยา เช่น เครื่องตรวจสอบสนองไฟฟ้าของผิว (Galvanic Skin Response) ซึ่งใช้วัดระดับเหงื่อออกในฝ่ามือฝ่าเท้าของบุคคลแม้ว่าความวิตกกังวลทั่วไปสามารถวัดได้หลายวิธี แต่การวัดความวิตกกังวลในสภาพการณ์เฉพาะ เช่น ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ สามารถวัดได้สองวิธี คือ การวัดโดยการสังเกต และการวัดด้วยการใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Sovchilk, 1989, p. 113)

แบบสอบถามความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics Anxiety Rating Scale: MARS) แรกสุด คือแบบสอบถามที่พัฒนาโดย Richardson and Suinn (1972, cited in Ashcraft & Krause, 2007, p. 198) ประกอบด้วยข้อคำถาม 98 ข้อ เป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งแบ่งออกเป็นแบบวัดเพื่อวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ทั้งที่พบชีวิตประจำวันและในการศึกษาโดยใช้กลุ่มนักศึกษาปริญญาตรี

Morris, et al. (1978, pp. 589-594) สร้างแบบสอบถามความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ประกอบด้วยข้อคำถาม 27 ข้อ ใช้กับกลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาตรี เป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ ไม่รู้สึกเลย รู้สึกปานกลาง รู้สึกมาก รู้สึกมากที่สุด โดยกำหนดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ 3 คุณลักษณะ สรุปดังนี้

1. ความวิตกกังวลในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ (Mathematics Class Anxiety) หมายถึง สถานการณ์ต่าง ๆ ภายในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ เพื่อน ครู บรรยากาศ หรือสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ ตลอดจนวิธีการเรียนการสอนที่เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

2. ความวิตกกังวลในการศึกษาค้นคว้าคณิตศาสตร์ (Mathematics Studying Anxiety) หมายถึง สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการศึกษานอกชั้นเรียนของผู้เรียน ทั้งในด้านเนื้อหาวิชา วิธีการเรียน ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

3. ความวิตกกังวลในการสอบคณิตศาสตร์ (Math Test Anxiety) หมายถึง สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสอบคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

Plake and Parker (1982 cited in Berry, 2008, pp. 48-49) ได้สร้างแบบสอบถามความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ (Revised Mathematics Anxiety Rating Scale: RMARS) โดยปรับปรุงจากแบบสอบถามความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ (MARS) ของ Richardson and Suinn (1972, p. 65) ซึ่งมีหลายข้อ ให้เหลือ 24 ข้อ เพื่อเป็นการเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพ

ในการประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ให้ดีขึ้น โดยใช้มาตรประมาณค่า 4 ระดับ ได้แก่ รู้สึกน้อยที่สุด รู้สึกน้อย รู้สึกมาก รู้สึกมากที่สุด ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ ความวิตกกังวลในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลในการประเมินผลคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .98 และมีค่าความสัมพันธ์ MARS เท่ากับ .97 (Hopko, Mahadevan, Bare & Hunt, 2003, p. 179)

Hopko, et al. (2003, p. 179) สร้างแบบสอบถามความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์แบบสั้น (The Abbreviated Math Anxiety Scale: AMAS) มีจำนวน 9 ข้อ วัดในสองด้าน ได้แก่ ด้านความวิตกกังวลกับการเรียนคณิตศาสตร์และด้านความวิตกกังวลกับการสอนคณิตศาสตร์ โดยใช้มาตรประมาณค่า 4 ระดับ มีความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .90 และค่าสัมประสิทธิ์ความตรงในการสอบซ้ำเท่ากับ .85 เนื่องจาก แบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของ Richardson and Suinn (1972) มีข้อคำถามมากเกินไป ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามไม่อยากตอบหรือตอบแบบสอบถามแบบไม่มีความสนใจจะตอบจริง ซึ่งเป็นปัจจัยทำให้มีความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลมาก ดังนั้น Suinn and Winson (2003, pp. 51) ทำการปรับแบบสอบถามจาก 98 ข้อ เหลือแค่ 30 ข้อคำถาม มีความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .96 และค่าความตรงในการสอบซ้ำเท่ากับ .90

Bai, et al. (2009, pp. 185-193) สร้างแบบสอบถามความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Kazelskis (1998) มีจำนวน 14 ข้อ เป็นมาตรประมาณค่า 4 ระดับ โดยวัดแบบสองมิติทั้งด้านลบและด้านบวก และ Bai (2011, p. 115) เอาแบบสอบถามดังกล่าวมาตรวจสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 674 คน พบว่า แบสอบถามความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ชุดนี้ มีความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .85 และค่าความสัมพันธ์ของการสอบซ้ำเท่ากับ .71

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีวิธีการวัดทางอ้อมวัดกึ่งโดยตรงและวัดโดยตรง แบบสอบถามความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ และ 4 ระดับ จะวัดความวิตกกังวลกับการเรียนคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลกับการสอนคณิตศาสตร์

**2.6.5 การแปลความหมายของแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์**

การแปลความหมายของแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาได้ศึกษาและพัฒนาไว้หลากหลายรูปแบบ ดังนี้

Morris Kellaway and Smith (1078, pp. 589-594) ได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย ของแบบวัดความวิตกกังวลไว้โดยกำหนดแบ่งตามสถานการณ์เป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ 3 สถานการณ์ คือ ความวิตกกังวลในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ (Mathematics Class Anxiety) ความวิตกกังวลในการศึกษาค้นคว้าคณิตศาสตร์ (Mathematics Studying Anxiety) และ ความวิตกกังวลในการสอบคณิตศาสตร์ (Math Test Anxiety) คือ

| คะแนน | ข้อความทางบวก | ข้อความทางลบ |
|---|---|---|
| วิตกกังวลน้อยที่สุด | 1 | 5 |
| วิตกกังวลน้อย | 2 | 4 |
| วิตกกังวลปานกลาง | 3 | 3 |
| วิตกกังวลมาก | 4 | 2 |
| วิตกกังวลมากที่สุด | 5 | 1 |

โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คือ

1.00–1.50 มีความวิตกกังวลในระดับน้อยที่สุด

1.51–2.40 มีความวิตกกังวลในระดับน้อย

2.41–3.50 มีความวิตกกังวลในระดับปานกลาง

3.51–4.50 มีความวิตกกังวลในระดับมาก

4.51–5.00 มีความวิตกกังวลในระดับมากที่สุด

อวยพร เรืองตระกูล (2557, น. 6) ได้ศึกษาการพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ และได้สร้างเกณฑ์การแปลความหมายแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนเป็นข้อความที่เป็นเชิงลบและข้อความที่เป็นเชิงบวก ดังนี้

ระดับคะแนนของข้อความทางลบ

วิตกกังวลมากที่สุด ให้น้ำหนักคะแนน 4 คะแนน

วิตกกังวลมาก ให้น้ำหนักคะแนน 3 คะแนน

วิตกกังวลน้อย ให้น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน

วิตกกังวลน้อยที่สุด ให้น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

ระดับคะแนนของข้อความทางบวก

วิตกกังวลมากที่สุด ให้น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

วิตกกังวลมาก ให้น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน

วิตกกังวลน้อย ให้น้ำหนักคะแนน 3 คะแนน

วิตกกังวลน้อยที่สุด ให้น้ำหนักคะแนน 4 คะแนน

**ตารางที่ 2.21** เกณฑ์การแปลความหมายของแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ด้วยค่าเฉลี่ยของช่วงคะแนน

| ช่วงของค่าเฉลี่ยคะแนนรวม | ระดับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ |
|---|---|
| ค่าเฉลี่ย ≥ Mean + 1.5(S.D.) | สูง |
| Mean – 1.5(S.D.) < ค่าเฉลี่ย < Mean + 1.5(S.D.) | ปานกลาง |
| ค่าเฉลี่ย ≤ Mean + 1.5(S.D.) | ต่ำ |

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก *การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ*. โดย อวยพร เรืองตระกูล, (น. 6), 2557, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จากตารางที่ 2.21 พบว่า ช่วงของค่าเฉลี่ยคะแนนรวมความวิตกกังวล ค่าเฉลี่ย ≥ Mean + 1.5(S.D.) ต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ที่ระดับ สูง ช่วงของค่าเฉลี่ยคะแนนรวม Mean-1.5(S.D.) < ค่าเฉลี่ย < Mean + 1.5(S.D.) ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ที่ระดับ ปานกลาง ช่วงของค่าเฉลี่ยคะแนนรวม ค่าเฉลี่ย ≤ Mean + 1.5(S.D.) ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ที่ระดับ ต่ำ

Plake and Parker (1982 cited in Berry, 2008, pp. 48-49) โดยใช้แบบวัดให้มีลักษณะเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ (4-Points Likert Scale) ได้แก่ มากที่สุด มาก น้อย และน้อยที่สุด และความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 ด้าน คือ 1) ความวิตกกังวลในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และ 2) ความวิตกกังวลในการประเมินผลคณิตศาสตร์ โดยปรับให้เหมาะสมกับบริบทของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้

ระดับคะแนนของข้อความทางลบ

วิตกกังวลมากที่สุด ให้น้ำหนักคะแนน 4 คะแนน
วิตกกังวลมาก ให้น้ำหนักคะแนน 3 คะแนน
วิตกกังวลน้อย ให้น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน
วิตกกังวลน้อยที่สุด ให้น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน

ระดับคะแนนของข้อความทางบวก

วิตกกังวลมากที่สุด ให้น้ำหนักคะแนน 1 คะแนน
วิตกกังวลมาก ให้น้ำหนักคะแนน 2 คะแนน
วิตกกังวลน้อย ให้น้ำหนักคะแนน 3 คะแนน
วิตกกังวลน้อยที่สุด ให้น้ำหนักคะแนน 4 คะแนน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การแปลความหมายของแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีหลายรูปแบบ เช่น การแบ่งสถานการณ์ที่กระตุ้นความวิตกกังวล (ในชั้นเรียน การศึกษาค้นคว้า และการสอบ) โดยใช้เกณฑ์คะแนนที่สะท้อนระดับความวิตกกังวลตั้งแต่น้อยที่สุดถึงมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการใช้แบบสอบถามมาตราส่วน Likert 4 ระดับ โดยให้คะแนนข้อความทางบวกและลบในทิศทางตรงกันข้าม พร้อมทั้งปรับเกณฑ์การแปลผลตามค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อสะท้อนระดับความวิตกกังวลในบริบทที่แตกต่าง

สรุปได้ว่า ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกเครียดเมื่อเผชิญกับคณิตศาสตร์ ส่งผลให้บุคคลรู้สึกสับสน ตื่นตระหนก เกลียดกลัว และหมดกำลังใจเมื่อต้องแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความวิตกกังวลนี้ทำให้บุคคลอยากหลีกหนีหรือหลีกเลี่ยงการเรียนและการสอบวิชาคณิตศาสตร์ ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปฏิบัติงานทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ การวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ใช้แบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความวิตกกังวลในการสอบวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อต้องสอบวิชาคณิตศาสตร์หรือเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสอบคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลที่เกี่ยวกับจำนวนและตัวเลข ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อบุคคลต้องจัดการกับจำนวนหรือตัวเลขในชีวิตประจำวัน

## 2.7 สถิติทดสอบที

ไพศาล วรคำ (2565, น. 347-348) กล่าวว่า การทดสอบสถิติที ($t$-test) เป็นสถิติประเภทพระรามมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย โดยค่าสถิติมีการแจกแจงแบบที ซึ่งเกิดจากการสุ่มตัวอย่างมาครั้งละ 1 ตัว และ ครั้งละ $n$ ตัว จากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ แล้วนำค่า $X$ ที่สุ่มได้มาหาคะแนนมาตรฐาน ( $Z$ ) และนำตัวอย่างที่สุ่มมาครั้งละ $n$ ตัว มาหาค่าไคสแควร์จะได้ $\chi^2_{n-1}$ จากนั้นนำมาหาค่า $t$ จาก

$$t_{n-1} = \frac{Z}{\sqrt{\frac{\chi^2_{n-1}}{(n-1)}}} \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อทำเช่นนี้ในจำนวนครั้งที่มากพอแล้วนำค่า $t$ ที่ได้มาเขียนกราฟ จะได้กราฟที่มีโค้งการแจกแจงแบบที โดยลักษณะสำคัญของการแจกแจงแบบทีจะมีลักษณะคล้ายกับการแจกแจงปกติ ทั้งนี้เนื่องจาก $Z$ มีการแจกแจงแบบปกตินั่นเอง

**2.7.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบที**

2.7.1.1 กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่ม (Random Sampling) ประชากรแต่ละหน่วยมีโอกาสได้รับการสุ่มอย่างอิสระ

2.7.1.2 ประชากรมีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้สถิติของโคลโมโกรอฟ-สมินอฟ (Kolmogorov-Smirnov) หรือสถิติของซาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk) ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติทั่วไป ทั้งนี้ก่อนที่จะทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ผู้วิจัยต้องตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นก่อน

**2.7.2 การทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบที**

การทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบที มีขั้นตอนคล้ายคลึงกันกับการทดสอบด้วยไคน์สแควร์ ซึ่งพอสรุปขั้นตอนการทดสอบได้

2.7.2.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

2.7.2.2 กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบและหาค่าวิกฤต โดยค่าวิกฤตที (critical-$t$ value: $t_{\alpha,df}$) สามารถหาได้โดยการเปิดตารางการแจกแจงค่าสถิติที ($t$-distribution) หรือคำนวณจากฟังก์ชัน TINV ในโปรแกรม Microsoft Excel ก็ได้ โดยถ้าเป็นการทดสอบทางเดียวให้ใช้ฟังก์ชันที่ TINV ($2\alpha, df$) หรือถ้าเป็นการทดสอบสองทางให้ใช้ฟังก์ชัน TINV ($\alpha, df$)

2.7.2.3 คำนวณค่าสถิติทดสอบที

2.7.2.4 ตัดสินใจทางสถิติ เนื่องจากการแจกแจงแบบที ($t$-distribution) มีลักษณะคล้ายกับการแจกแจงปกติ ค่าสถิติที่คำนวณได้จึงเป็นไปได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ ในการพิจารณาการตัดสินใจทางสถิติจะพิจารณาค่าสถิติก็สอบที ตกอยู่ในบริเวณวิกฤตหรือไม่ หรืออาจพิจารณาง่ายๆ โดยใช้การเปรียบเทียบค่าสัมบูรณ์ของค่าสถิติทดสอบที ($|t|$) กับค่าวิกฤต ดังนี้

ถ้า ($|t|$) > ค่าวิกฤต การทดสอบนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติจึงปฏิเสธ $H_0$ และไปยอมรับ $H_1$ แต่ถ้า ($|t|$) ≥ ค่าวิกฤต การทดสอบนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจึงยอมรับ $H_0$

2.7.2.5 สรุปผล

การนำการทดสอบทีมาใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ทำได้หลายกรณี

**2.7.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่าคงที่**

เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มหนึ่งกับค่าคงที่ เช่น ผู้วิจัยต้องการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อนวัตกรรมที่ใช้ ในการทดสอบสมมติฐานจึงเป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจของประชากรนั้น ว่ามีค่าเท่ากับค่าคงที่ (ที่ผู้วิจัยกำหนด) หรือไม่ สมมติฐานทางสถิติจึงอาจเขียนได้ดังนี้

$H_0 : \mu = k$ เมื่อ $k$ เป็นค่าคงที่ใดๆ

$H_1 : \mu \neq k$ หรือ $H_1 : \mu > k$ หรือ $H_1 : \mu < k$

ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานการวิจัยไว้อย่างไร การทดสอบทีในกรณีนี้เรียกว่า การทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว (One-Sample $t$-test) ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{\overline{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}};\ df = n-1 \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ $t$ แทน ค่าสถิติทดสอบที
$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
$\mu_0$ แทน ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบ
$S$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง
$n$ แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

**2.7.4 กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Sample)**

กลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาอาจเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มเดียวกัน หรือจับคู่ตัวอย่างที่ตัวแปรมีค่าเท่ากัน เช่น ผู้วิจัยต้องการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน หรือต้องศึกษาเปรียบเทียบผลของการเลี้ยงดูสองแบบโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นคู่แฝดกัน เป็นต้น การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างประชากรสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบทีแบบกลุ่มไม่อิสระ (Dependent-Sample $t$-test หรือ Paired-Sample $t$-test) มีสูตรคำนวณดังนี้

$$t = \frac{\overline{d}}{S_d/\sqrt{n}};\quad df = n-1,\quad S_d = \sqrt{\frac{n\sum d^2 - \left(\sum d\right)^2}{n(n-1)}} \qquad (2\text{-}3)$$

เมื่อ $t$ แทน สถิติทดสอบที
$\overline{d}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคู่คะแนน
$S_d$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างคู่คะแนน
$n$ แทน จำนวนคู่คะแนน หรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

## 2.8 สถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure

### 2.8.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-Way ANOVA with Repeated Measures) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในกลุ่มตัวอย่างเดียวกันที่ได้รับการวัดหลายครั้งภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน (Fisher, 1925, pp. 5-10; Scheffé, 1959, pp. 1-16) เทคนิคนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิจัยทางการศึกษา โดยเฉพาะในสาขาคณิตศาสตรศึกษา เนื่องจากช่วยให้นักวิจัยสามารถติดตามพัฒนาการของผู้เรียนภายใต้การทดลองหรือการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Campbell & Stanley, 1963, pp. 52-74)

ในบริบทของคณิตศาสตรศึกษา การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนในระยะเวลาที่แตกต่างกัน (Carpenter, et al., 1989, pp. 1-20; Hiebert & Carpenter, 1992, pp. 1-20) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการสอนหรือนวัตกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ที่ต้องการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการทดลอง รวมถึงการติดตามผลในระยะยาว

### 2.8.2 หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ

2.8.2.1 แนวคิดเชิงทฤษฎี การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำตั้งอยู่บนพื้นฐานของการแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็นสองส่วนหลัก: ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-Subjects Variance) และความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within-Subjects Variance) (Winer, et al., 1991) โดยความแปรปรวนภายในกลุ่มจะถูกแบ่งย่อยออกเป็นความแปรปรวนที่เกิดจากการทดลอง (treatment variance) และความแปรปรวนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อน (Error Variance) ในการทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำใช้การเปรียบเทียบอัตราส่วน F (F-ratio) ซึ่งคำนวณจากความแปรปรวนที่เกิดจากการทดลองหารด้วยความแปรปรวนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อน (Kirk, 2013, p. 20) หากค่า F ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (critical value) ที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนด จะสรุปได้ว่ามีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

2.8.2.2 รูปแบบของการวัดซ้ำ การวัดซ้ำในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวสามารถทำได้หลายรูปแบบ (Maxwell & Delaney, 2004) ได้แก่

1) การวัดก่อน-หลังการทดลอง (Pre-post Design) เป็นรูปแบบพื้นฐานที่วัดผลก่อนและหลังการทดลองหรือการให้การรักษา

2) การวัดหลายช่วงเวลา (Time-Series Design) เป็นการวัดผลหลายครั้งในช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อติดตามพัฒนาการ

3) การวัดภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน (Different Conditions Design) เป็นการวัดผลภายใต้เงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

**2.8.3 ข้อกำหนดเบื้องต้น และข้อสมมติสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ**

2.8.3.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำมีข้อกำหนดเบื้องต้นที่สำคัญ ดังนี้ (Field, 2013, p. 23; Tabachnick & Fidell, 2013, pp. 1-10)

1) การแจกแจงแบบปกติ (Normality) ตัวแปรตามควรมีการแจกแจงแบบปกติในแต่ละระดับของตัวแปรอิสระ

2) ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance) ความแปรปรวนของความแตกต่างระหว่างคู่ของการวัดซ้ำควรมีค่าเท่ากัน

3) ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนร่วม (Homogeneity of Covariance) ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของการวัดซ้ำควรมีความคงที่

4) ความสมมาตรเชิงหมุน (Sphericity) ความแปรปรวนของความแตกต่างระหว่างทุกคู่ของการวัดซ้ำควรมีค่าเท่ากัน ซึ่งทดสอบได้โดยใช้ Mauchly's test of sphericity

2.8.3.2 การแก้ไขปัญหาเมื่อไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อกำหนดเรื่องความสมมาตรเชิงหมุน สามารถใช้วิธีการแก้ไขต่อไปนี้ (Greenhouse & Geisser, 1959, pp. 1-14; Huynh & Feldt, 1976, pp. 1-13)

1) การปรับค่าองศาความเป็นอิสระ (Adjusted Degrees of Freedom) ด้วยวิธี Greenhouse-Geisser Correction ($\varepsilon$) หรือ Huynh-Feldt Correction ($\varepsilon$)

2) การใช้การวิเคราะห์ทางเลือก เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (MANOVA) หรือ การใช้แบบจำลองเชิงเส้นแบบผสม (Mixed Linear Models)

**2.8.4 การใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำในงานวิจัยด้านคณิตศาสตรศึกษา**

การประยุกต์ใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำมีการใช้อย่างแพร่หลายในการวิจัยเชิงทดลองด้านคณิตศาสตรศึกษา (Kilpatrick, et al., 2001, p. 2; Schoenfeld, 2016, p. 5) โดยเฉพาะในประเด็นต่อไปนี้

2.8.4.1 การประเมินผลของนวัตกรรมการเรียนการสอน การติดตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้นวัตกรรม รวมถึงการติดตามผลในระยะยาว

2.8.4.2 การศึกษาพัฒนาการด้านความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การติดตามความเข้าใจของผู้เรียนในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนภายใต้วิธีการสอนที่แตกต่างกัน

2.8.4.3 การวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

**2.8.5 การวิเคราะห์และแปลผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ**

2.8.5.1 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำมีขั้นตอน (Hair, et al., 2018, p. 50; Howell, 2012, p. 62) ดังนี้

1) การตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้น

1.1) การทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วย Shapiro-Wilk test หรือ Kolmogorov-Smirnov test

1.2) การทดสอบความสมมาตรเชิงหมุนด้วย Mauchly's test of sphericity

2) การวิเคราะห์หลัก

2.1) การคำนวณตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA table)

2.2) การคำนวณค่าสถิติ F และค่า p

2.3) การคำนวณค่าขนาดอิทธิพล (effect size) เช่น partial eta squared ($\eta^2 p$) หรือ Cohen's d

3) การวิเคราะห์หลังการทดสอบหลัก (post-hoc analysis)

3.1) การเปรียบเทียบรายคู่ (pairwise comparisons) ด้วยวิธี Bonferroni, Tukey's HSD หรือ Sidak

3.2) การวิเคราะห์แนวโน้ม (trend analysis) เชิงเส้นตรง หรือไม่เชิงเส้นตรง

2.8.5.2 การแปลผลและการรายงานผล การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำควรครอบคลุมประเด็นต่อไป (Field, 2013, p. 20) ดังนี้

1) การรายงานผลการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้น

1.1) ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ

1.2 ) ผลการทดสอบความสมมาตรเชิงหมุนและการแก้ไข (ถ้ามี)

2) การรายงานผลการวิเคราะห์หลัก

2.1) ค่าสถิติ $F$ , องศาความเป็นอิสระ ( $df$ ), และค่า $P$

2.2) ค่าขนาดอิทธิพลและการแปลผล

2.3) ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละการวัด

3) การรายงานผลการวิเคราะห์หลังการทดสอบหลัก

3.1) ผลการเปรียบเทียบรายคู่และนัยสำคัญทางสถิติ

3.2) ผลการวิเคราะห์แนวโน้ม (ถ้ามี)

4) การนำเสนอผลในรูปแบบตารางและกราฟ

4.1) ตารางแสดงค่าสถิติพื้นฐานและผลการวิเคราะห์

4.2) กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของแต่ละการวัดและช่วงความเชื่อมั่น

สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ เป็นเทคนิคทางสถิติที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัยด้านคณิตศาสตรศึกษา โดยเฉพาะในการติดตามพัฒนาการของผู้เรียนและประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอน แม้จะมีข้อจำกัดบางประการ แต่ด้วยการแก้ไขและการนำไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำยังคงเป็นเครื่องมือที่มีคุณค่าสำหรับนักวิจัยด้านคณิตศาสตรศึกษา

## 2.9 เครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ

จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับการวิจัยในครั้งนี้มี 2 ชนิด คือ แบบทดสอบ และแบบสอบถาม (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 239-257) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.9.1 เครื่องมือในการวิจัย

2.9.1.1 แบบทดสอบ

1) ความหมาย แบบทดสอบ (Test) หมายถึง ชุดของข้อความที่ใช้วัดค่าของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง โดยมีคำตอบที่ถูกต้องแน่นอนและมีกฎเกณฑ์ในการตรวจสอบให้คะแนนอย่างสมเหตุสมผลและแน่นอน

2) ประเภทของแบบทดสอบ แบบทดสอบสามารถจำแนกได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการจำแนก ซึ่งการจำแนกประเภทของแบบทดสอบที่สำคัญมีดังนี้

2.1) จำแนกได้ตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งเป็นคุณลักษณะทางจินตภาพ แบบทดสอบจึงทำหน้าที่เป็นแบบวัด เพราะใช้คุณลักษณะต่างๆ ซึ่งสามารถจำแนกแบบทดสอบออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

2.1.1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement Test) เป็นแบบข้อสอบที่ใช้วัดความรู้ (Knowledge) และทักษะ (Skill)

2.1.2) แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพ (Personality Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดคุณลักษณะของคนเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดและเจตคติ ลักษณะของแบบทดสอบมีทั้งแบบทดสอบภาคปฏิบัติและแบบถามตอบ การทดสอบเป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม แบบทดสอบวัดบุคลิกภาพแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบบวัดที่ใช้การฉายออก (Projective Act) และแบบวัดที่ไม่ใช้

การฉายออก (Non-Projective Act) แบบวัดที่ใช้การฉายออกจะมีลักษณะเป็นแบบทดสอบ ส่วนแบบวัดที่ไม่มีการฉายออกจะมีลักษณะเป็นแบบสอบถามหรือรายงานตนเอง ซึ่งมักจะมีปัญหาเรื่องการตอบคือ ผู้ตอบจะตอบในแนวทางที่ให้ตนเองดูดี คำตอบที่ได้จึงไม่ค่อยตรงตามความเป็นจริง แบบวัดที่ใช้การฉายออกเป็นแบบวัดที่แก้ปัญหาเกี่ยวกับการตอบ โดยยึดการยอมรับของสังคม จะไม่วัดหรือถามตรง ๆ ซึ่งจะช่วยทำให้การตอบไม่ตรงกับความเป็นจริงลดลง แต่จะเป็นการตอบจากความรู้สึกที่แท้จริงของผู้ตอบ ลักษณะของแบบวัดจะเป็นรูปภาพ (Picture) หยดหมึก (Inkblot) ข้อความ (Word) เช่น แบบวัด Rorschach Inkblot และแบบวัด Apperception Test ซึ่งเป็นชุดของรูปภาพแล้วให้ผู้ตอบเล่าเรื่องของแต่ละรูปภาพ เป็นต้น

2.1.3) แบบวัดความพึงพอใจ (Aptitude Test) เป็นการวัดศักยภาพ (Potential) ของผู้ตอบเพื่อใช้ในการทำนายความสามารถในการปฏิบัติงาน กิจกรรมหรือการศึกษาในอนาคต แบบวัดความถนัดนี้มีชื่อเรียกหลายอย่างตามลักษณะที่ต้องการวัด เช่น แบบวัดความถนัดทางการเรียน แบบวัดเชาวน์ปัญญา และแบบวัดความสามารถทางสมอง เป็นต้น ผลของการวัดความถนัดจะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนครู แนะแนวและผู้บริหาร แบบวัดความถนัดแบ่งออกเป็น

2.1.3.1) แบบวัดความถนัดทั่วไป (General Aptitude Test) เป็นแบบวัดความถนัดของแต่ละบุคคล โดยอาจมีลักษณะเป็นข้อความ (Verbal) หรือไม่เป็นข้อความ (Nonverbal) ก็ได้เนื้อหาสาระในการวัดจะเป็นความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหา เช่น ด้านเหตุผล (Reasoning) ด้านการแก้ปัญหา (Problem Solving) และความคล่องแคล่วทางภาษา (Verbal Fluency) เป็นต้น

2.1.3.2) แบบวัดความถนัดเฉพาะทาง (Specific Aptitude Test) เป็นแบบวัดความถนัดเฉพาะทางของนักเรียน เพื่อนำไปพยากรณ์ความสามารถใน การปฏิบัติงานของแต่ละคน ซึ่งมุ่งหวังนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการฝึกทักษะต่าง ๆ ในอนาคต เช่น ความถนัดด้านดนตรี ด้านคณิตศาสตร์ ด้านกลไกต่าง ๆ เป็นต้น แบบวัดความถนัดเฉพาะทางจะมีแบบวัดความถนัดหลายอย่าง มีทั้งแบบวัดด้านวิชาความรู้ และที่ไม่ใช่วิชาความรู้ ตัวอย่างแบบวัดความถนัดเฉพาะทาง เช่น Sequential Test of Educational Progress (STEP) ซึ่งเป็นแบบวัดความพร้อมด้านการอ่าน การเขียนคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.1.3.3) แบบวัดความพร้อม (Readiness test) แบบทดสอบวัดความพร้อมอาจจะเป็นแบบทดสอบวัดความถนัด หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก็ได้แต่การจัดเป็นแบบวัดความถนัดจะมีความใกล้เคียงมากกว่า แบบทดสอบวัดความพร้อมเป็นแบบวัดที่ ครูใช้วัดความพร้อมของนักเรียนก่อนที่จะมีการเรียนการสอน หรือการฝึกทักษะต่างๆ ทั้งนี้เพื่อต้องการจะทราบว่าผู้เรียนมีความพร้อมอยู่ในระดับใด เช่น แบบวัดความพร้อมในการอ่าน ประกอบด้วย ความสามารถ

ในการจำแนกการฟัง การมองเห็น และความสามารถทางด้านทักษะ เป็นต้น ตัวอย่างแบบวัดความพร้อม เช่น The Metropolitan Readiness Test เป็นต้น

2.1.4) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (Creativity Test) เป็นแบบวัดเกี่ยวกับลักษณะของคนที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการคิดแบบอเนกนัย (divergent thinking) คือเป็นการค้นหาทางเลือกหลายทาง ซึ่งตรงข้ามกับความคิดแบบเอกนัย (convergent thinking) ที่ต้องการหาความคำตอบที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว นักการศึกษาที่มีชื่อเสียงในด้านนี้ คือ กิลฟอร์ด (Guilford) ซึ่งเป็นผู้สร้างแบบวัดแบบอเนกนัย โดยที่เขายกตัวอย่างคนที่คิดแบบเอกนัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของอิฐ (Brick) คนเหล่านี้จะคิดเพียงว่าอิฐนำไปใช้สร้างโรงเรียน บ้าน ห้องสมุด อาคารต่างๆ แต่ถ้าคิดแบบอเนกนัยก็จะคิดต่อไปถึงว่าอิฐสามารถนำใช้ขว้างทำลายหน้าต่าง หรือใช้ตีหัวขโมยได้ นักการศึกษาที่มีชื่อเสียงอีกท่าน หนึ่ง คือ ทอร์แรนซ์ (Torrance) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ชื่อว่า The Torrance Test of Creativity ซึ่งลักษณะของแบบทดสอบประกอบด้วย ข้อคำถาม รูปภาพและกราฟ ซึ่งวัด 4 องค์ประกอบ คือ ความคล่องแคล่ว (Fluency) ความยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความประณีต (Elaboration)

2.2) จำแนกตามลักษณะการตรวจให้คะแนนจำแนกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

2.2.1) แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือ ไม่ว่าจะให้บุคคลใดเป็นผู้ตรวจก็จะสามารถให้คะแนนได้ถูกต้องตรงกันเสมอ เช่นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบแบบถูกผิด

2.2.2) แบบทดสอบอัตนัย (Subobjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำ หรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่น แบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

2.2.3) แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified Subobjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ทำการปรับปรุงมาจากแบบทดสอบอัตนัย โดยการปรับวิธีการตรวจให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น

2.3) จำแนกตามลักษณะการสร้างจำแนกได้ 2 ประเภทคือ

2.3.1) แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มีคณะผู้เชี่ยวชาญทางด้านจิตวิทยา ด้านการวัดและการประเมิน และนักวิชาการสาขาต่างๆ ร่วมกันพัฒนาขึ้นภายใต้กระบวนการสร้างที่ได้มาตรฐาน และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในต่างประเทศ จะมีแบบทดสอบมาตรฐานนี้อยู่เป็นจำนวนมาก เช่น Stanford Achievement Test, Metropolitan Achievement Test และ California Achievement Test Battery (ซึ่งมีข้อสอบประกอบด้วย การอ่าน คณิตศาสตร์ การสะกดคำ สังคมศึกษา วิทยาศาสตร์ และความเข้าใจในการฟัง)

2.3.2) แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง (Researcher-Made Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรืออาจเป็นแบบทดสอบที่มีผู้วิจัยคนอื่นสร้างไว้แล้ว แบบทดสอบประเภทนี้ยังไม่ถือว่าเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ถึงแม้จะเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพก็ตาม ทั้งนี้เพราะถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับกลุ่มผู้สอบเพียงบางกลุ่มเท่านั้น และขาดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ข้อดีของแบบทดสอบประเภทนี้คือ วัดได้ตรงตามความต้องการของผู้วิจัย

2.4) จำได้ตามลักษณะการนำผลที่ได้ไปใช้ประเมิน จำแนกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.4.1) แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคล ว่ามีความรู้ความสามารถตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ส่วนใหญ่จะใช้ในการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (Formative Evaluation) ดังนั้นการวัดความรู้ความสามารถในแต่ละวัตถุประสงค์หรือตัวชี้วัด จะต้องมีจำนวนข้อคำถามที่เพียงพอต่อการประเมิน

2.4.2) แบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคล ว่ามีอยู่ในระดับใดเมื่อเทียบกับบุคคลอื่นๆ เกี่ยวกับเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ส่วนใหญ่แบบทดสอบแบบอิงกลุ่มจะใช้จัดตำแหน่งความรู้ของผู้เรียนในเรื่องที่สอน หรือใช้ในการประเมินผลสรุปรวม (Summative evaluation) แบบทดสอบประเภทนี้จึงมุ่งทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดให้มากที่สุด

2.5) จำแนกตามลักษณะการตอบสนอง จำแนกได้เป็น 3 ประเภทคือ

2.5.1) แบบทดสอบข้อเขียน (Paper-Pencil Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องอ่านข้อคำถามแล้วเลือกคำตอบหรือเขียนคำตอบในกระดาษคำตอบที่จัดให้ ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบดังนี้

2.5.1.1) แบบทดสอบเลือกตอบ (Multiple-Choices Test) เป็นแบบทดสอบที่จะเตรียมคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือก ดังนั้นรูปแบบของแบบทดสอบจึงประกอบด้วยข้อคำถาม (Stem) และตัวเลือก (Choice) ซึ่งประกอบด้วยตัวถูก (Correct Choice) และตัวลวง (Distracters)

2.5.1.2) แบบทดสอบความเรียง (Essay Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องเขียนบรรยายคำตอบ โดยอาศัยความสามารถทางด้านภาษา ในการสังเคราะห์ความรู้ความเข้าใจ และความคิดส่วนตนอย่างอิสระ จึงเหมาะสำหรับการวัดความรู้ระดับลึก ในการบริหารการสอบจะต้องให้เวลาอย่างเพียงพอ เพราะผู้ตอบจำเป็นต้องใช้เวลามาก แบบทดสอบแบบนี้จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับข้อคำถามจำนวนมาก

2.5.1.3) แบบทดสอบเติมคำ (Completion Test) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบต้องคิดหาคำตอบหรือข้อความมาตอบในช่องว่างที่กำหนดให้ได้ใจความสมบูรณ์และถูกต้อง โดยข้อคำถามแต่ละข้อจะแยกเป็นอิสระจากกันและมีความสมบูรณ์ในข้อนั้นๆ

2.5.1.4) แบบทดสอบโคลซ (Cloze Test) เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายกับแบบทดสอบเติมคำ จะมีช่องว่างให้ผู้ตอบหาคำหรือข้อความมาเติมให้ได้ใจความที่ถูกต้องสมบูรณ์ แต่แตกต่างกันกับแบบทดสอบเติมคำตรงที่ แบบทดสอบเติมคำเป็นการเติมคำทีละข้อ ซึ่งแต่ละข้อไม่จำเป็นต้องมีเนื้อหาเป็นเรื่องเดียวกันหรือเชื่อมโยงกัน ส่วนแบบทดสอบโคลซเป็นการเติมคำหลายๆ แห่งในเนื้อหาสาระที่เป็นความเรียงขนาดยาวพอสมควร เมื่อผู้ตอบเติมคำครบถ้วนทุกแห่งแล้วจะได้สาระทั้งหมดเป็นเรื่องราวเดียวกัน

2.5.2) แบบทดสอบปฏิบัติ (Performance Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะความสามารถในการปฏิบัติงาน โดยการกำหนดภาระงาน เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ให้ผู้ข้อสอบได้ปฏิบัติงานตามคำสั่งหรือสถานการณ์ที่กำหนด ลักษณะการตอบสนองของผู้เข้าสอบจะไม่ได้ตอบคำถามด้วยการเขียน หรือการพูด แต่จะแสดงออกด้วยการปฏิบัติงาน เช่น การสอบทักษะการทดลอง การสอบปฏิบัติการตอนกิ่ง เป็นต้น

2.5.3) แบบทดสอบปากเปล่า (Oral Test) เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะคล้ายแบบทดสอบความเรียงหรือแบบทดสอบอัตนัย แต่แทนที่จะให้ผู้ตอบเขียนคำตอบในกระดาษคำตอบก็ให้ผู้ตอบบรรยายหรืออธิบายออกมาให้ฟัง หรือมีลักษณะเดียวกันกับการสัมภาษณ์เพียงแต่ประเด็นคำถามต้องการที่จะตรวจสอบความรู้ความสามารถ ตลอดจนปฏิญาณไหวพริบของผู้ตอบ

3) หลักการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ ในการสร้างแบบทดสอบเพื่อใช้ในการวิจัยมีขั้นตอนดำเนินงานพอสรุปได้ดังนี้

3.1) วิเคราะห์ปัญหาการวิจัยเพื่อกำหนดตัวแปรที่ต้องการวัด และเลือกชนิดของแบบทดสอบเพื่อจะใช้วัดตัวแปรนั้นๆ

3.2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับตัวแปรที่ต้องการวัด

3.3) กำหนดนิยามเชิงทฤษฎีและนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัดว่าตัวแปรนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง (นิยามเชิงทฤษฎี) และแต่ละองค์ประกอบสามารถวัดได้อย่างไรบ้าง (นิยามเชิงปฏิบัติ)

3.4) ทำตารางโครงสร้างแบบทดสอบ เพื่อกำหนดน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา/พฤติกรรมหรือความสามารถ/รูปแบบคำตอบที่ต้องการวัด เช่น ตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่วิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญในมิติของเนื้อหากับพฤติกรรม ตารางวิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบ

ความถนัด ซึ่งวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญในมิติของความสามารถกับรูปแบบคำถามดัง เช่น ตารางวิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน ปรากฏดังตารางที่ 2.22

**ตารางที่ 2.22** ตัวอย่างตารางวิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน

| รูปแบบ / คำถาม / ความสามารถ | ข้อความ | ภาพ | สัญลักษณ์ | รวม |
|---|---|---|---|---|
| ความสามามารถทางภาษา | 4 | 1 | 3 | 8 |
| ความสามามารถด้านตัวเลข | 4 | 2 | 2 | 8 |
| ความสามามารถด้านมิติสัมพันธ์ | 1 | 4 | 3 | 8 |
| ความสามามารถเชิงเหตุผลทางเลขคณิต | 5 | 1 | 2 | 8 |
| ความสามามารถด้านการรับรู้และกลไก | 1 | 4 | 3 | 8 |
| รวม | 15 | 12 | 13 | 40 |

จากตารางที่ 2.2 วิเคราะห์โครงสร้างแบบทดสอบในขั้นแรกต้องกำหนดน้ำหนักของความสำคัญขององค์ประกอบในแต่ละเซลล์โดยให้คะแนนเต็มเท่ากับ 5 หรือ 10 ก็ได้ ต่อจากนั้นผู้วิจัยก็กำหนดคะแนนน้ำหนักตามความเหมาะสม จากนั้นก็รวมคะแนนในแต่ละรายการและคะแนนรวมถ้าผู้วิจัยต้องออกข้อสอบในจำนวน เท่ากับคะแนนรวมก็สามารถใช้ตัวเลขในแต่ละเซลล์เป็นจำนวนข้อได้เลย แต่ถ้าต้องการจำนวนข้อที่ต้องการไปจากผลรวมทั้งหมด ก็อาจใช้การเทียบสัดส่วนหรือปรับตัวเลขในแต่ละเส้นให้ได้ผลรวมตามที่ต้องการ

4) เขียนข้อความตามลักษณะและจำนวนในโครงสร้างแบบทดสอบ

5) พิจารณาปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้เหมาะสม เช่น การใช้ภาษา สัญลักษณ์ รูปภาพให้เข้าใจง่าย กระชับ และชัดเจน

6) นำเสนอผู้เชี่ยวชาญให้พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

7) ปรับปรุงแก้ไขข้อสอบตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ หรือตามที่ผู้วิจัยเห็นสอดคล้องกับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

8) นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ขนาดเล็กประมาณ 3-5 คน ที่ระดับความสามารถแตกต่างกันเช่น เก่ง ปานกลาง อ่อน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการใช้ภาษาว่าสามารถสื่อสารกับผู้ตอบได้ตรงกัน หรือไม่ แล้วนำมาปรับปรุงการใช้ภาษาในแบบทดสอบต่อไป

9) นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ประมาณ 100 คน เพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และประมาณค่าความเชื่อมั่น

10) ถ้าค่าสถิติของแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ก็จะสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ แต่หากมีข้อใดที่คุณภาพยังไม่ถึงเกณฑ์ ก็ต้องนำมาปรับปรุงให้ดีก่อนนำไปใช้จริง หรือผู้วิจัยอาจออกข้อสอบให้มากกว่าความต้องการใช้จริง แล้วค่อยทำการคัดเลือกข้อที่มีคุณภาพมาใช้ก็ได้

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าแบบทดสอบมีอยู่หลายประเภท แต่ละประเภทอาจมีทั้งส่วนที่คล้ายกันและส่วนที่แตกต่างกัน แต่สำหรับการสร้างแบบทดสอบนั้นจะยึดประเภทของแบบทดสอบตามการตอบสนองของผู้ตอบ และการตรวจให้คะแนนเป็นเกณฑ์ เนื่องจากรูปแบบหรือโครงสร้างของแบบทดสอบจะเกี่ยวข้องกับเกณฑ์ทั้งสองนี้โดยตรง

2.11.1.2 แบบสอบถาม

1) ความหมาย แบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ใช้สอบถามความคิดเห็นต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือใช้สอบถามพฤติกรรมการปฏิบัติ คุณลักษณะ และบุคลิกภาพ โดยให้กลุ่มตัวอย่างเขียนคำตอบหรือเลือกคำตอบที่จัดไว้ให้

2) ประเภทของแบบสอบถาม แบบสอบถามนั้นจำแนกได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกที่สำคัญมีดังนี้

2.1) จำแนกตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งเป็นการใช้แบบสอบถามหรือแบบวัดที่ไม่ใช่การฉายออก (Non-Projective) ในการวัดคุณลักษณะ (Characteristic) และวัดบุคลิกภาพ (Personality) ทั่ว ๆ ไป โดยอาศัยการรายงานตนเอง (Self-Report) เหมาะสำหรับใช้วัดเป็นรายบุคคล โดยปกติแล้วแบบสอบถามนี้ใช้ในการวิจัยเชิงบรรยาย เช่น บรรยายโครงสร้างของบุคลิกภาพของกลุ่มต่างๆ แบบวัดที่ไม่ใช้การฉายออกมีหลายประเภท ได้แก่

2.1.1) แบบวัดบุคลิกภาพ (Personality Inventories) เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับลักษณะพฤติกรรม คุณลักษณะของบุคลิกภาพที่แสดงออก โดยผู้ตอบจะต้องตอบว่า ใช่/ไม่ใช่ แน่ใจ/ไม่แน่ใจ เป็นต้น ปัญหาเกี่ยวกับการใช้แบบสอบถามในการวัดบุคลิกภาพที่ให้ผู้ตอบรายงานตนเองคือ การตอบที่ไม่ตรงกับความเป็นจริง เพราะโดยทั่วไปแล้วการตอบจะมีแนวโน้มไปในทางที่ผู้ตอบเห็นว่าเป็นที่นิยมกระทำกันในสังคม หรือเป็นที่ยอมรับของสังคมนั่นเอง

2.1.2) แบบวัดเจตคติ (Attitude Test) การวัดเจตคติเป็นการวัดความเชื่อ การรับรู้ หรือความรู้สึกนึกคิดของแต่ละคน เจตคติสามารถวัดโดยตนเอง ผู้อื่นและกิจกรรมต่างๆ ที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ เป็นต้น

2.1.3) แบบวัดความสนใจ (Interest Inventories) เป็นแบบวัดความชอบ (Like) และความไม่ชอบ (Dislike) ของแต่ละคน เช่น ประเภทของกิจกรรมที่ชอบ กิจกรรมใดที่ชอบมากกว่า เป็นต้น แบบวัดความสนใจส่วนใหญ่จะเป็นแบบวัดความสนใจในวิชาชีพ เช่น แบบวัดความสนใจในวิชาชีพ (Vocational Inventory) และธุรกิจ (Business) ของ Strong-Campbell Interest Inventory และแบบวัดความสนใจในอาชีพ เช่น ช่างเครื่องยนต์ วิทยาศาสตร์ การโฆษณา และสังคมศาสตร์ของ Kuder Preference Record Vocational เป็นต้น

2.2) จำแนกตามลักษณะของมาตรประมาณค่า มาตรประมาณค่า (Rating Scale) ในการวัดที่นำมาใช้ในการสร้างแบบสอบถามมีหลายลักษณะ ส่วนใหญ่ตั้งชื่อตามผู้คิดมาตรนั้นขึ้นมา ลักษณะมาตรประมาณค่าที่นิยมใช้แบบสอบถามมีดังนี้

2.2.1) มาตรวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale) ส่วนใหญ่จะใช้ในการถามความรู้สึกหรือเจตคติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยให้ผู้ตอบเลือกระดับความรู้สึกจากมากไปน้อย เช่น “เห็นด้วยอย่างยิ่ง” “เห็นด้วย” “ไม่แน่ใจ” “ไม่เห็นด้วย” และ “ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง” โดยกำหนดคะแนนเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 สำหรับข้อคำถามเชิงบวก (Positive Statements) เช่น อาชีพครู เป็นอาชีพที่มีเกียรติ และกำหนดคะแนนเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 สำหรับข้อคำถามเชิงลบ (Negative Statements) เช่น อาชีพครูเป็นอาชีพที่ต้อยต่ำ เป็นต้น การแปลให้รวมคะแนนทั้งหมดของแบบวัด ถ้ามีคะแนนสูงแสดงว่ามีเจตคติต่อสิ่งนั้นในทางบวกสูง

2.2.2) มาตรวัดของออสกูด (Osgood Scales) หรือสเกลความแตกต่างทางความหมาย (Semantic differential Scale) เป็นการใช้คำคุณศัพท์ที่มีความหมายตรงกันข้ามเป็นสองขั้ว (bipolar) วัดเจตคติ เช่น ดี-เลว มิตร-ศัตรู ฉลาด-โง่ เป็นต้น ซึ่งคำคุณศัพท์ที่ใช้จะแบ่งได้ออกเป็น 3 มิติด้วยกัน คือ

2.2.2.1) มิติประเมินค่า (Evaluation) เช่น ดี-เลว รัก-เกลียด ฉลาด-โง่ เป็นต้น

2.2.2.2) มิติศักยภาพ (Potency) เช่น แข็งแรง-อ่อนแอ ทนทาน-บอบบาง ใหญ่-เล็ก เป็นต้น

2.2.2.3) มิติกิจกรรม (Activity) เช่น กระฉับกระเฉง-เฉื่อยชา ร่าเริง-หงอยเหงา รวดเร็ว-เชื่องช้า เป็นต้น

2.2.3) มาตรวัดของเทอร์สโตน (Thurstone Scale) เทอร์สโตนพยายามแก้ปัญหาช่วงห่างของคะแนนมาตราวัดของลิเคิร์ตที่เป็นเพียงการจัดอันดับความคิดเห็น โดยพยายามทำให้ระยะห่างของความคิดเห็นนั้นเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน หรือวิธีการให้คะแนนแต่ละข้อที่ประกอบเป็นมาตรวัดที่แต่ละข้อมีค่าประจำข้อ ซึ่งหาได้จากให้กลุ่มบุคคลกลุ่มหนึ่ง

ที่เป็นผู้กำหนด (judge) ระดับความรู้สึกหรือเจตคติต่อสิ่งใดสิ่ง หนึ่ง ที่มีความเข้มต่างกัน 11 ระดับ คือเริ่มตั้งแต่ 1-11 คะแนน เจตคติของแต่ละคนคือค่าเฉลี่ยของค่าประจำข้อที่คนนั้นเลือก

2.2.4) มาตราวัดของกัทท์แมน (Guttman Scale) เป็นวิธีการวัดเจตคติที่มุ่งแก้ไขจุดอ่อนของมาตราวัดของลิเคิร์ตและเทอร์สโตนเกี่ยวกับความหมายของคะแนนและความเป็นมิติเดียว มาตราวัดของกัทท์แมนจะทำให้ผู้วิจัยทราบถึงแบบแผนการตอบของผู้ตอบ เนื่องจากมาตรวัดนี้จะเรียงอันดับความเข้มข้นของความคิดเห็น แล้วยังมีการสะสมความเข้มข้นอย่างมีความหมาย เช่น มาตราวัดอัตราการยอมรับทางสังคมของคนผิวขาวต่อคนผิวดำ แสดงการยอมรับทางสังคมดังต่อไปนี้

1) ยอมรับเป็นญาติ สมรสด้วยได้ ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
2) ยอมรับให้เป็นสมาชิกของกลุ่มแบบเพื่อนสนิท ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
3) ยอมรับที่จะให้อยู่อาศัยในเขตที่อยู่ชุมชนเดียวกัน ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
4) ยอมรับให้เข้าทำงานในอาชีพเดียวกัน ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
5) ยอมรับเป็นคนชาติเดียวกัน ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
6) ยอมรับเป็นผู้ท่องเที่ยว ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่
7) ไม่ยอมรับให้เข้ามาในประเทศเลย ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

2.3) จำแนกตามลักษณะการตอบ จำแนกได้ 3 ประเภทคือ

2.3.1) แบบสอบถามปลายปิด (Close Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่ผู้ตอบสามารถเลือกคำตอบที่กำหนดให้เท่านั้น โดยไม่มีอิสระเลือกคำตอบหรือตัวเลือกอื่นที่อยู่นอกเหนือรายการที่กำหนดให้ ซึ่งโดยทั่วไปจะมี 2 รูปแบบคือ รูปแบบตัวเลือกแต่ละข้อเป็นอิสระจากกัน และรูปแบบตัวเลือกคงที่ในทุกๆ ข้อหรือหลายข้อ

2.3.2) แบบสอบถามปลายเปิด (Open Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่ไม่ได้กำหนดคำตอบให้ผู้ตอบเลือก ผู้ตอบจึงสามารถเขียนตอบหรือแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระด้วยสำนวนของตนเอง การตอบจึงใช้เวลามากกว่าแบบสอบถามปลายปิด เพราะผู้ตอบจะต้องคิดวิเคราะห์อย่างกว้างขวางเพื่อตอบคำถามนั้น แบบสอบถามปลายเปิดจึงไม่ควรมีข้อคำถามมาก เพราะบางครั้งผู้ตอบอาจไม่มีเวลาเขียนอธิบายหรือบรรยายความเป็นจริง เลยถือโอกาสไม่ตอบหรือพลัดไปเรื่อย ๆ ดังนั้น คำถามจึงควรเป็นข้อความที่ต้องการให้ผู้ตอบและแสดงเจตคติแนวคิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุแห่งการตัดสินใจของผู้ตอบแบบสอบถาม ก็ไม่ได้คำตอบที่หลากหลายตามความเป็นจริง ซึ่งอาจเป็นคำตอบที่แปลกหรือไม่คาดคิดมาก่อน แบบสอบถามชนิดนี้สามารถสร้างได้ง่าย แต่การวิเคราะห์และสรุปผลนั้นยาก

2.3.3) แบบสอบถามชนิดผสม (Mixed Form) หรือแบบสอบถามกึ่งปิด (Semi-Close Ended Form) เป็นแบบสอบถามที่มีรูปแบบผสมกันระหว่างแบบสอบถามปลายปิดและแบบสอบถามปลายเปิด โดยใช้แบบสอบถามปลายปิดเป็นหลักและเสริมด้วยปลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบสามารถเพิ่มทางเลือกเองได้จะทำให้สามารถแก้ไขจุดอ่อนของแบบสอบถามปลายปิดที่มีตัวเลือกไม่ครบถ้วนตรงตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง และเอื้ออำนวยความสะดวกให้ผู้ตอบสามารถตอบได้ง่ายไม่เสียเวลา

3) ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม

ในการสร้างแบบสอบถามมีรายละเอียดของขั้นตอนในการสร้างดังต่อไปนี้

3.1) ระบุตัวแปรและกลุ่มประชากรที่จะศึกษา

3.2) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรที่ต้องการวัด

3.3) ระบุวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งต้องพิจารณาถึงธรรมชาติของตัวแปรที่ศึกษา ธรรมชาติของกลุ่มประชากรเป้าหมาย และทรัพยากรที่มีอยู่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4) เลือกรูปแบบของแบบสอบถามที่ต้องการ

3.5) ร่างคำถามที่ต้องการถาม โดยการวางโครงสร้างของแบบสอบถามคร่าวๆ ให้ครอบคลุมตามประเด็นที่ต้องถาม เขียนข้อความ และเรียงลำดับคำถามก่อนหลังให้เหมาะสม

3.6) นำเสนอผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา ด้านจิตวิทยา ด้านการวัดและประเมินผล และด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อความมั่นใจในข้อคำถามว่าสามารถวัดตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้ เว้นแต่ผู้วิจัยจะมีความเชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมืออยู่แล้ว

3.7) ทดลองใช้แบบสอบถามโดยอาจเริ่มด้วยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในข้อคำถาม และเก็บข้อมูลอื่นๆ เพื่อปรับปรุงสอบถามให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นก็เขียนคำชี้แจงและนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ประมาณ 30-50 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม และพิจารณาเวลาที่เหมาะสมในการตรวจสอบแบบสอบถาม โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้เครื่องมือต้องเป็นคนละกลุ่มกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย แต่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

3.8) พิจารณาคัดเลือกหรือปรับปรุงแบบสอบถามในกรณีที่มีความเชื่อมั่นต่ำ โดยอาจมีการตัดข้อคำถามบางข้อ หรือเพิ่มข้อคำถามตามความเหมาะสม แต่ต้องคงข้อคำถามที่ครอบคลุมตามประเด็นที่ต้องการวัดหรือตัวแปรที่ต้องการศึกษา ปรับปรุงคำถาม และกลุ่มตัวอย่างให้ชัดเจนเหมาะสม ปรับปรุงคำชี้แจง เขียนจุดมุ่งหมายของแบบสอบถาม ขอความร่วมมือในการตอบตลอดจนให้สัญญาต่างๆ ที่จะรักษาความลับของผู้ตอบ

3.9) จัดทำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์มีจดหมายนำส่งและวิธีการส่งแบบสอบถามกลับคืน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า แบบสอบถามสร้างขึ้นเพื่อใช้รวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากร ซึ่งได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ความรู้สึก ความเชื่อ และความสนใจ โดยผู้ตอบจะเลือกตอบแบบตอบหรือเติมคำ ข้อความหรือตัวเลข โดยชนิดของข้อแบบสอบถามจะมีแบบสำรวจรายการ และแบบมาตรส่วนประมาณค่า

**2.9.2 ความหมายของการหาคุณภาพเครื่องมือ**

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความหมาย ของการหาคุณภาพของเครื่องมือไว้ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 81) ได้กล่าวถึงความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือว่า เครื่องมือรวบรวมข้อมูลจะต้องมีคุณภาพหลายประการประกอบกัน ดังนี้

1. ทุกข้อต้องมีคุณภาพเข้าตามเกณฑ์ ในด้านระดับความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

2. เมื่อนำทุกข้อที่มีคุณภาพตามข้อที่ 1 มารวมกันเป็นฉบับ เครื่องมือทั้งฉบับนั้นจะต้องมีคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

สมนึก ภัททิยธนี (2551, น. 193) ได้กล่าวถึงความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือว่า การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นว่ามีคุณภาพดีเพียงใดลักษณะเป็นรายข้อ และทั้งฉบับ ถ้าข้อสอบข้อใดหรือฉบับใดมีคุณภาพดีก็ควรนำไปใช้ แต่ถ้าบกพร่องก็ควรปรับปรุงแก้ไข

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, น. 134) ได้กล่าวถึงความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือว่า เครื่องมือวัดผลที่ดีจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพ จึงจะช่วยให้การวัดผลมีความถูกต้องเชื่อถือได้ และผลการประเมินที่ได้ย่อมเชื่อถือได้ด้วย ดังนั้นก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้จริงจึงควรตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนทุกครั้ง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องมือในเรื่องความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก อำนาจจำแนก และความเป็นปรนัย

ไพศาล วรคำ (2565, น. 265) ได้กล่าวถึงความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือว่า คุณภาพของเครื่องมือ หมายถึง คุณลักษณะที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เช่น ความเที่ยงตรง ความยาก อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น เป็นต้น

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความหมายของการหาคุณภาพของเครื่องมือ เป็นการบ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือ ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย ซึ่งการหาคุณภาพของเครื่องมือเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติ ของเครื่องมือในเรื่อง ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยาก อำนาจจำแนก เป็นต้น ซึ่งถ้าเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีคุณภาพ และเหมาะสมสามารถ

นำไปใช้ได้ แต่ถ้ามีความบกพร่องก็จะนำไปปรับปรุงให้ได้ประสิทธิภาพ และประสิทธิผลที่ดีก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

**2.9.3 ความเที่ยงตรง**

ความเที่ยงตรง เป็นคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพในการทำนายผลของพฤติกรรม หรือเป็นค่าสหสัมพันธ์ของเครื่องมือ ที่สร้างขึ้นกับองค์ประกอบที่ต้องการวัด ซึ่งเครื่องมือแต่ละอย่างจะมีจุดมุ่งหมายเฉพาะอย่าง ดังนั้นเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงในจุดมุ่งหมายหนึ่งไม่จำเป็นต้องมีความเที่ยงตรงในจุดมุ่งหมายทั้งหมด (Wainer and Braun, 1998, p. 20) ซึ่งได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมาย ลักษณะ และวิธีการของความเที่ยงตรง ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551, น. 134-135) ได้กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติของเครื่องมือ ที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบสิ่งที่ควรพิจารณา ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องที่อ้างถึงการตีความหมายของผลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหรือประเมินผล ไม่ใช่เป็นความเที่ยงตรงของเครื่องมือ แต่เป็นความเที่ยงตรงของการตีความหมายที่ได้จากผลการทดสอบ

2. ความเที่ยงตรงเป็นเรื่องของระดับ ไม่ใช่เป็นเรื่องมีหรือไม่มี การบอกความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ ควรเน้นการเจาะจง เช่น ความเที่ยงตรง สูง ปานกลาง หรือต่ำ

3. ความเที่ยงตรงจะเป็นความเที่ยงตรงเฉพาะ เรื่องที่ต้องการวัดเสมอ ไม่มีแบบทดสอบใดที่มีความเที่ยงตรงทุกวัตถุประสงค์ เช่น แบบทดสอบเลขคณิต อาจมีความเที่ยงสูงในการวัดทักษะการคำนวณ แต่มีความเที่ยงตรงต่ำในการวัดเหตุผลเชิงตัวเลข และอาจมีความเที่ยงตรงปานกลาง ในการคาดคะเนผลการเรียน

4. ความเที่ยงตรงเป็นมโนทัศน์เดียว หมายความว่า ความเที่ยงตรงเป็นค่าตัวเลขเดียวที่ได้มาจากหลักฐานหลายแหล่ง หลักพื้นฐานที่ใช้ยึดในการตีความหมายของความเที่ยงตรงก็คือเนื้อหาเกณฑ์ที่กำหนด

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 99) ได้กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่า ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของแบบทดสอบ สามารถจำแนกความตรงเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ ความเที่ยงตรงตามเนื้อ เรื่องความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี การตรวจสอบความเที่ยงตรง เป็นกระบวนการรวบรวม และวิเคราะห์หลักฐาน เพื่อการสนับสนุนความเหมาะสม และความถูกต้องของการนำคะแนนจากเครื่องมือวัดไปสรุป ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงสามารถจำแนกตามเป้าหมายที่สำคัญได้ 3 ประเภท ได้แก่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อเรื่อง การตรวจสอบความเที่ยงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎี

ไพศาล วรคำ (2565, น. 266) ได้กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่า ความเที่ยงตรง (Validity) ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความสอดคล้องเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด ความเที่ยงตรงจึงถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดทุกประเภท เพราะเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพด้านความถูกต้องของผลที่ได้จากการวัด หรือกล่าวอีกนัยนึงก็คือ ความเที่ยงตรงเป็นความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริง ถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงเพียงใด ก็ถือว่าการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเพียงนั้น ความเที่ยงตรงของเครื่องมือจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้โดยตรงตามเนื้อหาที่จะวัด หรือเป็นดัชนีที่บ่งบอกว่าเนื้อหาของเครื่องมือ หรือเนื้อหาของข้อความวัดได้ตรงตามเนื้อหาของเรื่องที่ต้องการวัด ดังนั้นประเด็นสำคัญของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจึงอยู่ที่การเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเนื้อเรื่องที่เป็นตัวแทน (Representative Sample) ของมวลเนื้อเรื่องที่ต้องการวัดว่าเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมด และมีความเพียงพอ (Adequate) ต่อการวัดเนื้อหาเรื่องนั้นหรือไม่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจึงอาศัยกระบวนการตรวจสอบโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอิสระจากกัน ช่วยพิจารณาตัวอย่างเนื้อเรื่องในเครื่องมือวัดว่า มีขอบเขตที่ครอบคลุมและเป็นตัวแทนมวลเรื่องที่ต้องวัดเพียงใด ซึ่งสามารถพิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (Item-Objective Congruence Index:) ค่า $IOC$ ที่มีค่า 0.50-1.00 แสดงว่ามีความสอดคล้อง โดยแปลงระดับความสอดคล้องเป็นคะแนนดังนี้

สอดคล้อง มีคะแนนเป็น +1
ไม่แน่ใจ มีคะแนนเป็น 0
ไม่สอดคล้อง มีคะแนนเป็น -1

และหาค่าดัชนีความสอดคล้องได้จาก

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \qquad (2\text{-}4)$$

เมื่อ $IOC$ แทน ดัชนีความสอดคล้อง
$R$ แทน คะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละหัวข้อ
$n$ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

2. ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-Related Validity) เป็นความสอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างคะแนนจากเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับเกณฑ์ภายนอก (Criterion) ที่สามารถใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการนั้นได้ เกณฑ์ภายนอกนี้อาจเป็นคะแนนจากแบบวัดอื่น หรือวิธีการอื่น ๆ ที่วัดสภาพปัจจุบัน หรือสภาพในอนาคตของกลุ่มตัวอย่างได้ตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ ความเที่ยงตรง เชิงสภาพหรือความเที่ยงตรงร่วมสมัย (Concurrent Validity) กับความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity)

3. ความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีหรือความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามขอบเขต หรือครบตามคุณลักษณะย่อย ๆ ของสิ่งที่ต้องการวัดที่ระบุไว้ในทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะนั้นๆ ซึ่งโดยทั่วไปตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะ (Trait) มักจะมีโครงสร้างขององค์ประกอบในเชิงทฤษฎีบางทีจึงถูกเรียกว่า ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง การหาความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีจึงนิยมใช้กับเครื่องมือวัดตัวแปรคุณลักษณะ หรือตัวแปรแฝงที่มีการนิยามเชิงทฤษฎี เช่น เชาว์ปัญญา เจตคติความเชื่อ ค่านิยม เชาวน์อารมณ์ เป็นต้น

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือมีความสอดคล้องเหมาะสมของผลที่ได้จากการวัด และความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของแบบทดสอบ สามารถจำแนกความตรงเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีหรือความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

**2.9.4 ความเชื่อมั่น**

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความเชื่อมั่นไว้ ดังนี้

Burry-Stock, et al. (1996, p. 118) ได้ศึกษาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน ซึ่งเป็นความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน ได้ผลดังนี้ ความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน การลงความคิดเห็นระหว่างผู้ตรวจ ให้คะแนนถูกอ้างอิงถึงระดับการตัดสินใจในการให้คะแนนพฤติกรรมที่ต้องการศึกษา เป็นความแตกต่างทางความคิด ตามวิธีการทางการวัดทางจิตวิทยา เรื่องความเชื่อมั่นในการคิด ความเข้าใจของการลงความเห็นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนน เป็นความจำเป็นทางการวัดผลทางจิตวิทยา ที่นำข้อมูลเป็นรายบุคคล และคะแนนรวมในวิชาต่าง ๆ ที่มีจุดมุ่งหมายกำหนดไว้ตามวิธีของการแสดงความคิดเห็น ของผู้ตรวจให้คะแนน มีความตั้งใจในการนำมาใช้กับผู้ฝึกหัด หรือนักศึกษา หรือนักจิตวิทยา นักวัดผลและนักวิจัย

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2552, น. 88) ได้กล่าวถึงความเชื่อมั่นว่า ตรงกับภาษาอังกฤษ “Reliability” หมายถึง “Stability and Consistency” ของคะแนนสอบ จึงเป็นที่เข้าใจของกลุ่มนักวัดผลคนไทยว่า Reliability หมายถึง ระดับความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของคะแนนสอบ

จากการทดสอบ เรื่องเดียวกันในเวลาใดก็ตาม อย่างไรก็ดีสำหรับการคำที่ต่างกันไป เช่น ความเชื่อมั่น ความเที่ยง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 59-60) ได้กล่าวถึงความเชื่อมั่นว่า เป็นความคงที่ หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดซ้ำ และวิธีการประมาณค่าความเชื่อนั้น สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ โดยมีความหมาย และวิธีการประมาณค่า ดังแสดงในตารางที่ 2.23

**ตารางที่ 2.23** ประเภทของความเชื่อมั่นความหมายและวิธีการประมาณค่า

| ประเภท | ความหมาย | วิธีการประมาณค่า |
|---|---|---|
| 1. ความเชื่อมั่นแบบคงที่ (Measure of Stability) | ความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงที่ต่างกันโดยวิธีสอบซ้ำด้วยแบบสอบเดิม (Test-Rate Method) | คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากคนกลุ่มเดียวกันด้วย เครื่องมือเดียวกัน โดยทำการวัดซ้ำสองครั้งในเวลาต่างที่ต่างกัน |
| 2. ความเชื่อมั่นแบบความสมมูล (Measure of Equivalent) | ความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกันโดยใช้แบบสอบที่สมมูล | คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้ในเวลาเดียวกันจากคนกลุ่มเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือ 2 ฉบับที่ทัดเทียมกัน |
| 3. ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency) | ความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้ออันเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่<br>3.2 วิธีของ Kuder-Richardson Method<br>3.3 วิธีสัมประสิทธิ์ Cronbach's Alpha Method | - คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นเอกพันธ์ระหว่างคะแนนของกลุ่มข้อสอบ 2 กลุ่มจากการวัดด้วยแบบสอบถามเดียวกันคำนวณค่า<br>- สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่วัดได้จากการแบ่งครึ่งข้อสอบที่สมมูลกัน เช่น แบ่งเป็นข้อคู่และข้อคู่จากนั้นใช้สูตรของเปียร์แมนราวคำนวณ |

(ต่อ)

**ตารางที่ 2.23 (ต่อ)**

| ประเภท | ความหมาย | วิธีการประมาณค่า |
|---|---|---|
| | 3.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Hoyt's Analysis of Variance Method | ค่าสถิติของคะแนนรายข้อ (ซึ่งให้คะแนนแบบ 0.1) และคะแนนรวมจากนั้นจึงใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน คำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อและคะแนนรวมจากนั้นจึงใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน คำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อและคะแนนรวมจากนั้นจึงใช้สูตรคำนวณสัมประสิทธิ์แอลฟาขอครอนบาค วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางจากนั้นจึงใช้สูตรของฮอยล์ |

จากตารางที่ 2.23 ในกรณีที่ข้อสอบเป็นแบบความเรียง (Essay Tests) ที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบผู้ตรวจให้คะแนน (Rater) แต่ละคนอาจให้คะแนนที่แตกต่างกัน ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนจึงสำคัญมากสำหรับเครื่องมือวัดทักษะนี้ วิธีการง่าย ๆ ในการหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนก็คือให้ผู้ตรวจให้คะแนนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ให้คะแนนในแบบทดสอบเดียวกันหรือพฤติกรรมเดียวกันแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากผู้ตรวจ

ไพศาล วรคำ (2565, น. 278) ได้กล่าวถึงความเชื่อมั่นว่า ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่ง ในการวัดหลาย ๆ ครั้ง เช่น ถ้าเราเอาตุ้มน้ำหนักขนาด 1 กิโลกรัม ไปชั่งด้วยเครื่องชั่งเครื่องหนึ่ง เครื่องชั่งนั้นจะบอกค่าน้ำหนักออกมาค่าหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็น 1 กิโลกรัมหรืออาจจะเป็นค่าอื่นก็ได้ เมื่อนำตุ้มน้ำหนักนั้นชั่งด้วยเครื่องชั่งนี้กี่ครั้งต่อกี่ครั้งก็จะบอกค่าน้ำหนักค่าเดิมเสมอ แสดงว่าเครื่องชั่งมีความเชื่อมั่นส่วนค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ถ้ามีค่าเท่ากับ 1 กิโลกรัม ตามน้ำหนักที่แท้จริงของตุ้มน้ำหนัก แสดงว่าเครื่องชั่งมีความเที่ยงตรง แต่ถ้าค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ไม่เท่ากับ 1 กิโลกรัม แสดงว่าเครื่องชั่งไม่มีความเที่ยงตรง ดังนั้นความเชื่อมั่นของแบบวัดจึงเป็นคุณสมบัติของแบบวัดที่ให้ผลการวัดคงที่ในการวัดคุณลักษณะหนึ่งของบุคคลหนึ่ง เมื่อคุณลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะทำการวัดกี่ครั้งก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไปจึงได้มีการพัฒนาวิธีการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดขึ้นมาอีกหลายวิธีภายใต้แนวคิดหลัก 3 แนวคิด คือ

1. การวัดความคงที่ ซึ่งจะเป็นการวัดความคงที่ของผลการวัดหลาย ๆ ครั้ง
2. การวัดความสมมูลกันเป็นการวัดแบบที่เป็นคู่ขนานเพื่อหลีกเลี่ยงการวัดซ้ำ
3. การวัดความสอดคล้องภายใน ซึ่งเป็นการพิจารณาความเชื่อมั่นจากการวัดเพียงครั้งเดียวแล้วหาความสอดคล้องของผลการวัดภายในแบบวัด

โดยการหาสัมประสิทธิ์ความพ้องกันหรือดัชนีความสอดคล้องกัน ซึ่งสูตรการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบคำนวณจากสูตรการหาความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของโลเวทท์ (Lovett's Method) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 292) ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum x - \sum x^2}{(k-1)\sum (x-c)^2} \qquad (2\text{-}5)$$

เมื่อ $r_{cc}$ แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์
$k$ แทน จำนวนข้อสอบ
$c$ แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด
$x$ แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความเชื่อมั่น เป็นระดับความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดเดียว ในการวัดซ้ำไปซ้ำมาในหลาย ๆ ครั้ง จากการทดสอบเรื่องเดียวกันในเวลาใดก็ตาม และวิธีวัดค่าประมาณค่าความเชื่อมั่น สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ ความเชื่อมั่นแบบคงที่ ความเชื่อมั่นแบบความสมมูลกัน และความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน

**2.9.5 การหาความยาก**

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความยาก ไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์เจริญ (2551, น. 138) ได้กล่าวถึงความยาก (Difficulty) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบนั้น มีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นจะถือว่าง่าย แต่ถ้าข้อสอบนั้นมีคนตอบถูกน้อย ข้อสอบข้อนั้นถือว่ายาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีคนตอบถูกปานกลาง ข้อสอบนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คนและไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูก หารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

ไพศาล วรคำ (2565, น. 298) ได้กล่าวถึงความยากว่า ความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวน

ผู้ตอบถูกมากกว่าแสดงว่าข้อสอบนั้นง่ายหรือมีค่าดัชนีความยาก (Item Difficulty Index: $p$ ) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก หรือมีค่าดัชนีความยากต่ำ เช่น แบบทดสอบฉบับหนึ่งนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 50 คนได้ผล ดังนี้

ข้อที่ 1 มีนักเรียนตอบถูก 45 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 45/50 = .90
ข้อที่ 2 มีนักเรียนตอบถูก 30 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 30/50 = .60
ข้อที่ 3 มีนักเรียนตอบถูก 25 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 25/50 = .50
ข้อที่ 4 มีนักเรียนตอบถูก 0 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 0/50 = .00
ข้อที่ 5 มีนักเรียนตอบถูก 50 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 50/50 = 1.00

ดังนั้นค่าดัชนีความยากจึงหาได้จาก

$$p = \frac{f}{n} \qquad (2\text{-}6)$$

เมื่อ $p$ แทน ค่าดัชนีความยาก
$f$ แทน จำนวนผู้ตอบถูก
$n$ แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

การหาค่าความยากของข้อสอบโดยทั่วไปจะนิยมหากันเฉพาะในการสอบแบบอิงกลุ่ม เพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับกลุ่มผู้สอบ ข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมจะมีดัชนีความยากอยู่ระหว่าง .20-.80 เนื่องจากข้อสอบที่ยากเกินไป ( $p$ < .20) หรือง่ายเกินไป ( $p$ > .80 ) จะไม่สามารถจำแนกความสามารถของกลุ่มผู้สอบได้ ส่วนในการสอบแบบอิงเกณฑ์นั้นต้องการพิจารณาความรอบรู้ (ผ่านเกณฑ์) หรือไม่รอบรู้ (ไม่ผ่านเกณฑ์) จึงไม่ค่อยคำนึงถึงความยากของข้อสอบ แต่จะพิจารณาพฤติกรรมและเนื้อหาที่ต้องการวัดมากกว่า การหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์จึงเป็นการหาเพื่อให้ทราบระดับความยากเท่านั้น ซึ่งถ้ามีการหาดัชนีความยากในการสอบแบบอิงเกณฑ์ก็มักจะหาทั้งดัชนีความยากก่อนเรียนและดัชนีความยากหลังเรียน โดยใช้สูตรเดียวกับการหาดัชนีความยากแบบอิงกลุ่ม

สำหรับข้อสอบอัตนัยการหาดัชนีความยากจะมีวิธีการแตกต่างไปจากข้อสอบปรนัยบ้าง เนื่องจากคะแนนที่เป็นไปได้ของข้อสอบอัตนัยแต่ละข้อไม่ใช่ 0 กับ 1 เหมือนกับข้อสอบปรนัย การหาดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยทำได้โดยการแบ่งผู้เข้าสอบออกเป็นสองกลุ่มเท่าๆ กันคือกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ จากนั้นคำนวณหาดัชนีความยากจากสูตรของวิทนีย์และชาเบอร์ส (Whiney & Sabers, 1970) ดังนี้

$$p = \frac{S_H + S_L - \left(2nX_{\min}\right)}{2n\left(X_{\max} - X_{\min}\right)} \quad (2\text{-}7)$$

เมื่อ $p$ แทน ดัชนีความยาก

$S_H$ แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

$S_L$ แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

$n$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

$X_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

ส่วนการแปลผลดัชนีความยากของข้อสอบอัตนัยก็ใช้เกณฑ์เดียวกับดัชนีความยากของข้อสอบปรนัย คือ ถ้าค่าดัชนีความยากสูงหรือมีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย ถ้าค่าดัชนีความยากต่ำหรือมีจำนวนผู้ตอบถูกน้อย แสดงว่าข้อสอบนั้นยาก

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ความยาก เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากกว่าแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย

**2.9.6 อำนาจจำแนก**

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงอำนาจจำแนก ไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์เจริญ (2551, น. 138) ได้กล่าวถึงอำนาจจำแนกว่า อำนานจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ได้กล่าวถึงอำนาจจำแนกว่า อำนาจจำแนก (Discrimination power of The Items) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างระหว่างข้อสอบที่มีผลสัมฤทธิ์ต่างกัน เช่น จำแนกคนเก่งกับคนอ่อนออกจากกันได้ โดยถือว่าคนที่เก่ง หรือมีความสามารถควรทำข้อสอบนั้นได้ ส่วนผู้ที่อ่อนหรือไม่มีความสามารถไม่ควรทำข้อสอบข้อนั้นได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบจะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง +1 แต่อำนาจจำแนกที่ดีจะต้องมีค่าบวก ควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

ไพศาล วรคำ (2565, น. 300) ได้กล่าวถึงอำนาจจำแนกว่า อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบ หรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบข้อสอบที่มีอำนาจจำแนก ก็คือข้อสอบที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้ เครื่องมือที่นิยมหาอำนาจจำแนก ได้แก่ แบบทดสอบ และแบบทดสอบถาม เทคนิค การหาอำนาจจำแนกมีหลายวิธีตามลักษณะของเครื่องมือ ดังนี้

1. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงกลุ่ม ดังนี้
   1.1 เทคนิคร้อยละ 50
   1.2 เทคนิคร้อยละ 27
   1.3 การหาสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม
   1.4 การหาสหสัมพันธ์แบบ Point Biserial
2. การหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ หาได้ 2 แบบ ดังนี้
   2.1 ดัชนีอำนาจจำแนกของ Brennan's Index: $B$-Index
   2.2 ดัชนีความไวของข้อสอบ (Sensitive Index: S)
3. การหาอำนาจจำแนกของแบบสอบอัตนัย ในกรณีของข้อสอบอัตนัยค่าคะแนนในแต่ละข้อมีได้หลายค่า การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัยสามารถหาได้จากสูตร Whitney and Sabers

เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนกเป็นดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544, น. 184) ปรากฏดังตารางที่ 2.24

**ตารางที่ 2.24** เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากและอำนาจจำแนก

| ความยาก ( $p$ ) | ความหมาย | อำนาจจำแนก ( $r$ ) | ความหมาย |
|---|---|---|---|
| 0.80-1.00 | ง่ายมาก | 0.60-1.00 | ดีมาก |
| 0.60-0.79 | ค่อนข้างง่าย | 0.40-0.59 | ดี |
| 0.40-0.59 | ปานกลาง | 0.20-0.39 | พอใช้ |
| 0.20-0.39 | ค่อนข้างยาก | 0.10-0.19 | ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง |
| 0.00-0.19 | ยากมาก | 0.00-0.09 | ควรปรับปรุง |

ส่วนเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวลวงนั้นควรมีค่าความยาก ( $p$ ) และอำนาจจำแนก ( $r$ ) ตั้งแต่ 0.05 ขึ้นไป สำหรับสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบปรนัย (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 300) ดังนี้

$$r = \frac{f_H}{n_H} - \frac{f_L}{n_L} = \frac{2(f_H - f_L)}{n} \quad (2\text{-}8)$$

เมื่อ $r$ แทน อำนาจจำแนกของข้อสอบ

$f_H$ แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก

$f_L$ แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

$n_H, n_L$ แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำตามลำดับ

$n$ แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมด $(n = n_H + n_L)$

สำหรับการหาอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 303) ดังนี้

$$r_{XY'} = \frac{n\sum XY' - \sum X \sum Y'}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\right]\left[n\sum Y' - \left(\sum Y'\right)^2\right]}} \quad (2\text{-}9)$$

เมื่อ $r_{XY'}$ แทน ดัชนีอำนาจจำแนก

$X$ แทน คะแนนรายข้อ

$Y$ แทน คะแนนรวม

$Y'$ แทน คะแนนรวมที่หักคะแนนข้อนั้นออกแล้ว $Y' = Y - X$

$n$ แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

สำหรับสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอัตนัย คำนวณจากสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 308) ดังนี้

$$D = \frac{S_H - S_L}{n(X_{\max} - X_{\min})} \quad (2\text{-}10)$$

เมื่อ $D$ แทน อำนาจจำแนกของข้อสอบ

$S_H$ แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง

$S_L$ แทน ผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ

$n$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

$X_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$X_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

สำหรับสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบระหว่างเรียน คำนวณจากสูตรของเบรนแนน (Brennan's Index: B-Index) (ไพศาล วรคำ 2565, น. 306) ดังนี้

$$B = \frac{f_P}{n_P} - \frac{f_F}{n_F} \quad (2\text{-}11)$$

เมื่อ $B$ แทน ดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนแนน

$f_P$ แทน จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มผ่านเกณฑ์ (pass)

$f_F$ แทน จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (fail)

$n_P$ แทน จำนวนคนในกลุ่มผ่านเกณฑ์

$n_F$ แทน จำนวนคนในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบหรือข้อคำถามที่จำแนกผู้เรียนตามความแตกต่างว่าแต่ละบุคคลอยู่ในระดับไหน ไม่ว่าจะเป็นระดับเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครเข้าใจ-ไม่เข้าใจ โดยยึดหลักที่ว่า คนที่เก่งจะตอบถูก ส่วนคนไม่เก่งจะตอบผิด และข้อสอบที่ดีควรที่จะแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนและอำนาจจำแนกจะมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก

## 2.10 ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับหรือเกณฑ์ประสิทธิภาพที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในระดับที่พึงพอใจ หากมีประสิทธิภาพในระดับนั้นแล้ว การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็นประสิทธิภาพ ของกระบวนการ และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 154) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.10.1 ความหมายของประสิทธิภาพ และการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้

จากการศึกษาได้มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงความหมายของประสิทธิภาพและการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

เผชิญ กิจระการ (2544, น. 44-51) กล่าวไว้ว่า วิธีการหาประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น 2 วิธีดังนี้

1. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational Approach) กระบวนการนี้เป็นการหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักการของความรู้ และเหตุผลในการตัดสินคุณค่า ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นผู้พิจารณาตัดสินคุณค่า ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ (Usability) ผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนนำมาหาประสิทธิภาพต่อไป

2. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach) วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มนักศึกษาเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพของสื่อ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน CAI บทเรียนโปรแกรม ชุดการสอน แผนการสอน แบบฝึกทักษะ เป็นต้น ส่วนมากใช้วิธีการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ ประสิทธิภาพที่วัดส่วนใหญ่พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ การทำแบบฝึกหัดหรือกระบวนการเรียนหรือแบบทดสอบย่อย โดยแสดงเป็นค่าตัวเลขสองตัว เช่น $E_1 / E_2 = 80/80,$ $E_1 / E_2 = 85/85, E_1 / E_2 = 90/90$ เป็นต้น

เกณฑ์ประสิทธิภาพ $E_1 / E_2$ มีความหมายแตกต่างกนหลายลักษณะในที่นี้จะยกตัวอย่าง $E_1 / E_2 = 80/80$ ดังนี้

2.1 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก ($E_1$) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ($E_2$) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนการหาค่า คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80

2.2 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก ($E_1$) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ($E_2$) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหลังเรียนครั้งนั้น ได้คะแนนร้อยละ 80 เช่น มีนักเรียน 40 คน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด คือ 32 แต่ละคนได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน ถึงร้อยละ 80 ($E_1$) ส่วน 80 หลัง ($E_2$) คือ ผลการสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด 40 คนได้คะแนนร้อยละ 80

2.3 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก ($E_1$) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ($E_2$) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยเปรียบเทียบคะแนนที่ทำได้ก่อนการเรียน (Pre-test) ตัวเลข 80 ตัวหลัง ($E_2$) สามารถอธิบายให้ชัดเจนได้ ดังนี้ สมมุติว่า นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดก่อนเรียน (Pre-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 10 แสดงว่า แตกต่างจากคะแนนเต็ม (ร้อยละ 100) เท่ากับ 90 ถ้านักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85 แสดงว่าความแตกต่างของสองครั้งนี้ (ก่อนเรียนกับหลังเรียน) เท่ากับ 85-10 = 75 ดังนั้น ค่าของ ($E_2$) = (75/90)×100 = 83.33% ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ($E_2$ = 80)

2.4 เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก ($E_1$) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง ($E_2$) หมายถึง นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูก มีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่าสื่อไม่มีประสิทธิภาพ และชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง) สรุปว่าเกณฑ์ในการหาประสิทธิภาพ ของสื่อการเรียนการสอนจะนิยมตั้งเป็นตัวเลขสามลักษณะ คือ 80/80, 85/85 และ 90/90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวิชาและเนื้อหาที่นำมาสร้างสื่อนั้น ถ้าเป็นวิชาที่ค่อนข้างยาก ก็อาจจะตั้งเกณฑ์ไว้ 80/80 หรือ 85/85 สำหรับวิชาที่มีเนื้อหาง่ายก็อาจจะตั้งเกณฑ์ไว้ 90/90 เป็นต้น เมื่อคำนวณค่าแล้วค่าที่ถือว่าใช้ได้ คือ 87.5/87.5 หรือ 87.5/90 เป็นต้น

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2546, น. 42) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง เกณฑ์ระดับที่ผู้ผลิตแบบฝึกพอใจว่า ถ้าหากแบบฝึกมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้ว จะมีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมา โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_1$ คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ $E_2$ คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย จากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ตามเกณฑ์ 70/70 ประสิทธิภาพนั้นมาจากผลลัพธ์ของการคำนวณ $E_1$ เป็นตัวเลขแรก และ $E_2$ เป็นตัวเลขตัวหลัง ถ้าตัวเลขเข้าใกล้ร้อยมากก็ถือว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ตามเกณฑ์ 70/70 โดยที่ 70 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบย่อย ใบงาน คิดเป็นร้อยละ 70 และ 70 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โปรแกรม GeoGebra ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อ วิชาคณิตศาสตร์ ทั้งใน และต่างประเทศ พบว่ามีนักวิจัยได้ทำการศึกษาไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**2.11.1 งานวิจัยภายในประเทศ**

2.11.1.1 ได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

นวพันธ์ เถาะรอด, เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร และอาพันธ์ชนิต เจนจิต (2563, น. 87-100) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการแก้ปัญหาแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารด้านการเขียนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารด้นการเขียนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการแก้ปัญหาแบบ SSCS กับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนบ้านบึง “อุดสาหกรรมนุเคราะห์” อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี จำนวน 50 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการแก้ปัญหาแบบ SSCS จำนวน 6 แผน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารด้านการเขียนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .877 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\overline{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $S.D.$ ) และการทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้ 1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการแก้ปัญหาแบบ SSCS สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2. ความสามารถในการสื่อสารด้านการเขียนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการแก้ปัญหาแบบ SSCS สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปุณญนุช เขียวไกร (2565, น. 150-158) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างเจตคติเชิงบวกและลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์จำแนกตามก่อนและหลัง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเรียนรู้แบบปกติ (3) เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ (4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แบบปกติ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 กลุ่ม ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 40 คน และกลุ่มที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 42 คน รวมทั้งหมดจำนวน 82 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบปกติ แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ แบบวัด ความพึงพอใจของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แบบวัดความพึงพอใจของกิจกรรม การเรียนรู้แบบปกติ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และแบบทดสอบเรื่องสถิติ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ การวิเคราะห์งานเขียน (Task Analysis) การบรรยายเชิงวิเคราะห์ (Analytic Description) สถิติ t-test (Dependent t-test) และ t-test (Independent t-test) ผลการวิจัยพบว่า (1) ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ ของกิจกรรมการเรียนรู้ ($E_1 / E_2$) เท่ากับ 90.25/80 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้กิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ หลังเรียนต่ำกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมปัญหาเป็นฐาน สูงกว่านักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมปัญหาเป็นฐาน ต่ำกว่านักเรียนที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 3 ลำดับแรก คือ นักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างมากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ($\overline{X}$ = 4.95, $S.D.$ = 0.22) นักเรียนสนุกสนานในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ($\overline{X}$ = 4.83, $S.D.$ = 0.38) และนักเรียนชอบที่ได้ค้นคว้านอกหนังสือเรียน ($\overline{X}$ = 4.83, $S.D.$ =0.38) ตามลำดับ โดยในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.57, $S.D.$ = 0.60)

วสันต์ แสนชมภู, อาทิตย์ อาจหาญ และรัตติกาล สารกอง (2565, น. 121-130) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL)

เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพ 75/75 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่อง การแก้โจทย์ปัญทาเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมตึกษาปีที่ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมกรเรียนรู้กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นประถมตึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดงเกลือวิทยา จำนวน 7 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแก่โจทย์ปัญทาเศษส่วน จำนวน 5 แผน ใช้เวลา 15 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.31-0.77 และมีด่ความเชื่อมั่น 0.72 และ 3) แบบสอบถามวัดความพึงพอใจมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .35-.73 สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบสมมติฐานโดยใช้ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดกาเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 74.63/79.37 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วน พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรูโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วน อยู่ในระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.55, $S.D.$ = 0.34)

สิรินดา ครุฑคำ และฐิติวรดา พลเยี่ยม (2565, น. 99-113) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยการใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมเรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยการใช้ปัญทาเป็นฐานร่วมกับ สื่อประสม เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางกรเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญทาทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังทวัดมหาสารคาม ซึ่งได้มาสุมแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยใช้แบบ Paired-one Samples t-test ผลการวิจัย พบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรูโดยการใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมเรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยการใช้บัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสม เรื่องอัตราสวน สัดส่วน และร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 4) ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ภูมิพัฒน์ สุดเสน่ห์, วันดี เกษมสุขพิพัฒน์ และต้องตา สมใจเพ็ง (2566, น. 1367-1379) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง กำหนดการเชิงเส้นที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน และ 2) ศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กำหนดการเชิงเส้น กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโพธิสารพิทยากร จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์งานเขียน (Task Analysis) การบรรยายเชิงวิเคราะห์ (Analytic Description) ผลการวิจัยพบว่า 1) มีนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระดับดีขึ้นไป ร้อยละ 68.42 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดและร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบเท่ากับ 65.92 และ 2) แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ 1) การกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เป็นสถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง 2) การใช้คำถามนำเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และ 3) ให้นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนแนวคิดเพื่อให้นักเรียนได้ปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาให้ดีมากที่สุด

อรอนงค์ มงกุฎ และญาณภัทร สีหะมงคล (2566, น. 59-77) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) ศึกษาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามเกณฑ์ 75/75 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 75 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 43 คน ภาคเรียนที่ 2/2565 ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย มีค่าความยากตั้งแต่ 0.44-0.66 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.65 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.89 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30-0.98 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .69-0.87 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.96 สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติ The Binomial test ผลการวิจัย พบว่า 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.74/78.60 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอยู่ในระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.44)

บัญจมาภรณ สร่อยกุดเรือ และรามนรี นนทภา (2567, น. 49-57) ได้ศึกษาการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 10 แผน และ 2) แบบทดสอบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน จำนวน 25 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแบบทดสอบระยะที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 3.95 นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 4 จำนวน 24 คน คิดเป็น ร้อยละ 60 รองลงมานักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 3

จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 22.50 และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 5 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 17.50 ระดับความสามารถใน การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 0-2 ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีความสามารถในระดับนี้คิดเป็นร้อยละ 0.00 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแบบทดสอบระยะที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 4.03 นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 4 จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 57.50 รองลงมานักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 5 จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 45.00 และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 3 จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 0-2 ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีความสามารถในระดับนี้ คิดเป็นร้อยละ 0.00 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแบบทดสอบระยะที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 4.05 นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 4 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 รองลงมานักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 5 จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 22.50 และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 3 จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 17.50 ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 0-2 ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีความสามารถในระดับนี้ คิดเป็นร้อยละ 0.00 ซึ่งพบว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเก่งความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับ 5 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 71.43

จากงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) ในวิชาคณิตศาสตร์ส่งผลดีต่อผู้เรียนในหลายด้าน จากการศึกษาวิจัยพบว่า วิธีการนี้ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70-75) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พัฒนาความสามารถในการสื่อสารด้านการเขียนทางคณิตศาสตร์ เสริมสร้างเจตคติเชิงบวก และลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยแนวทางการจัดกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพควรกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ใช้คำถามนำเพื่อช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดเพื่อปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหาให้ดียิ่งขึ้น

2.11.1.2 ได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ไอริณ ถาวรนันท์, รักพร ดอกจันทร์ และอภิสิทธิ์ ภคพงศ์พันธุ์ (2563, น. 317-330) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจวบวิทยาลัย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์

เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และ 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องตัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้โปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจวบวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 30 คน จาก 3 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องตัน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที ผลการวิจัย พบว่า 1) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.77 คิดเป็นร้อยละ 67.07 (จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 60 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ 2) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้โปรแกรม GeoGebra โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากขึ้นไป

จิรคุณ เอิบอิ่ม (2564, น. 38-46) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อเทคโนโลยี GeoGebra ทีมีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช ก่อนเรียนและหลังเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และ (2) เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราชก่อนเรียนและหลังเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน จำนวน 31 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง เวกเตอร์ (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ (3) แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้ รับการจัดกิจกรรม

การเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง เวกเตอร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง เวกเตอร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บดีศร อนุชาติ และรามนรี นนทภา (2566, น. 131-140) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิต และระดับการคิดทางเรขาคณิต ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 (2) เพื่อศึกษาการคิดเชิงพีชคณิต และระดับการคิดทางเรขาคณิตจำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (3) เพื่อเปรียบเทียบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (4) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra (5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวาปีปทุม จำนวนนักเรียน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต แบบทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต และแบบสอบถามความพอใจในการเรียนรู้ของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ดัชนีประสิทธิผล การวิเคราะห์งานเขียน (Task Analysis) และการบรรยายวิเคราะห์ (Descriptive Analysis) สถิติทดสอบ t-test (One-Sample t-test) และคำนวณดัชนีประสิทธิผลโดยใช้สูตรของ Goodman, Fretcher and Schneider ผลการศึกษาพบว่า (1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรมGeoGebra มีประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ( $E_1 / E_2$ ) เท่ากับ 74.00/76.25 (2) นักเรียนมีการคิดเชิงพีชคณิตมากที่สุดอยู่ในการตระหนักรู้องค์ประกอบและสมบัติพื้นฐาน คิดเป็นร้อยละ 94.87 รองลงมาคือ การกำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้างคิดเป็นร้อยละ 82.06 และสุดท้ายคือ การหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญคิดเป็นร้อยละ 71.80 และมีระดับการคิดทางเรขาคณิตมากที่สุดอยู่ในระดับที่ 0 คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ ระดับที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 89.74 ระดับที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 84.62 ระดับที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 82.05 และระดับที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 71.79 ตามลำดับ (3) การคิดเชิงพีชคณิตและการคิดทางเรขาคณิต ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 คิดเป็นร้อยละ 85.50 และ 80.10 อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งการตระหนักรู้องค์ประกอบ และสมบัติพื้นฐาน มีนักเรียนที่อยู่ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับ 0 ถึง 2 นักเรียนสามารถแยกแยะประเภทของรูปเรขาคณิตสามมิติ ระบุหมายเลข คิดตามที่โจทย์กำหนด

สามารถวาดภาพรูปทรงเรขาคณิตสามมิติได้ถูกต้อง การกำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้าง มีนักเรียนที่อยู่ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับ 3 นักเรียนทราบว่าสิ่งที่กำลังพิสูจน์อยู่เป็นจริง และเป็นไปได้อย่างไร มองเห็นโครงสร้างย่อยที่ซ่อนอยู่ภายในตัวแปรหรือสัญลักษณ์ และสามารถเข้าใจการเท่ากันได้อย่างถูกต้อง และบอกความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องของรูปเรขาคณิตสามมิติได้ การหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญ มีนักเรียนที่อยู่ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับ 4 นักเรียนสามารถแทนค่าสัญลักษณ์ตามสูตร วิเคราะห์หาตัวแปรของโจทย์ที่ซับซ้อนได้ และสามารถแบ่งรูปแบบโจทย์ออกเป็นปัญหาย่อย ๆ มีกระบวนการในการคิดแบ่งรูปทรงเรขาคณิตออกเป็น 2 ส่วนได้ แล้วนำมาวิเคราะห์เป็นองค์รวมได้ และสามารถคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ (4) ผลการศึกษาดัชนีประสิทธิผล ของกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra คิดเป็นร้อยละ 73.65 (5) ความพึงพอใจของนักเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย ( $\overline{X}$ ) เท่ากับ 4.59 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $S.D.$ ) เท่ากับ 0.55

ปทุมมา อยู่สอน, รัชฎา วิริยะพงศ์ และวนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์ (2566, น. 1059-1070) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวปริมาตรพีระมิด กรวยและทรงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ 2) เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับโปรแกรม GeoGebraเรื่อง พื้นที่ผิวปริมาตร พีระมิด กรวยและทรงกลม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 12 คน จากโรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ระยะเวลาทั้งหมด 13 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ผลที่ได้จากการศึกษานำไปวิเคราะห์โดยใช้สถิติดังนี้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และ t-test one sample รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า 1. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยโดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวปริมาตร พีระมิด กรวยและทรงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประเด็นที่ผู้สอนควรเน้น ดังนี้ ควรมีการทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นเพื่อให้นักเรียนสามารถนำมาต่อยอดกับเนื้อหาที่เรียนปัจจุบัน ควรแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม GeoGebra เบื้องต้น รวมไปถึงพื้นฐานการใช้สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์จากคอมพิวเตอร์และในขณะการจัดการเรียนการสอนควรให้นักเรียนวิเคราะห์โจทย์โดยเริ่มจากการให้พูด

ออกมาเป็นประโยค 2. นักเรียนมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยได้คะแนนเฉลี่ย 17.83 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.29 ทั้งนี้เมื่อวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Completed Understanding: CU)

ประวีณ์นุช วสุอนันต์กุล และคณะ (2566, น. 33-42) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะความรู้ร่วมกับการประยุกต์ใช้เทคนิค STAD ผสมสื่อ GeoGebra ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การเรียนการสอนคณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ส่งผลต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับชั้นต่อไปจึงทำการวิจัยแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะความรู้ร่วมกับการประยุกต์ใช้เทคนิค STAD ผสมสื่อ GeoGebra ที่ส่งเสริมมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะความรู้ร่วมกับการประยุกต์ใช้เทคนิค STAD ผสมสื่อ GeoGebra ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบ พหุนามดีกรีสอง 2) เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบพหุนามดีกรีสอง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเขาแก้ววิทยาสรรพ์ จำนวน 33 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้และแบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและการทดสอบวิลคอกซัน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้ 1) สร้างความสนใจ 2) สำรวจและค้นหา 3) อธิบายและลงข้อสรุป 4) ขยายความรู้ 5) ประเมินผล และหลังการจัดการเรียนรู้มีคะแนนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อธิบายได้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะความรู้ร่วมกับการประยุกต์ใช้เทคนิค STAD ผสมสื่อ GeoGebra สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ ผลการวิจัยจะเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนานักเรียนในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การใช้เทคโนโลยี การแก้ปัญหา และการพิสูจน์ทางเรขาคณิต

ศิริลักษณ์ ภักดีรักษ์, วรรณธิดา ยลวิลาศ และนพคุณ ทองมวล (2566, น. 52-65) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ (KWDL) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ (KWDL) โดยมีจำนวนนักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป และ 2) ศึกษาความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ (KWDL) กับเกณฑ์ที่กำหนด กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนดงมูลวิทยาคม อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 30 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสอบถามความพึงพอใจ และแบบทดสอบวัดทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทโกรัส โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ (KWDL โดยมีจำนวนนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 100 มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป 2) ความพึงพอใจที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ (KWDL) อยู่ในระดับมาก สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สิทธิชัย พานิชย์วิไล และสิรินภา กิจเกื้อกูล (2566, น. 286-296) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม และศึกษาพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียน จำนวน 34 คน ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ 4 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์โดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แนวทางนี้ มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ ครูควรตรวจสอบความรู้ จากประสบการณ์เดิมของนักเรียน และให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และมีความน่าเชื่อถือ ครูควรให้นักเรียนร่วมมือกันสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหา โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อเสนอแนะซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ พบว่า เมื่อผ่านการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบของการสร้างความคิดที่หลากหลายได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิด ตามลำดับ

จากงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลาย ช่วยพัฒนาทักษะและความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในหลายด้าน นักเรียนสามารถพัฒนา

ความคิดเชิงพีชคณิต การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ความรู้เพิ่มความสามารถในการคิดเชิงเรขาคณิตและมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในระดับลึกซึ้ง นอกจากนี้ นักเรียนยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีความพึงพอใจต่อการเรียน และสามารถนำเทคโนโลยีไปใช้สนับสนุนการเรียนรู้และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเสริมสร้างความมั่นใจและความคิดสร้างสรรค์ที่ช่วยต่อยอดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

2.11.1.3 ได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จิราภา ปั้นทอง, พาวา พงษ์พันธุ์ และอาพันธ์ชนิต เจนจิต (2563, น. 59-72) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นแผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดหลังการทดลองครั้งเดียว โดยตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 45 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูง จำนวน 6 แผน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องเส้นขนาน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .83 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .92 วิเคราะห์โดยใช้สถิติ t-test for one sample ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้ 1. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทศพล ศีลอาภรณ์ (2563, น. 89-102) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบเอสเอสซีเอสที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเอสเสซีเอสกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการรียนของนักเรียนชั้นมัยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเอสเอสซิเอส และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเอสเอสซีเอสกับ

เกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างของวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนร่องตาทีวิทยา อำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 28 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่ม แบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบเอสเอสซีเอส แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว และมีการทดลองก่อนหลังการทคลอง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูล คือ t-test for dependent samples และ t-test for one sample ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเอสเอสซิเอส มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบเอสเอสซีเอส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเอสเอสซีเอสมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปฏิภาณ ชาติวิวัฒนาการ, คมสัน ตรีไพบูลย์ และคงรัฐ นวลแปง (2563, น. 182-194) ได้ศึกษาการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมกรเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL กับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี จำนวน 25 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL จำนวน 5 แผน แบบทดสอบวัดความสามรถนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .78 และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .91 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบที แบบกลุ่มตัวอย่างเดียว ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัยมศึกษาปีที่ 3 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบU STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปิยวรรณ กมลฉ่ำ (2563, น. 84-89) ได้ศึกษาการศึกษาแรงจูงใจในการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเลขยกกำลังภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันออนไลน์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแรงจูงใจในการเรียนและ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เลขยกกำลัง ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ธนบุรี จำนวน 45 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันออนไลน์ เรื่อง เลขยกกำลัง แบบวัดแรงจูงใจในการเรียน และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เลขยกกำลัง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย เลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ one sample t-test ผลการศึกษาพบว่า แรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันออนไลน์สูงกว่าเกณฑ์คะแนน 3.40 (ระดับมาก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมมิฟิเคชันออนไลน์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นิพนธ์ ฝ่ายบุญ และอุไร ชิรัมย์ (2565, น. 50-61) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สถิติ (1) ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD การวิจัยกึ่งทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกิจกรรมซึ่งมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ $E_1 / E_2$ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน-หลังเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ (1) ตามแนวคิดทฤษฎีอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับวิธีการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 39 คน 1 ห้องเรียน จากการสุ่มตัวอย่าง แบบแบ่งกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ชุดกิจกรรม 6 ชุด 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบวัดดวามพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยของ โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ คำส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test แบบ Dependent Samples) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.48/81.37 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 3) ความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมระดับความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.15, $S.D.$= 0.69) ซึ่งจากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า การเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีดอนสตรัดติวิสต์ร่วมกับวิธีการเรียนแบบร่วมมือเทดนิด STAD ส่งเสริมให้นักเรียนค้นพบดวามรู้ใหม่บนพื้นฐานความรู้เติมอย่างเต็มตามศักยภาพของตนเอง มีการร่วมมือกันช่วยเหลือกันเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งจะเป็นทักษะสำคัญในการทำงานร่วมกับผู้อื่นต่อไป

สุภาพร ถีสูงเนิน, สุชาติ ทองมา, สนุกจิต สิทธิวงศ์ และมนัญญา กัลยาสิทธิ์ (2566, น. 555-562) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา (GeoGebra) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ก่อนและหลังเรียนโดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกโดยใช้โปรแกรมจีโอจีบราสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/6 โรงเรียนสตรีชัยภูมิ อำเภอเมืองชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ จำนวน 38 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการทดสอบสถิติที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.03/78.03 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

สิริยาภรณ์ ผุดสุวรรณ์, ปวีณา ขันธ์ศิลา และประภาพร หนองหารพิทักษ์ (2567, น. 23-35) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสมเด็จพิทยาคม จำนวน 36 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าสถิติดังนี้ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ สถิติทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.31, $S.D.$ = 0.74)

จากงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการและเครื่องมือที่หลากหลาย เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT การเรียนแบบร่วมมือ การใช้เทคนิค STAD หรือการประยุกต์ใช้โปรแกรม GeoGebra ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ความคิดวิเคราะห์ และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ทั้งยังช่วยลดความวิตกกังวลและเพิ่มความพึงพอใจในการเรียนรู้ นอกจากนี้ การนำเทคโนโลยีและแนวทางการเรียนรู้ที่เน้นการทำงานร่วมกันและการเรียนรู้ด้วยตนเองยังเสริมสร้างแรงจูงใจและพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.11.1.4 ได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พัชรีภรณ์ พาลำโกน (2563, น. 108-110) ได้ศึกษาการศึกษาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแอปพลิเคชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแอปพลิเคชัน กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านหนองแข้ ตำบลโคกนโก อำเภอป่าติ้ว จังหวัดยโสธร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายโสธร เขต 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้อง รวมทั้งสิ้น 11 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแอปพลิเคชัน จำนวน 11 แผน รวมทั้งหมด 11 ชั่วโมง 2) แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแอปพลิเคชัน เรื่อง เศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 20 ข้อ 3) แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแอปพลิเคชัน เรื่อง เศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 15 ข้อ สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานใช้สถิติทดสอบ t-test (Dependent t-test) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแอปพลิเคชันสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแอปพลิเคชัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พัสสกรณ์ วิวรรธมงคล และศิริรัตน์ ชาวนา (2563, น. 85-95) ได้ศึกษาการศึกษาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเทศบาลวัดรัตนชัย จำนวน 20 คน มีเครื่องมือที่การวิจัยเป็นแบบสอบถามเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และมีสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการวิจัยพบว่า เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกโดยภาพรวมนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า 1) ด้านคุณภาพการเรียนรู้ โดยนักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ได้รับความรู้และเกิดทักษะ เกิดกระบวนการคิดมีความคิดสร้างสรรค์ จากการลงมือปฏิบัติ รู้สึกมีความสุข สนุกในการเรียนรู้ กล้าแสดงออกมากขึ้น 2) ด้านครูผู้สอน พบว่า นักเรียนรู้สึกอยากเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้นจากการสอนของครูที่ทำให้นักเรียนได้ความรู้และเข้าใจคณิตศาสตร์ ได้เรียนอย่างสนุกสนาน มีความสุขในการเรียน 3) ด้านสื่อการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมจากกิจกรรมการเรียน รู้หลากหลายสอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน รวมถึงการเรียนรู้นอกห้องเรียน เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ทำให้สามารถเรียนรู้และเข้าใจคณิตศาสตร์มากขึ้น และ 4) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนได้รับความรู้ความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์อย่างสนุกสนาน เกิดทักษะความรู้ ได้พัฒนากระบวนการคิด รู้รัก ความสามัคคี และความกล้าแสดงออกมากขึ้น

มนธิรา นรินทร์รัมย์ และนิเวศน์ คำรัตน์ (2564, น. 201-214) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคทีมแข่งขันร่วมกับผังมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคทีมแข่งขันร่วมกับผังมโนทัศน์ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทกนิคทีมแข่งขัน ร่วมกับผังมโนทัศน์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 3) เพื่อศึกษาเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทกนิดทีมแข่งขันร่วมกับผังมโนทัศน์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 41 โรงเรียนอุคมธัญญาประชานุเคราะห์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานครสวรรค์ จำนวน 28 คน ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน 2) แบบทดสอบวัด

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคทีมแข่งขันร่วมกับผังมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคทีมแข่งขันร่วมกับผังมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับกรจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคทีมแข่งขันร่วมกับผังมโนทัศน์ มีเจตคติต่อการเรียนวิชาคผิดศาสตร์ อยู่ในเกณฑ์ระดับมาก

ลัดดา คฤหปาน และนิเวศน์ คำรัตน์ (2565, น. 213-226) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาร่วมกับเทคนิคบาร์โมเดลที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและ หลังการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยาร่วมกับเทคนิคบาร์โมเดล 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ฯ กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม 50 คะแนน และ 3) เปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ฯ กับเกณฑ์ระดับมากซึ่งเท่ากับ 3.51 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนหนองฉางวิทยา จำนวน 39 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เป็นแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ และ 3) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 24 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การทดสอบแบบที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระจากกัน และกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ๆ มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียน ( $\overline{X}$ = 39.97, $S.D.$= 3.76) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\overline{X}$ = 22.46, $S.D.$= 3.78) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ฯ มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคิดเป็นร้อยละ 79.94 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม 50 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ฯ มีเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ( $\overline{X}$ = 4.19, $S.D.$= 0.24) สูงกว่าเกณฑ์ระดับมากซึ่งเท่ากับ 3.51 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิชญมน รุ่งฤทธิ์ และสรัญญา จันทร์ชูสกุล (2566, น. 82-95) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้สอนแบบแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามปลายเปิดสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นป ระถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามปลายเปิด และ 2) เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามปลายเปิด กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน ของโรงเรียนวังน้อยวิทยาภูมิ ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1 แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และ3) แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที่แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent) ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามปลายเปิดสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามปลายเปิดสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิรประภา สุนทรนันท์ และสุณิสา สุมิรัตนะ (2566, น. 249-262) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง 2) เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3) เปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดโบสถ์ จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 33 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่มโดยมีห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม ใช้เวลาในการทดลองจำนวน 14 คาบ เครื่องมือที่ใช้คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ คือ t-test Dependent Samples และ t-test One Sample ผลการวิจัย พบว่า 1) ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการเชื่อมโยง

ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 14.97 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.85 และ 3) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กชกร เอี่ยมละออ และบัณฑิตา อินสมบัติ (2567, น. 217-230) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้บริบทเป็นฐาน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้บริบทเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3) เปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนวัดเหลมหว้า จำนวนนักเรียน 22 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน 2) แบบทสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคนิดศาสตร์ และ 3) แบบวัดเจดคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาคำเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที่แบบกลุ่ม ไม่เป็นอิสระต่อกันและการทดสอบทีแบบกลุ่มเดียว ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานมีเจตติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน การใช้คำถามปลายเปิด เทคนิคการเรียนรู้เชิงรุก และการเรียนรู้แบบร่วมมือช่วยพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน นอกจากนี้ยังเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ นักเรียนเกิดความมั่นใจในความสามารถของตนเอง สนุกกับการเรียนและกล้าแสดงออกมากขึ้น พร้อมทั้งพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นและความสามัคคี ซึ่งทั้งหมดนี้ช่วยให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นไปอย่างมีความหมายและนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

2.11.1.5 ได้มีนักวิจัยในประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ณัฐณิชา เถาว์โท (2563, น. 91-94) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และการรับรู้ความสามารถของตนเองที่แตกต่างกัน การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และการรับรู้ความสามารถของตนเองแตกต่างกัน 2) ศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีระดับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ต่างกัน 3) ศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 83 คน โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ แบบวัดการรับรู้ความสามารถของตนเอง แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย และแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนทีมีระดับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และการรับรู้ความสามารถของตนเองต่างกันจะมีระดับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) นักเรียนที่มีระดับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์สูงจะมีระดับความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุง ซึ่งจะไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เมื่อทำโจทย์ที่มีความซับซ้อนหรือมีความยาวมาก จะเลี่ยงการทำโจทย์ข้อนั้นไป นักเรียนที่มีระดับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ปานกลาง จะมีระดับความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งจะรู้สึกกังวลเมื่อทำโจทย์ที่มีความซับซ้อน จะพยายามแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนนั้น แต่เมื่อรู้สึกว่ายากเกินไปก็จะเลี่ยง การแก้ปัญหานั้นทันที และนักเรียนที่มีระดับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ต่ำ จะมีระดับความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจะชอบโจทย์ที่มีความซับซ้อน สามารถอธิบายสิ่งที่โจทย์กำหนด วางแผนการแก้ปัญหาและเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม รวมทั้งสามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ (3) นักเรียนที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองสูง จะมีระดับความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจะชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีความมั่นใจในตนเองสามารถอธิบายที่มาของผลลัพธ์ได้ นักเรียนที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองปานกลาง จะมีระดับความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งจะรู้สึกขาดความมั่นใจเล็กน้อยสามารถตีความจากโจทย์ได้ แต่จะระบุสิ่งที่จำเป็นในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนไม่ได้ และนักเรียนที่มีระดับการรับรู้ความสามารถ

ของตนเองต่ำ จะมีระดับความสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงขาดความมั่นใจในตนเอง ต้องการคำปรึกษาจากคุณครูหรือเพื่อนอยู่ตลอดเวลา

อัครพล พรมตรุษ, ปรัชชาวดี วังสาย, สุนันทา ส่งนุ่น และน้ำทิพย์ องอาจวาณิชย์ (2566, น. 111-124) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ Afshan (Afmas) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อตรวจสอบความตรงและความเที่ยงของแบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของ Afshan, et al. และ 2) เพื่อศึกษาความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจำแนกตามระดับชั้นและเพศที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน โดยมีการตอบกลับจากนักเรียน จำนวน 412 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของ Afshan, et al. (2022) โดยแปลเป็นภาษาไทย แบ่งเป็นสองตอน ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบ และตอนที่ 2 เป็นแบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ มีข้อรายการ จำนวน 24 ข้อ เป็นมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ ความวิตกกังวลในบทเรียนคณิตศาสตร์ ความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ความวิตกกังวลในการประเมินคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลในการทดสอบคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูล โดยหาค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในและวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์มีความเที่ยงสูงเท่ากับ .947 และโมเดลการวัดมีความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) และ 2) นักเรียนที่ระดับชั้นแตกต่างกันมีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันนักเรียนเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์มากกว่าเพศชาย และระดับชั้นกับเพศไม่มีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ต่อความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์

ระพีพรรณ สุวรรณ์ทา และนวพล นนทภา (2567, น. 27-34) ได้ศึกษาการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดทางคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว 2) ศึกษาความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3) เปรียบเทียบความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียน ห้องเรียนพิเศษและห้องเรียนปกติ 4) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดทางคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนโกสุมวิทยาสรรค์ จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2/2565 จำนวน 220 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบการคิดทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสหสัมพันธ์ และการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย ผลการวิจัยพบว่า 1) การคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ

ปานกลาง มีจำนวน 121 คน คิดเป็นร้อยละ 55.00 2) ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์อยู่ในระดับสูง 3) คะแนนเฉลี่ยความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนห้องเรียนพิเศษสูงกว่านักเรียนห้องเรียนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) การคิดทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ .05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .726 แสดงว่าตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันสูงกับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์

จากงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์มีความเที่ยงและความตรงสูง สามารถใช้แยกกลุ่มนักเรียนตามระดับความวิตกกังวลได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังพบว่า ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา นักเรียนที่มีความวิตกกังวลสูงมักหลีกเลี่ยงโจทย์ที่ซับซ้อนและมีความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับต่ำ ขณะที่นักเรียนที่มีความวิตกกังวลต่ำสามารถจัดการปัญหาที่ซับซ้อนได้ดีและแสดงความมั่นใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในระดับสูงมีความมั่นใจและความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่านักเรียนที่มีระดับการรับรู้ต่ำซึ่งมักต้องการการสนับสนุนจากครูหรือเพื่อนอยู่เสมอ การศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการลดความวิตกกังวลและส่งเสริมความมั่นใจในตนเองเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โปรแกรม GeoGebra ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างเจตคติเชิงบวกและลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้ การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้น ส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและสนับสนุนการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำไปใช้ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น การเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ การจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT หรือการใช้กลวิธี STAR ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการใช้ปัญหาเป็นฐาน การใช้โปรแกรม GeoGebra หรือการเรียนรู้แบบร่วมมือ ล้วนช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น โดยผู้เรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลายช่วยพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

โดยผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากถึงมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่าผู้เรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยผู้เรียนที่มีระดับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ต่างกันจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ผู้เรียนที่มีความวิตกกังวลต่ำจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่า และผู้เรียนเพศหญิงมีแนวโน้มที่จะมีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเพศชาย

**2.11.2 งานวิจัยต่างประเทศ**

งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โปรแกรม GeoGebra ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่ามีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.11.2.1 ได้มีนักวิจัยต่างประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Farhan, M., Satianingsih, R. and Yustitia, V (2021, pp. 118-128) ได้ศึกษาการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์: การศึกษาเชิงทดลองในโรงเรียนประถมศึกษา (Problem Based Learning On Literacy Mathematics: Experimental Study in Elementary School) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาว่าความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนในชั้นเรียนทดลองที่สอนด้วย PBL ดีกว่าชั้นเรียนควบคุมหรือไม่ 2) ศึกษากิจกรรมของนักเรียนชั้นเรียน 5 ที่สอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 3) ศึกษาว่าครูสามารถดำเนินการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานได้หรือไม่ ประชากร คือ นักเรียนชั้น 5 ของโรงเรียน SDN Gayungan II Surabaya กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยใช้เทคนิค cluster random sampling ได้นักเรียนชั้น 5-B (กลุ่มควบคุม) จำนวน 20 คน และ 5-A (กลุ่มทดลอง) จำนวน 22 คน เครื่องมือได้แก่ 1) แบบทดสอบความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 2) แบบสังเกตกิจกรรมนักเรียน 3) แบบสังเกตกิจกรรมครู และ 4) แบบตรวจสอบความถูกต้อง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ สถิติเชิงอนุมาน วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ยคะแนน ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนในชั้นเรียนทดลองที่สอนด้วย PBL ดีกว่าชั้นเรียนควบคุม โดยกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย 78.81 ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 47.50 2) กิจกรรมของนักเรียนได้รับการประเมินในระดับ “มีความกระตือรือร้นมาก” โดยมีค่าเฉลี่ยวันที่ 1 คือ 94.4%, วันที่ 2 คือ 95.8% และวันที่ 3 คือ 97.2% และ 3) การดำเนินการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ PBL ได้รับการประเมินในระดับ “ดี” โดยวันที่ 1 และ 2 อยู่ในเกณฑ์ดีและวันที่ 3 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

Suparman, S., Yohannes, Y. and Arifin, N. (2021, pp. 1-16) ได้ศึกษาการเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในอินโดนีเซียผ่านการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมาน (Enhancing mathematical problem-solving skills of Indonesian junior high school students through problem-based learning: A systematic review and meta-analysis) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสรุป ประมาณค่า และประเมินผลของการใช้การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ในการเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (MPSS) ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในอินโดนีเซีย และเพื่อศึกษาคุณลักษณะของงานวิจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างของขนาดอิทธิพล (effect size) ประชากร ได้แก่ งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ในการเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (MPSS) ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในอินโดนีเซีย กลุ่มตัวอย่าง คือ งานวิจัยปฐมภูมิจำนวน 29 เรื่องที่ตีพิมพ์ในวารสารและการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติในช่วงปี 2011-2020 ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกตามแนวทาง PICOS และ PRISMA เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Review) 2) การวิเคราะห์อภิมาน (Meta-Analysis) และ 3) โปรแกรม Comprehensive Meta-Analysis (CMA) โดยใช้สูตรของ Hedge เพื่อคำนวณขนาดอิทธิพล การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้โดย 1) วิเคราะห์ขนาดอิทธิพล (Effect Size) 2) วิเคราะห์อคติในการตีพิมพ์ 3) วิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลง 4) วิเคราะห์ความเป็นเอกพันธ์ และ 5) วิเคราะห์คุณลักษณะของงานวิจัย ผลการวิจัยพบว่า 1) การใช้การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) มีผลเชิงบวกในระดับปานกลาง ($g = 0.743$; $p < 0.05$) ต่อการเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในอินโดนีเซียอย่างมีนัยสำคัญ โดยใช้โมเดลแบบสุ่ม (Random Effect Model) 2) คุณลักษณะของงานวิจัยด้านขนาดกลุ่มตัวอย่าง เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง พื้นที่วิจัย และปีที่ตีพิมพ์ ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของขนาดอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ 3) เชิงพรรณนา พบว่าการใช้ PBL ในห้องเรียนที่มีนักเรียนไม่เกิน 30 คน ให้ผลดีกว่าห้องเรียนที่มีนักเรียนมากกว่า 30 คน 4) การใช้การสุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม (Random Sampling) ให้ผลดีกว่าการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และ 5) การใช้ PBL ในพื้นที่สุมาตรามีประสิทธิภาพสูงกว่าในพื้นที่ชวา กาลิมันตัน และบาหลี และนูซาเต็งการา

Hulwani, A. Z., Novaliyosi and Nindiasari, H. (2022, pp. 115-125) ได้ศึกษาการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ: รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับความสามารถในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (Systematic Literature Review: Problem Based Learning Model for Mathematical Concept Comprehension Ability) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) อธิบายสื่อที่ใช้ในการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ Problem Based Learning (PBL)

สำหรับความสามารถในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และ 2) อธิบายเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ PBL สำหรับความสามารถในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ประชากร คือ บทความวิจัยเกี่ยวกับการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) สำหรับความสามารถในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ บทความวิจัยจำนวน 47 บทความที่ผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก จากประชากรทั้งหมด 62 บทความ โดยแบ่งเป็น 20 บทความที่เกี่ยวกับการพัฒนาและการใช้สื่อการสอนหรือสื่อที่ใช้รูปแบบ PBL และ 22 บทความที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ใช้ในรูปแบบ PBL เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ วิธีการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic Literature Review - SLR) ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน (Planning) การดำเนินการ (Conducting) และการรายงาน (Reporting) การวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิเคราะห์ตามประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้สื่อและเนื้อหาในรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) สำหรับความสามารถในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) สื่อที่ใช้ในการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ PBL สำหรับความสามารถในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ใบงานนักเรียน (LKPD), Kahoot, Google Classroom, GeoGebra, วัตถุรูปธรรม เช่น ขวด, สื่อการสอน และวิดีโอการเรียนรู้ โดยสื่อที่นิยมใช้มากที่สุดคือใบงานนักเรียน (LKPD) และ 2) เนื้อหาที่ใช้ในการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ PBL สำหรับความสามารถในการเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ พีชคณิต, ฟังก์ชัน, สมการเส้นตรง, อนุพันธ์ของฟังก์ชัน, รูปทรงเรขาคณิตด้านแบน, สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม, เศษส่วน, เส้นและมุม, เซต, เวกเตอร์, อัตราการไหล, แนวคิดเชิงตัวเลข, ฟังก์ชันผกผัน, ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร (SPLDV), พิกัดคาร์ทีเซียน, ตรีโกณมิติ และการนำเสนอข้อมูล โดยเนื้อหาที่นิยมใช้มากที่สุดคือพิกัดคาร์ทีเซียน

Marchy, F., Murni, A., Kartini and Muhammad, I. (2022, pp. 1-12) ได้ศึกษาประสิทธิผลของการใช้การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ในความสามารถการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (The Effectiveness of Using Problem-Based Learning (PBL) in Mathematics Problem-Solving Ability for Junior High School Students) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งหมดของโรงเรียน SMP Negeri 32 Pekanbaru ปีการศึกษา 2019/2020 ซึ่งประกอบด้วย 5 ห้องเรียน ได้แก่ VII1, VII2, VII3, VII4 และ VII5 รวมทั้งสิ้น 179 คน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง VII1 จำนวน 35 คน เป็นกลุ่มควบคุม และห้อง VII3 จำนวน 35 คน เป็นกลุ่มทดลอง ซึ่งได้มาจากการทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น (KAM) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น (KAM) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ (KPMM) แบบฝึกหัดสำหรับนักเรียน (LKPD) สถิติที่ใช้ได้แก่ การวิเคราะห์ค่า N-gain การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน และสถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบดั้งเดิม 2) ค่าเฉลี่ยคะแนน N-gain ของกลุ่มทดลองเท่ากับ 0.708 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนน N-gain ของกลุ่มควบคุมที่เท่ากับ 0.22 และ 3) ข้อผิดพลาดที่พบในคำตอบของนักเรียนในกลุ่มทดลอง ได้แก่ ข้อผิดพลาดในหลักการ ข้อผิดพลาดในการตีความผลลัพธ์ที่ได้ ข้อผิดพลาดในการไม่ใส่ใจคำแนะนำเกี่ยวกับคำถาม และข้อผิดพลาดในการคำนวณ

Harianja, R., Tampubolon, T. and Manalu, L. (2023, pp. 101-108) ได้ศึกษาการวิเคราะห์รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานต่อทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา (Analysis of Problem-Based Learning Model on Mathematical Critical Thinking Skills of Elementary School Students) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความมีนัยสำคัญของผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ต่อสมรรถนะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในเนื้อหาเรื่องวงกลม ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียน SDN 173270 Siborong-Borong รัฐสุมาตราเหนือ ประเทศอินโดนีเซีย กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน SDN 173270 Siborong-Borong จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบการคิดเชิงวิพากษ์แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือวัดการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดยดัดแปลงจากตัวชี้วัดการคิดเชิงวิพากษ์ของ OECD สถิติที่ใช้ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงพรรณนา การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล และสถิติทดสอบที (One-sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ต่อทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 2) คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 34.80 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 73.60 แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ 3) คะแนนต่ำสุดในการทดสอบก่อนเรียนคือ 10 และคะแนนสูงสุดคือ 70 ส่วนในการทดสอบหลังเรียน คะแนนต่ำสุดคือ 40 และคะแนนสูงสุดคือ 100 และ 4) ผลการทดสอบสมมติฐานด้วย t-test พบว่าค่า Sig (2-tailed) < $\alpha$ คือ 0.000 < 0.05 จึงปฏิเสธ $H_0$ สรุปได้ว่ามีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญของการใช้ PBL ต่อทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์

Kurino, Y. D. and Herman, T. (2023, pp. 420-425) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน และมุมมองเชิงชาติพันธุ์วิทยาทางคณิตศาสตร์ (Improving the Mathematical Understanding of Elementary School Students Through Problem-Based Learning and an Ethnomathematical Perspective)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่อิงกับชาติพันธุ์วิทยาทางคณิตศาสตร์ (ethnomathematics) เพื่อเพิ่มความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน Nanggewer ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทั้งหมดของโรงเรียน Nanggewer กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง Va เป็นกลุ่มทดลอง และห้อง Vb เป็นกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบแบบปรนัยและอัตนัย แบบสอบถาม แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน สถิติที่ใช้ ได้แก่ สถิติทดสอบที การทดสอบความเชื่อมั่นของข้อมูล การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ และการทดสอบสมมติฐาน ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ย N-gain ของความสามารถในการเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานที่อิงกับชาติพันธุ์วิทยาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

Sarnoko, S., Asrowi, A., Gunarhadi, G. and Usodo, B. (2024, pp. 1-15) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา (An Analysis of the Application of Problem Based Learning (PBL) Model in Mathematics for Elementary School Students) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุรูปแบบการเรียนรู้ที่จำเป็นในวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษาเขต Girimarto และวิเคราะห์การประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานในโรงเรียนเหล่านี้ ประชากร คือ นักเรียนและครูในโรงเรียนประถมศึกษาในเขต Girimarto ซึ่งประกอบด้วย 5 กลุ่มโรงเรียน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนจำนวน 106 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 53 คน นักเรียนหญิง 53 คน และครูจำนวน 10 คน จาก 5 โรงเรียนประถมศึกษาที่สุ่มเลือก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม แบบตรวจสอบรายการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ คือ การวิเคราะห์เชิงพรรณนาโดยใช้ค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า 1) การนำรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ไปใช้ในเขต Girimarto ยังไม่เหมาะสม โดยพบว่ามีเพียง 44.94% ของกลุ่มตัวอย่างที่แสดงการเรียนรู้ด้านการคิดเชิงวิพากษ์ 35.67% แสดงการให้เหตุผลเชิงสร้างสรรค์ และ 25.09% แสดงการคิดเชิงวิเคราะห์ 2) ผลการสำรวจพบว่า 40% ของครูเข้าใจแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้แบบ PBL แต่มีเพียง 30% ที่นำไปใช้ตามขั้นตอนที่ถูกต้อง และมีเพียง 20% ที่ประเมินผลการนำไปใช้ 3) ด้านนักเรียน พบว่า 37.74% ชอบวิชาคณิตศาสตร์ 33.02% ชอบกิจกรรมการเรียนรู้ และ 28.30% มีความกระตือรือร้นในการเรียน 4) ผลคะแนนคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ โดย 33.02% ได้คะแนนในช่วง 10-30 และ 34.91% ได้คะแนนในช่วง 31-50 และ 5) อุปสรรคที่พบรวมถึงความเฉื่อยชาของนักเรียน ความกลัว และความไม่คุ้นเคยกับรูปแบบ PBL การสัมภาษณ์และการสังเกตยังพบว่าครูจำนวนมากยังไม่เข้าใจแนวคิดของ PBL อย่างถ่องแท้

จากงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า ในการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ พบว่า PBL ช่วยส่งเสริมทักษะสำคัญหลายด้าน เช่น การคิดเชิงวิเคราะห์ การคิดเชิงวิพากษ์ และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยระบุว่า นักเรียนที่เรียนผ่าน PBL มีผลสัมฤทธิ์และความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีดั้งเดิม นอกจากนี้ PBL ยังส่งเสริมการเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และทักษะการแก้ปัญหาในบริบทที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง อย่างไรก็ตาม การวิจัยบางชิ้นพบว่าครูและนักเรียนบางกลุ่มยังไม่คุ้นเคยกับกระบวนการ PBL ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อประสิทธิภาพในการใช้งาน การส่งเสริมความเข้าใจในหลักการ PBL และการพัฒนาทักษะการสอนของครูจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ PBL สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิผลสูงสุดในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21

2.11.2.2 ได้มีนักวิจัยต่างประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Ekwue, N. L., et al. (2023, pp. 75-80) ได้ศึกษาประสิทธิผลของการใช้แอปพลิเคชัน GeoGebra ในคณิตศาสตร์เรขาคณิตสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในรัฐเดลต้า (Effectiveness of GeoGebra Application on Geometrical Mathematics Among Secondary Schools Students in Delta State) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาเจตคติของครูต่อการใช้แอปพลิเคชัน GeoGebra 2) ศึกษาปัจจัยที่ทำให้ครูคณิตศาสตร์ไม่สามารถเข้าถึงการสอนคณิตศาสตร์แบบดิจิทัล และ 3) ศึกษาว่าแอปพลิเคชัน GeoGebra ส่งผลต่อผลการเรียนของนักเรียนอย่างไรในแง่ของ: a) นักเรียนชายและนักเรียนหญิง b) นักเรียนโรงเรียนเอกชนและโรงเรียนรัฐบาล ประชากร คือ นักเรียนชั้น SS 2 และครูคณิตศาสตร์ทั้งหมดในโรงเรียนรัฐบาลและเอกชนในรัฐเดลต้า กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูคณิตศาสตร์จำนวน 15 คนที่เข้าร่วมการอบรมออนไลน์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามเกี่ยวกับเจตคติของครูคณิตศาสตร์ต่อซอฟต์แวร์ GeoGebra สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ครูมีเจตคติเชิงบวกต่อการใช้ซอฟต์แวร์ GeoGebra โดย GeoGebra ทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์สนุกและน่าเพลิดเพลิน 2) ปัจจัยที่ทำให้ครูคณิตศาสตร์ไม่สามารถเข้าถึงการสอนคณิตศาสตร์แบบดิจิทัล ได้แก่ การขาดทักษะด้านคอมพิวเตอร์ การไม่มีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ การขาดแคลนไฟฟ้า และการขาดการพัฒนาวิชาชีพ 3) นักเรียนชายมีผลการเรียนดีกว่านักเรียนหญิง โดยนักเรียนชายมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 30.71 และหลังเรียน 33.15 ส่วนนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 30.31 และหลังเรียน 32.23 และ 4) นักเรียนโรงเรียนเอกชนมีผลการเรียนดีกว่านักเรียนโรงเรียนรัฐบาล โดยนักเรียนโรงเรียนเอกชนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 33.03 และหลังเรียน 35.04 ส่วนนักเรียนโรงเรียนรัฐบาลมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 30.90 และหลังเรียน 32.85

Nguyen, A. T. T., et al. (2023, pp. 118-128) ได้ศึกษาการผสมผสานห้องเรียนกลับด้านและซอฟต์แวร์ GeoGebra ในการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาในประเทศเวียดนาม (Combining flipped classroom and GeoGebra software in teaching mathematics to develop math problem-solving abilities for secondary school students in Vietnam) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ทดสอบผลของการผสมผสานห้องเรียนกลับด้านและ GeoGebra ในการสอนคณิตศาสตร์ต่อผลการเรียนของนักเรียน และ 2) ศึกษาเจตคติการเรียนรู้และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียน Cao Thang ในเมือง Vinh Long ประเทศเวียดนาม กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน จำนวน 74 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 37 คน และกลุ่มควบคุม 37 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบสังเกตการณ์ในชั้นเรียน แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน สถิติที่ใช้ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงพรรณนา การวิเคราะห์ค่า N-gain และสถิติทดสอบที (Dependent Sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3) การสอนแบบผสมผสานมีขนาดอิทธิพลปานกลาง (ES = 0.64) ต่อผลการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และ 4) นักเรียนมีเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้แบบผสมผสานห้องเรียนกลับด้านและ GeoGebra

Puspitasari, N., et al. (2023, pp. 115-124) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นผ่านการใช้สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra (Improving Junior High School Students' Ability to Ask Mathematical Problems through the Use of GeoGebra Based Learning Media) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ดีกว่านักเรียนที่ใช้สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ PowerPoint หรือไม่ โดยพิจารณา (A) ในภาพรวม และ (B) ในแต่ละตัวชี้วัดของความสามารถในการตั้งคำถาม ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งหมดในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในเขต Tarogong Kaler, Garut กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง VIII J จำนวน 31 คน เป็นกลุ่มควบคุมที่ใช้สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ PowerPoint และห้อง VIII K จำนวน 32 คน เป็นกลุ่มทดลองที่ใช้สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์เชิงพรรณนา การวิเคราะห์เชิงอนุมานโดยใช้สถิติทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้สื่อการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ดีกว่านักเรียนที่ใช้สื่อ

การเรียนรู้ที่ใช้ PowerPoint ทั้งในภาพรวมและในแต่ละตัวชี้วัดของความสามารถในการตั้งคำถาม 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 6.63 ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ย 4.06 และ 3) ในตัวชี้วัดที่ 1, 2 และ 3 นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการตั้งคำถามดีกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ส่วนในตัวชี้วัดที่ 4 ไม่มีนักเรียนทั้งสองกลุ่มที่สามารถตอบได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้อง

Samura, A. O. and Darhim (2023, pp. 101-117) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสาน (BLM) ในการเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้ GeoGebra (Improving Mathematics Critical Thinking Skills of Junior High School Students Using Blended Learning Model (BLM) in GeoGebra Assisted Mathematics Learning) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาว่าการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ BLM-G สามารถมีอิทธิพลต่อทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหรือไม่ และ 2) ศึกษาความแตกต่างในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้ BLM-G และนักเรียนที่เรียนโดยใช้ BLM ที่ไม่ใช้ GeoGebra โดยพิจารณาจาก a) ภาพรวม และ b) ระดับโรงเรียน ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (ชั้น VIII) ในเมือง Ternate ประเทศอินโดนีเซีย กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 125 คน จาก 2 โรงเรียนที่มีระดับแตกต่างกัน (ระดับสูงและระดับกลาง) โดยแบ่งเป็น: โรงเรียนระดับสูง จำนวน 63 คน โรงเรียนระดับกลาง จำนวน 62 คน แต่ละโรงเรียนมีการแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง (เรียนด้วย BLM-G) และกลุ่มควบคุม (เรียนด้วย BLM ที่ไม่ใช้ GeoGebra) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมนักเรียน สถิติที่ใช้ได้แก่ คำนวณค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์เชิงพรรณนา การคำนวณค่า Normalized Gain (N-gain) การคำนวณขนาดอิทธิพล และสถิติสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานที่ใช้ GeoGebra (BLM-G) มีอิทธิพลต่อทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงมาก 2) ในโรงเรียนระดับสูง การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานที่ใช้ GeoGebra ดีกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานที่ไม่ใช้ GeoGebra โดยมีการพัฒนาอยู่ในระดับต่ำ และ 3) ในโรงเรียนระดับกลาง ไม่มีความแตกต่างในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานที่ใช้ GeoGebra และนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานที่ไม่ใช้ GeoGebra

Furner, J. M. (2024, pp. 1-13) ได้ศึกษาการทบทวนแนวปฏิบัติด้านการสอนที่ดีที่สุดสำหรับการสอนคณิตศาสตร์: การใช้สื่อการสอนคณิตศาสตร์ วรรณกรรมสำหรับเด็กและ GeoGebra เพื่อสร้างความมั่นใจทางคณิตศาสตร์ให้กับเยาวชนสำหรับโลกแห่ง STEM (The best pedagogical

practices for teaching mathematics revisited: Using math manipulatives, children's literature, and GeoGebra to produce math confident young people for a STEM world) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนแนวปฏิบัติด้านการสอนที่ดีที่สุดสำหรับการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้สื่อการสอนคณิตศาสตร์ วรรณกรรมสำหรับเด็ก และ GeoGebra เพื่อช่วยครูในการสร้างความมั่นใจทางคณิตศาสตร์ให้กับเยาวชน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการใช้สื่อการสอนคณิตศาสตร์ (Math manipulatives) การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการใช้วรรณกรรมสำหรับเด็ก (Children's literature) การทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการใช้ GeoGebra ในการสอนคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยการสังเคราะห์ข้อมูลจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้สื่อการสอนคณิตศาสตร์ วรรณกรรมสำหรับเด็ก และ GeoGebra ผลการวิจัยพบว่า 1) การใช้รูปแบบการสอน CRA (Concrete-Representational-Abstract) โดยเริ่มจากสื่อการสอนที่เป็นรูปธรรม ตามด้วยการใช้ภาพแทน และสุดท้ายคือการเชื่อมโยงกับสัญลักษณ์นามธรรม ช่วยให้นักเรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น 2) การใช้วรรณกรรมสำหรับเด็กในการสอนคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าและเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในโลกจริง การใช้ GeoGebra ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกจริงผ่านการใช้ภาพถ่ายและการสร้างแบบจำลอง การใช้เทคโนโลยีเช่น GeoGebra ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชัน (gamification) และ 3) การผสมผสานทั้งสามวิธี (สื่อการสอนคณิตศาสตร์ วรรณกรรมสำหรับเด็ก และ GeoGebra) ช่วยลดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และเพิ่มความมั่นใจให้กับนักเรียน

Mayasari, F., Napitupulu, E. E. and Sinaga, B. (2024, pp. 481-500) ได้ศึกษาการพัฒนาโมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra เพื่อพัฒนาความสามารถในการนำเสนอทางคณิตศาสตร์และการเรียนรู้แบบกำกับตนเองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (Development of Geogebra Assisted Learning Modules to Improve Mathematical Representation Abilities and Self-Regulated Learning of Senior High School) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ความถูกต้อง (validity) ของโมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ที่พัฒนาขึ้น 2) วิเคราะห์ความสะดวกในการใช้งาน (practicality) ของโมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ที่พัฒนาขึ้น 3) วิเคราะห์ประสิทธิผล (effectiveness) ของโมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ที่พัฒนาขึ้น 4) วิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการนำเสนอทางคณิตศาสตร์โดยใช้โมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ที่พัฒนาขึ้น และ 5) วิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของการเรียนรู้แบบกำกับตนเองโดยใช้โมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ที่พัฒนาขึ้น ประชากร คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 12 โรงเรียน SMA Negeri 14 Medan ปีการศึกษา 2023-2024 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 12 IPA 1 โรงเรียน SMA Negeri 14 Medan เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถ

ในการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ แบบสอบถามการเรียนรู้แบบกำกับตนเองของนักเรียน แบบสอบถามการตอบสนองของครู แบบสอบถามการตอบสนองของนักเรียน แบบประเมินความถูกต้อง (Validation Sheets) สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา การคำนวณค่า N-gain ผลการวิจัยพบว่า 1) โมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง โดยได้คะแนนเฉลี่ย 4.15 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ “ถูกต้อง” (Valid) 2) โมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ที่พัฒนาขึ้นมีความสะดวกในการใช้งาน โดยการตอบสนองเชิงบวกของนักเรียนอยู่ที่ 90.29% และคะแนนเฉลี่ยการนำไปใช้ในการเรียนรู้อยู่ที่ 3.84 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ "ดำเนินการได้ดี" 3) โมดูลการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิผล โดยนักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้แบบรวมอยู่ที่ 85.71% ในการทดสอบหลังเรียน 4) ความสามารถในการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น โดยมีค่า N-gain เท่ากับ 0.45 ซึ่งอยู่ในระดับ "ปานกลาง" และ 5) การเรียนรู้แบบกำกับตนเองของนักเรียนเพิ่มขึ้น โดยมีค่า N-gain เท่ากับ 0.42 ซึ่งอยู่ในระดับ "ปานกลาง"

จากงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า GeoGebra เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในหลากหลายบริบทและระดับการศึกษา การศึกษาแสดงให้เห็นว่า GeoGebra ช่วยพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการคิดเชิงวิพากษ์ของนักเรียน การผสมผสาน GeoGebra กับรูปแบบการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) การเรียนรู้แบบพลิกห้องเรียน และการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิด และการเชื่อมโยงความรู้ นักเรียนที่เรียนผ่านสื่อ GeoGebra แสดงถึงเจตคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้ และมีการพัฒนาความสามารถในการควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ดีขึ้น ในระดับโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา GeoGebra ช่วยเพิ่มความสนุกสนานและสร้างความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ อีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนที่เน้นปฏิสัมพันธ์และความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ GeoGebra ยังช่วยลดความซับซ้อนของเนื้อหาและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเรขาคณิตและพีชคณิตอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การเรียนคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่เข้าถึงง่ายและน่าสนใจมากขึ้น

2.11.2.3 ได้มีนักวิจัยต่างประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Mathew, A. (2023) ได้ศึกษาการศึกษาผลกระทบของการพัฒนาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ NAEP ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (Exploring the Effects of Technology Professional Development on the 8th Grade NAEP Mathematics Achievement) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจำกัดของ National Assessment of Educational Progress (NAEP) ปี 2013 และพิจารณาว่าการเข้าร่วมการพัฒนา

วิชาชีพด้านเทคโนโลยีการศึกษาของครูเป็นตัวทำนายที่มีนัยสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หรือไม่ หลังจากประเมินเชื้อชาติ เพศ และสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของนักเรียน ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 341,000 คน ที่เข้าร่วมการประเมิน NAEP วิชาคณิตศาสตร์ในปี 2013 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 170,000 คน จาก 6,520 ทั้งโรงเรียนรัฐบาลและเอกชน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ NAEP แบบสอบถามข้อมูลพื้นฐานของนักเรียนและครู การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลำดับชั้น (Hierarchical Multiple Regression) และการวิเคราะห์การถดถอยค่าความน่าจะเป็น (Plausible Values Regression) ผลการวิจัยพบว่า 1) สถานะทางเศรษฐกิจและสังคม เพศ และการพัฒนาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีการศึกษาของครูมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 2) ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถทำนายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ได้ 17.5% และ 3) ผลกระทบของการพัฒนาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีแตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่มเชื้อชาติ

Egara, F. O. and Mosimege, M. (2023, pp. 8131-8150) ได้ศึกษาผลของวิธีการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านต่อผลสัมฤทธิ์และความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (Effect of flipped classroom learning approach on mathematics achievement and interest among secondary school students) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของวิธีการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านต่อผลสัมฤทธิ์และความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (Senior Secondary 1: SS 1) จำนวน 673 คน จากเขตการปกครองท้องถิ่น Igbo-Etiti ในรัฐ Enugu ประเทศไนจีเรีย กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนจำนวน 86 คน (ชาย 39 คน หญิง 47 คน) ที่ได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจงจาก 2 โรงเรียน โดยแต่ละโรงเรียนมีนักเรียนชั้น SS 1 จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งถูกแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการจับฉลาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ แบบวัดความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์ แผนการสอนสำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม 2) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน 3) นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านมีคะแนนความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม และ 4) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างคะแนนความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน

Hammadi, S. S., Majeed, B. H. and Hassan, A. K. (2023, pp. 42-50) ได้ศึกษาผลกระทบของกลยุทธ์การเรียนรู้เชิงลึกต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และความฉลาดเชิงปฏิบัติในนักเรียนมัธยมศึกษา (Impact of Deep Learning Strategy in Mathematics Achievement and Practical Intelligence among High School Students) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกลยุทธ์การเรียนรู้เชิงลึก (deep learning strategy) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และความฉลาดเชิงปฏิบัติ (practical intelligence) ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในปีการศึกษา 2022/2023 ประชากร คือ นักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์ จากเขตการศึกษา First Karkh Education Directorate กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนหญิง จำนวน 61 คน ที่ได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจง แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน ที่เรียนตามกลยุทธ์ที่นำเสนอ และกลุ่มควบคุม 31 คน ที่เรียนตามวิธีปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 25 ข้อ แบบทดสอบความฉลาดเชิงปฏิบัติ จำนวน 20 ข้อ แบบปรนัย สถิติที่ใช้ ได้แก่ สถิติทดสอบที เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนตามกลยุทธ์การเรียนรู้เชิงลึกมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 70.16 และกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ย 59.06 และ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนตามกลยุทธ์การเรียนรู้เชิงลึกมีคะแนนความฉลาดเชิงปฏิบัติสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย 10.34 และกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ย 8.36

Hassan, A. K., Hammadi, S. S. and Majeed, B. H. (2023, pp. 103-115) ได้ศึกษาผลกระทบของรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้สถานการณ์จำลองต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และแรงจูงใจทางจิตใจของนักเรียนมัธยมศึกษา (The Impact of a Scenario-Based Learning Model in Mathematics Achievement and Mental Motivation for High School Students) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้สถานการณ์จำลองต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และแรงจูงใจทางจิตใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์ ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สายวิทยาศาสตร์ จากเขตการศึกษา First Karkh Education Directorate กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนจำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 10 ข้อ แบบอัตนัย และแบบวัดแรงจูงใจทางจิตใจ จำนวน 60 ข้อ สถิติที่ใช้ได้แก่ การทดสอบค่าที (t-test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนักเรียนกลุ่มทดลองมีแรงจูงใจทางจิตใจสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Egara, F. O. and Mosimege, M. (2024, pp. 1-26) ได้ศึกษาผลของวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสานต่อผลสัมฤทธิ์และการคงทนความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (Effect of blended learning approach on mathematics achievement and retention among secondary school students) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสาน (blended learning approach) ต่อผลสัมฤทธิ์และการคงทนความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาในเขตการปกครองท้องถิ่น Uzo-Uwani LGA กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน จำนวน 94 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 48 คน (ชาย 27 คน หญิง 21 คน) และกลุ่มควบคุม 46 คน (ชาย 22 คน หญิง 24 คน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบการคงทนความรู้ทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้คือการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสานมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสาน แต่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและวิธีการสอน โดยในกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสาน นักเรียนหญิงมีค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของคะแนนสูงกว่านักเรียนชาย และ 2) นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสานมีการคงทนความรู้ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม และวามแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างคะแนนการคงทนความรู้ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิง โดยในกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสาน นักเรียนหญิงมีคะแนนการคงทนความรู้สูงกว่านักเรียนชาย

Zhu, H., et al. (2024, pp. 1-13) ได้ศึกษาผลกระทบอิสระและร่วมของการรับรู้การสนับสนุนจากครูและความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนประถมศึกษา: การวิเคราะห์แบบมุ่งเน้นตัวแปรและมุ่งเน้นบุคคล (Independent and joint effects of perceived teacher support and math self-efficacy on math achievement in primary school student: Variable-oriented and person-oriented analyses) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลกระทบอิสระและร่วมของการรับรู้การสนับสนุนจากครูและความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา และ 2) ศึกษาความแตกต่างทางเพศในผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และบทบาทการกำกับของเพศในผลกระทบของการรับรู้การสนับสนุนจากครูและความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ ประชากร คือ นักเรียนประถมศึกษาในประเทศจีน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4 จำนวน 1,725 คน (เป็นนักเรียนหญิง 41.62%, อายุเฉลี่ย 8.97 ปี) จากโรงเรียนประถมศึกษาของรัฐสองแห่งในมณฑลซานตง ประเทศจีน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามการรับรู้การสนับสนุนจากครูคณิตศาสตร์ (Questionnaire of Mathematics Teacher Support) แบบวัดความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ (The Primary School Mathematics Learning Self-Efficacy Scale) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ได้แก่ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง การทดสอบค่าที การวิเคราะห์การกำกับ (Moderation analysis) การวิเคราะห์โปรไฟล์แฝง (Latent Profile Analysis: LPA) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแฝง (Latent Transition Analysis: LTA) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (MANOVA) ผลการวิจัยพบว่า 1) ในการวิเคราะห์เชิงตัวแปร พบว่าความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 1 (T1) สามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 2 (T2) ได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการรับรู้การสนับสนุนจากครูแสดงผลการทำนายในระยะสั้นเฉพาะในช่วงเวลาที่ 1 เท่านั้น พบความแตกต่างทางเพศในผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในช่วงเวลาที่ 1 แต่ความแตกต่างนี้หายไปเมื่อเวลาผ่านไป โดยนักเรียนหญิงมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนชายในช่วงเวลาที่ 1 และ 2) ในการวิเคราะห์เชิงบุคคล พบว่ามีกลุ่มโปรไฟล์ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีทั้งการรับรู้การสนับสนุนจากครูและความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ (DLG), กลุ่มที่มีการรับรู้การสนับสนุนจากครูสูงแต่ความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ (HSG), กลุ่มที่มีความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงแต่การรับรู้การสนับสนุนจากครูต่ำ (HEG) และกลุ่มที่มีทั้งการรับรู้การสนับสนุนจากครู และความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง (DHG) พบทั้งผลกระทบอิสระและร่วมของการรับรู้การสนับสนุนจากครูและความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ โดยกลุ่ม DHG มีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สูงที่สุด และกลุ่ม DLG มีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ต่ำที่สุด และพบผลการชดเชยของความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยในช่วงเวลาที่ 2 ไม่มีความแตกต่างในผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่ม HEG และกลุ่ม DHG

จากงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่าวิธีการเรียนรู้ที่ทันสมัย เช่น การเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) การใช้ GeoGebra การเรียนแบบพลิกห้องเรียน (Flipped Classroom) และการเรียนรู้ตามสถานการณ์ (Scenario-Based Learning) มีผลดีต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์และการคงตัวของความรู้ของนักเรียน นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ และความมั่นใจในตนเองที่สูงขึ้น การสนับสนุนจากครูและการพัฒนาประสิทธิภาพตนเองทางคณิตศาสตร์ยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยี เช่น GeoGebra ไม่เพียงแต่ช่วยลดความซับซ้อนของเนื้อหา แต่ยังสร้างแรงจูงใจและความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์ ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่า การสนับสนุนอย่างเหมาะสม เช่น การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงลึก

และการใช้สถานการณ์ในชีวิตจริง สามารถสร้างการเรียนรู้ที่มีความหมายและยั่งยืน ซึ่งส่งผลต่อความสำเร็จและความสนใจในคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2.11.2.4 ได้มีนักวิจัยต่างประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Gok, T. (2022, pp. 184-206) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเจตคติของนักเรียนที่มีต่อ STEM ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และมัธยมศึกษาสายอาชีพ (A Comparison of Students' Attitudes towards STEM at Middle School, High School, and Vocational High School) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบเจตคติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และมัธยมศึกษาสายอาชีพที่มีต่อ STEM ในระดับชั้นต่าง ๆ และ 2) ศึกษาว่าโรงเรียนประเภทใดมีประสิทธิผลมากกว่าในการนำ STEM ไปใช้ ประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และมัธยมศึกษาสายอาชีพในเมืองอิซเมียร์ ประเทศตุรกี กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน จำนวน 3,376 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 7 แห่ง โรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 5 แห่ง และโรงเรียนมัธยมศึกษาสายอาชีพ 8 แห่ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถามเจตคติต่อ STEM สถิติที่ใช้ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงพรรณนา และค่าสถิติพื้นฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) เจตคติของนักเรียนที่มีต่อ STEM มีแนวโน้มลดลงจากชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 2) แนวโน้มของนักเรียนที่มีต่อสาขา STEM แตกต่างกันตามประเภทของโรงเรียน และ 3) การศึกษา STEM เหมาะสมกับโรงเรียนมัธยมศึกษาสายอาชีพมากกว่า เนื่องจากหลักสูตรส่วนใหญ่เน้นการปฏิบัติ

Hussein, Y. F. and Csíkos, C. (2023, pp. 1-16) ได้ศึกษาผลของการสอนความรู้เชิงมโนทัศน์ต่อผลสัมฤทธิ์ ความวิตกกังวล และเจตคติต่อคณิตศาสตร์ของนักเรียน (The effect of teaching conceptual knowledge on students' achievement, anxiety about, and attitude toward mathematics) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าการสอนเพื่อความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ควบคู่กับความรู้เชิงกระบวนการส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ ความวิตกกังวลและเจตคติต่อคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างไร ประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาในเมืองเออร์บิล ประเทศอิรัก กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 200 คน (หญิง 110 คน และชาย 90 คน) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (เกรด 8) อายุ 14 ปี จาก 3 โรงเรียนรัฐบาลในเมืองเออร์บิล ประเทศอิรัก ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 100 คน และกลุ่มควบคุม 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 25 ข้อ แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์แบบย่อ จำนวน 9 ข้อ สถิติที่ใช้ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measure ANOVA) และการเปรียบเทียบพหุคูณแบบ Tukey ผลการวิจัยพบว่า 1) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติในผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (p<.001) โดยนักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม 2) เจตคติต่อคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองพัฒนาในทางบวก โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (p<.001) 3) การสอนคณิตศาสตร์เชิงมโนทัศน์ช่วยลดความวิตกกังวลในนักเรียนหญิงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่านักเรียนชาย โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (p<.001) และ 4) นักเรียนหญิงมีความวิตกกังวลสูงกว่านักเรียนชาย (p<.001)

Martynenko, O. O., et al. (2023, pp. 1-7) ได้ศึกษาการสำรวจเจตคติต่อการศึกษา STEM: การวิเคราะห์มุมมองระดับโลกของมหาวิทยาลัย โรงเรียนมัธยมศึกษา และโรงเรียนประถมศึกษา (Exploring attitudes towards STEM education: A global analysis of university, middle school, and elementary school perspectives) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติต่อการศึกษา STEM จากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหลากหลายสาขาวิชาในฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ประชากร คือ บทความวิจัยเกี่ยวกับเจตคติต่อการศึกษา STEM ในฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (Scopus, ERIC และ WOS) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บทความวิจัยจำนวน 23 เรื่อง ที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อการศึกษา STEM ซึ่งได้รับการคัดเลือกจากการสืบค้นเบื้องต้น จำนวน 141 บทความ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ การทบทวนวรรณกรรมเชิงคุณภาพแบบกำหนดประเด็น (Qualitative thematic review) การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาโดยการจัดกลุ่มตามประเด็นต่างๆ ได้แก่ ประเทศที่เก็บข้อมูล กลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย เครื่องมือที่ใช้วัดเจตคติ จุดเน้นของการวิจัยตัวแปรที่ศึกษา และผลการวิจัยเกี่ยวกับเจตคติต่อ STEM ผลการวิจัยพบว่า ประเทศตุรกีมีการศึกษาเกี่ยวกับเจตคติต่อ STEM มากที่สุด รองลงมาคือจอร์แดน อินโดนีเซีย และจีน กลุ่มที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นครูและนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น รองลงมาคือนักศึกษามหาวิทยาลัย นักเรียนประถมศึกษา และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อ STEM แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก: ตัวแปรที่มีผลต่อเจตคติ และตัวแปรที่ทำให้เจตคติเปลี่ยนแปลง (ส่วนบุคคลและการศึกษา) ครูมีเจตคติต่อ STEM ในระดับดี ค่อนข้างดี และปานกลาง โดยไม่พบความแตกต่างตามเพศพบความสัมพันธ์เชิงลบหรือไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์และเจตคติ ครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนเอกชนมีเจตคติต่อการศึกษา STEM ดีกว่าครูในโรงเรียนรัฐบาล นักศึกษามหาวิทยาลัยมีเจตคติต่อ STEM ในระดับดี ขณะที่นักเรียนมัธยมศึกษามีเจตคติในระดับปานกลาง เพศไม่มีผลต่อเจตคติต่อ STEM ในระดับมหาวิทยาลัย แต่บางการศึกษาในระดับก่อนมหาวิทยาลัยพบความแตกต่างตามเพศ การฝึกงานหรือการศึกษาเกี่ยวกับ STEM ช่วยเพิ่มเจตคติที่ดีต่อ STEM ในนักศึกษามหาวิทยาลัย โปรแกรม STEM ในระดับก่อนมหาวิทยาลัยมีผลเชิงบวกต่อเจตคติที่มีต่อ STEM

Xue, X., et al. (2023, pp. 7953-7964) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติทางคณิตศาสตร์ การผัดวันประกันพรุ่งทางวิชาการ และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนประถมศึกษา: ผลการกำกับของอภิปัญญาทางคณิตศาสตร์ (The association between mathematical attitudes, academic procrastination and mathematical achievement among primary school students: the moderating effect of mathematical metacognition) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลการทำนายของเจตคติทางคณิตศาสตร์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และตรวจสอบว่าการผัดวันประกันพรุ่งทางวิชาการมีบทบาทเป็นตัวแปรส่งผ่านในความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองหรือไม่ 2) ศึกษาว่าอภิปัญญาทางคณิตศาสตร์มีบทบาทในการกำกับกระบวนการส่งผ่านนี้หรือไม่ และ 3) ศึกษาว่าแบบจำลองการส่งผ่านแบบมีตัวแปรกำกับนี้มีความแตกต่างกันตามเพศหรือไม่ ประชากร คือ นักเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศจีน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับประถมศึกษาจำนวน 614 คน (ชาย 318 คน และหญิง 296 คน) จากโรงเรียนประถมศึกษาสองแห่งในประเทศจีน ประกอบด้วยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 85 คน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 164 คน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 134 คน และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 231 คน อายุเฉลี่ย 10.24 ปี ($S.D.$ = 1.21) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ แบบวัดการผัดวันประกันพรุ่งทางวิชาการ (Academic Procrastination Scale) แบบสอบถามความสามารถด้านอภิปัญญาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (Pupils' Metacognitive Ability in Mathematics Questionnaire) คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์จากการสอบปลายภาค และแบบสอบถามสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัว สถิติที่ใช้ ได้แก่ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง การทดสอบค่าที การวิเคราะห์การกำกับ การวิเคราะห์การส่งผ่าน และการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า 1) เจตคติทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับอภิปัญญาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ เจตคติทางคณิตศาสตร์ อภิปัญญาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางลบกับการผัดวันประกันพรุ่งทางวิชาการอย่างมีนัยสำคัญ การผัดวันประกันพรุ่งทางวิชาการเป็นตัวแปรส่งผ่านบางส่วนในความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ 2) อภิปัญญาทางคณิตศาสตร์กำกับความสัมพันธ์ระหว่างการผัดวันประกันพรุ่งทางวิชาการและผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในนักเรียนหญิง และ 3) มีความแตกต่างทางเพศในแบบจำลองการส่งผ่านแบบมีตัวแปรกำกับ โดยผลการกำกับของอภิปัญญาทางคณิตศาสตร์พบเฉพาะในกลุ่มนักเรียนหญิงเท่านั้น

Alyanak, M. and Özkaya, A. (2024, pp. 20-40) ได้ศึกษาผลกระทบของเกมฝึกสมองต่อเจตคติทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (The Effect of Intelligence Games on 5th Grade Students’ Mathematics Attitudes and

Academic Achievement) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของการเล่นเกมฝึกสมองทางคณิตศาสตร์ต่อเจตคติของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และ 2) ศึกษาผลกระทบของการเล่นเกมฝึกสมองต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทั้งหมดที่ศึกษาในศูนย์กลางเมืองของจังหวัดในภูมิภาคเมดิเตอร์เรเนียน ประเทศตุรกี กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 50 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐแห่งหนึ่งในศูนย์กลางเมืองของจังหวัดในภูมิภาคเมดิเตอร์เรเนียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 25 คน (ชาย 15 คน หญิง 10 คน) และกลุ่มควบคุม 25 คน (ชาย 12 คน หญิง 13 คน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ได้แก่ การทดสอบค่าที (t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างอิสระ (Independent two-sample t-test) แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระ (Dependent samples t-test) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีการเพิ่มขึ้นของเจตคติเชิงบวกต่อคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มจาก 2.22 เป็น 3.74 นักเรียนในกลุ่มทดลองมีการลดลงของเจตคติเชิงลบต่อคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยลดลงจาก 3.11 เป็น 2.36 นักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มจาก 36.68 เป็น 48.02 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มควบคุม

Suherman, S. and Vidákovich, T. (2024, pp. 1-13) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์ เจตคติ และการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (Relationship between ethnic identity, attitude, and mathematical creative thinking among secondary school students) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อคณิตศาสตร์ อัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์ และการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 2) ศึกษาผลกระทบของตัวแปรภายนอก (เจตคติและอัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์) ต่อตัวแปรภายใน (การคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์) และ 3) ศึกษาผลการเป็นตัวแปรส่งผ่านของอัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์ในความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อคณิตศาสตร์และการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาในจังหวัดลำปุง ประเทศอินโดนีเซีย กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษา จำนวน 896 คน (ชาย 415 คน หญิง 481 คน) จาก 7 โรงเรียน 27 ห้องเรียน ในจังหวัดลำปุง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เชิงชาติพันธุ์วิทยา (MCTTBE) แบบสอบถามเจตคติต่อคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (ATMSE) และแบบสอบถามอัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์แบบหลายกลุ่ม (MEI2) สถิติที่ใช้ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงพรรณนาและสหสัมพันธ์ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างโดยใช้ Mplus ผลการวิจัยพบว่า 1) พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างเจตคติต่อคณิตศาสตร์ อัตลักษณ์

ทางชาติพันธุ์ และการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ 2) เจตคติต่อคณิตศาสตร์และอัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์มีผลกระทบเชิงบวกต่อการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และ 3) อัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์เป็นตัวแปรส่งผ่านในความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อคณิตศาสตร์และการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

Wakhata, R., Balimuttajjo, S. and Mutarutinya, V. (2024, pp. 1-26) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และผลการปฏิบัติงาน (Relationship between students' attitude towards, and performance in mathematics word problems) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลกระทบโดยตรงของเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และผลการปฏิบัติงาน และ 2) เพื่อศึกษาผลกระทบทางอ้อมของเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโจทย์ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น (LP) และผลการปฏิบัติงานโดยมีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกการเรียนรู้เชิงรุกเป็นตัวแปรส่งผ่าน ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (เกรด 11) ในประเทศยูกันดา ปีการศึกษา 2020/2021 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 608 คน (ชาย 291 คน หญิง 317 คน) จาก 8 โรงเรียนมัธยมศึกษาที่ได้รับการสุ่มเลือก โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 291 คน และกลุ่มควบคุม 317 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ฉบับสั้น แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโปรแกรมเชิงเส้น (pre-test และ post-test) สถิติที่ใช้ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ผลการวิจัยพบว่า 1) พบความสัมพันธ์เชิงบวกโดยตรงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโจทย์ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นและผลการปฏิบัติงาน เจตคติของนักเรียนส่งผลทางบวกโดยตรงต่อผลการปฏิบัติงานในการแก้โจทย์ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้น และ 2) พบผลกระทบทางอ้อมของเจตคติต่อผลการปฏิบัติงานโดยมีกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกการเรียนรู้เชิงรุกเป็นตัวแปรส่งผ่าน โดยมีขนาดอิทธิพล 5.18 ซึ่งถือว่ามีขนาดใหญ่พอที่จะสรุปได้ว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และผลการปฏิบัติงาน

จากงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าการส่งเสริมเจตคติทางคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน การเรียนรู้ที่ผสมผสานเกมปัญญา การสอนเชิงแนวคิด การใช้วิธีการเรียนรู้แบบพลิกห้องเรียน และการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดเชิงวิพากษ์และความคิดสร้างสรรค์ในวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนที่มีเจตคติเชิงบวกต่อวิชาคณิตศาสตร์มีแนวโน้มที่จะมีผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติทางคณิตศาสตร์และความสำเร็จยังแสดงให้เห็นว่าการสนับสนุนจากครูและการพัฒนาความมั่นใจในตนเองของนักเรียนเป็นปัจจัยสำคัญ นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยี เช่น GeoGebra และการออกแบบการสอนที่เชื่อมโยงกับการคิดเชิงวิพากษ์และปัญหาจริง ช่วยเพิ่มความสนใจและความเข้าใจของนักเรียน ในกลุ่มนักเรียนที่มีความล่าช้าในการเรียน การรู้เท่าทันทางคณิตศาสตร์ช่วยลดผลกระทบเชิงลบที่เกิดจากพฤติกรรมดังกล่าว

โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนหญิง การศึกษาเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่า การส่งเสริมเจตคติที่ดีและการออกแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมสามารถเพิ่มศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระยะยาว

2.11.2.4 ได้มีนักวิจัยต่างประเทศ ทำการวิจัยเกี่ยวข้องกับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Li, Q., et al. (2021, pp. 1017-1049) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน: การวิเคราะห์อภิมาน (Relations Between Students' Mathematics Anxiety and Motivation to Learn Mathematics: a Meta-Analysis) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาทิศทางและความเข้มของขนาดอิทธิพลโดยรวมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับ K-12 2) ศึกษาว่าความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์กับความเชื่อด้านความสามารถและความเชื่อด้านคุณค่ามีความแตกต่างกันอย่างไร และ 3) ศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ (เช่น มิติของความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ระดับพัฒนาการ และบริบททางวัฒนธรรม) ประชากร คือ งานวิจัยเชิงปริมาณที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับ K-12 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ งานวิจัย จำนวน 73 เรื่อง (80 กลุ่มตัวอย่างอิสระ, รวมจำนวนผู้เข้าร่วมทั้งสิ้น 95,872 คน) ที่ตีพิมพ์ระหว่างปี 1990 ถึงมีนาคม 2020 ซึ่งให้ขนาดอิทธิพลรวม 142 ค่า สถิติที่ใช้ ได้แก่ การแปลงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน การวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลโดยรวมโดยใช้โมเดลอิทธิพลสุ่มการวิเคราะห์ตัวแปรกำกับ (moderator analysis) ผลการวิจัยพบว่า พบความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางระหว่างแรงจูงใจในการเรียนคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (r = -0.42) ความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์กับความเชื่อด้านความสามารถ (competence beliefs) (r = -0.48) มีความเข้มข้นมากกว่าความสัมพันธ์กับความเชื่อด้านคุณค่า (value beliefs) (r = -0.36) ในกลุ่มความเชื่อด้านความสามารถ ความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์กับการรับรู้ความสามารถของตนเอง (self-efficacy) (r = -0.55) มีความเข้มข้นมากกว่าความสัมพันธ์กับอัตมโนทัศน์ (self-concept) (r = -0.47) ในกลุ่มความเชื่อด้านคุณค่า ความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์กับคุณค่าภายใน (Intrinsic Value) (r = -0.43) มีความเข้มข้นมากกว่าความสัมพันธ์กับคุณค่าความสำเร็จ (Achievement Value) (r = -0.25) การวิเคราะห์ตัวแปรกำกับพบว่า ขนาดอิทธิพลโดยรวมไม่ได้รับอิทธิพลจากมิติของความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ระดับพัฒนาการของนักเรียน และบริบททางวัฒนธรรม

Jasani, D. S. (2022) ได้ศึกษาการประเมินระดับความวิตกกังวล ความเชื่อในความสามารถของตนเอง เจตคติ และผลการปฏิบัติงานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีต่อเลขคณิตและพีชคณิต (Assessing High School Students' Anxiety Levels, Self-Efficacy Beliefs, Attitudes, and Performance Towards Arithmetic and Algebra) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความวิตกกังวล ความเชื่อในความสามารถของตนเอง เจตคติ และผลการปฏิบัติงานในองค์ประกอบทางคณิตศาสตร์ด้านเลขคณิตและพีชคณิตของนักเรียนเกรด 11 และ 12 ในโรงเรียนที่เลือกในเมืองมุมไบ ประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเกรด 11 และ 12 ที่เรียนหลักสูตรนานาชาติในโรงเรียนในเมืองมุมไบ ประเทศอินเดีย ซึ่งมีประมาณ 2,500 คน จาก 30 โรงเรียนที่เปิดสอนหลักสูตรนานาชาติ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนเกรด 11 และ 12 ที่เรียนหลักสูตร International Baccalaureate Diploma Program (IBDP) ในเมืองมุมไบ จำนวน 200 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในด้านเลขคณิตและพีชคณิต แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ แบบวัดความเชื่อในความสามารถของตนเอง และแบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) การทดสอบค่าที (t-test) แบบสองกลุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ผลการวิจัยพบว่า แม้ว่าเลขคณิตและพีชคณิตจะเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนคุ้นเคยมาเป็นระยะเวลาค่อนข้างนาน แต่ยังมีความแตกต่างในการรับรู้ของนักเรียนที่มีต่อองค์ประกอบเหล่านี้ โดยมีความแตกต่างในด้านความวิตกกังวล ความเชื่อในความสามารถของตนเอง และเจตคติต่อเลขคณิตและพีชคณิต ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น เพศ ระดับชั้น สาขาคณิตศาสตร์ที่เลือก และระดับผลการเรียน

Pizzie, R. G. and Kraemer, D. J. M. (2023, pp. 1-11) ได้ศึกษากลยุทธ์การแก้ไขผลกระทบของความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ต่อผลการเรียนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา (Strategies for remediating the impact of math anxiety on high school math performance) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาว่าเมื่อมีการแนะนำการแทรกแซงในช่วงภาคเรียนที่สอง จะมีการเพิ่มขึ้นของผลการเรียนในกลุ่มการแทรกแซงทั้งสองกลุ่มหรือไม่ เมื่อเทียบกับผลการเรียนในภาคเรียนแรก และ 2) ศึกษาว่าการแทรกแซงแบบใดมีประสิทธิภาพมากกว่าในการลดผลกระทบเชิงลบของความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ต่อผลการเรียน ประชากร คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนสองแห่งในสหรัฐอเมริกา กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนจำนวน 224 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาสองแห่ง โดยแบ่งเป็น: โรงเรียนที่ 1: นักเรียนจำนวน 68 คน (59% เป็นนักเรียนหญิง) อายุระหว่าง 13-18 ปี (อายุเฉลี่ย 15.34 ปี) และโรงเรียนที่ 2: นักเรียนจำนวน 156 คน (53% เป็นนักเรียนหญิง) อายุระหว่าง 14-19 ปี (อายุเฉลี่ย 15.46 ปี) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การแทรกแซงด้านการกำกับอารมณ์ (Emotion Regulation: ER) ที่เน้นการใช้

เทคนิคการประเมินความคิดใหม่ (Cognitive Reappraisal) การแทรกแซงด้านทักษะการเรียน (Study Skills: SS) ที่เน้นการปรับปรุงนิสัยการเรียนผ่านการเรียนแบบกระจายเวลา (Spaced Studying) และการทดสอบตนเอง (Self-Testing) แบบสอบถามวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ แบบสอบถามความวิตกกังวลทางวิชาการ แบบสอบถามความวิตกกังวลในการทดสอบ แบบสอบถามความวิตกกังวลประจำตัว และแบบสอบถามการกำกับอารมณ์ สถิติที่ใช้ได้แก่ การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นแบบผสม (Linear Mixed Models: LMM) เพื่อควบคุมผลกระทบคงที่ (Fixed Effects) และผลกระทบสุ่ม (Random Effects) การวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการแทรกแซง และการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และกลุ่มการแทรกแซง ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการแทรกแซง พบผลกระทบหลักของความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ต่อเกรดก่อนการแทรกแซง โดยความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับผลการเรียนที่ลดลง หลังการแทรกแซง พบปฏิสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างคะแนนความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ (AAI-Math) และกลุ่มการแทรกแซง สำหรับนักเรียนที่มีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์สูง การเข้าร่วมกลุ่มการแทรกแซงด้านทักษะการเรียน (SS) เทียบกับกลุ่มการกำกับอารมณ์ (ER) สัมพันธ์กับผลการเรียนคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ย สำหรับนักเรียนที่มีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์สูงสุด นักเรียนในกลุ่มทักษะการเรียนมีเกรดสูงกว่าเพื่อนที่ถูกสุ่มให้อยู่ในกลุ่มการกำกับอารมณ์ประมาณครึ่งเกรด ผลกระทบเชิงบวกของการแทรกแซงด้านทักษะการเรียนยังคงอยู่ตลอดภาคเรียนที่สอง รวมถึงในไตรมาสที่สี่หลังจากช่วงการแทรกแซงหลักสิ้นสุดลง

Zanabazar, A., Deleg, A. and Ravdan, M. (2023, pp. 578-585) ได้ศึกษาการศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในนักศึกษาระดับปริญญาตรี (A study of factors causing math anxiety among undergraduate students) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในนักศึกษามหาวิทยาลัยและวิทยาลัย โดยเน้นที่ปัจจัยด้านผู้เรียน ครอบครัว ครู และโรงเรียน ประชากร คือ นักศึกษาจากมหาวิทยาลัยแห่งชาติมองโกเลีย (NUM) และมหาวิทยาลัยการศึกษาแห่งรัฐมองโกเลีย (MSUE) ที่ลงทะเบียนเรียนในหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษา จำนวน 916 คน จากมหาวิทยาลัยแห่งชาติมองโกเลีย (NUM) และมหาวิทยาลัยการศึกษแห่งรัฐมองโกเลีย (MSUE) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถามวัดระดับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป สถิติที่ใช้ได้แก่ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์การถดถอย และการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านครูมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ( $\beta$ = -0.583) ปัจจัยด้านครอบครัวมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ( $\beta$ = -0.311) ปัจจัยด้านผู้เรียนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ( $\beta$ = -0.133) ปัจจัยด้านโรงเรียนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความวิตกกังวล

ทางคณิตศาสตร์ ( $\beta$ = -0.088) ปัจจัยที่อาจอธิบายผลการวิจัยนี้ได้แก่ การสอนและทักษะวิชาชีพที่ไม่เพียงพอ การสื่อสารที่ไม่ดีระหว่างนักเรียนและครู ภาระงานที่หนักและทรัพยากรที่ล้าสมัย

Nzeadibe, A. C., et al. (2023, pp. 1-12) ได้ศึกษาการบำบัดความคิดความเข้าใจโดยใช้สติเป็นฐานสำหรับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในวัยรุ่นในโรงเรียน: การทดลองแบบสุ่ม (Mindfulness-based cognitive therapy for mathematics anxiety among school adolescents: A randomized trial) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการบำบัดความคิดความเข้าใจโดยใช้สติเป็นฐาน (MBCT) ต่อความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาในประเทศไนจีเรีย ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายปีที่ 1 (Senior Secondary Class One) จากเขตการศึกษา Nsukka ในรัฐ Enugu ประเทศไนจีเรีย กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายปีที่ 1 อายุ 15-16 ปี จำนวน 86 คน (ชาย 44 คน หญิง 42 คน) ที่มีคะแนนความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ≥ 50 บนมาตรวัด MARS แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 43 คน และกลุ่มควบคุม 43 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ มาตรวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ และโปรแกรมการบำบัดความคิดความเข้าใจโดยใช้สติเป็นฐาน (MBCT) สถิติที่ใช้ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม (Mixed Between-Within Analysis of Variance) การทดสอบความเป็นทรงกลมของข้อมูล (Mauchly's Test of Sphericity) และการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparisons) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการบำบัดด้วย MBCT มีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ลดลงจากก่อนการทดลอง ( $\overline{X}$ = 55.28, $S.D.$ = 12.70) ไปยังหลังการทดลอง ( $\overline{X}$ = 41.14, $S.D.$ = 10.04) และการติดตามผล ( $\overline{X}$ = 32.00, $S.D.$ = 12.24) นักเรียนในกลุ่มควบคุมที่ได้รับการให้คำปรึกษาแบบทั่วไปไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญจากก่อนการทดลอง ( $\overline{X}$ = 55.16, $S.D.$ = 15.39) ไปยังหลังการทดลอง ( $\overline{X}$ = 55.65, $S.D.$ = 14.20) และการติดตามผล ( $\overline{X}$ = 55.47, $S.D.$ = 14.38) พบผลกระทบหลักที่มีนัยสำคัญของกลุ่ม [ $F$ (1,84) = 28.504, p < .001, $\eta^2 p$ = .253], เวลา [ $F$ (1.663, 139.66) = 34.134, p < .001, $\eta^2 p$ = .289] และปฏิสัมพันธ์ระหว่างเวลาและกลุ่ม [ $F$ (1.663, 139.66) = 25.201, p < .001, $\eta^2 p$ = .301] ผลการวิเคราะห์การติดตามผลแสดงให้เห็นว่าผลของการบำบัดด้วย MBCT ต่อคะแนนความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มทดลองยังคงอยู่อย่างต่อเนื่อง [ $F$ (1,83) = 77.670, p < .001, $\eta^2 p$ = .527, $\Delta r^2$ = .515]

Szczygieł, M., Szucs, D. and Toffalini, E. (2024, pp. 1-11) ได้ศึกษาความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในเด็กประถมศึกษา: ความสัมพันธ์เชิงยาวและตัวทำนาย (Math anxiety and math achievement in primary school children: Longitudinal relationship and predictors) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ทดสอบว่าผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์เป็นตัวทำนายความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ (ทฤษฎีความบกพร่อง) หรือความวิตกกังวล

ทางคณิตศาสตร์เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ (ทฤษฎีความวิตกกังวลที่บั่นทอน) หรือความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์แบบย้อนกลับ (ทฤษฎีความสัมพันธ์แบบย้อนกลับ) และ 2) ศึกษาตัวทำนายของความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในเด็กประถมศึกษาตอนต้น ประชากร คือ เด็กประถมศึกษาในโรงเรียนประถมศึกษาในเมืองคราคูฟ ประเทศโปแลนด์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เด็กจำนวน 337 คน จาก 12 โรงเรียนประถมศึกษา (30 ห้องเรียน) ในเมืองคราคูฟ ประเทศโปแลนด์ ที่ได้รับการติดตามตั้งแต่ต้นชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยมีอายุเฉลี่ย 7 ปี 2 เดือน ($S.D.$ = 5 เดือน) ณ จุดเริ่มต้นของการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบความฉลาดไหลลื่น แบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านภาษา แบบทดสอบความจำขณะทำงานด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบการแทนค่าเชิงตัวเลข และแบบวัดความวิตกกังวลทั่วไป สถิติที่ใช้ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง และการวิเคราะห์แบบ cross-lagged panel path regressions ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต่ำในปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นตัวทำนายความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้นในปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ($\beta$ = -0.14, p < 0.001) ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ที่สูงในปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต่ำลงในปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ($\beta$ = -0.11, p = 0.024) ผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถูกทำนายโดยความฉลาดไหลลื่น ($\beta$ = 0.43), การแทนค่าเชิงตัวเลขแบบสัญลักษณ์ ($\beta$ = 0.18) และความจำขณะทำงานด้านมิติสัมพันธ์ ($\beta$ = 0.22)ผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ถูกทำนายโดยความฉลาดไหลลื่น ($\beta$ = 0.14), ความจำขณะทำงานด้านภาษา ($\beta$ = 0.14), ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ($\beta$ = -0.11) และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในปลายชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ($\beta$ = 0.51) ความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในต้นชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถูกทำนายโดยความวิตกกังวลทั่วไป ($\beta$ = 0.51) และการแทนค่าเชิงตัวเลขแบบสัญลักษณ์ ($\beta$ = -0.17)

Zhu, Y., et al. (2024, pp. 1-31) ได้ศึกษาความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และความเชี่ยวชาญในการแก้ปัญหาในนักเรียนมัธยมศึกษา: การคลี่คลายความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนในเศรษฐกิจฐานความรู้ (Mathematics Anxiety and Problem-Solving Proficiency Among High School Students: Unraveling the Complex Interplay in the Knowledge Economy) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินความชุกของความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนมัธยมศึกษา และ 2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษา ประชากร คือ นักเรียนมัธยมศึกษาในเมือง Xinxiang มณฑลเหอหนาน ประเทศจีน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 490 คน

(ชาย 214 คน หญิง 276 คน) อายุเฉลี่ย 16.37 ปี จากโรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐแห่งหนึ่งในเมือง Xinxiang มณฑลเหอหนาน ประเทศจีน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ มาตรวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์มาตรวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ได้แก่ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมัธยมศึกษามีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนเฉลี่ยรวม 59.14 คะแนน ความวิตกกังวลในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (18.14) รองลงมาคือความวิตกกังวลในการทดสอบ (14.79) ความวิตกกังวลทางอารมณ์ (14.40) และความวิตกกังวลเกี่ยวกับความรู้ (11.83) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศในด้านความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์โดยรวม แต่พบความแตกต่างในด้านความวิตกกังวลในการทดสอบ นักเรียนส่วนใหญ่ (45.71%) มีความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับต่ำ 48.37% มีความสามารถในระดับปานกลาง และเพียง 5.92% มีความสามารถในระดับสูงนักเรียนมีความสามารถในการเข้าใจและนำเสนอปัญหาสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ย 18.36) และมีความสามารถในการประยุกต์ใช้กลยุทธ์ต่ำที่สุด (ค่าเฉลี่ย 9.13) พบความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหา ($r = -0.309$) หมายความว่าเมื่อความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น ความสามารถในการแก้ปัญหาจะลดลง ความวิตกกังวลในการทดสอบ ความวิตกกังวลเกี่ยวกับความรู้ และความวิตกกังวลในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับความสามารถในการแก้ปัญหาทุกด้าน แต่ความวิตกกังวลทางอารมณ์ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความสามารถในการแก้ปัญหา

จากงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ความวิตกกังวลส่งผลต่อกระบวนการคิด การจำ และการตัดสินใจในวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนที่มีความวิตกกังวลสูงมักหลีกเลี่ยงการเรียนและการแก้ปัญหา แต่สามารถปรับปรุงได้หากมีการส่งเสริมแรงจูงใจและสร้างเจตคติเชิงบวก นอกจากนี้ การออกแบบหลักสูตรที่ใช้เทคโนโลยี เช่น GeoGebra และการบูรณาการวิธีการสอนที่เหมาะสม เช่น การเรียนรู้เชิงแนวคิดและการใช้สถานการณ์สมจริง มีบทบาทสำคัญในการลดความวิตกกังวลและเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหา การจัดการกับความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ต้องอาศัยการผสมผสานระหว่างกลยุทธ์ทางจิตวิทยาและการออกแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีขึ้นต่อคณิตศาสตร์และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างยั่งยืน

จากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โปรแกรม GeoGebra ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) มีประสิทธิภาพในการพัฒนา

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยผลการวิเคราะห์อภิมานพบว่า PBL มีผลเชิงบวกในระดับปานกลางถึงสูงต่อการเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงวิพากษ์ทางคณิตศาสตร์ การใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบต่างๆ ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (Flipped Classroom) ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและการใช้โปรแกรม GeoGebra ช่วยส่งเสริมเจตคติเชิงบวก โดยทำให้คณิตศาสตร์มีความเกี่ยวข้องและน่าสนใจมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าเจตคติของนักเรียนที่มีต่อ STEM มีแนวโน้มลดลงตามระดับชั้นที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในนักเรียนหญิง สำหรับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ งานวิจัยพบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีในการเรียนการสอน เช่น GeoGebra สามารถช่วยลดความวิตกกังวลได้ นอกจากนี้ การบำบัดความคิดและพฤติกรรมโดยใช้สติเป็นฐาน (MBCT) ก็มีประสิทธิผลในการลดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

## 2.12 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของ Good (1973, pp. 25-30), Schmidt (1993, pp. 422-423), Torp and Sage (1998, pp. 33-43), Tan (2017, pp. 1018-1021), Stix and Hrbek (2006, pp. 1-120), ชานนท์ จันทรา (2549, น. 47-50), มัณฑรา ธรรมบุศย์ (2549, น. 11-17) และสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2550, น. 6-8) ได้ตามกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา

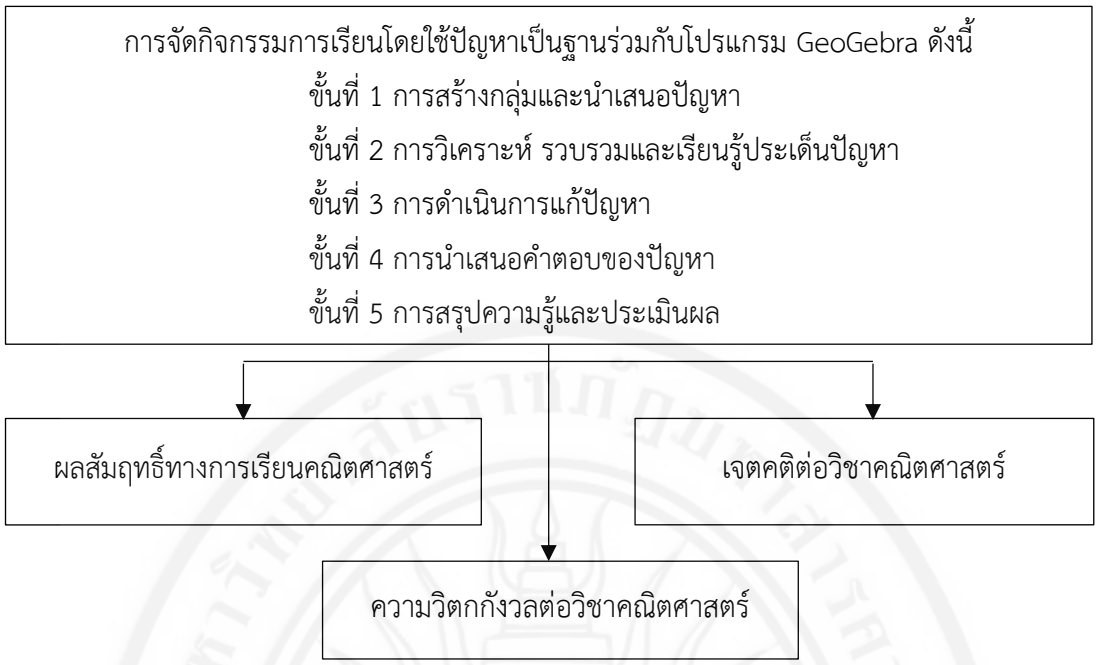
ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล

กรอบแนวคิดการวิจัย ปรากฏดังภาพที่ 2.6




**ภาพที่ 2.6** กรอบแนวคิดงานวิจัย

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

## 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกประชากร และกลุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 74 คน

### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน จำนวน 1 ห้อง จำนวนนักเรียน 39 คน ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

## 3.2 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบแผนก่อนทดลอง (Pre-Experiment Design) ซึ่งผู้วิจัยได้แบบแผนการทดลองทั้งหมด 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบการวิจัยที่มีกลุ่มทดลองที่ไม่ได้สุ่ม และมีการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบแผนกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 142) ซึ่งเป็นแบบแผนที่มีการใช้กับวัตถุประสงค์ข้อที่ 1-4 มีแบบการวิจัยปรากฏดังตารางที่ 3.1 และแบบแผนการวิจัยมีกลุ่มทดลองที่ไม่ได้สุ่ม และมีการเก็บรวมรวมข้อมูลโดยการวัดซ้ำหลายครั้งในระหว่างการวิจัย แบบแผนกลุ่มเดียวแบบวัดซ้ำ (One Group Repeated Measures Design) (ชิดชนก ศรีราช และชาญชลักษณ์ เยี่ยมมิตร, 2562, น. 40-41) ซึ่งเป็นแบบแผนที่มีการใช้กับวัตถุประสงค์ข้อที่ 5 มีแบบแผนการวิจัยปรากฏดังตารางที่ 3.2 ดังนี้

**ตารางที่ 3.1** แบบแผนการวิจัย (One Group Pretest-Posttest Design)

| การสุ่ม | กลุ่ม | ทดสอบก่อน | สิ่งทดลอง | ทดสอบหลัง |
|---|---|---|---|---|
| - | E | O1 | X | O2 |

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experiment Group)

O1 หมายถึง การสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

X หมายถึง มีการให้สิ่งทดลอง (Treatment)

O2 หมายถึง การสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

**ตารางที่ 3.2** แบบแผนการวิจัย (One Group Repeated Measures Design)

| การสุ่ม | กลุ่ม | ทดสอบก่อน | สิ่งทดลอง | คาบที่ 2 | คาบที่ 4 | คาบที่ 6 | คาบที่ 8 | คาบที่ 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | E | O1 | X | O2 | O3 | O4 | O5 | O6 |

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (Experiment Group)

O1 หมายถึง การทดสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบวัดเจตคติทางการเรียนคณิตศาสตร์และแบบวัดความวิตกกังวลทางการเรียนคณิตศาสตร์

X หมายถึง มีการให้สิ่งทดลอง (Treatment)

O2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คาบที่ 2

O3 หมายถึง การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คาบที่ 4

O4 หมายถึง การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คาบที่ 6

O5 หมายถึง การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คาบที่ 8

O6 หมายถึง การทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และแบบวัดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คาบที่ 10

## 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้หาเครื่องมือที่ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.3.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง

3.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ และแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ

3.3.3 แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยแบ่งเป็นแบบประเมินเจตคติเชิงบวก จำนวน 11 ข้อ และแบบประเมินเจตคติเชิงลบ จำนวน 9 ข้อ

3.3.4 แบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 22 ข้อ

## 3.4 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

**3.4.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น**

การสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 แผน

3.4.1.1 ศึกษาแนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

3.4.1.2 ศึกษาขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

3.4.1.3 ศึกษาเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

3.4.1.4 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรุงพุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.4.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น โดยมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา และขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล จำนวน 10 แผน ใช้เวลาแผนละ 1 ชั่วโมง ปรากฏดังตารางที่ 3.3

**ตารางที่ 3.3** เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

| แผนที่ | เนื้อหา | จำนวนชั่วโมง |
|---|---|---|
| 1 | ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ | 1 |
| 2 | แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์ | 1 |
| 3 | การแนะนำหลักการคูณ | 1 |
| 4 | การประยุกต์ใช้หลักการคูณในสถานการณ์ต่าง ๆ | 1 |
| 5 | การแนะนำหลักการบวก | 1 |
| 6 | การประยุกต์ใช้หลักการบวกในสถานการณ์ต่าง ๆ | 1 |
| 7 | การแนะนำการเรียงสับเปลี่ยน | 1 |
| 8 | การประยุกต์ใช้การเรียงสับเปลี่ยนในสถานการณ์จริง | 1 |
| 9 | การแนะนำการจัดหมู่ | 1 |
| 10 | การประยุกต์ใช้การจัดหมู่ในสถานการณ์จริง | 1 |

จากตารางที่ 3.3 พบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น มีเนื้อหาดังนี้ ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์ การแนะนำหลักการคูณ การประยุกต์ใช้หลักการคูณในสถานการณ์ต่าง ๆ การแนะนำหลักการบวก การประยุกต์ใช้หลักการบวกในสถานการณ์ต่าง ๆ การแนะนำการเรียงสับเปลี่ยน การประยุกต์ใช้

การเรียงสับเปลี่ยนในสถานการณ์จริง การแนะนำการจัดหมู่ และการประยุกต์ใช้การจัดหมู่ในสถานการณ์จริง มีจำนวนชั่วโมงทั้งหมด 10 ชั่วโมง

3.4.1.6 สร้างใบงาน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ชุด และแบบทดสอบย่อย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 10 ชุด

3.4.1.7 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

3.4.1.8 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ปรับปรุงจากคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องที่เหมาะสมและนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบไปด้วย

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส วุฒิการศึกษาสูงสุด ปร.ด. (คณิตศาสตร์) ตำแหน่ง อาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญลักษณ์ เขจรภักดิ์ วุฒิการศึกษาสูงสุด ปร.ด. (หลักสูตรและการเรียนการสอน) ตำแหน่ง อาจารย์สาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการเรียนการสอน

3) อาจารย์วริดา พลาศรี วุฒิการศึกษาสูงสุด สต.ม. (สถิติศาสตร์) ตำแหน่ง อาจารย์สาขาวิชาสถิติศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติ

4) คุณครูพรลภัส ศิลป์ศิริวานิชย์ วุฒิการศึกษาสูงสุด ศษ.ม. (บริหารการศึกษา) ตำแหน่ง ชำนาญการพิเศษ (คศ.3) โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

5) คุณครูไพสนธ์ ภูหัดธรรม วุฒิการศึกษาสูงสุด ค.บ. (คณิตศาสตร์) ตำแหน่ง ชำนาญการ (คศ.2) โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

เพื่อประเมินความคิดเห็น ที่มีต่อแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมด้านคณิตศาสตร์ เนื้อหา ภาษา สถิติ การวัดและการประเมินผล และแนะนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมีดังนี้

1) ตรวจสอบเครื่องมือการวัดและประเมินผลให้ครบถ้วนตามจุดประสงค์ครบทุกข้อ

2) นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ไปใช้ได้ แต่ผู้วิจัยต้องจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ให้ครบทุกกิจกรรม และใช้เวลาไม่เกินชั่วโมงเรียนที่กำหนด และจัดห้องเรียนให้มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

**ตารางที่ 3.4** การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

| สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข | สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว |
|---|---|
| ขั้นที่ 1 เข้ากลุ่มและนำเสนอปัญหา<br>1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มคละความสามารถ 4-5 คน ให้ผู้เรียนได้พูดคุยและกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบปัญหา | ขั้นที่ 1 เข้ากลุ่มและนำเสนอปัญหา<br>1) นักเรียนแบ่งกลุ่มคละความสามารถ เก่ง-ปานกลาง-อ่อน กลุ่มละ 4-5 คน และกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบกับปัญหา |
| 2. ครูเริ่มต้นด้วยการอธิบาย ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาของนรินทร์ ร่วมกับการใช้สื่อ GeoGebra เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียน<br>3. จากนั้นครูจึงสนทนากับนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ปัญหา โดยครูนำเสนอสถานการณ์ | 2) ครูอธิบาย ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาของนรินทร์ ร่วมกับการใช้สื่อ GeoGebra เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียน<br>3) ครูสนทนากับนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ปัญหา โดยครูนำเสนอสถานการณ์ถ้านักเรียน |
| ถ้านักเรียนกำลังวางแผนเดินทางท่องเที่ยวในช่วงวันหยุดกับครอบครัว โดยนักเรียนมีตัวเลือกการเดินทาง 3 แบบ (รถยนต์, รถไฟ, เครื่องบิน) และตัวเลือกโรงแรม 4 แห่ง ที่สามารถพักได้ จงวาดแผนภาพต้นไม้แสดงถึงความเป็นไปได้ทั้งหมดที่ครอบครัวของนักเรียนสามารถเลือกได้ในการเดินทางครั้งนี้? (ภาคผนวก ก) | กำลังวางแผนเดินทางท่องเที่ยวในช่วงวันหยุดกับครอบครัว โดยนักเรียนมีตัวเลือกการเดินทาง 3 แบบ (รถยนต์, รถไฟ, เครื่องบิน) และตัวเลือกโรงแรม 4 แห่งที่สามารถพักได้ จงวาดแผนภาพต้นไม้แสดงถึงความเป็นไปได้ทั้งหมดที่ครอบครัวของนักเรียนสามารถเลือกได้ในการเดินทางครั้งนี้? (ภาคผนวก ก) |

(ต่อ)

**ตารางที่ 3.4 (ต่อ)**

| สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข | สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว |
|---|---|
| ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหาและเรียนรู้ประเด็นปัญหา<br>ให้แต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา ลงในใบงานที่ 3.1 เรื่อง เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ (ภาคผนวก ข) ครูแนะนำปัญหาให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้นว่าควรแก้ปัญหาในลักษณะแบบไหน | ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหาและเรียนรู้ประเด็นปัญหา<br>1) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่กำหนดให้<br>2) นักเรียนร่วมกันเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา ลงในใบงานที่ 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ (ภาคผนวก ข)<br>3) ครูใช้คำถามชวนคิดเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น ว่าควรแก้ปัญหาในลักษณะแบบไหน |
| ขั้นที่ 3 แก้ปัญหา<br>ให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแนวคิด ข้อความรู้ สำรวจแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ต่อกลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปราย และหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหา จากนั้น จึงดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบพร้อมทั้งใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอปัญหาดังกล่าว พร้อมทบทวน และประเมินคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้ เพื่อเตรียมนำเสนอต่อไป (ภาคผนวก ค) | ขั้นที่ 3 แก้ปัญหา<br>1) นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแนวคิด ข้อความรู้ สำรวจแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ต่อกลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปราย และหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหา<br>2) ดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบพร้อมทั้งใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอปัญหาดังกล่าว<br>3) ทบทวนและประเมินคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้เพื่อเตรียมนำเสนอต่อไป (ภาคผนวก ค) |
| ขั้นที่ 4 นำเสนอคำตอบของปัญหา<br>ครูให้กลุ่มที่เสร็จกลุ่มแรกนำเสนอและมีกลุ่ม ที่ได้คำตอบไม่เหมือนกลุ่มแรกก็นำเสนอ เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันและครูผู้สอนรับฟัง | ขั้นที่ 4 นำเสนอคำตอบของปัญหา<br>1) ครูให้กลุ่มที่เสร็จกลุ่มแรกนำเสนอและมีกลุ่มที่ได้คำตอบไม่เหมือนกลุ่มแรกก็นำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน<br>2) นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันและสะท้อนความคิดร่วมกับครู |

(ต่อ)

**ตารางที่ 3.4 (ต่อ)**

| สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข | สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว |
|---|---|
| ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินผล<br>นักเรียนและครูร่วมกันแสดงความคิดเห็นและช่วยกันสรุปข้อมูลหรือความรู้ที่แต่ละกลุ่มได้นำเสนออีกครั้ง จากนั้นจึงประเมินผลเพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ โดยการประเมินผลจะประเมินทั้งด้านความรู้ และทักษะทางสังคม ซึ่งทำการประเมิน โดยนักเรียนและครูผู้สอน รวมทั้งการประเมินปัญหาที่นำเสนอแก่นักเรียนด้วย โดยท้ายคาบครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยที่ 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ (ภาคผนวก ง) (ลดความวิตกกังวล) | ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินผล<br>1) นักเรียนช่วยกันสรุปข้อมูลหรือความรู้ที่แต่ละกลุ่มได้นำเสนออีกครั้ง<br>2) นักเรียนร่วมกันประเมินผลเพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ โดยการประเมินผลจะประเมินทั้งด้านความรู้และทักษะทางสังคม ซึ่งทำการประเมินโดยนักเรียนและครูผู้สอน รวมทั้งการประเมินปัญหาที่นำเสนอแก่นักเรียนด้วย<br>3) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยที่ 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ (ภาคผนวก ง) (ลดความวิตกกังวล) |
| สื่อ/แหล่งการเรียนรู้<br>1) สื่อประกอบการสอน GeoGebra เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้<br>2) หนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ม. 4 เล่ม 2 (อจท.)<br>3) ใบงาน 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ | สื่อ/แหล่งการเรียนรู้<br>1) สื่อประกอบการสอน GeoGebra เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้<br>2) สื่อการสอน PowerPoint เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น<br>3) หนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ม.4 (อจท.) |
| 4) แบบทดสอบย่อยที่ 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ | 4) ใบงาน 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้<br>5) แบบทดสอบย่อยที่ 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้ |

3.4.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พร้อมกับแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้นั้น โดยกำหนดระดับคะแนนความเหมาะสม และความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็น 5 ระดับ มีลักษณะการประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่าตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) โดยกำหนดเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2541, น. 95-100) ดังนี้

คะแนน 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
คะแนน 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก
คะแนน 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
คะแนน 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย
คะแนน 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยผลการประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ของผู้เชี่ยวชาญเป็นดังนี้

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 6 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 8 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 9 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 10 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75

ทั้งหมด 10 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 นั่นหมายความว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ เหมาะสมมากที่สุด

3.4.1.10 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมในด้านคณิตศาสตร์และเนื้อหา ด้านคณิตศาสตร์ เนื้อหา ภาษา สถิติ การวัดและการประเมินผล และแนะนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไข ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.4.1.11 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพแล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

**3.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย มีขั้นตอน ดังนี้

3.4.2.1 ศึกษาวิธีการสร้างและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย

3.4.2.2 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย

3.4.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 20 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย ปรากฏดังตารางที่ 3.5

**ตารางที่ 3.5** จำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย

| ที่ | เนื้อหา | สร้างจริง (ข้อ) | ใช้จริง (ข้อ) |
|---|---|---|---|
| 1 | หลักการคูณ | 4 | 2 |
| 2 | หลักการบวก | 4 | 2 |
| 3 | การเรียงสับเปลี่ยน | 11 | 8 |
| 4 | การจัดหมู่ | 11 | 8 |
| รวม | | 30 | 20 |

การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมงานวิจัยเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมในข้อคำถามต่าง ๆ ความชัดเจนด้านภาษาและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

3.4.2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้นแบบปรนัย ปรับปรุงจากคณะกรรมการควบคุมงานวิจัย เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อพิจารณาความสอดคล้องและความครอบคลุมของเนื้อหา ของแบบประเมินกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือนิยามศัพท์

3.4.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย ที่ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ชุดเดิมจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความคิดเห็นที่มีต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย

พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา สถิติการวัด และการประเมินผล แล้วนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเป็นดังนี้

1) ขอให้ดำเนินการเรียบเรียงตัวเลือกใหม่ และทบทวนคำตอบที่ถูกต้องอีกครั้ง

2) ขอให้ตรวจสอบความหมายของหัวข้อต่าง ๆ อีกครั้ง และจัดทำคำอธิบายใหม่

3) อาจพิจารณาตัดคำถามบางส่วนออกในส่วนที่เห็นสมควร

**ตารางที่ 3.6** การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย

| สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข | สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว |
|---|---|
| 19. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง<br>ก. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการเรียงสับเปลี่ยน<br>ข. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่ | 19. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง<br>ก. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการเรียงสับเปลี่ยน<br>ข. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่ |
| ค. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยไม่ยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการเรียงสับเปลี่ยน<br>ง. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยไม่ยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่<br>จ. การจัดเรียงทั้งหมดเท่านั้น โดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่<br>เฉลย: ง. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยไม่ยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่ | ค. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยไม่ยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการเรียงสับเปลี่ยน<br>ง. การจัดกลุ่มเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยไม่ยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่<br>จ. การจัดเรียงทั้งหมดเท่านั้น โดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่<br>เฉลย: ก. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการเรียงสับเปลี่ยน |

3.4.2.6 ผู้วิจัยนำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า $IOC$ โดยใช้สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า $IOC$ ตั้งแต่ 0.5-1.00 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ (Index of Congruence : $IOC$) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น +1
ไม่แน่ใจ จะมีคะแนนเป็น 0
ไม่สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น -1

นำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า $IOC$ โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า $IOC$ ตั้งแต่ 0.5-1.00 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ปรากฏว่าได้ข้อสอบที่มีค่า $IOC$ เท่ากับ 1 ทั้งหมดจำนวน 20 ข้อ

3.4.2.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมาทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนในที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร จำนวน 35 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบเวลา และจำนวนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการประเมินผลการทดลองใช้แบบทดสอบพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทดสอบนักเรียน เพราะมีความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา เวลา และจำนวนของข้อสอบ เนื่องจากเมื่อนักเรียนอ่านโจทย์ และทดสอบแล้วนักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่ใช้แล้วนำผล (Try-Out) มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และหาค่าความเชื่อมั่น

โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก ($B$) และ (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 303) ดังนี้

| ค่าอำนาจจำแนก ($B$) | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|
| 0.60-1.00 | ดีมาก |
| 0.40-0.59 | ดี |
| 0.20-0.39 | พอใช้ |
| 0.10-0.19 | ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง |
| 0.00-0.09 | ควรปรับปรุง |

โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากง่าย ( $P$ ) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 303) ดังนี้

| ค่าความยากง่าย ( $P$ ) | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|
| 0.80-1.00 | ง่ายมาก |
| 0.60-0.79 | ค่อนข้างง่าย |
| 0.40-0.59 | ปานกลาง |
| 0.20-0.39 | ค่อนข้างยาก |
| 0.00-0.19 | ยากมาก |

3.4.2.8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก ( $P$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $B$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อยู่ในช่วง 0.23-0.59 และค่าอำนาจจำแนกจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนแนน (Brennan's Index: $B$ - index) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย อยู่ในช่วง 0.233-0.667 แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ถึง 1.00 จำนวน 20 ข้อ

3.4.2.9 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย มาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของโลเวทท์ ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70-1.00 จะถือว่าข้อสอบใช้ได้ ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.724

3.4.2.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

**3.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย**

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย มีขั้นตอน ดังนี้

3.4.3.1 ศึกษาวิธีการสร้างและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย และเกณฑ์การให้คะแนน

3.4.3.2 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัย

3.4.3.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น จำนวน 5 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ปรากฏดังตารางที่ 3.7

**ตารางที่ 3.7** จำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

| ที่ | เนื้อหา | สร้างจริง (ข้อ) | ใช้จริง (ข้อ) |
|---|---|---|---|
| 1 | แผนภาพโพสสิบิลิตี้ | 2 | 1 |
| 2 | หลักการคูณ | 2 | 1 |
| 3 | หลักการบวก | 2 | 1 |
| 4 | การเรียงสับเปลี่ยน | 2 | 1 |
| 5 | การจัดหมู่ | 2 | 1 |
| รวม | | 10 | 5 |

3.4.3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัยกับเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมงานวิจัย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมในข้อคำถามต่างๆความชัดเจนด้านภาษาและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

3.4.3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัยปรับปรุงจากคณะกรรมการควบคุมงานวิจัย เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม เพื่อพิจารณาความสอดคล้อง และความครอบคลุมของเนื้อหา ของแบบประเมินกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือนิยามศัพท์

3.4.3.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ที่ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ชุดเดิมจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความคิดเห็นที่มีต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา สถิติการวัด และการประเมินผล แล้วนำคำแนะนำที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเป็นดังนี้

1) ขอให้ดำเนินการเรียบเรียงตัวเลือกใหม่ และทบทวนคำตอบที่ถูกต้องอีกครั้ง

2) ขอให้ตรวจสอบความหมายของหัวข้อต่าง ๆ อีกครั้ง และจัดทำคำอธิบายใหม่

3) อาจพิจารณาตัดคำถามบางส่วนออกในส่วนที่เห็นสมควร

**ตารางที่ 3.8** การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

| สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข | สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว |
|---|---|
| 21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่ง ที่แตกต่างกัน แต่มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธี จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด | 21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธี จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด |
| 24. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด | 24. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด |

3.4.3.7 ผู้วิจัยนำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า *IOC* โดยใช้สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า *IOC* ตั้งแต่ 0.5-1.00 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ (Index of Congruence: *IOC*) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น +1
ไม่แน่ใจ จะมีคะแนนเป็น 0
ไม่สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น -1

นำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า *IOC* โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า *IOC* ตั้งแต่ 0.5-1.00 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ปรากฏว่าได้ข้อสอบที่มีค่า *IOC* เท่ากับ 1 ทั้งหมด จำนวน 5 ข้อ

3.4.3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญมาทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนในที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร จำนวน 35 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบเวลา และจำนวนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการประเมินผลการทดลองใช้แบบทดสอบพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทดสอบนักเรียน เพราะมีความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษา เวลา และจำนวนของข้อสอบ

เนื่องจากเมื่อนักเรียนอ่านโจทย์ และทดสอบแล้วนักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่ใช้แล้วนำผล (Try-Out) มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และหาค่าความเชื่อมั่น

โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก ($D$) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 303) ดังนี้

| ค่าอำนาจจำแนก ($D$) | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|
| 0.60-1.00 | ดีมาก |
| 0.40-0.59 | ดี |
| 0.20-0.39 | พอใช้ |
| 0.10-0.19 | ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง |
| 0.00-0.09 | ควรปรับปรุง |

โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าความยากง่าย ($P$) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 303) ดังนี้

| ค่าความยากง่าย ($P$) | ระดับความเหมาะสม |
|---|---|
| 0.80-1.00 | ง่ายมาก |
| 0.60-0.79 | ค่อนข้างง่าย |
| 0.40-0.59 | ปานกลาง |
| 0.20-0.39 | ค่อนข้างยาก |
| 0.00-0.19 | ยากมาก |

3.4.3.9 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยาก ($P$) และค่าอำนาจจำแนก ($D$) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบอัตนัย ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบอัตนัย อยู่ในช่วง 0.38-0.49 และค่าอำนาจจำแนกจากการวิเคราะห์วิทนีย์และซาเบอร์สของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอัตนัย อยู่ในช่วง 0.364-0.591 แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ถึง 1.00 จำนวน 5 ข้อ

3.4.3.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบอัตนัย มาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70-1.00 จะถือว่าข้อสอบใช้ได้ ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.861

3.4.3.11 เกณฑ์การประเมินผลแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ ปรากฏดังตารางที่ 3.9

**ตารางที่ 3.9** เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้

| ประเด็นที่ประเมิน | ระดับคะแนน |
|---|---|
| นักเรียนไม่สามารถเขียนแผนภาพโพสสิบิลิตี้ได้ ไม่สามารถคำนวณได้ และเลือกจำนวนไม่ได้ | 0 |
| นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพโพสสิบิลิตี้ได้ สามารถคำนวณได้ | 1 |
| นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพโพสสิบิลิตี้ได้ สามารถคำนวณได้ และเลือกจำนวนได้ | 2 |

3.4.3.12 เกณฑ์การประเมินผลแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ ปรากฏดังตารางที่ 3.10

**ตารางที่ 3.10** เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ

| ประเด็นที่ประเมิน | ระดับคะแนน |
|---|---|
| นักเรียนไม่สามารถอธิบายการได้มาของคำตอบ และคำนวณอย่างง่ายไม่ได้ | 0 |
| นักเรียนสามารถอธิบายการได้มาของคำตอบ | 1 |
| นักเรียนสามารถอธิบายการได้มาของคำตอบ และคำนวณอย่างง่ายได้ | 2 |

3.4.3.13 เกณฑ์การประเมินผลแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบอัตนัย เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อการเรียงสับเปลี่ยน การจัดหมู่ ปรากฏดังตารางที่ 3.11

**ตารางที่ 3.11** เกณฑ์การประเมินผล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อการเรียงสับเปลี่ยน การจัดหมู่

| ประเด็นที่ประเมิน | ระดับคะแนน |
|---|---|
| นักเรียนไม่สามารถเขียนสูตรได้ ไม่สามารถแทนค่าในสูตรได้ และคำนวณไม่ได้ | 0 |
| นักเรียนสามารถเขียนสูตรได้ถูกต้อง สามารถแทนค่าในสูตรได้ | 1 |
| นักเรียนสามารถเขียนสูตรได้ถูกต้อง สามารถแทนค่าในสูตรได้ และคำนวณได้ | 2 |

3.4.3.13 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย

**3.4.4 แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์**

การสร้างแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบวัดมาตราส่วนประมาณค่า (Likert) 5 ระดับ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.4.4.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการ และแนวทางในการสร้างแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ จากหนังสือ วารสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 251-259) และศึกษาการสร้างแบบประเมินเจตคติจากหนังสือการวัดด้านจิตพิสัย (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, น. 90-98) และศึกษาการสร้างแบบวัดเจตคติ จากหนังสือการวัดเจตคติ (ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2550, น. 52-55)

3.4.4.2 สร้างแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert Scale) ชนิด 5 ตัวเลือก มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ธีรวุฒิ เอกะกุล (2550, น. 52-55)

กรณีที่ 1 ข้อความที่มีความหมายทางบวกให้คะแนนดังนี้

| | |
|---|---|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ 5 คะแนน |
| เห็นด้วย | ให้ 4 คะแนน |
| ไม่แน่ใจ | ให้ 3 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย | ให้ 2 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ 1 คะแนน |

กรณีที่ 2 ข้อความที่มีความหมายทางลบให้คะแนนดังนี้

| | |
|---|---|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ 1 คะแนน |
| เห็นด้วย | ให้ 2 คะแนน |
| ไม่แน่ใจ | ให้ 3 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วย | ให้ 4 คะแนน |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ให้ 5 คะแนน |

เกณฑ์การแปลความหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

คะแนนเฉลี่ย 3.01-5.00 หมายถึง มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางบวก

คะแนนเฉลี่ย 1.00-3.00 หมายถึง มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางลบ

3.4.4.3 นำเสนอผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความกับนิยามศัพท์เฉพาะ แล้วนำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า *IOC* โดยใช้สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า *IOC* ตั้งแต่ 0.5-1.00 เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ (Index of Congruence: *IOC*) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น +1
ไม่แน่ใจ จะมีคะแนนเป็น 0
ไม่สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น -1

3.4.4.4 นำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า *IOC* โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อที่ได้ค่า *IOC* ตั้งแต่ 0.5-1.00 เป็นแบบวัดที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ ปรากฏว่าแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่วิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 20 ข้อ มีค่า *IOC* ระหว่าง 0.80-1.00 จำนวน 20 ข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ 20 ข้อ แสดงว่าแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ นำไปใช้ได้ 20 ข้อ

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมีดังนี้

1) ให้เปลี่ยนจากข้าพเจ้ารู้สึกกลัวครูคณิตศาสตร์และไม่อยากเข้าเรียน ให้เป็นข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลใจและเครียดเมื่อต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์

2) ให้เปลี่ยนจากข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่มีประโยชน์ ให้เป็นข้าพเจ้าไม่อยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์

**ตารางที่ 3.12** การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

| สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข | สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว |
|---|---|
| 18. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่มีประโยชน์ | แบบประเมินเจตคติข้อความเชิงลบ<br>8. ข้าพเจ้าไม่อยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์ |
| 20. ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวครูคณิตศาสตร์และไม่อยากเข้าเรียน | แบบประเมินเจตคติข้อความเชิงลบ<br>9. ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลใจและเครียดเมื่อต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์ |

3.4.4.5 นำแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ผ่านการหาประสิทธิภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญมาทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร จำนวน 35 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อดูความเหมาะสมของแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

3.4.4.6 นำแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน มาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.2-1.00 และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70-1.00 จึงจะถือว่าแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถาม มีค่าระหว่าง 0.205-0.545 ซึ่งแบบสอบถามทั้ง 20 ข้ออยู่ในช่วง 0.20-1.00 นั่นคือ แบบสอบถามทั้งหมดสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกแบบสอบถาม จำนวน 20 ข้อ มากำหนดเป็นแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เท่ากับ 0.856

3.4.4.7 นำแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

**3.4.5 แบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์**

การสร้างแบบวัดความตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการ ตามขั้นตอน ดังนี้

3.4.5.1 ศึกษาบริบทของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร

3.4.5.2 ศึกษาการสร้างแบบวัดในหัวข้อแบบสอบถามจากหนังสือระเบียบวิธีวิจัยของ (เกียรติสุดา ศรีสุข, 2552, น. 2-16)

3.4.5.3 ศึกษาแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของ มอร์ริช เคลลาเวย์ และสมิธ (1978, pp. 589-594)

3.4.5.4 สร้างแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับหัวข้อ 1-3 โดยสร้างแบบวัดให้มีลักษณะเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ ความวิตกกังวลมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 ด้าน คือ ด้านที่ 1) ความวิตกกังวลในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และด้านที่ 2) ความวิตกกังวลในการประเมินผลคณิตศาสตร์ จำนวน 22 ข้อ โดยปรับให้เหมาะสมกับบริบทของกลุ่มมีเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้

| | คะแนนข้อความทางลบ |
|---|---|
| วิตกกังวลน้อยที่สุด | 5 |
| วิตกกังวลน้อย | 4 |
| วิตกกังวลปานกลาง | 3 |
| วิตกกังวลมาก | 2 |
| วิตกกังวลมากที่สุด | 1 |

โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์คือ

1.00–1.50 มีความวิตกกังวลในระดับน้อยที่สุด

1.51–2.50 มีความวิตกกังวลในระดับน้อย

2.51–3.50 มีความวิตกกังวลในระดับปานกลาง

3.51–4.50 มีความวิตกกังวลในระดับมาก

4.51–5.00 มีความวิตกกังวลในระดับมากที่สุด

3.4.5.5 นำเสนอผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อความกับนิยามศัพท์เฉพาะ แล้วนำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า $IOC$ โดยใช้สูตรดัชนีค่าความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อสอบที่ได้ค่า $IOC$ ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ (Index of Congruence: $IOC$) โดยมีเกณฑ์ดังนี้

สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น +1

ไม่แน่ใจ จะมีคะแนนเป็น 0

ไม่สอดคล้อง จะมีคะแนนเป็น -1

3.4.5.6 นำผลประเมินความสอดคล้องมาคำนวณค่า $IOC$ โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) เลือกข้อที่ได้ค่า $IOC$ ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป เป็นข้อที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรง เชิงเนื้อหาที่ใช้ได้ 22 ข้อคำถาม มีค่า $IOC$ ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด แสดงว่าแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ทุกข้อนำไปใช้ได้

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมีดังนี้

1) ให้เปลี่ยนจากข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนจะตกวิชาคณิตศาสตร์ ให้เป็นข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนจะสอบตกวิชาคณิตศาสตร์

2) ให้เปลี่ยนจาก รู้สึกไม่ดี ให้เป็น รู้สึกกังวลใจ และเยอะๆ เป็น มากๆ

**ตารางที่ 3.13** การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

| สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญให้แก้ไข | สิ่งที่ผู้วิจัยแก้ไขแล้ว |
|---|---|
| 12. ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนจะตกวิชาคณิตศาสตร์ | 12. ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนจะสอบตกวิชาคณิตศาสตร์ |
| 14. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่มั่นใจเมื่อต้องคำนวณตัวเลขเยอะๆ | 14. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่มั่นใจเมื่อต้องคำนวณตัวเลขมากๆ |
| 19. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่ดีเวลาเพื่อนอธิบายโจทย์วิชาคณิตศาสตร์ให้ฟัง | 19. ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลใจเวลาเพื่อนอธิบายโจทย์วิชาคณิตศาสตร์ให้ฟัง |
| 20. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่ดีที่เพื่อนตอบคำถามครูได้ | 20. ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลใจที่เพื่อนตอบคำถามครูได้ |

3.4.5.7 นำแบบประเมินความวิตกกังวลต่อคณิตศาสตร์ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ โดยวิธีคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบาค ได้ค่าจำแนกตั้งแต่ 0.2-1.00 และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70 ขึ้นไป จึงจะถือว่าแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้ได้ ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าอำนาจจำแนกของแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามระหว่าง 0.213-0.614 ซึ่งแบบสอบถามทั้ง 22 ข้ออยู่ในช่วง 0.20-1.00 นั่นคือ แบบสอบถามทั้งหมดสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกแบบสอบถาม จำนวน 22 ข้อ มากำหนดเป็นแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามนี้ เท่ากับ 0.940

3.4.5.8 นำแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ผ่านการตรวจคุณภาพแล้ว จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

## 3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลของการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน โดยมีขั้นตอน ดังนี้

**3.5.1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล**

3.5.1.1 ขอหนังสือจากคณะครุศาสตร์ ส่งไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และกำหนดวันในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1.2 ติดต่อประสานงานกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และคุณครูประจำชั้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย บทบาทหน้าที่ของกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย กำหนดวันเวลาที่จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1.3 ดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

3.5.1.4 ก่อนเริ่มการสอน วันแรกผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ซึ่งเป็นแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที แบบทดสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังทำการสอน ใช้เวลา 10 นาที

3.5.1.5 ในระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจำนวน 10 แผน ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินเจตคติและความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ขึ้น เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เข้าร่วมวิจัยในช่วงท้ายของคาบเรียนที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 โดยใช้เวลาในการทำแบบประเมินประมาณ 10 นาที ทั้งนี้ เพื่อวิเคราะห์หาความเปลี่ยนแปลงของเจตคติและระดับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

3.5.1.6 หลังสิ้นสุดการสอน วันแรกผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ซึ่งเป็นแบบปรนัย จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที และแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที วันที่สองผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังทำการสอน ใช้เวลา 10 นาที หลังจากทำการสอนโดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

3.5.1.7 ดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้นตามเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้น จากตารางที่ 3.9, 3.10 และ 3.11 จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อประเมินผลการวิจัย

3.5.1.8 ดำเนินการตรวจสอบคะแนนแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อประเมินผลการวิจัย ซึ่งในการตรวจให้คะแนนแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ปรากฏดังตารางที่ 3.14 ดังนี้

**ตารางที่ 3.14** เกณฑ์การประเมินผล แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

| คะแนน | ระดับคุณภาพ | เกณฑ์การพิจารณา |
|---|---|---|
| 5 | เห็นด้วยอย่างยิ่ง | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น มากที่สุด |
| 4 | เห็นด้วย | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น มาก |
| 3 | ไม่แน่ใจ | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น ปานกลาง |
| 2 | ไม่เห็นด้วย | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น น้อย |
| 1 | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น น้อยที่สุด |

เกณฑ์การแปลความหมายของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ คือ

1.00-1.50 หมายถึง มีเจตคติในระดับน้อยที่สุด

1.51-2.50 หมายถึง มีเจตคติในระดับน้อย

2.51-3.50 หมายถึง มีเจตคติในระดับปานกลาง

3.51-4.50 หมายถึง มีเจตคติในระดับมาก

4.51-5.00 หมายถึง มีเจตคติในระดับมากที่สุด

3.5.1.9 ดำเนินการตรวจสอบคะแนนแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อประเมินผลการวิจัย ซึ่งในการตรวจให้คะแนนแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ปรากฏดังตารางที่ 3.15 ดังนี้

**ตารางที่ 3.15** เกณฑ์การประเมินผล แบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

| คะแนน | ระดับคุณภาพ | เกณฑ์การพิจารณา |
|---|---|---|
| 5 | เห็นด้วยมากที่สุด | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น มากที่สุด |
| 4 | เห็นด้วยมาก | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น มาก |

(ต่อ)

**ตารางที่ 3.15 (ต่อ)**

| คะแนน | ระดับคุณภาพ | เกณฑ์การพิจารณา |
|---|---|---|
| 3 | เห็นด้วยปานกลาง | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น ปานกลาง |
| 2 | เห็นด้วยน้อย | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น น้อย |
| 1 | เห็นด้วยน้อยที่สุด | นักเรียนมีความรู้สึก ความคิดเห็นหรือปฏิบัติสอดคล้องกับข้อความนั้น น้อยที่สุด |

เกณฑ์การแปลความหมายของความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์คือ

1.00-1.50 หมายถึง มีความวิตกกังวลในระดับน้อยที่สุด

1.51-2.50 หมายถึง มีความวิตกกังวลในระดับน้อย

2.51-3.50 หมายถึง มีความวิตกกังวลในระดับปานกลาง

3.51-4.50 หมายถึง มีความวิตกกังวลในระดับมาก

4.51-5.00 หมายถึง มีความวิตกกังวลในระดับมากที่สุด

3.5.10 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 58) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 34) และแบ่งกลุ่มตามคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนออกเป็น ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับอ่อน โดยใช้เกณฑ์ในการแปลผลแบบทดสอบในรูปของคะแนนค่าเฉลี่ย ( $\overline{X}$ ) ปรากฏดังตารางที่ 3.16 ดังนี้

**ตารางที่ 3.16** เกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยพิจารณาคะแนนจากผลการสอบหลังเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

| คะแนนเฉลี่ย ( $\overline{X}$ ) | ความหมายระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ |
|---|---|
| 24-30 | เก่ง |
| 15-23 | ปานกลาง |
| 0-14 | อ่อน |

จากตารางที่ 3.16 พบว่า เกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยพิจารณาคะแนนจากผลการสอบหลังเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำแนกได้ 3 ระดับ ดังนี้ 1) ระดับเก่ง มีคะแนน ระหว่าง 24-30 คะแนน 2) ระดับปานกลาง มีคะแนนระหว่าง 15-23 คะแนน และ 3) ระดับอ่อน มีคะแนนระหว่าง 0-14 คะแนน

## 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.6.1 วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยการใช้ ตามเกณฑ์ 70/70 โดยการหาร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด ที่ได้จากการทำใบงานและแบบทดสอบย่อย ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ( $E_1$ ) และหาร้อยละของค่าเฉลี่ยในการสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ( $E_2$ )

3.6.2 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์งานเขียน (Task Analysis) และการวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis)

3.6.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent-Sample $t$-test หรือ Paired-sample $t$-test)

3.6.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มเดียว (One-Sample $t$-test)

3.6.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่างๆ จากการจัดกิจกรรม

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure

## 3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ และสถิติที่ใช้ในการตรวจสมมติฐาน ดังนี้

### 3.7.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.7.1.1 ร้อยละ (Percentage: %) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 321)

$$\text{ร้อยละ } (\%) = \frac{f}{N} \times 100 \tag{3-1}$$

เมื่อ $f$ แทน ความถี่ของรายการที่สนใจ

$N$ แทน จำนวนทั้งหมด

3.7.1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{x}$) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 323)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{3-2}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$x_i$ แทน คะแนนของคนที่ $i$

$n$ แทน จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

3.7.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Division) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 325)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left( x_i - \bar{x} \right)^2}{n-1}} \tag{3-3}$$

เมื่อ $S$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$x_i$ แทน คะแนนของคนที่ $i$

$n$ แทน จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

**3.7.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ**

3.7.2.1 ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: $IOC$) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 269) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \tag{3-4}$$

เมื่อ $IOC$ แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$R$ แทน คะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละหัวข้อ

$n$ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

3.7.2.2 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การนับเบื้องต้น แบบอัตนัย แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบปประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคแบบอิงกลุ่ม (Cronbach's Alpha Coefficient Method) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 288) ดังนี้

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right] \tag{3-5}$$

เมื่อ $\alpha$ แทน สัมประสิทธิ์แอลฟา

$k$ แทน จำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบ

$S_i^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนข้อที่ $i$

$S_t^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม $t$

3.7.2.3 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การนับเบื้องต้น แบบปรนัย โดยใช้สูตรการหาความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของโลเวทท์ (Lovett's Method) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 292) ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum x - \sum x^2}{(k-1)\sum (x-c)^2} \tag{3-6}$$

เมื่อ $r_{cc}$ แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์
$k$ แทน จำนวนข้อสอบ
$c$ แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด
$x$ แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

3.7.2.4 การหาค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การนับเบื้องต้น แบบปรนัย คำนวณจากสูตรของเบรนแนนแบบอิงเกณฑ์ (Brennan's Index: $B$ -Index) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 306) ดังนี้

$$B = \frac{f_P}{n_P} - \frac{f_F}{n_F} \tag{3-7}$$

เมื่อ $B$ แทน ดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนแนน
$f_P$ แทน จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มผ่านเกณฑ์ (pass)
$f_F$ แทน จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (fail)
$n_P$ แทน จำนวนคนในกลุ่มผ่านเกณฑ์
$n_F$ แทน จำนวนคนในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์

3.7.2.5 การหาค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การนับเบื้องต้น แบบอัตนัย แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์แบบอิงกลุ่ม (Whitney & Sabers, 1970) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 308) ดังนี้

$$D = \frac{S_H - S_L}{n\left(x_{\max} - x_{\min}\right)} \tag{3-8}$$

เมื่อ $D$ แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
$S_H$ แทน ผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง
$S_L$ แทน ผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ
$n$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
$x_{\max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
$x_{\min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3.7.2.6 การค่าความยาก (Item Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การนับเบื้องต้น แบบปรนัย คำนวณได้จากสูตรแบบอิงเกณฑ์ (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 298) ดังนี้

$$p = \frac{f}{n} \tag{3-9}$$

เมื่อ $p$ แทน ค่าดัชนีความยาก
$f$ แทน จำนวนผู้ตอบถูก
$n$ แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

3.7.2.7 การค่าความยาก (item difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การนับเบื้องต้น แบบอัตนัย คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ แบบอิงกลุ่ม (Whitney & Sabers, 1970) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 299) ดังนี้

$$p = \frac{S_H + S_L - \left(2nx_{\min}\right)}{2n\left(x_{\max} - x_{\min}\right)} \tag{3-10}$$

เมื่อ $p$ แทน ค่าดัชนีความยาก
$S_H$ แทน ผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง
$S_L$ แทน ผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ
$n$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

$x_{max}$ แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น

$x_{min}$ แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

**3.7.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ**

3.7.3.1 วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการใช้ตามเกณฑ์ 70/70 โดยการหาร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด ที่ได้จากการทำแบบฝึกทักษะและใบกิจกรรม ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ( $E_1$ ) และหาร้อยละของค่าเฉลี่ยในการสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ( $E_2$ ) (เผชิญ กิจระการ, 2544, น. 46-51) ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{n}}{A} \times 100 \qquad (3\text{-}11)$$

เมื่อ $E_1$ แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$ แทน คะแนนของแบบทดสอบย่อยทุกชุดรวมกัน

$A$ แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบย่อยทุกชุดรวมกัน

$n$ แทน จำนวนนักเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

$$E_2 = \frac{\frac{\sum x}{n}}{B} \times 100 \qquad (3\text{-}12)$$

เมื่อ $E_2$ แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum x$ แทน คะแนนของแบบทดสอบหลังเรียน

$B$ แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

$n$ แทน จำนวนนักเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

**3.7.4 สถิติที่ใช้ในการตรวจสมมติฐาน**

3.7.4.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent-Sample $t$-test หรือ Paired-sample $t$-test) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 350) ดังนี้

$$t=\frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}};\quad df=n-1,\quad S_d=\sqrt{\frac{n\sum d^2-\left(\sum d\right)^2}{n(n-1)}} \tag{3-13}$$

เมื่อ $t$ แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\bar{d}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคู่คะแนน

$S_d$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างคู่คะแนน

$n$ แทน จำนวนคู่คะแนน หรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

3.7.4.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มเดียว (One-Sample $t$-test) (ไพศาล วรคำ, 2565, น. 349) ดังนี้

$$t=\frac{\bar{x}-\mu_0}{S/\sqrt{n}};\quad df=n-1 \tag{3-14}$$

เมื่อ $t$ แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$\mu_0$ แทน ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบ

$S$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$n$ แทน จำนวนคู่คะแนน หรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

3.7.4.3 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure (Zach Bobbitt, 2020; Statistics Easily, 2023) ดังนี้

(1) $SST = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}\left(x_{ij} - \bar{x}\right)^2$ (3-15)

(2) $SSB = n\sum_{j=1}^{k}\left(\overline{x_j} - \bar{x}\right)^2$ (3-16)

(3) $SSS = k\sum_{i=1}^{n}\left(\overline{x_i} - \bar{x}\right)^2$ (3-17)

(4) $SSE = SST - SSB - SSS$ (3-18)

เมื่อ $SST$ แทน การคำนวณ Sum of Squares Total

$SSB$ แทน การคำนวณ Sum of Squares Between

$SSS$ แทน การคำนวณ Sum of Squares Subjects

$SSE$ แทน การคำนวณ Sum of Squares Error

$n$ แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$k$ แทน จำนวนเงื่อนไขหรือการวัดซ้ำ

$x_{ij}$ แทน คะแนนของกลุ่มตัวอย่าง $i$ ในเงื่อนไข $j$

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด

$\overline{x_i}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง $i$

$\bar{x}_j$ แทน ค่าเฉลี่ยของเงื่อนไข $j$

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย ตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

## 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ระบุสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษา ดังต่อไปนี้

| | | |
|---|---|---|
| $n$ | แทน | จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง |
| $\bar{x}$ | แทน | ค่าเฉลี่ย |
| $S.D.$ | แทน | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน (Standard Deviation) |
| $E_1$ | แทน | ร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด ที่ได้จากการทำแบบฝึกทักษะและใบกิจกรรม ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทดสอบย่อย คิดเป็นร้อยละ 70 |
| $E_2$ | แทน | ร้อยละของค่าเฉลี่ยในการสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 70 |
| $df$ | แทน | องศาอิสระ |
| $t$ | แทน | ค่าสถิติทดสอบที |
| $SS$ | แทน | ผลรวมของกำลังสองของความแปรปรวน (Sum of Square) |
| $MS$ | แทน | ค่าเฉลี่ยของกำลังสอง (Mean of Square) |
| $MD$ | แทน | ความแตกต่างเฉลี่ยระหว่างค่าของกลุ่ม (Mean Difference) |

*Sig.* แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

* แทน มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 4.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติ ต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

4.2.2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

4.2.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

4.2.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

4.2.5 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

## 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra และการเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนเรียน ระหว่าง

เรียนและหลังเรียน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**4.3.1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70**

ผู้วิจัยศึกษาผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พิจารณาจากคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งได้จากการทำใบงาน แบบทดสอบย่อย คะแนนเก็บในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 มีรายละเอียดดังนี้

ผลการพัฒนาพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา การจัดกลุ่มและการกำหนดบทบาท ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยที่มีความสามารถคละกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนพูดคุยและกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคน เตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบกับปัญหา การนำเสนอปัญหา ครูเชื่อมโยงนักเรียนเข้าสู่ปัญหา โดยนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความสนใจและสภาพแวดล้อมของนักเรียน เพื่อกระตุ้นความคิดและการมีส่วนร่วม

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา การทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหา นักเรียนร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ และสรุปประเด็นที่สำคัญสำรวจความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหา รวมถึงระบุประเด็นที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม การเก็บรวบรวมข้อมูล นักเรียนค้นหาข้อมูลและทรัพยากรจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ เพื่อประกอบการวิเคราะห์และหาทางแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา การเสนอแนวคิดและการอภิปราย นักเรียนนำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหา สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติ การดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่เลือก ตรวจสอบความถูกต้อง ทบทวนและปรับปรุงวิธีการแก้ปัญหา พร้อมประเมินผลลัพธ์ที่ได้

ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา การนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลลัพธ์หรือคำตอบของปัญหาต่อชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเรียนรู้ร่วมกัน

ขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล การสรุปความรู้และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม การประเมินผล ประเมินผลการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และทักษะทางสังคม โดยการประเมินทำร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู รวมถึงการประเมินความเหมาะสมของปัญหาที่นำเสนอแก่กลุ่มนักเรียน

จากที่กล่าวถึงผลพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำให้เห็นได้ว่านักเรียนจะได้รับประโยชน์อย่างรอบด้านจากการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมนี้ ในด้านวิชาการ นักเรียนจะเข้าใจเนื้อหาหลักการนับเบื้องต้นอย่างลึกซึ้งผ่านการแก้ปัญหาจริง และได้ใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ ทำให้เห็นการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง นอกจากนี้นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะสำคัญหลายด้าน ทั้งทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างเป็นระบบ และความคิดสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา รวมถึงทักษะทางสังคมจากการทำงานกลุ่ม การสื่อสาร และการนำเสนอ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในการทำงานและการดำเนินชีวิต นักเรียนยังสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ เพราะนักเรียนได้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาที่เรียนกับชีวิตจริง เกิดความภาคภูมิใจเมื่อสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ และมีความมั่นใจในการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้วิชาอื่นๆ และการพัฒนาตนเองต่อไปในอนาคต

การศึกษาผลการเรียนรู้ของประสิทธิภาพของกระบวนการ ($E_1$) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ($\boldsymbol{E_2}$) เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ($E_1/\boldsymbol{E_2}$) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ($E_1/\boldsymbol{E_2}$) ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ปรากฏดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** วิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดยใช้ คะแนนเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| | $E_1$ | | รวม (100) | แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (30) $\boldsymbol{E_2}$ |
|---|---|---|---|---|
| | ใบงาน (60) | แบบทดสอบย่อย (40) | | |
| $\bar{x}$ | 48.59 | 34.72 | 83.31 | 23.59 |
| $S$ | 2.414 | 2.350 | 3.286 | 1.956 |
| ร้อยละ | 80.98 | 86.79 | 83.31 | 78.63 |
| ($E_1/\boldsymbol{E_2}$) เท่ากับ 83.31/78.63 | | | | |

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนที่ได้จากการทำใบงาน และแบบทดสอบย่อย เท่ากับ 48.59 และ 34.72 คิดเป็นร้อยละ 80.98 และ 86.79 ตามลำดับ รวมค่าเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 83.31 นั่นคือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

มีประสิทธิภาพกระบวนการ ($E_1$) เท่ากับ 83.31 และนักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 23.59 คิดเป็นร้อยละ 78.63 นั่นคือ ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ ($E_2$) เท่ากับ 78.63 ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จึงมีประสิทธิภาพ 83.31/78.63 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

สรุปผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 พบว่า ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 83.31/78.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดไว้ โดยประสิทธิภาพของกระบวนการ ($E_1$) เท่ากับ 83.31 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ($E_2$) เท่ากับ 78.63 ผลการเรียนรู้ของนักเรียน คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนจากการทำใบงานและแบบทดสอบย่อยคิดเป็นร้อยละ 83.31 และคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 78.63 กระบวนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา, การวิเคราะห์และเรียนรู้ประเด็นปัญหา, การดำเนินการแก้ปัญหา, การนำเสนอคำตอบ และการสรุปความรู้และประเมินผล ซึ่งประโยชน์ที่นักเรียนได้รับได้แก่ เข้าใจเนื้อหาหลักการนับเบื้องต้นอย่างลึกซึ้งผ่านการแก้ปัญหาจริง พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างเป็นระบบ และความคิดสร้างสรรค์ เสริมสร้างทักษะทางสังคมจากการทำงานกลุ่ม การสื่อสารและการนำเสนอ และสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์

**4.3.2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

ผู้วิจัยศึกษาผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ปรากฏดังตารางที่ 4.2

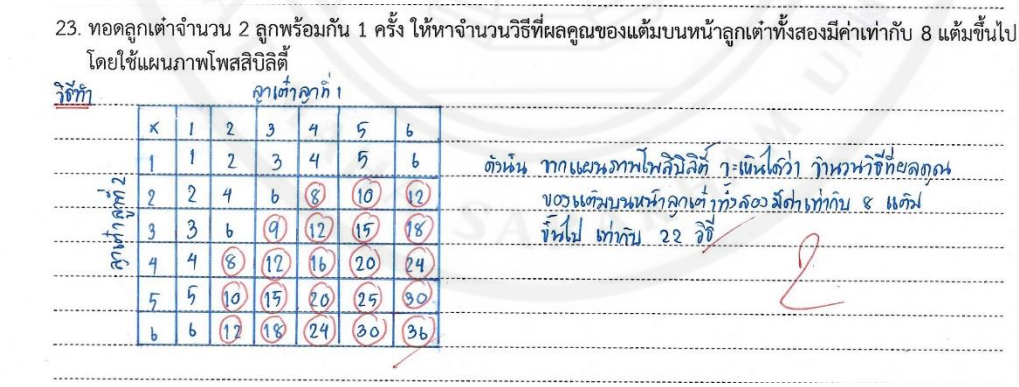
**ตารางที่ 4.2** ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ | จำนวนนักเรียน (คน) | ร้อยละ | ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) |
|---|---|---|---|---|
| เก่ง | 20 | 51.28 | 25.10 | 1.294 |
| ปานกลาง | 19 | 48.72 | 22.00 | 1.054 |
| อ่อน | 0 | 0 | 0 | 0 |

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 51.28 มีคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 25.10 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 1.294 ระดับปานกลาง จำนวน 19 คน คิดเป็น ร้อยละ 48.72 มีคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 22.00 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 1.054 ระดับอ่อน จำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0 มีคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 0 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0

ผลการวิเคราะห์งานเขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ แบบอัตนัย

ตัวอย่าง งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ แบบอัตนัย ปรากฏดังภาพที่ 4.1 และ 4.2 ดังนี้


23. ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

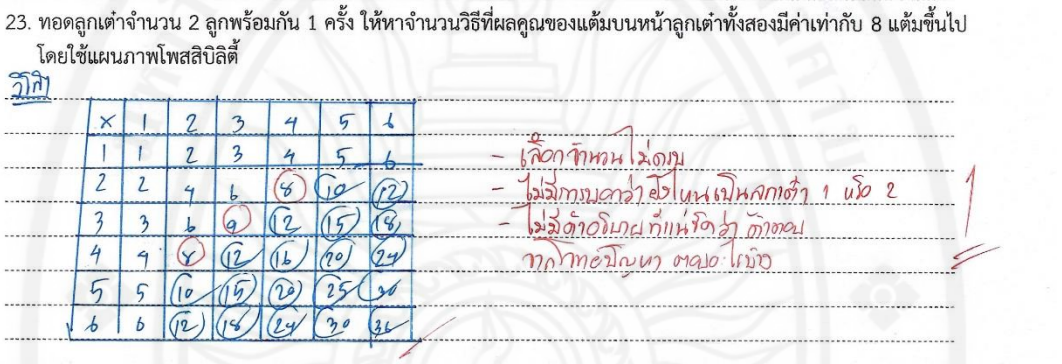
วิธีทำ ลูกเต๋าลูกที่ 1

| ลูกเต๋าลูกที่ 2 \ ลูกเต๋าลูกที่ 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | (8) | (10) | (12) |
| 3 | 3 | 6 | (9) | (12) | (15) | (18) |
| 4 | 4 | (8) | (12) | (16) | (20) | (24) |
| 5 | 5 | (10) | (15) | (20) | (25) | (30) |
| 6 | 6 | (12) | (18) | (24) | (30) | (36) |

ดังนั้น จากแผนภาพโพสสิบิลิตี้ จะเห็นได้ว่า จำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป เท่ากับ 22 วิธี

**ภาพที่ 4.1** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ ได้ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.1 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ ระดับคะแนน 2 พบว่า ในแผนภาพนี้ นักเรียนได้วาดช่องตารางที่แสดงค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการทอยลูกเต๋า 2 ลูก ซึ่งถูกต้องและครบถ้วน การเน้นค่าที่ผลคูณเท่ากับหรือมากกว่า 8 ด้วยวงกลมสีแดง แสดงถึงความเข้าใจและความแม่นยำในการเลือกค่าที่ตรงกับเงื่อนไขโจทย์ นักเรียนได้คำนวณจำนวนผลลัพธ์ที่ตรงกับเงื่อนไข และนับรวมได้ 22 วิธี ซึ่งตรงตามโจทย์และแสดงถึงความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภาพ นักเรียนได้เขียนคำอธิบายว่าทำไมวิธีที่เลือกถึงตรงกับเงื่อนไขของโจทย์ แสดงถึงการเข้าใจในเชิงกระบวนการ ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับคะแนนเต็ม 2 คะแนน เนื่องจากนักเรียนสามารถเขียนแผนภาพโพสสิบิลิตี้ได้ เลือกจำนวนได้ และคำนวณได้อย่างถูกต้อง


23. ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

วิธีทำ

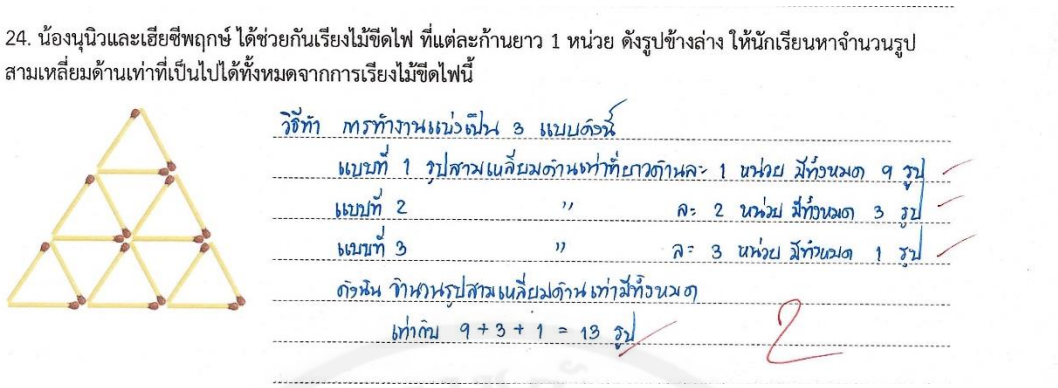
| x | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | (8) | (10) | (12) |
| 3 | 3 | 6 | (9) | (12) | (15) | (18) |
| 4 | 4 | (8) | (12) | (16) | (20) | (24) |
| 5 | 5 | (10) | (15) | (20) | (25) | (30) |
| 6 | 6 | (12) | (18) | (24) | (30) | (36) |

- เลือกค่าที่ตรงโจทย์
- ไม่มีการบอกว่าต้องเป็นผลคูณต่ำ ๆ หรือ ๆ
- ไม่มีตัวอธิบายที่แน่ชัดว่าทำไมถึงตอบ ทุกวิธีถึงเป็นคำตอบ

**ภาพที่ 4.2** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.2 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ แผนภาพโพสสิบิลิตี้ ระดับคะแนน 1 พบว่า แผนภาพถูกสร้างขึ้นอย่างครบถ้วน แต่ยังมีการเน้นข้อมูลผิดพลาดในบางส่วน บางค่าที่ควรจะถูกเน้น (เช่น ค่าผลคูณที่เท่ากับ 8) อาจไม่ได้รับการทำเครื่องหมายอย่างถูกต้องหรือครบถ้วน มีการพยายามเลือกค่าที่ตรงกับเงื่อนไข แต่พบข้อผิดพลาดบางประการ เช่น การละเว้นหรือคัดเลือกค่าที่ไม่ถูกต้อง และไม่มีหลักฐานแสดงว่ามีการคำนวณจำนวนวิธีอย่างครบถ้วนหรือสมบูรณ์จากแผนภาพ ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับคะแนน 1 คะแนน เนื่องจากนักเรียนสามารถเขียนแผนภาพโพสสิบิลิตี้ได้ คำนวณได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่สามารถเลือกจำนวนที่ตรงตามโจทย์ต้องการได้

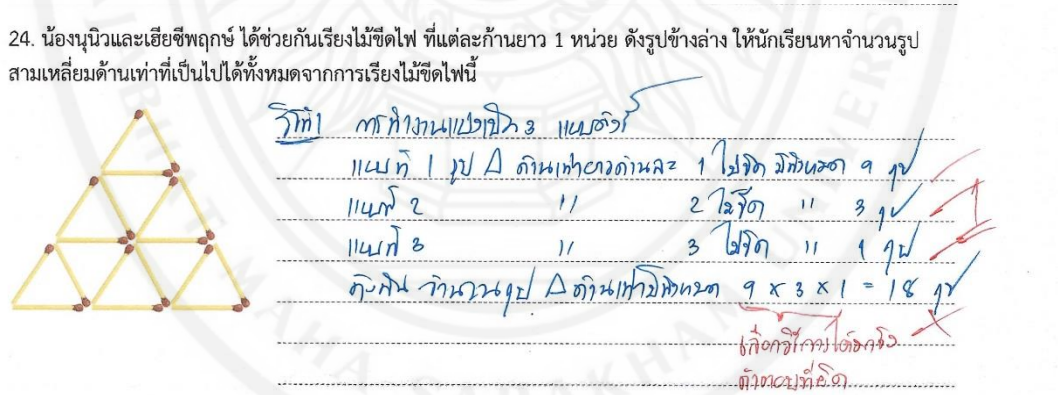
ตัวอย่าง งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการบวก แบบอัตนัย ปรากฏดังภาพที่ 4.3 และ 4.4 ดังนี้


24. น้องนุนิวและเฮียซีพฤกษ์ ได้ช่วยกันเรียงไม้ขีดไฟ ที่แต่ละก้านยาว 1 หน่วย ดังรูปข้างล่าง ให้นักเรียนหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการเรียงไม้ขีดไฟนี้

วิธีทำ แบ่งงานเป็น 3 แบบดังนี้
แบบที่ 1 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ยาวด้านละ 1 หน่วย มีทั้งหมด 9 รูป
แบบที่ 2 " ละ 2 หน่วย มีทั้งหมด 3 รูป
แบบที่ 3 " ละ 3 หน่วย มีทั้งหมด 1 รูป
ดังนั้น มีทางรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีทั้งหมด
เท่ากับ 9 + 3 + 1 = 13 รูป

**ภาพที่ 4.3** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการบวก ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.3 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการบวก ระดับคะแนน 2 พบว่า นักเรียนได้แบ่งจำนวนรูปสามเหลี่ยมเป็น 3 แบบ ขนาด 1 หน่วย, 2 หน่วย, และ 3 หน่วย ทำการนับจำนวนรูปสามเหลี่ยมในแต่ละแบบได้อย่างครบถ้วน 9 + 3 + 1 = 13 รูป นักเรียนได้นำจำนวนของแต่ละแบบมารวมกันโดยใช้หลักการบวกเพื่อหาผลรวมทั้งหมด คำนวณและแสดงผลลัพธ์ได้ถูกต้อง อีกทั้งยังเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน และระบุผลลัพธ์ที่ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับคะแนนเต็ม 2 คะแนน เนื่องจากนักเรียนสามารถอธิบายการได้มาของคำตอบ และคำนวณอย่างง่ายได้อย่างถูกต้อง

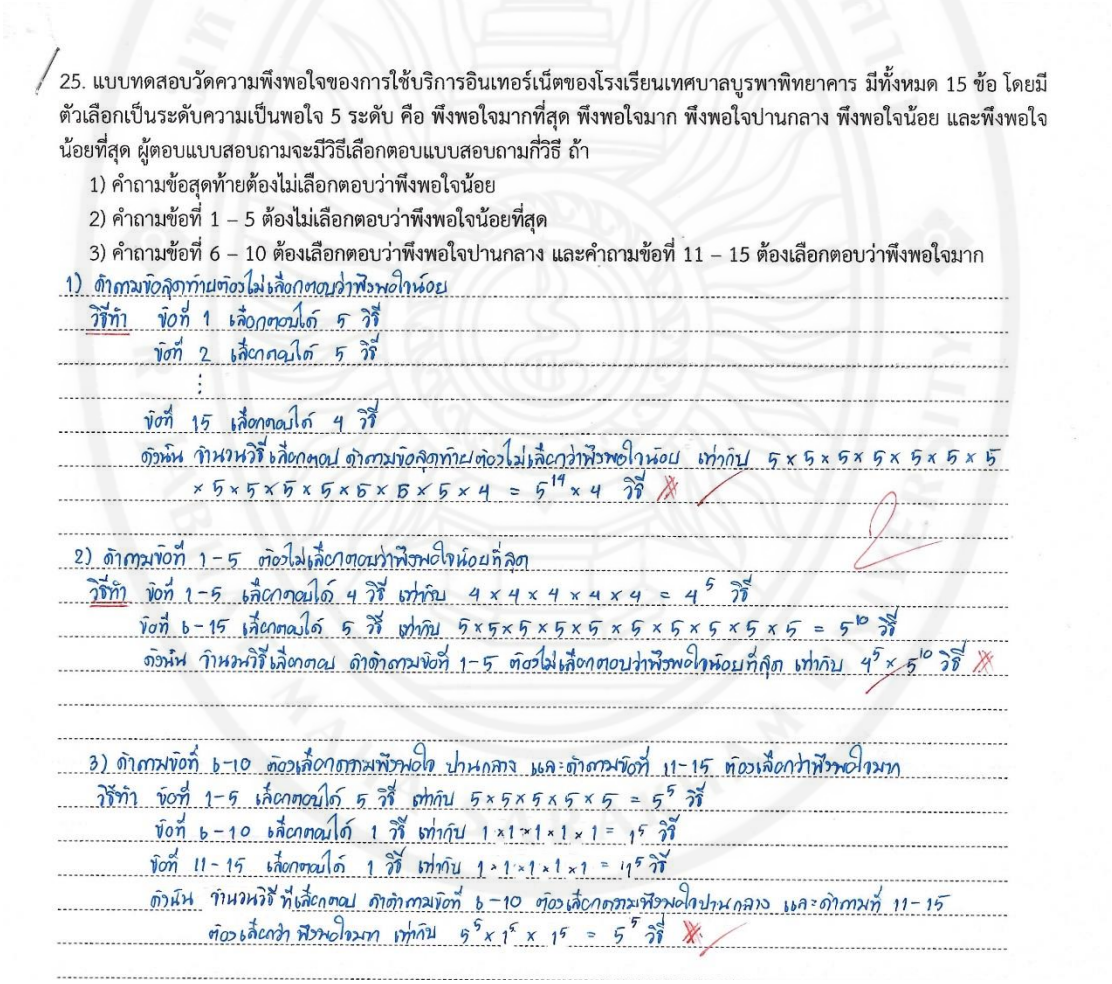

24. น้องนุนิวและเฮียซีพฤกษ์ ได้ช่วยกันเรียงไม้ขีดไฟ ที่แต่ละก้านยาว 1 หน่วย ดังรูปข้างล่าง ให้นักเรียนหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการเรียงไม้ขีดไฟนี้

วิธีทำ แบ่งงานเป็น 3 แบบดังนี้
แบบที่ 1 รูป Δ ด้านเท่ายาวด้านละ 1 ไม้ขีด มีทั้งหมด 9 รูป
แบบที่ 2 " 2 ไม้ขีด " 3 รูป
แบบที่ 3 " 3 ไม้ขีด " 1 รูป
ดังนั้น จำนวนรูป Δ ด้านเท่ามีทั้งหมด 9 x 3 x 1 = 18 รูป
เลือกใช้ได้ถูกต้อง
แต่ขาดหน่วยที่ ค.ต.

**ภาพที่ 4.4** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการบวก ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.4 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการบวก ระดับคะแนน 1 พบว่า นักเรียนได้แบ่งรูปสามเหลี่ยมออกเป็น 3 แบบตามขนาด 1 ไม้ขีด, 2 ไม้ขีด, และ 3 ไม้ขีด ในการนับรูปสามเหลี่ยม นักเรียนได้แสดงตัวเลข 9, 3, 1 ซึ่งสะท้อนถึงการแบ่งกลุ่มอย่างมีโครงสร้าง แต่การคำนวณจำนวนรวมของรูปสามเหลี่ยม $9 \times 3 \times 1 = 18$ มีความผิดพลาดในหลักการคำนวณ โดยใช้การคูณแทนการบวก ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ไม่สอดคล้องกับโจทย์ โดยในคำตอบสุดท้าย 18 รูป นั้นไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของโจทย์และการใช้หลักการบวกที่ถูกต้อง ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับคะแนน 1 คะแนน เนื่องจากนักเรียนสามารถอธิบายการได้มาของคำตอบ แต่คำนวณอย่างง่ายได้ไม่ถูกต้อง

ตัวอย่าง งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการคูณ แบบอัตนัยปรากฏดังภาพที่ 4.5 และ 4.6 ดังนี้



25. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ผู้ตอบแบบสอบถามจะมีวิธีเลือกตอบแบบสอบถามกี่วิธี ถ้า

1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย
2) คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด
3) คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

1) ถ้าคำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย

วิธีทำ ข้อที่ 1 เลือกตอบได้ 5 วิธี
ข้อที่ 2 เลือกตอบได้ 5 วิธี
⋮
ข้อที่ 15 เลือกตอบได้ 4 วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบ ถ้าคำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกว่าพึงพอใจน้อย เท่ากับ $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 4 = 5^{14} \times 4$ วิธี

2) ถ้าคำถามข้อที่ 1-5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

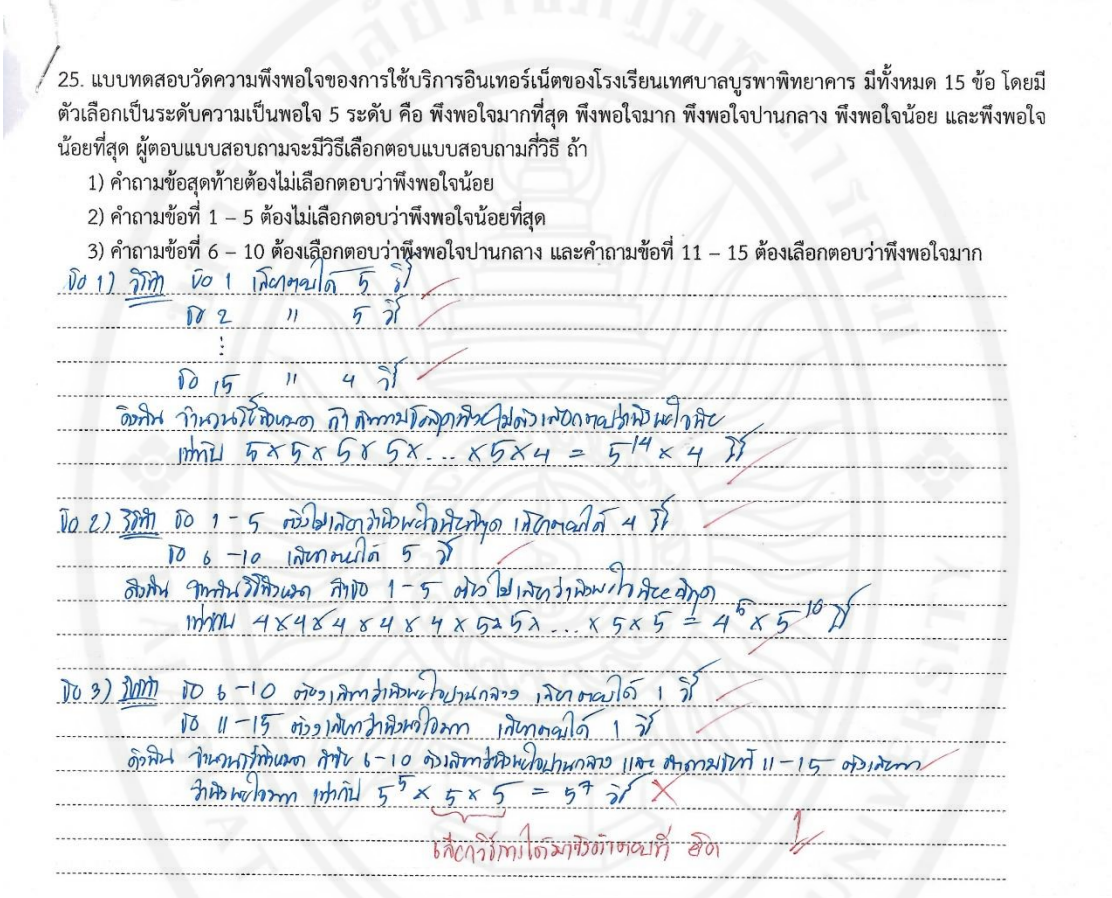
วิธีทำ ข้อที่ 1-5 เลือกตอบได้ 4 วิธี เท่ากับ $4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4 = 4^5$ วิธี
ข้อที่ 6-15 เลือกตอบได้ 5 วิธี เท่ากับ $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 5^{10}$ วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบ ถ้าคำถามข้อที่ 1-5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด เท่ากับ $4^5 \times 5^{10}$ วิธี

3) ถ้าคำถามข้อที่ 6-10 ต้องเลือกตอบพึงพอใจปานกลาง และถ้าคำถามข้อที่ 11-15 ต้องเลือกว่าพึงพอใจมาก

วิธีทำ ข้อที่ 1-5 เลือกตอบได้ 5 วิธี เท่ากับ $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 5^5$ วิธี
ข้อที่ 6-10 เลือกตอบได้ 1 วิธี เท่ากับ $1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1^5$ วิธี
ข้อที่ 11-15 เลือกตอบได้ 1 วิธี เท่ากับ $1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1^5$ วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีที่เลือกตอบ ถ้าคำถามข้อที่ 6-10 ต้องเลือกตอบพึงพอใจปานกลาง และถ้าคำถามที่ 11-15 ต้องเลือกว่า พึงพอใจมาก เท่ากับ $5^5 \times 1^5 \times 1^5 = 5^5$ วิธี

**ภาพที่ 4.5** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการคูณ ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.5 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการคูณ ระดับคะแนน 2 พบว่า นักเรียนแบ่งคำถามออกเป็นกลุ่ม (ข้อที่ 1-5, ข้อที่ 6-10, และข้อที่ 11-15) และพิจารณาว่ามีวิธีเลือกตอบแต่ละข้อได้อย่างไร นักเรียนใช้หลักการคูณเพื่อคำนวณจำนวนวิธีทั้งหมดในการตอบแบบสอบถาม นักเรียนแสดงขั้นตอนการคำนวณอย่างครบถ้วนและเป็นลำดับ มีการระบุคำตอบในรูปของเลขยกกำลัง ซึ่งเหมาะสมสำหรับโจทย์ลักษณะนี้ ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับ คะแนนเต็ม 2 คะแนน เนื่องจากนักเรียนสามารถอธิบายการได้มาของคำตอบ และคำนวณอย่างง่ายได้อย่างถูกต้อง


25. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ผู้ตอบแบบสอบถามจะมีวิธีเลือกตอบแบบสอบถามกี่วิธี ถ้า

1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย
2) คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด
3) คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

ข้อ 1) วิธีทำ ข้อ 1 เลือกตอบได้ 5 วิธี
ข้อ 2 " 5 วิธี
⋮
ข้อ 15 " 4 วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีทั้งหมด คือ คำตอบที่ไม่ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย
เท่ากับ $5\times5\times5\times5\times\cdots\times5\times4 = 5^{14}\times4$ วิธี

ข้อ 2) วิธีทำ ข้อ 1 - 5 ต้องไม่เลือกว่าพึงพอใจน้อยที่สุด เลือกตอบได้ 4 วิธี
ข้อ 6 -10 เลือกตอบได้ 5 วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีทั้งหมด คือ ข้อ 1-5 ต้องไม่เลือกว่าพึงพอใจน้อยที่สุด
เท่ากับ $4\times4\times4\times4\times4\times5\times5\times\cdots\times5\times5 = 4^5\times5^{10}$ วิธี

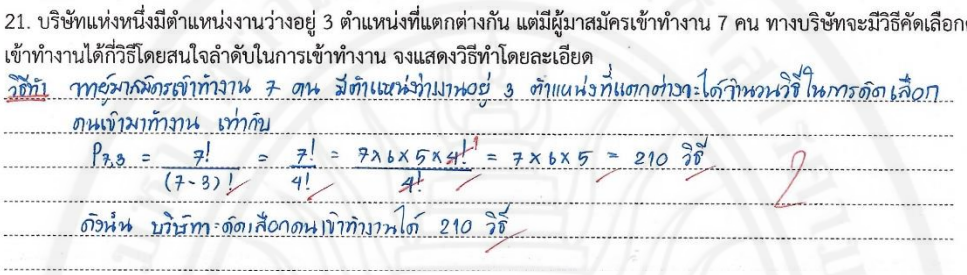
ข้อ 3) วิธีทำ ข้อ 6 -10 ต้องเลือกว่าพึงพอใจปานกลาง เลือกตอบได้ 1 วิธี
ข้อ 11 -15 ต้องเลือกว่าพึงพอใจมาก เลือกตอบได้ 1 วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีทั้งหมด คือ ข้อ 6 -10 ต้องเลือกว่าพึงพอใจปานกลาง และ คำถามข้อที่ 11 -15 ต้องเลือกว่าพึงพอใจมาก เท่ากับ $5^5\times5\times5 = 5^7$ วิธี ×
เลือกวิธีการได้มาของคำตอบที่ ชัดเจน ✓

**ภาพที่ 4.6** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการคูณ ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.6 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ หลักการคูณ ระดับคะแนน 1 พบว่า นักเรียนแบ่งคำถามออกเป็นกลุ่ม (ข้อที่ 1-5, ข้อที่ 6-10, และข้อที่ 11-15) และพิจารณาว่ามีวิธีเลือกตอบแต่ละข้อได้อย่างไร นักเรียนใช้หลักการคูณเพื่อคำนวณจำนวนวิธีทั้งหมดในการตอบแบบสอบถาม นักเรียนแสดงขั้นตอน

การคำนวณอย่างครบถ้วนและเป็นลำดับ มีการระบุคำตอบในรูปของเลขยกกำลัง ซึ่งเหมาะสมสำหรับโจทย์ลักษณะนี้ แต่ในข้อย่อยที่ 3 นักเรียนมีข้อผิดพลาดในขั้นตอนการคำนวณ ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับ คะแนน 1 คะแนน เนื่องจากนักเรียนสามารถอธิบายการได้มาของคำตอบ แต่คำนวณอย่างง่ายได้ไม่ถูกต้องสมบูรณ์

ตัวอย่าง งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ การเรียงสับเปลี่ยน แบบอัตนัย ปรากฏดังภาพที่ 4.7 และ 4.8 ดังนี้


21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน แต่มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธีโดยสนใจลำดับในการเข้าทำงาน จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

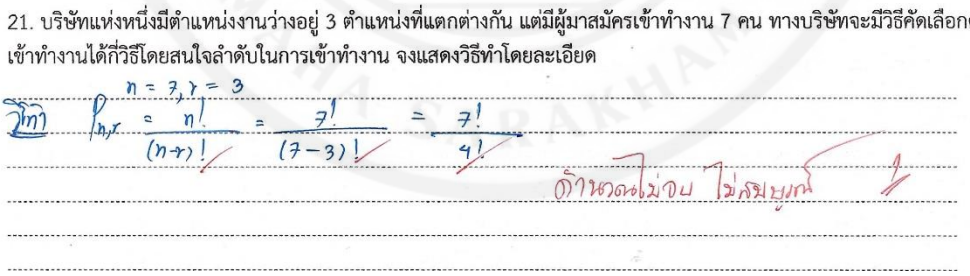
วิธีทำ ทราบว่ามีผู้สมัครเข้าทำงาน 7 คน มีตำแหน่งว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน ได้วิธีในการคัดเลือกคนเข้ามาทำงาน เท่ากับ

$P_{7,3} = \frac{7!}{(7-3)!} = \frac{7!}{4!} = \frac{7\times6\times5\times4!}{4!} = 7\times6\times5 = 210$ วิธี

ดังนั้น บริษัทจะคัดเลือกคนเข้าทำงานได้ 210 วิธี

**ภาพที่ 4.7** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อการเรียงสับเปลี่ยน ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.7 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อการเรียงสับเปลี่ยน ระดับคะแนน 2 พบว่า นักเรียนใช้สูตรการเรียงสับเปลี่ยนได้ถูกต้อง มีการอธิบายถึงการได้มาจากตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์มีให้ นักเรียนได้แสดงวิธีทำอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนตั้งแต่การแทนค่าลงในสูตร ไปจนถึงการคำนวณ การอธิบายกระบวนการทำงานและการคำนวณทั้งหมดมีความถูกต้องและสมเหตุสมผล ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับ คะแนนเต็ม 2 คะแนน เนื่องจากนักเรียนนักเรียนสามารถเขียนสูตรได้ถูกต้อง สามารถแทนค่าในสูตรได้ และคำนวณได้


21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน แต่มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธีโดยสนใจลำดับในการเข้าทำงาน จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ $n=7, r=3$

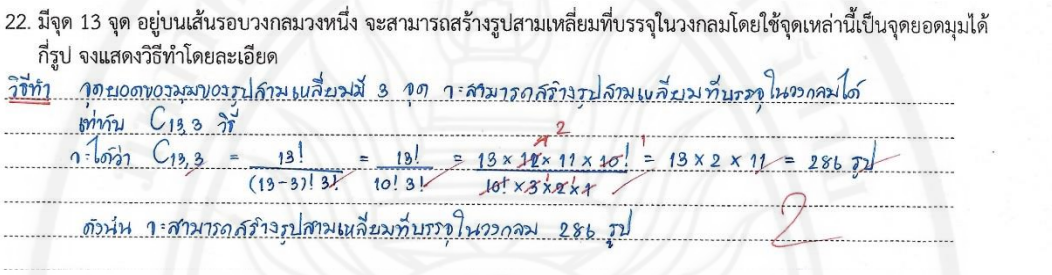
$P_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!} = \frac{7!}{(7-3)!} = \frac{7!}{4!}$

ถ้าหาคำตอบไม่จบ ไม่สมบูรณ์

**ภาพที่ 4.8** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อการเรียงสับเปลี่ยน ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.8 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อการเรียงสับเปลี่ยน ระดับคะแนน 1 พบว่า นักเรียนใช้สูตรการเรียงสับเปลี่ยนได้ถูกต้อง มีการอธิบายถึงการได้มาจากตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์มีให้ นักเรียนได้แสดงวิธีทำอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจนตั้งแต่การแทนค่าลงในสูตร แต่นักเรียนไม่ได้คำนวณค่าจริงของ 7! และ 4! ต่อเพื่อหาผลลัพธ์สุดท้าย การเขียนวิธีทำชัดเจนในระดับการแทนสูตร แต่ไม่มีการแสดงขั้นตอนต่อเนื่องจนถึงผลลัพธ์สุดท้าย พร้อมทั้งขาดคำตอบที่ระบุจำนวนวิธีที่ชัดเจน ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับ คะแนน 1 คะแนน เนื่องจากนักเรียนนักเรียนสามารถเขียนสูตรได้ถูกต้อง สามารถแทนค่าในสูตรได้ แต่คำนวณค่าจริงออกมาไม่ได้

ตัวอย่าง งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ในหัวข้อ การจัดหมู่ แบบอัตนัย ปรากฏดังภาพที่ 4.9 และ 4.10 ดังนี้


22. มีจุด 13 จุด อยู่บนเส้นรอบวงกลมวงหนึ่ง จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมโดยใช้จุดเหล่านี้เป็นจุดยอดมุมได้กี่รูป จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ จุดยอดของมุมของรูปสามเหลี่ยมมี 3 จุด ∴สามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมได้เท่ากับ $C_{13,3}$ วิธี

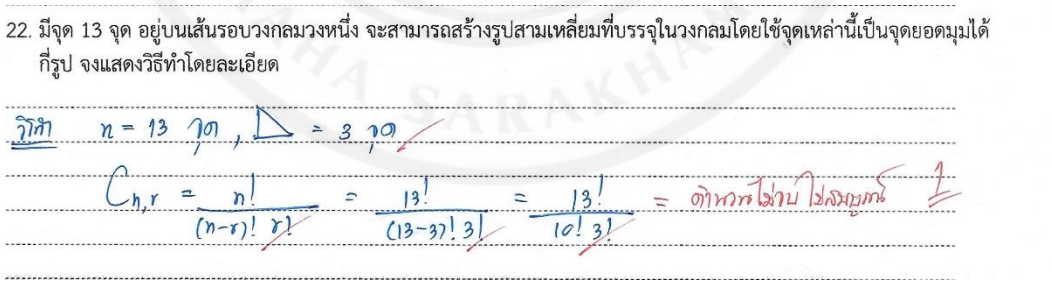
∴ได้ว่า $C_{13,3} = \frac{13!}{(13-3)!\,3!} = \frac{13!}{10!\,3!} = \frac{13 \times 12 \times 11 \times 10!}{10! \times 3 \times 2 \times 1} = 13 \times 2 \times 11 = 286$ รูป

ดังนั้น ∴สามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลม 286 รูป

2

**ภาพที่ 4.9** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อการจัดหมู่ ระดับคะแนน 2 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.9 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ การจัดหมู่ ระดับคะแนน 2 พบว่า นักเรียนใช้สูตรการจัดหมู่ได้ถูกต้อง มีการอธิบายถึงการได้มาจากตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์มีให้ นักเรียนได้แสดงวิธีทำอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ตั้งแต่การแทนค่าลงในสูตร ไปจนถึงการคำนวณ การอธิบายกระบวนการทำงานและการคำนวณทั้งหมดมีความถูกต้องและสมเหตุสมผล ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับ คะแนนเต็ม 2 คะแนน เนื่องจากนักเรียนนักเรียนสามารถเขียนสูตรได้ถูกต้อง สามารถแทนค่าในสูตรได้ และคำนวณได้


22. มีจุด 13 จุด อยู่บนเส้นรอบวงกลมวงหนึ่ง จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมโดยใช้จุดเหล่านี้เป็นจุดยอดมุมได้กี่รูป จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ $n = 13$ จุด, $\triangle = 3$ จุด

$C_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!\,r!} = \frac{13!}{(13-3)!\,3!} = \frac{13!}{10!\,3!}$ = ตัวหารไม่ครบ ไม่สมบูรณ์

1

**ภาพที่ 4.10** งานเขียนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อการจัดหมู่ ระดับคะแนน 1 จากคะแนนเต็ม 2 คะแนน

จากภาพที่ 4.10 ผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในหัวข้อการจัดหมู่ ระดับคะแนน 1 พบว่า นักเรียนใช้สูตรการจัดหมู่ได้ถูกต้อง มีการอธิบายถึงการได้มาจากตัวแปรต่าง ๆ ที่โจทย์มีให้ นักเรียนได้แสดงวิธีทำอย่างเป็นขั้นตอนที่ชัดเจน ตั้งแต่การแทนค่าลงในสูตร แต่นักเรียนไม่ได้คำนวณค่าจริงของ 13!, 10! และ 3! ต่อเพื่อหาผลลัพธ์สุดท้าย การเขียนวิธีทำชัดเจนในระดับการแทนสูตร แต่ไม่มีการแสดงขั้นตอนต่อเนื่องจนถึงผลลัพธ์สุดท้าย พร้อมทั้งขาดคำตอบที่ระบุจำนวนวิธีที่ชัดเจน ดังนั้น คำตอบนี้สมควรได้รับ คะแนน 1 คะแนน เนื่องจากนักเรียนนักเรียนสามารถเขียนสูตรได้ถูกต้อง สามารถแทนค่าในสูตรได้ แต่คำนวณค่าจริงออกมาไม่ได้

จากแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ได้จากแบบประเมินเจตคติต่อ วิชาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ปรากฏดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ผลการวิเคราะห์ระดับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดยใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| รายการ | ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{X}$ | $S.D.$ | ระดับเจตคติ | $\overline{X}$ | $S.D.$ | ระดับเจตคติ |
| แบบประเมินเจตคติข้อความเชิงบวก | | | | | | |
| 1. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ส่งเสริมการให้เหตุผล | 3.95 | 0.724 | มาก | 4.56 | 0.502 | มากที่สุด |
| 2. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ | 3.87 | 0.767 | มาก | 4.56 | 0.502 | มากที่สุด |
| 3. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เรียนแล้วสนุก เปลี่ยนจากเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย | 4.00 | 0.827 | มาก | 4.46 | 0.505 | มากที่สุด |

(ต่อ)

**ตารางที่ 4.3 (ต่อ)**

| รายการ | ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{X}$ | *S.D.* | ระดับเจตคติ | $\overline{X}$ | *S.D.* | ระดับเจตคติ |
| 4. ข้าพเจ้าคิดว่ามีเนื้อหาที่สามารถใช้ในอนาคตได้ | 3.97 | 0.811 | มาก | 4.51 | 0.506 | มากที่สุด |
| 5. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ยิ่งเรียนยิ่งน่าสนใจ | 3.64 | 0.811 | มาก | 4.49 | 0.506 | มากที่สุด |
| 6. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เมื่อเรียนได้ดีแล้วจะนำไปต่อยอดในวิชาอื่นๆ ได้ | 4.08 | 0.839 | มากที่สุด | 4.42 | 0.498 | มากที่สุด |
| 7. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีกระบวนการแก้ปัญหา | 3.82 | 0.854 | มาก | 4.51 | 0.506 | มากที่สุด |
| 8. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ชอบเรียนมากกว่าวิชาอื่น ๆ | 3.72 | 0.793 | มาก | 4.51 | 0.506 | มากที่สุด |
| 9. ข้าพเจ้ารู้สึกถึงความสำเร็จเมื่อข้าพเจ้าทำได้ดีในวิชาคณิตศาสตร์ | 4.18 | 0.756 | มากที่สุด | 4.49 | 0.506 | มากที่สุด |
| 10. ข้าพเจ้าชอบพูดคุยกับเพื่อนหรือครอบครัวเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ | 3.97 | 0.811 | มาก | 4.51 | 0.506 | มากที่สุด |
| 11. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่มีความสุขทุกครั้งที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ | 4.00 | 0.795 | มาก | 4.54 | 0.505 | มากที่สุด |
| แบบประเมินเจตคติข้อความเชิงลบ | | | | | | |
| 1. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก ซับซ้อน น่าเบื่อและไร้จุดหมาย | 4.26 | 0.818 | มากที่สุด | 4.69 | 0.468 | มากที่สุด |

(ต่อ)

**ตารางที่ 4.3 (ต่อ)**

| รายการ | ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{X}$ | *S.D.* | ระดับเจตคติ | $\overline{X}$ | *S.D.* | ระดับเจตคติ |
| 2. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ไม่มีเหตุผล | 4.13 | 0.833 | มากที่สุด | 4.49 | 0.506 | มากที่สุด |
| 3. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ทำให้เกิดความท้อถอยในการเรียน | 4.21 | 0.864 | มากที่สุด | 4.51 | 0.506 | มากที่สุด |
| 4. ข้าพเจ้าคิดว่าคณิตศาสตร์ยากเกินไปสำหรับข้าพเจ้าที่จะเข้าใจ | 3.87 | 0.801 | มาก | 4.49 | 0.506 | มากที่สุด |
| 5. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ทำให้ปวดหัวทุกครั้งที่เรียน | 4.08 | 0.870 | มากที่สุด | 4.54 | 0.505 | มากที่สุด |
| 6. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ต้องปรึกษาเพื่อนในการทำแบบฝึกหัด และการบ้านคณิตศาสตร์ | 3.97 | 0.843 | มาก | 4.46 | 0.505 | มากที่สุด |
| 7. ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เรียนเข้าใจง่าย | 3.97 | 0.843 | มาก | 4.44 | 0.502 | มากที่สุด |
| 8. ข้าพเจ้าไม่อยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์ | 4.05 | 0.759 | มากที่สุด | 4.46 | 0.505 | มากที่สุด |
| 9. ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลใจและเครียดเมื่อต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์ | 3.90 | 0.821 | มาก | 4.46 | 0.505 | มากที่สุด |
| รวม | 3.98 | 0.185 | มาก | 4.51 | 0.083 | มากที่สุด |

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ 3.00-5.00 มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ลำดับแรก คือ ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก ซับซ้อน น่าเบื่อและไร้จุดหมาย ( $\overline{X}$ = 4.26, $S.D.$ = 0.818) รองลงมา ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ทำให้เกิดความท้อถอยในการเรียน ( $\overline{X}$ = 4.21, $S.D.$ = 0.864) และข้าพเจ้ารู้สึกถึงความสำเร็จเมื่อข้าพเจ้าทำได้ดีในวิชาคณิตศาสตร์ ( $\overline{X}$ = 4.18, $S.D.$ = 0.756) ตามลำดับ และหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ 4.00-5.00 มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ลำดับแรก คือ ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก ซับซ้อน น่าเบื่อและไร้จุดหมาย ( $\overline{X}$ = 4.69, $S.D.$ = 0.468) รองลงมา ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ส่งเสริมการให้เหตุผล ( $\overline{X}$ = 4.56, $S.D.$ = 0.502) และข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ( $\overline{X}$ = 4.56, $S.D.$ = 0.502) ตามลำดับ

ผลการศึกษาความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ได้จากแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ปรากฏดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ผลการวิเคราะห์ระดับความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| รายการ | ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{X}$ | $S.D.$ | ระดับความวิตกกังวล | $\overline{X}$ | $S.D.$ | ระดับความวิตกกังวล |
| 1. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่ชอบเรียนในชั่วโมงคณิตศาสตร์ | 4.15 | 0.745 | มากที่สุด | 1.51 | 0.506 | น้อย |
| 2. ข้าพเจ้ารู้สึกเครียดเมื่อต้องเรียนคณิตศาสตร์ | 3.97 | 0.707 | มาก | 1.92 | 0.739 | น้อย |
| 3. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่สบายใจเมื่อต้องเรียนคณิตศาสตร์ | 4.15 | 0.812 | มากที่สุด | 1.85 | 0.745 | น้อย |

(ต่อ)

**ตารางที่ 4.4 (ต่อ)**

| รายการ | ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{X}$ | *S.D.* | ระดับความวิตกกังวล | $\overline{X}$ | *S.D.* | ระดับความวิตกกังวล |
| 4. ข้าพเจ้ารู้สึกท้อเมื่อได้ทำงานเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ | 4.00 | 0.795 | มาก | 2.03 | 0.811 | ปานกลาง |
| 5. ข้าพเจ้ารู้สึกอึดอัดเมื่อครูให้ตอบคำถาม | 3.90 | 0.852 | มาก | 1.82 | 0.756 | น้อย |
| 6. ข้าพเจ้าตื่นตระหนกถ้าตอบคำถามจากคุณครูผิด | 4.18 | 0.790 | มากที่สุด | 2.05 | 0.887 | ปานกลาง |
| 7. ข้าพเจ้ารู้สึกเครียดเมื่อครูถามโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อน | 4.03 | 0.873 | มาก | 2.00 | 0.858 | น้อย |
| 8. ข้าพเจ้ารู้สึกเครียดเมื่อเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ซับซ้อนมากขึ้น | 4.08 | 0.839 | มาก | 1.79 | 0.801 | น้อย |
| 9. ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลที่จะทำงานที่ครูมอบหมายส่งให้ไม่ทัน | 3.72 | 0.857 | มาก | 1.87 | 0.767 | น้อย |
| 10. ข้าพเจ้ากลัวว่าจะทำแบบฝึกหัดหลายข้อเพียงคนเดียว | 3.87 | 0.894 | มาก | 2.18 | 0.756 | ปานกลาง |
| 11. ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวการสอบเก็บคะแนน | 4.05 | 0.793 | มากที่สุด | 1.85 | 0.745 | น้อย |
| 12. ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนจะสอบตกวิชาคณิตศาสตร์ | 4.00 | 0.889 | มาก | 1.69 | 0.694 | น้อย |
| 13. ข้าพเจ้ารู้สึกเป็นกังวลเมื่อต้องอ่านโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ยาวๆ | 3.82 | 0.756 | มาก | 1.77 | 0.842 | น้อย |

(ต่อ)

**ตารางที่ 4.4 (ต่อ)**

| รายการ | ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | หลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{X}$ | *S.D.* | ระดับความวิตกกังวล | $\overline{X}$ | *S.D.* | ระดับความวิตกกังวล |
| 14. ข้าพเจ้ารู้สึกไม่มั่นใจเมื่อต้องคำนวณตัวเลขมากๆ | 3.72 | 0.857 | มาก | 2.00 | 0.827 | น้อย |
| 15. ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวที่เพื่อนมาถามเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ | 4.26 | 0.818 | มากที่สุด | 1.79 | 0.833 | น้อย |
| 16. ข้าพเจ้ากลัวที่จะได้คะแนนวิชาคณิตศาสตร์น้อยกว่าเพื่อน | 3.90 | 0.821 | มาก | 1.74 | 0.715 | น้อย |
| 17. ข้าพเจ้ากลัวว่าจะได้ออกไปทำโจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน | 3.90 | 0.754 | มาก | 2.03 | 0.811 | ปานกลาง |
| 18. ข้าพเจ้ากลัวว่าจะทำแบบฝึกหัดที่ครูให้ไม่ได้ | 3.87 | 0.801 | มาก | 1.97 | 0.707 | น้อย |
| 19. ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลใจเวลาเพื่อนอธิบายโจทย์วิชาคณิตศาสตร์ให้ฟัง | 3.90 | 0.788 | มาก | 1.95 | 0.857 | น้อย |
| 20. ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลใจที่เพื่อนตอบคำถามครูได้ | 4.18 | 0.756 | มากที่สุด | 2.00 | 0.725 | น้อย |
| 21. ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวว่าจะสอบคณิตศาสตร์ไม่ผ่าน | 3.87 | 0.767 | มาก | 1.36 | 0.486 | น้อย |
| 22. ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนกำลังเสียเวลาไปกับการทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 3.92 | 0.807 | มาก | 1.46 | 0.505 | น้อย |
| รวม | 3.97 | 0.172 | มาก | 1.85 | 0.242 | น้อย |

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ 3.51-4.50 มีความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีความวิตกกังวลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ลำดับแรก คือ ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวที่เพื่อนมาถามเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ($\overline{X}$ = 4.26, $S.D.$ = 0.818) รองลงมา ข้าพเจ้าตื่นตระหนก ถ้าตอบคำถามจากคุณครูผิด ($\overline{X}$ = 4.18, $S.D.$ = 0.790) และข้าพเจ้ารู้สึกไม่ดีที่เพื่อนตอบคำถามครูได้ ($\overline{X}$ = 4.18, $S.D.$ = 0.756) ตามลำดับ และหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.85 แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่ 1.51-2.50 มีความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีความวิตกกังวลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ลำดับแรก คือ ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวว่าจะสอบคณิตศาสตร์ไม่ผ่าน ($\overline{X}$ = 1.36, $S.D.$ = 0.486) รองลงมา ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนกำลังเสียเวลาไปกับการทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ($\overline{X}$ = 1.46, $S.D.$ = 0.505) และข้าพเจ้ารู้สึกไม่ชอบเรียนในชั่วโมงคณิตศาสตร์ ($\overline{X}$ = 1.51, $S.D.$ = 0.506) ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 51.28 ($\overline{X}$ = 25.10, $S.D.$ = 1.294) ส่วนนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง มีจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 48.72 ($\overline{X}$ = 22.00, $S.D.$ = 1.054) โดยไม่มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับอ่อน จากการวิเคราะห์งานเขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนสามารถเขียนแผนภาพโพสสิบิลิตี้ได้ถูกต้อง สามารถใช้หลักการบวกและหลักการคูณในการแก้ปัญหาได้ และสามารถใช้สูตรการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ได้อย่างถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาหลักการนับเบื้องต้นเป็นอย่างดี ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 ซึ่งอยู่ในระดับมาก และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 4.51 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ลำดับแรก คือ ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก ซับซ้อน น่าเบื่อและไร้จุดหมาย ($\overline{X}$ = 4.69, $S.D.$ = 0.468) รองลงมา ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชา

ที่ส่งเสริมการให้เหตุผล ( $\overline{X}$ = 4.56, $S.D.$ = 0.502) และข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ( $\overline{X}$ = 4.56, $S.D.$ = 0.502) ผลการวิเคราะห์ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ซึ่งอยู่ในระดับมาก และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยลดลงเหลือ 1.85 ซึ่งอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความวิตกกังวลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ลำดับแรก คือ ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวว่าจะสอบคณิตศาสตร์ไม่ผ่าน ( $\overline{X}$ = 1.36, $S.D.$ = 0.486) รองลงมา ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนกำลังเสียเวลาไปกับการทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ( $\overline{X}$ = 1.46, $S.D.$ = 0.505) และข้าพเจ้ารู้สึกไม่ชอบเรียนในชั่วโมงคณิตศาสตร์ ( $\overline{X}$ = 1.51, $S.D.$ = 0.506)

**4.3.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra**

ผู้วิจัยศึกษาผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra และเปรียบเทียบเจตคติก่อนและหลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เก่ง ปานกลาง อ่อน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ ปรากฏดังตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ก่อนเรียนและหลังเรียน นำเสนอโดย ร้อยละ (percentage)

| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ | แปลความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ | จำนวนนักเรียน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|---|
| ก่อนเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra | เก่ง | 0 | 0 |
| | ปานกลาง | 0 | 0 |
| | อ่อน | 39 | 100.00 |
| หลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra | เก่ง | 20 | 51.28 |
| | ปานกลาง | 19 | 48.72 |
| | อ่อน | 0 | 0 |

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับเก่ง คิดเป็นร้อยละ 0 ระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 0 และระดับอ่อน คิดเป็นร้อยละ 100.0 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับเก่ง คิดเป็นร้อยละ 51.28 ระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 48.72 และระดับอ่อน คิดเป็นร้อยละ 0

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent-Sample *t*-test หรือ Paired-sample *t*-test) ปรากฏดังตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** การเปรียบเทียบระดับเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นำเสนอโดย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

| รายการ | ก่อนเรียน | | | หลังเรียน | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{X}$ | $S.D.$ | เกณฑ์ระดับ | $\overline{X}$ | $S.D.$ | เกณฑ์ระดับ |
| เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน | | | | | | |
| ข้อความเชิงบวก | 3.93 | 0.156 | มาก | 4.51 | 0.041 | มากที่สุด |
| ข้อความเชิงลบ | 4.05 | 0.134 | มาก | 4.50 | 0.076 | มากที่สุด |

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ข้อความเชิงบวกก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย ( $\overline{X}$ = 3.93, $S.D.$ = 0.156) มีเจตคติระดับมาก และเจตคติเชิงบวกหลังเรียนเพิ่มขึ้น ( $\overline{X}$ = 4.51, $S.D.$ = 0.041) มีเจตคติอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนเจตคติมีข้อความเชิงลบก่อนเรียน ( $\overline{X}$ = 4.05, $S.D.$ = 0.134) มีเจตคติระดับมาก และเจตคติเชิงลบหลังเรียนเพิ่มขึ้น ( $\overline{X}$ = 4.50, $S.D.$ = 0.076) มีเจตคติระดับมากที่สุด

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent-Sample $t$-test หรือ Paired-sample $t$-test) ปรากฏดังตารางที่ 4.7

**ตารางที่ 4.7** การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ย และคะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent-Sample *t*-test) นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าองศาอิสระ ค่าสถิติที และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

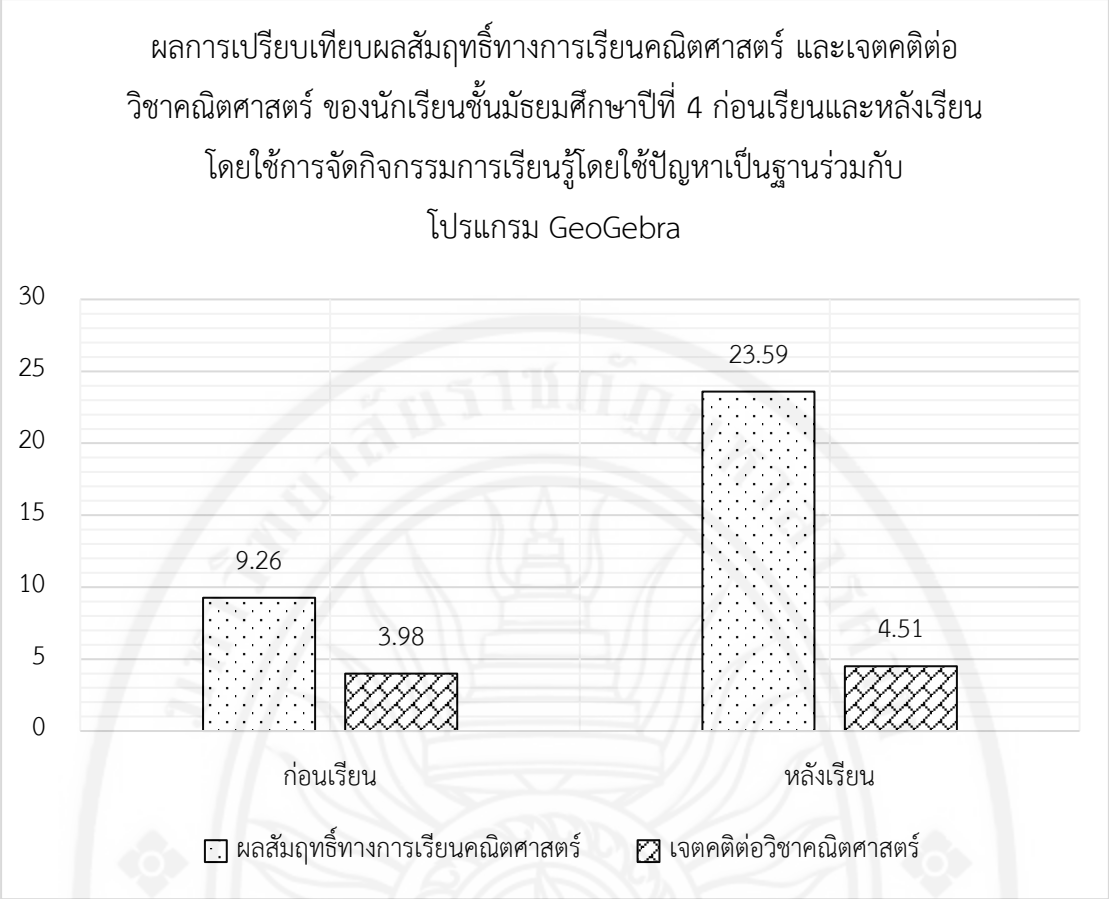
| รายการ | $n$ | $\overline{X}$ | $S.D.$ | $df$ | $t$ | $Sig.$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ย | | | | | | |
| ก่อนเรียน | 39 | 9.26 | 2.807 | 38 | 27.163 | .000* |
| หลังเรียน | 39 | 23.59 | 1.956 | 38 | | |
| เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ย | | | | | | |
| ก่อนเรียน | 39 | 3.98 | 0.185 | 38 | 15.075 | .000* |
| หลังเรียน | 39 | 4.51 | 0.083 | 38 | | |

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.7 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียน 9.26 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 23.59 สูงกว่าก่อนเรียน และมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยก่อนเรียน 3.98 และค่าเฉลี่ยหลังเรียน 4.51 สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การศึกษาผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการศึกษาผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ปรากฏดังภาพที่ 4.11




**ภาพที่ 4.11** ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

จากภาพที่ 4.11 เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีค่าเฉลี่ยคือ 9.26 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีค่าเฉลี่ยคือ 3.98 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีค่าเฉลี่ยคือ 23.59 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีค่าเฉลี่ยคือ 4.51

สรุปผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนทั้งหมดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับอ่อน คิดเป็นร้อยละ 100 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 9.26 หลังเรียนนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง คิดเป็นร้อยละ 51.28 และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 48.72 โดยไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับอ่อน มีคะแนนเฉลี่ย 23.59 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.98 เจตคติเชิงบวกมีค่าเฉลี่ย 3.93 อยู่ในระดับมาก และเจตคติเชิงลบ มีค่าเฉลี่ย 4.05 อยู่ในระดับมาก หลังเรียนนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.51 เจตคติเชิงบวกมีค่าเฉลี่ย 4.51 อยู่ในระดับมากที่สุด และเจตคติเชิงลบมีค่าเฉลี่ย 4.50 อยู่ในระดับมากที่สุด และการเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**4.3.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra**

ผู้วิจัยศึกษาผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น และผลคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มเดียว (One-Sample *t*-test) ปรากฏดังตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติทดสอบที กรณีกลุ่มเดียว (One-Sample *t*-test) นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าองศาอิสระ ค่าสถิติ และระดับนัยสำคัญทางสถิติ

| รายการ | $n$ | $\overline{X}$ | $S.D.$ | $df$ | $t$ | $Sig.$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ | 39 | 23.59 | 1.956 | 38 | 8.256 | .000* |
| เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ | 39 | 4.51 | 0.083 | 38 | 76.036 | .000* |

หมายเหตุ ***** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ย 23.59 ร้อยละ 78.63 ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ย 4.51 ร้อยละ 90.20 ดังนั้น เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางบวก

สรุปผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 70 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 23.59 คิดเป็นร้อยละ 78.63 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.51 คิดเป็นร้อยละ 90.20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางบวก

**4.3.5 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra**

ผู้วิจัยศึกษาผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed ปรากฏดังตารางที่ 4.9

**ตารางที่ 4.9** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed ในระยะก่อนการเรียน และระยะเวลาต่าง ๆ

| แหล่งความแปรปรวน | *SS* | *df* | *MS* | *F* | *Sig.* |
|---|---|---|---|---|---|
| Time | 315.640 | 5 | 63.128 | 2870.599 | .000 |
| Error (Time) | 4.178 | 190 | .022 | | |

จากตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed ในระยะก่อนการเรียน และระยะเวลาต่าง ๆ พบว่ามีค่า Sig. = .000 แสดงว่าค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 5 ระยะ ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons ปรากฏดังตารางที่ 4.10

**ตารางที่ 4.10** ค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในระยะก่อนการเรียนและระยะเวลาต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons

| ระยะ (I) | ระยะ (J) | *MD* (I-J) | Std. Error | *Sig.* | *F* |
|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนเรียน | คาบที่ 2 | -.700* | .037 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | -1.400* | .032 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | -2.050* | .036 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | -2.750* | .036 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -3.400* | .032 | .000 | |
| คาบที่ 2 | ก่อนเรียน | .700* | .037 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | -.700* | .034 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | -1.350* | .031 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | -2.050* | .035 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -2.700* | .033 | .000 | |
| คาบที่ 4 | ก่อนเรียน | 1.400* | .032 | .000 | |
| | คาบที่ 2 | .700* | .034 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | -.650* | .034 | .000 | 2870.599 |
| | คาบที่ 8 | -1.350* | .036 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -2.000* | .033 | .000 | |
| คาบที่ 6 | ก่อนเรียน | 2.050* | .036 | .000 | |
| | คาบที่ 2 | 1.350* | .031 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | .650* | .034 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | -.700* | .034 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -1.350* | .027 | .000 | |
| คาบที่ 8 | ก่อนเรียน | 2.750* | .036 | .000 | |
| | คาบที่ 2 | 2.050* | .035 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | 1.350* | .036 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | .700* | .034 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -.650* | .033 | .000 | |

(ต่อ)

**ตารางที่ 4.10 (ต่อ)**

| ระยะ (I) | ระยะ (J) | *MD* (I-J) | Std. Error | *Sig.* | *F* |
|---|---|---|---|---|---|
| หลังเรียน | ก่อนเรียน | 3.400* | .032 | .000 | |
| คาบที่ 10 | คาบที่ 2 | 2.700* | .033 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | 2.000* | .033 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | 1.350* | .027 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | .650* | .033 | .000 | |

หมายเหตุ ***** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra รายคู่ในระยะก่อนการเรียน และระยะต่างๆ พบว่าค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนเรียน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกช่วงเวลา โดยค่า $MD$ เป็นลบ ซึ่งแสดงว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนต่ำกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ในคาบที่ 2 ถึงหลังเรียนคาบที่ 10 ทุกช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอื่น ๆ ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีผลต่อเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละช่วงเวลา

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความวิตกกังวลวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed ปรากฏดังตารางที่ 4.11

**ตารางที่ 4.11** ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed ในระยะก่อนการเรียนและระยะเวลาต่าง ๆ

| แหล่งความแปรปรวน | *SS* | *df* | *MS* | *F* | *Sig.* |
|---|---|---|---|---|---|
| Time | 311.140 | 5 | 62.228 | 2940.857 | .000 |
| Error (Time) | 4.020 | 190 | .021 | | |

จากตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อ วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed ในระยะก่อนการเรียน และระยะเวลาต่าง ๆ พบว่ามีค่า Sig. = .000 แสดงว่าค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 5 ระยะ ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ ด้วยการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons ปรากฏดังตารางที่ 4.12

**ตารางที่ 4.12** ค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในระยะก่อนการเรียนและระยะเวลาต่าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons

| ระยะ (I) | ระยะ (J) | *MD* (I-J) | Std. Error | *Sig.* | *F* |
|---|---|---|---|---|---|
| ก่อนเรียน | คาบที่ 2 | -.680* | .033 | .000 | 2870.599 |
| | คาบที่ 4 | -1.360* | .034 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | -2.040* | .030 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | -2.730* | .029 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -3.360* | .034 | .000 | |
| คาบที่ 2 | ก่อนเรียน | .680* | .033 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | -.680* | .036 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | -1.360* | .031 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | -2.050* | .029 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -2.680* | .035 | .000 | |

(ต่อ)

**ตารางที่ 4.12 (ต่อ)**

| ระยะ (I) | ระยะ (J) | *MD* (I-J) | Std. Error | *Sig.* | *F* |
|---|---|---|---|---|---|
| คาบที่ 4 | ก่อนเรียน | 1.360* | .034 | .000 | |
| | คาบที่ 2 | .680* | .036 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | -.680* | .035 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | -1.370* | .033 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -2.000* | .038 | .000 | |
| คาบที่ 6 | ก่อนเรียน | 2.040* | .030 | .000 | |
| | คาบที่ 2 | 1.360* | .031 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | .680* | .035 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | -.690* | .032 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -1.320* | .034 | .000 | |
| คาบที่ 8 | ก่อนเรียน | 2.730* | .029 | .000 | |
| | คาบที่ 2 | 2.050* | .029 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | 1.370* | .033 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | .690* | .032 | .000 | |
| | หลังเรียนคาบที่ 10 | -.630* | .031 | .000 | |
| หลังเรียน | ก่อนเรียน | 3.360* | .034 | .000 | |
| คาบที่ 10 | คาบที่ 2 | 2.680* | .035 | .000 | |
| | คาบที่ 4 | 2.000* | .038 | .000 | |
| | คาบที่ 6 | 1.320* | .034 | .000 | |
| | คาบที่ 8 | .630* | .031 | .000 | |

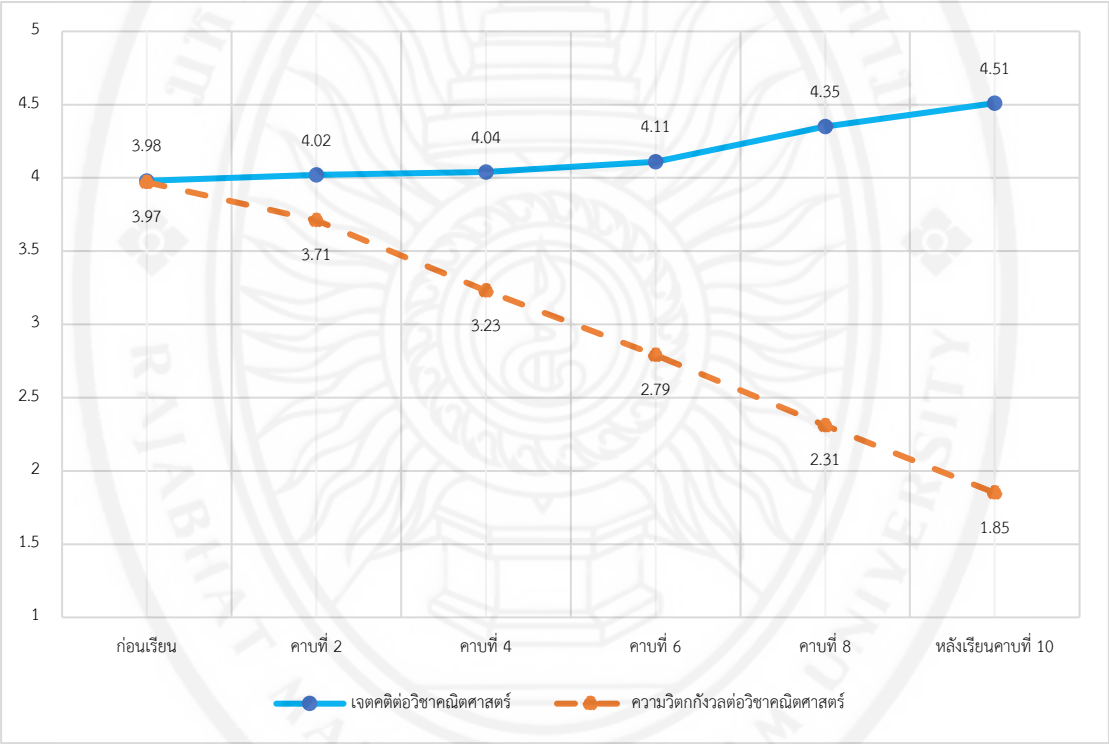
หมายเหตุ ***** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra รายคู่ในระยะก่อนการเรียน และระยะต่าง ๆ พบว่าค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนเรียน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกช่วงเวลา โดยค่า *MD* เป็นลบ ซึ่งแสดงว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนต่ำกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ ในคาบที่ 2 ถึงหลังเรียนคาบที่ 10 ทุกช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอื่น ๆ ดังนั้น การจัดกิจกรรม

การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีผลต่อความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละช่วงเวลา

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ปรากฏดังภาพที่ 4.12




**ภาพที่ 4.12** ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

จากภาพที่ 4.12 เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง ด้านเจตคติ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินเจตคติ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า

ด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 3.98 ระหว่างเรียนคาบเรียนที่ 2, 4, 6 และคาบเรียนที่ 8 ค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.02, 4.04, 4.11, 4.35 ตามลำดับ และหลังเรียนเพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51

ด้านความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 3.97 ระหว่างเรียนคาบเรียนที่ 2, 4, 6 และคาบเรียนที่ 8 มีค่าเฉลี่ยลดลง 3.71, 3.23, 2.79, 2.31 ตามลำดับ และหลังเรียนลดลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.85

สรุปผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed พบว่า ค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 5 ระยะ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons พบว่า ค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกช่วงเวลา โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนต่ำกว่าช่วงเวลาอื่น ๆ และในคาบที่ 2 ถึงหลังเรียนคาบที่ 10 ทุกช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอื่น ๆ และค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 3.98 ระหว่างเรียนคาบเรียนที่ 2, 4, 6 และ 8 มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 4.02, 4.04, 4.11, 4.35 ตามลำดับ และหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 4.51 และผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติทดสอบ Sphericity Assumed พบว่า ค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 5 ระยะ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยการวิเคราะห์ Pairwise Comparisons พบว่า ค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ก่อนเรียนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกช่วงเวลา และในคาบที่ 2 ถึงหลังเรียนคาบที่ 10 ทุกช่วงเวลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอื่น ๆ และค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 3.97 ระหว่างเรียนคาบเรียนที่ 2, 4, 6 และ 8 มีค่าเฉลี่ยลดลงเป็น 3.71, 3.23, 2.79, 2.31 ตามลำดับ และหลังเรียนลดลงเหลือ 1.85

# บทที่ 5
# สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สรุป
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุป

ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้สรุปไว้ได้ดังนี้

5.1.1 ผลการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 พบว่ามีประสิทธิภาพ 83.31/78.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดไว้ โดยมีประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) เท่ากับ 83.31 ซึ่งได้จากคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนจากการทำใบงานและแบบทดสอบย่อย และมีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ ) เท่ากับ 78.63 ซึ่งได้จากคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อยคละความสามารถ พร้อมกำหนดบทบาทและหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม ครูนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นความสนใจและการมีส่วนร่วม ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา สรุปประเด็นสำคัญ และระบุสิ่งที่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติม ค้นหาข้อมูลและทรัพยากรจากแหล่งเรียนรู้ที่ครูจัดเตรียม ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนอภิปรายแนวทางแก้ปัญหาในกลุ่ม เลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด และดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบความถูกต้อง ปรับปรุงวิธีการ และประเมินผลลัพธ์ ขั้นที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่ม

นำเสนอผลลัพธ์ต่อชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเรียนรู้ร่วมกัน ขั้นที่ 5 การสรุปความรู้และประเมินผล นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม ประเมินผลการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และทักษะทางสังคม โดยนักเรียนและครูมีส่วนร่วมในการประเมิน

5.1.2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 51.28 ( $\overline{X}$ = 25.10, $S.D.$ = 1.294) ส่วนนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง มีจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 48.72 ( $\overline{X}$ = 22.00, $S.D.$ = 1.054) โดยไม่มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับอ่อน จากการวิเคราะห์งานเขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนสามารถเขียนแผนภาพโพสสิบิลิตี้ได้ถูกต้อง สามารถใช้หลักการบวกและหลักการคูณในการแก้ปัญหาได้ และสามารถใช้สูตรการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ได้อย่างถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาหลักการนับเบื้องต้นเป็นอย่างดี ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 ซึ่งอยู่ในระดับมาก และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 4.51 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าหลังเรียนนักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ลำดับแรก คือ ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก ซับซ้อน น่าเบื่อและไร้จุดหมาย ( $\overline{X}$ = 4.69, $S.D.$ = 0.468) รองลงมา ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ส่งเสริมการให้เหตุผล ( $\overline{X}$ = 4.56, $S.D.$ = 0.502) และข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ( $\overline{X}$ = 4.56, $S.D.$ = 0.502) ผลการวิเคราะห์ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ซึ่งอยู่ในระดับมาก และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยลดลงเหลือ 1.85 ซึ่งอยู่ในระดับน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความวิตกกังวลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ลำดับแรก คือ ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวว่าจะสอบคณิตศาสตร์ไม่ผ่าน ( $\overline{X}$ = 1.36, $S.D.$ = 0.486) รองลงมา ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนกำลังเสียเวลาไปกับการทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ( $\overline{X}$ = 1.46, $S.D.$ = 0.505) และข้าพเจ้ารู้สึกไม่ชอบเรียนในชั่วโมงคณิตศาสตร์ ( $\overline{X}$ = 1.51, $S.D.$ = 0.506)

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนอยู่ในระดับอ่อนทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 มีคะแนนเฉลี่ย 9.26 ส่วนหลังเรียนนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง คิดเป็นร้อยละ 51.28 และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 48.72 โดยไม่มีนักเรียนอยู่ในระดับอ่อน มีคะแนนเฉลี่ย 23.59 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีเจตคติอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.98 และหลังเรียนมีเจตคติเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.51 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.1.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คิดเป็นร้อยละ 78.63 ( $\overline{X}$ = 23.59, $S.D.$ = 1.956) ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คิดเป็นร้อยละ 90.20 ( $\overline{X}$ = 4.51, $S.D.$ = 0.083) ซึ่งแสดงถึงเจตคติในทางบวกต่อวิชาคณิตศาสตร์

5.1.5 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า ค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ย 3.98 เพิ่มขึ้นเป็น 4.02, 4.04, 4.11, 4.35 ในคาบเรียนที่ 2, 4, 6 และ 8 ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นเป็น 4.51 หลังเรียน ส่วนค่าเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จากก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ย 3.97 ลดลงเป็น 3.71, 3.23, 2.79, 2.31 ในคาบเรียนที่ 2, 4, 6 และ 8 ตามลำดับ และลดลงเหลือ 1.85 หลังเรียน

## 5.2 อภิปรายผล

ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยสามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

5.2.1 จากผลการวิจัยที่พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีประสิทธิภาพ ($E_1/E_2$) เท่ากับ 83.31/78.63 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาจริง ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาหลักการนับเบื้องต้นอย่างลึกซึ้ง อีกทั้งการใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเห็นการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ นอกจากนี้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนชัดเจนทั้ง 5 ขั้นตอน ช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างเป็นระบบและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยเฉพาะในขั้นการวิเคราะห์ปัญหาและการดำเนินการแก้ปัญหา ที่นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ส่วนการทำงานกลุ่มช่วยพัฒนาทักษะทางสังคม การสื่อสาร และการนำเสนอ ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ประสิทธิภาพที่สูงกว่าเกณฑ์ยังแสดงให้เห็นว่า การเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงผ่านการใช้ปัญหาเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ Othman, et al. (2013, pp. 245-253) ที่ว่าผู้สอนควรนำเสนอสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันศึกษา ทำความเข้าใจปัญหาพร้อมทั้งคิดประเด็นที่น่าสนใจที่จะศึกษา และ Krajcik, et al. (1994, pp. 94-100) กล่าวว่า การมีปัญหาหรือคำถามที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับบุคลหรือสังคมจะมีความมหายต่อนักเรียน เพราะจะทำให้นักเรียนสนใจ เนื่องจากเป็นสถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ บดีศร อนุชาติ (2566, น. 131-140) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้อยู่ที่ 74.00/76.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับ GeoGebra ไม่เพียงเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ แต่ยังส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน พร้อมสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่นักเรียนพึงพอใจ เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของสุภาพร ถีสูงเนิน (2566, น. 555-562) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา (GeoGebra) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.03/78.03 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด สนับสนุนข้อค้นพบของ Mayasari, et al. (2024, pp. 481-500) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่สนับสนุนด้วย GeoGebra เพื่อปรับปรุงความสามารถในการแทนค่าทางคณิตศาสตร์และการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนระดับมัธยมปลายในประเทศอินโดนีเซีย ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแทนค่าทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง (ค่า N-gain = 0.45) และการเรียนรู้ด้วยตนเองเพิ่มขึ้น (ค่า N-gain = 0.42) และการใช้ GeoGebra ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และพัฒนาทักษะคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และมีความคล้ายคลึงกับผลการวิจัยของ Furner, J. M. (2024, pp. 1-13) ได้ศึกษาการทบทวนแนวปฏิบัติด้านการสอนที่ดีที่สุดสำหรับการสอนคณิตศาสตร์: การใช้สื่อการสอนคณิตศาสตร์ วรรณกรรมสำหรับเด็ก และ GeoGebra เพื่อสร้างเยาวชนที่มีความมั่นใจทางคณิตศาสตร์ในโลกแห่ง STEM ผลการวิจัยพบว่า การใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับสื่อการสอนแบบจับต้องได้และวรรณกรรมสำหรับเด็กช่วยพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งขึ้นและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

5.2.2 จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่งและปานกลาง โดยไม่มีนักเรียนที่อยู่ในระดับอ่อนนั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้แก้ปัญหาด้วยตนเอง และใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาหลักการนับเบื้องต้นได้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) ของ John Dewey ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรง การที่เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากระดับมากเป็นระดับมากที่สุดนั้น แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น โดยเฉพาะในประเด็นที่นักเรียนเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ส่งเสริมการให้เหตุผลและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้แก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้เห็นประโยชน์ของคณิตศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรม ส่วนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ลดลงจากระดับมากเป็นระดับน้อยนั้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการทำงานเป็นกลุ่ม การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการนำเสนอผลงาน ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น ไม่กลัวที่จะตอบคำถามหรือแสดงความคิดเห็น อีกทั้งการใช้โปรแกรม GeoGebra ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น ลดความซับซ้อนของการคำนวณ ทำให้นักเรียนรู้สึกว่าคณิตศาสตร์ไม่ใช่วิชาที่ยากอีกต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสิริยาภรณ์ ผุดสุวรรณ์ (2567, น. 23-34) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra งานวิจัยนี้พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นอกจากนี้ นักเรียนยังมีเจตคติที่ดีขึ้นต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความคล้ายคลึงกับผลการวิจัยของอัครพล พรมตรุษ (2566, น. 111-124) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ Afshan (Afmas) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเพศหญิงมีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเพศชาย ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในบางกรณี อย่างไรก็ตาม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมสามารถลดความวิตกกังวลและส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้ สนับสนุนข้อค้นพบของ Egara, F. O. and Mosimege, M. (2024, pp. 1-26) ได้ศึกษาผลของวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสานต่อผลสัมฤทธิ์และการคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบผสมผสานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และยังมีการคงทนในการเรียนรู้ที่ดีกว่า งานวิจัยนี้ยังระบุว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางช่วยลดความวิตกกังวลและส่งเสริมเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhu, Y., Liu, X., Xiao, Y. and Sindakis, S. (2024, pp. 1-31) ได้ศึกษาความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาในนักเรียนมัธยมศึกษา: การไขปริศนาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนในเศรษฐกิจฐานความรู้ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไปในนักเรียนมัธยมศึกษา โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ต้องแก้โจทย์ปัญหา ความวิตกกังวลมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม การสนับสนุนด้านสุขภาวะทางอารมณ์และความเชื่อมั่นในตนเองสามารถช่วยลดผลกระทบเชิงลบนี้ได้

5.2.3 จากผลการวิจัยที่พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานนั้น สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน การที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนมีพัฒนาการจากระดับอ่อนทั้งหมดเป็นระดับเก่งและปานกลาง ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญและประโยชน์ของเนื้อหาที่เรียน อีกทั้งการใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาและการประยุกต์ใช้

ได้อย่างชัดเจน ส่วนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นจากระดับมากเป็นระดับมากที่สุดนั้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น ได้ลงมือปฏิบัติจริง และได้เห็นความสำเร็จในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจและเห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่ว่า เมื่อผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ จะส่งผลให้มีเจตคติที่ดีต่อวิชานั้น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปทุมมา อยู่สอน (2566, น. 1059-1070) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวปริมาตรพีระมิด กรวยและทรงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ GeoGebra ร่วมกับวิธีการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสะท้อนถึงการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของกชกร เอี่ยมละออ (2567, น. 217-230) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีสามารถพัฒนาทั้งผลสัมฤทธิ์และเจตคติของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สนับสนุนข้อค้นพบของ Nguyen, A. T. T., Thanh, H. N., Le Minh, C., Tong, D. H., Uyen, B. P. and Khiem, N. D. (2023, pp. 59-97) ได้ศึกษาการรวมห้องเรียนกลับด้านและซอฟต์แวร์ GeoGebra ในการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาในประเทศเวียดนาม ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการรวมห้องเรียนกลับด้านและซอฟต์แวร์ GeoGebra มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า Sig. 2-tailed เท่ากับ 0.01 ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha$ = 0.05 ซึ่งแสดงว่าการใช้ GeoGebra ร่วมกับวิธีการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านมีผลกระทบเชิงบวกในระดับปานกลางต่อผลการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alyanak, M. and Özkaya, A. (2024, pp. 20-40) ได้ศึกษาผลของเกมฝึกสมองต่อเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์ด้วยการบูรณาการเกมฝึกสมองมีการเปลี่ยนแปลงทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่างานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้ GeoGebra โดยตรง แต่แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีและวิธีการสอนที่น่าสนใจสามารถส่งผลเชิงบวกต่อเจตคติของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้

5.2.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ย ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีค่าเฉลี่ย 23.59 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และผลการเปรียบเทียบคะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย 4.51 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจาก การใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์จริง ทำให้เข้าใจบทเรียนได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โปรแกรม GeoGebra ช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นและเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนขึ้น ส่งผลให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและยั่งยืน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความภาคภูมิใจและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ การทำงานร่วมกันในการแก้ปัญหาช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับศิริลักษณ์ ภักดีรักษ์ (2566, น. 52-65) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ (KWDL) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทั้งหมด (100%) มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป และนักเรียนมีความพึงพอใจในระดับสูง กล่าวคือการใช้โปรแกรม GeoGebra ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และสร้างความพึงพอใจในการเรียนรู้ เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของอรอนงค์ มงกุฎ (2566, น. 59-77) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดได้ สนับสนุนข้อค้นพบของ Rosyidi, A. H., Sari, Y. M., Fardah, D. K. and Masriyah, M. (2024, pp. 1038-1046) ได้ศึกษาการออกแบบการประเมินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วย GeoGebra Classroom: การพิสูจน์ความตรงของเครื่องมือ ผลการวิจัยพบว่า เครื่องมือประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่บูรณาการกับ GeoGebra Classroom ที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับสูง โดยมีค่าดัชนีความตรงตามวิธีของ Aiken อยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 0.89 แม้ว่างานวิจัยนี้ไม่ได้ระบุเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยตรง แต่แสดงให้เห็นว่าการใช้ GeoGebra ในการประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความน่าเชื่อถือสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suherman, S. and Vidákovich, T. (2024, pp. 1-13) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตลักษณ์ทางชาติพันธุ์ เจตคติ และการคิดเชิงสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า เจตคติทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าไม่ได้ระบุเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยตรง แต่ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์สามารถส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งอาจช่วยให้นักเรียนมีผลการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดได้

5.2.5 จากเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 3.98 ก่อนการทดลองเป็น 4.51 หลังการทดลอง และความวิตกกังวลลดลงจากค่าเฉลี่ย 3.97 ก่อนการทดลองเป็น 1.84 หลังการทดลอง โดยการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กระตุ้นการมีส่วนร่วมผ่านการแก้ปัญหาและการใช้ GeoGebra ช่วยสร้างความสนใจและความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหา อีกทั้งยังส่งเสริมการทำงานร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งช่วยลดความกดดันและสร้างความมั่นใจในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ใช้ช่วยเพิ่มเจตคติและลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพตั้งแต่ก่อนจนถึงหลังการเรียนการสอน นอกจากนี้ ความวิตกกังวลมีแนวโน้มลดลงชัดเจนในช่วงแรก และคงที่ในช่วงคาบหลัง แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการลดความวิตกกังวลของนักเรียนเมื่อใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ โดยสอดคล้องกับปุณญนุช เขียวไกร (2565, น. 150-158) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างเจตคติเชิงบวกและลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้นและความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านเจตคติและความวิตกกังวล ซึ่งเกิดขึ้นควบคู่กันจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐาน ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพิชญมน รุ่งฤทธิ์ (2566, น. 82-95) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้สอนแบบแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามปลายเปิดสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 งานวิจัยนี้พบว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมสามารถพัฒนาเจตคติของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาของ Hussein and Csíkos (2023, pp. 1-16) ได้ศึกษาผลของการสอนความรู้เชิงมโนทัศน์ต่อผลสัมฤทธิ์ ความวิตกกังวล และเจตคติต่อคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measure ANOVA) เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ ผลการวิจัยพบว่า การสอนเพื่อความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ส่งผลให้เจตคติต่อคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองพัฒนาในทางบวกอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p<.001$) และช่วยลดความวิตกกังวลต่อคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในนักเรียนหญิง ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ส่งผลให้เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกช่วงเวลาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีความคล้ายคลึงกับผลการวิจัยของ Nzeadibe, A. C., Egara, F. O., Eseadi, C. and Chukwuorji, J. C. (2024, pp. 1-12) ได้ศึกษาการการบำบัดความคิดและพฤติกรรมโดยใช้สติเป็นฐานเพื่อลดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มวัยรุ่นในโรงเรียน การทดลองแบบสุ่ม งานวิจัยนี้พบว่าการบำบัดความคิดและพฤติกรรมโดยใช้สติเป็นฐานช่วยลดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่างานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้ GeoGebra โดยตรง แต่แสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีการที่เน้นการจัดการความคิดและอารมณ์สามารถลดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้ GeoGebra ได้

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ และเพื่อนำการวิจัยครั้งต่อไป มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ครูผู้สอนควรนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ไปปรับใช้ในการสอนหัวข้ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยเน้นการใช้ปัญหาในชีวิตจริง เช่น การคำนวณการจัดลำดับหรือความน่าจะเป็น เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของตนเองและเพิ่มความสนใจในเนื้อหา

5.3.1.2 ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ตามขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอน ส่งเสริมการทำงานแบบกลุ่มในขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น และช่วยเหลือกันภายใต้การใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อลดความกังวลและสร้างความมั่นใจในการเรียนรู้

5.3.1.3 ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ช่วยในการมองเห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้เร็วขึ้น ครอบคลุมและลึกซึ้งยิ่งขึ้น

5.3.1.4 ครูผู้สอนควรมีความรู้ความเข้าใจว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จะก่อให้เกิดผลของเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนอย่างไร และผู้เรียนจะเกิดความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านใดบ้าง

**5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป**

5.3.2.1 ควรศึกษาผลของการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ นอกเหนือจากหลักการนับเบื้องต้น เช่น เรขาคณิต พีชคณิต และสถิติ เนื่องจากงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่า GeoGebra สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายสาขาในวิชาคณิตศาสตร์

5.3.2.2 ควรศึกษาผลของการใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีต่อความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ เนื่องจากมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ศึกษาเกี่ยวกับความวิตกกังวลของนักเรียนในการใช้ GeoGebra

5.3.2.3 ควรศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรม GeoGebra ร่วมกับวิธีการสอนแบบอื่นๆ นอกเหนือจากการใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อค้นหาวิธีการสอนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

5.3.2.4 ควรศึกษาผลระยะยาวของการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียน เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากงานวิจัยหลายเรื่องชี้ให้เห็นว่า GeoGebra มีศักยภาพในการพัฒนาทักษะเหล่านี้

5.3.2.5 ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการใช้เทคโนโลยีของครูกับประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาครูให้สามารถบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการสอนคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

# บรรณานุกรม

# บรรณานุกรม


กชกร เอี่ยมละออ, และบัณฑิตา อินสมบัติ. (2567). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 19(2), 217-230.

กรองกาญจน์ ทองคำสุก. (2561). ปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขอนแก่น เขต 5. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 15, 103-109.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

เกียรติสุดา ศรีสุข. (2552). *ระเบียบวิธีวิจัย.* เชียงใหม่: โรงพิมพ์ครองช่อง.

จารุมน หนูคง, และพัลลภ พิริยะสุรวงศ์. (2557). การเรียนรู้ด้วยการนำตนเองโดยใช้ปัญหาเป็นหลักเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 5(2), 185-190.

จิรคุณ เอิบอิ่ม. (2564). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อเทคโนโลยี GeoGebra ทีมีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จิราภา ปั้นทอง, พาวา พงษ์พันธุ์, และอาพันธ์ชนิต เจนจิต. (2563). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับคำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 15(2), 59-72.

เจริญศักดิ์ ชูวงษ์. (2555). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการ เรื่อง ความน่าจะเป็นที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษาจังหวัดนครปฐม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). สุโขทัย: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ชวลิต เอี่ยมเจริญ. (2561). *Introduction to GeoGebra*. มหาสารคาม: ภาคคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชานนท์ จันทรา. (2549). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน: PBL กระบวนการสร้างนักแก้ปัญหา. *นิตยสารคณิตศาสตร์ MYMATH*. 2(10), 47-50.

ชิดชนก ศรีราช และชาญชลักษณ์ เยี่ยมมิตร. (2562). การพัฒนาความอ่อนตัวด้วยโปรแกรมการฝึกยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่มีต่อคุณภาพชีวิต ด้านร่างกายของผู้สูงอายุ จังหวัดจันทบุรี. *วารสารชุมชนวิจัยและพัฒนาสังคม*, 15(3), 104-115.

ณัฐณิชา เถาว์โท. (2563). *การเปรียบเทียบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์และการรับรู้ความสามารถของตนเองที่แตกต่างกัน* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ดวงหทัย กาศวิบูลย์ (2561). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับครูคณิตศาสตร์ (Problem-Based Learning for Mathematics Teachers)*. เชียงใหม่: ภาควิชาหลักสูตรการสอนและการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทศพล ศีลอาภรณ์. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้แบบเอสเอสซีเอสที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 15(1), 89-102.

ทิศนา แขมมณี. (2552). *รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2557). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2550). *การวัดเจตคติ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). อุบลราชธานี: วิทยาออฟเซทการพิมพ์.

นภสร เรือนโรจน์รุ่ง. (2558). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นวพันธ์ เถาะรอด, เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร, และอาพันธ์ชนิต เจนจิต. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับรูปแบบการแก้ปัญหาแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารด้านการเขียนทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 15(2), 87-100.

นันทา สู้รักษา. (2544). *เอกสารประกอบการสอนวิชาจิตวิทยาทั่วไป*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรต.

นิพนธ์ ฝ่ายบุญ, และอุไร ซิรัมย์. (2565). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สถิติ (1) ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD. *Silpakorn University e-Journal*, 42(6), 50-61.

บดีศร อนุชาติ, และรามนรี นนทภา. (2566). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต. *วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ*, 3(5), 131-140.

บัญจมาภรณ สรอยกุดเรือ, และรามนรี นนทภา. (2024). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 21(2), 49-57.

บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน.* กรุงเทพฯ: สุรีวิทยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุรีวิทยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สุรีวิทยาสาส์น.

ปฏิภาณ ชาติวิวัฒนาการ, คมสัน ตรีไพบูลย์ และคงรัฐ นวลแปง. (2563). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคแบบ STAD ร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร*, 10(2), 182-194.

ปทุมมา อยู่สอน, รัชฎา วิริยะพงศ์, และวนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์. (2566). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กลวิธี STAR ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวปริมาตรพีระมิด กรวยและทรงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 9(8), 1059-1070.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556). *การพัฒนาการคิด.* กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ประวีณ์นุช วสุอนันต์กุล, ธเนศพลร์ วสุอนันต์กุล, นพณัฐณ์ ผิวสวัสดิ์, ปาริชาติ ภูภักดี, เสาวภาคย์ วงษ์ไกร, สุวิชา อิ่มนาง และอมรรัตน์ สังข์สุวรรณ. (2566). แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะความรู้ร่วมกับการประยุกต์ใช้เทคนิค STAD ผสมสื่อ GeoGebra ที่ส่งเสริมมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 18(3), 33-42.

ปิยวดี ฆายะนานนท์. (2554). *ผลของการฝึกการอนุมานสาเหตุตามหลักธรรมเรื่องความเพียรที่มีต่อความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยวรรณ กมลฉ่ำ. (2563). *การศึกษาแรงจูงใจในการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เลขยกกำลังภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมมิฟิเคชันออนไลน์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปุณญนุช เขียวไกร. (2565). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างเจตคติเชิงบวกและลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

เผชิญ กิจระการ. (2544). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 7, 46-50.

พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). *แนวคิดและแนวปฏิบัติสำหรับครูเพื่อรองรับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพครู.* กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรีภรณ์ พาลำโกน. (2563). *การศึกษาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแอปพลิเคชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

พัสสกรณ์ วิวรรธมงคล และศิริรัตน์ ชาวนา. (2563). การศึกษาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก. *วารสารครุศาสตร์ปริทรรศน์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย*, 7(3), 85-95.

พิจิตร อุตตะโปน. (2550). *ชุดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาทางการศึกษาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พิชญมน รุ่งฤทธิ์ และสรัญญา จันทร์ชูสกุล. (2566). การพัฒนาความสามารถการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้สอนแบบแนะให้รู้คิดร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 9(2), 82-95.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2551). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้: ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

ไพศาล วรคำ. (2565). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 13). มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.

ไพศาล สุวรรณน้อย. (2558). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL). เอกสารประกอบการอบรมโครงการพัฒนาการเรียนการสอน*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภูมิพัฒน์ สุดเสน่ห์, วันดี เกษมสุขพิพัฒน์ และต้องตา สมใจเพ็ง. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง กำหนดการเชิงเส้นที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 9(8), 1367-1379.

มนตรี วงษ์สะพาน. (2556). การยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยกระบวนการคิดวิเคราะห์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 13(2), 125-139.

มนธิรา นรินทร์รัมย์ และนิเวศน์ คำรัตน์. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคทีมแข่งขันร่วมกับผังมโนทัศน์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 17(3), 201-214.

มัณฑรา ธรรมบุศย์. (2549). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ PBL (Problem-based Learning). *วารสารวิชาการ*, 5(2), 11-17.

ยุทธพงศ์ ทิพย์ชาติ. (2558). *การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ยุพิน พิพิธกุล. (2546). *เทคโนโลยีการผลิตสื่อการสอนคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมฝึกอบรม.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2552). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ระพีพรรณ สุวรรณ์ทา และนวพล นนทภา. (2024). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดทางคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 21(2), 27-38.

รังสรรค์ ทองสุขนอก. (2547). *ชุดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นฐานในการเรียนรู้ (Problem-Based Learning) เรื่อง ทฤษฎีจำนวนเบื้องต้น ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.* กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *การวัดด้านจิตพิสัย*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ลัดดา คฤหปาน และนิเวศน์ คำรัตน์. (2565). ผลการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาร่วมกับเทคนิคบาร์โมเดล ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 17(2), 213-226.

วสันต์ แสนชมภู, อาทิตย์ อาจหาญ, และรัตติกาล สารกอง. (2565). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 18(3), 121-130.

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2546). *การวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2555*). ครบเครื่องเรื่องควรรู้สำหรับครูคณิตศาสตร์ หลักสูตรการสอนและการวิจัย.* กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์.

ศิรประภา สุนทรนันท์ และสุณิสา สุมิรัตนะ. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์*, 10(3), 249-262.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริลักษณ์ ภักดีรักษ์, วรรณธิดา ยลวิลาศ และนพคุณ ทองมวล. (2566). การพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้แบบ (KWDL). *วารสารครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์*, 1(2), 52-65.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3-4.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา.* มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมาน เอกพิมพ์ (2560). *การจัดการเรียนรู้ สิ่งแวดล้อมและการจัดชั้นเรียนในศตวรรษที่ 21 (Learning Management Environment and Classroom Management in The 21st Century)*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน*. กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริมนวัตกรรมการเรียนรู้ของครู และบุคลากรทางการศึกษา สำนักมาตรฐานและพัฒนาการเรียนรู้.

สิทธิชัย พานิชย์วิไล, และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2566). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Journal of Education and Innovation*, 25(3), 286-296.

สิรินดา ครุฑคำ, และฐิติวรดา พลเยี่ยม. (2565). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยการใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อประสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 16(2), 99-113.

สิริยาภรณ์ ผุดสุวรรณ์, ปวีณา ขันธ์ศิลา, และประภาพร หนองหารพิทักษ์. (2567). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra. *Suan Sunandha Asian Social Science*, 18(1), 23-35.

สุนันท์ สังข์อ่อง. (2555). *หลักสูตรและการสอนสำหรับศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

สุภาพร ถีสูงเนิน, สุชาติ ทองมา, สนุกจิต สิทธิวงศ์ และมนัญญา กัลยาสิทธิ์. (2566). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา (GeoGebra) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์*, 8(2), 555-562.

อรอนงค์ มงกุฎ และญาณภัทร สีหะมงคล. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 17(4), 59-77.

อวยพร เรืองตระกูล. (2557). *การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัครพล พรมตรุษ, ปรัชชาวดี วังสาย, สุนันทา ส่งนุ่น และน้ำทิพย์ องอาจวาณิชย์. (2566). การพัฒนาแบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ Afshan (Afmas) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสุโขทัย. *วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือ ด้านสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศึกษาศาสตร์*, 10(1), 111-124.

อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ.* กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2556). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน. (2548). *การทำวิจัยทางสังคมศาสตร์: ปัญหาวิจัย วัตถุประสงค์การวิจัย สมมุติฐานการวิจัยและชื่อเรื่อง*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ฟันนี่.

ไอริณ ถาวรนันท์, รักพร ดอกจันทร์ และอภิสิทธิ์ ภคพงศ์พันธุ์. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นโดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประจวบวิทยาลัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 22(2), 317–330.

Albanese, M. A., & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68(1), 52-81.

Alyanak, M., & Özkaya, A. (2024). The Effect of Intelligence Games on 5th Grade Students' Mathematics Attitudes and Academic Achievement. *Scientific Educational Studies,* 8(1), 20-40.

Anderson, L. W., & Bourke, S. F. (2000). *Assessing affective characteristics in schools*. (2nd ed). London: Lawrence Erlbaum Associates.

Bai, Y. L., Chiou, C. P., & Chang, Y. Y. (2009). Self-care behavior and related factors in older people with type 2 diabetes. *J ClinNurs*, 18(23), 3308-3315.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W. H. Freeman.

Barell, J. F. (1998). *PBL: An inquiry approach*. Arlington Heights, IL: Skylight Training and Publishing.

Barell, J. F. (2006). *Problem-Based Learning: An inquiry approach*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press (SAGE Publications).

Barrows, H. S. (1996). Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996, 3-12.

Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-Based Learning (PBL): An Approach to Medical Education*. New York: Springer Publishing.

Boaler, J. (2008). Promoting 'Relational Equity' and High Mathematics Achievement Through an Innovative Mixed Ability Approach. *British Educational Research Journal*, 34(2), 167-194.

Burry-Stock, J. A., et al. (1996). Rater Agreement Indexes for Performance Assessment. *Educational and Psychological Measurement*, 56(2), 251-262.

Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin.

Carpenter, T. P., Fennema, E., & Franke, M. L. (1989). *Cognitively guided instruction: A knowledge base for reform in primary mathematics instruction*.

Delisle. R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Alexandrian, VA: ASCD.

Dolmans, D., & Schmidt, H. (1995). *The Advantages of a Problem-Based Curriculum*. Netherlands: Department of Educational Development and Research University of Limburg.

Duch, B. J. (1995). *What is Problem-Based Learning*. Retrieved from www.udel.edu/pbl/cte/jan95.

Egara, F. O., & Mosimege, M. (2023). Effect of flipped classroom learning approach on mathematics achievement and interest among secondary school students. *Pedagogical Research*, 8(2), 8131-8150.

Egara, F. O., & Mosimege, M. (2024). Effect of blended learning approach on mathematics achievement and retention among secondary school students. *Education and Information Technologies*, 1-26.

Ekwue, N. L., Ajaegba, N. M., Umukoro, P., Okeke, M., & Amos-Emeaso, C. P. (2023). Effectiveness of geogebra application on geometrical mathematics among secondary school's students in delta state. *Global Journal of Educational Research*, 22(1), 75-80.

English, Horance B, & Ave C. English. (1968). *A Comprehensive Dictionary of Psychological; & Psychoanalytical Terms* (9th ed). New York: Devid Heckay Company.

Farhan, M., Satianingsih, R., & Yustitia, V. (2021). Problem Based Learning on Literacy Mathematics: Experimental Study in Elementary School. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 5(1), 118-128.

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (4th ed.). SAGE Publications.

Fisher, R. A. (1925). *Statistical methods for research workers*. Oliver and Boyd.

Furner, J. M. (2024). The best pedagogical practices for teaching mathematics are revisited: Using math manipulatives, children's literature, and GeoGebra to produce math confident young people for a STEM world. *Pedagogical Research*, 9(2), 1-13.

GeoGebra. (2021). *GeoGebra-the world's favorite, free math tools used by over 100 million students and teachers*. Retrieved from https://www.geogebra.org.

Gijselaers, W. H. (1996). *Connecting Problem-Based Practices with Educational Theory. Bringing Problem-Based Learning to Higher Education* (pp. 13-21). San Francisco: Jossey-Bass Publishers.

Gok, T. (2023). A Comparison of Student' Attitudes toward STEM at Middle School, High School, and Vocational High School. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia,* 45, 184-206.

Good, Carter V. (1973). *Dictionary of Education* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill Book Company.

Greenhouse, S. W., & Geisser, S. (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, 24(2), 95-112.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2018). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

Hammadi, S. S., Majeed, B. H., & Hassan, A. K. (2023). Impact of deep learning strategy in mathematics achievement and practical intelligence among high school students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(06), 42-50.

Harianja, R., Tampubolon, T., & Manalu, L. (2023). An analysis of problem-based learning model on mathematical critical thinking skills of elementary school students. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 13(1), 101-108.

Hassan, A. K., Hammadi, S. S., & Majeed, B. H. (2023). The Impact of a Scenario-Based Learning Model in Mathematics Achievement and Mental Motivation for High School Students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(7), 103-115.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how students learn. *Educational Psychology Review 16*, 235-266.

Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS): Construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10(2), 178-182.

Howell, D. C. (2012). *Statistical methods for psychology* (8th ed.). Wadsworth.

Hulwani, A. Z., Novaliyosi, & Nindiasari, H. (2022). Systematic literature review: Problem based learning model for mathematical concept comprehension ability. *Journal of Authentic Research on Mathematics Education*, 7(1), 115-125.

Hussein, Y. F., & Csíkos, C. (2023). The effect of teaching conceptual knowledge on students' achievement, anxiety about, and attitude toward mathematics. *European Journal of Educational Research*, 12(1), 1-16.

Illinois Mathematics and Science and Academy. (2001). *Introduction to Problem Based Learning*. Retrieved from http://pbln.imsa.edu/model/intro/index.html

Jasani, D. S. (2022). *Assessing high school students' anxiety levels, self-efficacy beliefs, attitudes, and performance towards arithmetic and algebra* (Doctoral dissertation). Colorado: Aspen University.

Kain, D. L. (2003). *Problem-based learning for teachers, grades 6-12*. New York: Pearson Education, Inc.

Kirk, R. E. (2013). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences* (4th ed.). SAGE Publications.

Krajcik, J. S., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., & Soloway, E. (1994). A collaborative model for helping middle school science teachers learn project-based instruction. *The Elementary School Journal*. 94, 483-497.

Kurino, Y. D., & Herman, T. (2023). Improving the mathematical understanding of elementary school students through problem-based learning and an ethnomathematical perspective. *In 4th International Conference on Progressive Education 2022 (ICOPE 2022)* (pp. 420-425). Atlantis Press.

Lazarus, M. (1974). Mathophobia: Some Personal Speculations. *The National Elementary Principal*, 53(1),16-22.

Levitt, E. G. (1967). *The Psychology of Anxiety*. New York: Bobbs-Merrill, Co.

Li, Q., Cho, H., Cosso, J., & Maeda, Y. (2021). Relations between students' mathematics anxiety and motivation to learn mathematics: a meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 33, 1017-1049.

Liebert, R. M., & Morris, L. W. (1967). Cognitive and Emotional Components of Test Anxiety: A Distinction and Some initial Date. *Psychological Report 20,* 975-978.

Likert, R. N. (1970). *A technique for the measurement of attitude. Attitude Measurement*. Chicago: Ronal McNally & Company.

Marchy, F., Murni, A., Kartini, & Muhammad, I. (2022). The Effectiveness of Using Problem-Based Learning (PBL) in Mathematics Problem-Solving Ability for Junior High School Students. *AlphaMath Journal of Mathematics Education*, 8(2), 1-12.

Martynenko, O. O., Pashanova, O. V., Korzhuev, A. V., Prokopyev, A. I., Sokolova, N. L., & Sokolova, E. G. (2023). Exploring attitudes towards STEM education: A global analysis of university, middle school, and elementary school perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(1), 1-7.

Mathew, A. (2023). *Exploring the effects of technology professional development on the 8th grade NAEP mathematics achievement* (Doctoral dissertation). New York: St. John's University,

Maxwell, S. E., & Delaney, H. D. (2004). *Designing experiments and analyzing data: A model comparison perspective* (2nd ed.). Psychology Press.

Mayasari, F., Napitupulu, E. E., & Sinaga, B. (2024). Development of GeoGebra Assisted Learning Modules to Improve Mathematical Representation Abilities and Self-Regulated Learning of Senior High School. *Mathline: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 9(2)*, 481-500.

Merritt, I, Lee, M. Y., Rilero, P., & Kinach, B. (2017). Problem-based learning in K-8 mathematics and science education: A Literature review. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Leaming*, 11(2), 3-17.

Mierson, S., & Parikh, A. A. (2000). Stories from the field: Problem-based learning from a teacher's and a student's perspective. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 32(1), 20-27.

Morris, L. W., Kellaway, D.S., & Smith, D.H. (1978). Mathematics anxiety rating scale: predicting anxiety experiences and academic performance in two groups of students. *Journal of Educational psychology*, 70, 589-594.

Nguyen, A. T. T., Thanh, H. N., Minh, C. L., Tong, D. H., Uyen, B. P., & Khiem, N. D. (2023). Combining flipped classroom and GeoGebra software in teaching mathematics to develop math problem-solving abilities for secondary school students in Vietnam. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 5(1), 118-128.

Norwood, K. S., & Carter, G. Journal Writing (1994). An insight into Students' Understanding. *Teaching Children Mathematics*, 1,146-148.

Nzeadibe, A. C., Egara, F. O., Eseadi, C., & Chukwuorji, J. C. (2024). Mindfulness-based cognitive therapy for mathematics anxiety among school adolescents: A randomised trial. *Journal of Psychologists and Counsellors in Schools,* 34(1), 97-108.

Othman, H., Mohd Salleh, B., & Abdullah, S. (2013). 5 Ladders of Active Learning: An Innovative Learning Steps in PBL Process. In K. M. Yusof, M. Arsat, M. T. Borhan, E. D. Graaff, A. Kolmos, F. A. Phang (Eds.), *PBL Across Cultures*. Aalborg: Aalborg University Press.

Pizzie, R. G., & Kraemer, D. J. M. (2023). Strategies for remediating the impact of math anxiety on high school math performance. *npj Science of Learning*, 8(44), 1-11.

Plake, B. S., & Parker, C. S. (1982). The development and validation of a revised version of the mathematics anxiety rating scale. *Educational and Psychological Measurement*, 42, 551-557.

Puspitasari, N., Sofyan, D., Handriani, R. T. S., & Maharani, R. P. (2023). Improving Junior High School Students' Ability to Ask Mathematical Problems through the Use of GeoGebra Based Learning Media. *Journal of Authentic Research on Mathematics Education*, 7(1), 115-124.

Richardson, F. C., & Suinn, R. M. (1972). Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometrics Data. *Journal of Counseling Psychology*, 19, 551-554.

Rosyidi, A. H., Sari, Y. M., Fardah, D. K., & Masriyah, M. (2024). Designing mathematics problem-solving assessment with GeoGebra Classroom: proving the instrument validity. *Journal of Education and Learning (EduLearn),* 18(3), 1038-1046.

Rounds, J. B., & Hendel, D. D. (1980) Measurement and dimensionality of mathematics anxiety. *Journal of Counseling Psychology*, 27(2), 138-149.

Samson Oyelola Oyedeji. (2017). The Effects of Students' Motivational Factors on their Attitudes toward Mathematics. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 6(4), December, 277-287.

Samura, A. O., & Darhim. (2023). Improving mathematics critical thinking skills of junior high school students using blended learning model (BLM) in GeoGebra assisted mathematics learning. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(2), 101-117.

Sarnoko, S., Asrowi, A., Gunarhadi, G., & Usodo, B. (2024). An analysis of the application of problem-based learning (PBL) model in mathematics for elementary school students. *Journal of Education and Practice*, 15(14), 1-15.

Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning Definitions and distinctions. *The Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9-20.

Schmidt, H. G. (1993). Foundation of Problem – Based Learning: Some exploratory notes. *Medical Education,* 27, 422-432.

Schmidt, Henk G. (1983). The Rational Behind Problem Based Learning. *Med Educ*. 17, 11-16.

Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. *Journal of Education Researcher*.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.

Sovchilk, R. J. (1989). *Teaching Mathematics to Children*. New York: Harper & Row.

Spielberger, C.D., Krasner, S.S., & Solomon, E.P. (1988). *Experience and expression and control of anger. In M. P. Janisse* (Ed.), Health psychology: Individual differences.

Stix, A. & Hrbek, F. (2006). *Teachers as classroom coaches: How to motivate students across the content areas*. United States: ASCD.

Strawderman, V. W. (1986). Adscription of mathematics anxiety using an integrative model. *Dissertation Abstracts International*, 47, 457.

Suherman, S., & Vidákovich, T. (2024). Relationship between ethnic identity, attitude, and mathematical creative thinking among secondary school students. *Thinking Skills and Creativity*, 51, 1-13.

Suparman, S., Yohannes, Y., & Arifin, N. (2021). Enhancing mathematical problem-solving skills of Indonesian junior high school students through problem-based learning: A systematic review and meta-analysis. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 1-16.

Szczygieł, M., Szucs, D., & Toffalini, E. (2024). Math anxiety and math achievement in primary school children: Longitudinal relationships and predictors. *Learning and Instruction*, 92, 1-11.

Tan, O. (2017). *Thinking skills, creativity and problem-based learning, Thinking Skills*. Retrieved from http://www.eng.tp.edu.sg/pbl_tanoonseng.pdf.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). *Course Manual Mathematics learning group (revised edition 2017) lower secondary level (in Thai).* Retrieved from SciMath: https://www.scimath.org/ebookmathematics/item/8380-2560-25518380

Thipraksa, W. (2017). *A Study of Understanding and Learning Retention on Parabola for Grade 9 Students by Using Learning Activities Through GeoGebra (in Thai)*. Master's Thesis. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.

Thurstone, L.L. (1967). *Reading in Attitude Theory and Measurement*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Torp, L., & Sage, S. (1998). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-12 education*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Wakhata, R., Balimuttajjo, S., & Mutarutinya, V. (2024). Relationship between students' attitude towards, and performance in mathematics word problems. *PLoS ONE*, 19(2), 1-26.

Wilson, J. W. (1971). *Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics in Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning.* New York: U.S.A. McGraw-Hill.

Wolleat, P. L., Pedro, J. D., Becker, A. D., & Fennema, E. (1980). Sex differences in high school students' causal attributions of performance in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 11(5), 356-366.

Xue, X., Wang, Y., Li, H., Gao, J., & Si, J. (2023). The association between mathematical attitudes, academic procrastination and mathematical achievement among primary school students: the moderating effect of mathematical metacognition. *Current Psychology*, 42, 7953-7964.

Yew, E. H., & Goh, K (2016). Problem-based learning: an overview of its process and impact on learning. *Health Professions Education*, 2(2), 75-79.

Yongtangrue, P. (2016). *The effect of learning by discovery learning concept with GeoGebra program in topic of conic section (in Thai).* Master's Thesis. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Zanabazar, A., Deleg, A., & Ravdan, M. (2023). A study of factors causing math anxiety among undergraduate students. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 6(3), 578-585.

Zhang, X. (2002). *"The Combination of Traditional Teaching Method and Problem Based Learning"* The China Papers. Retrieved from http://science. Uniserve.edu.au/pubs/china/vol1

Zhao, D., Chen, L., & Fu, C.L. (2024). Enhancing Middle School Mathematics Teaching Effectiveness through the Utilization of GeoGebra Software. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 11(11), 233-237.

Zhu, H., Zhang, J., Li, H., Huang, B., Feng, H., Liu, C., & Si, J. (2024). Independent and joint effects of perceived teacher support and math self-efficacy on math achievement in primary school students: Variable-oriented and person-oriented analyses. *Learning and Individual Differences*, 102445.

Zhu, Y., Liu, X., Xiao, Y., & Sindakis, S. (2024). Mathematics Anxiety and Problem-Solving Proficiency Among High School Students: Unraveling the Complex Interplay in the Knowledge Economy. *Journal of the Knowledge Economy*, 1-31.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

# เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

**แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra**

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2**

**รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน (ค22101) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1**

**หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง หลักการนับเบื้องต้นและความน่าจะเป็น เวลา 40 ชั่วโมง**

**เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์ เวลา 1 ชั่วโมง**

**ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/..... วันที่..... เดือน..... พ.ศ. ..... คาบที่.....**

---

**มาตรฐานและตัวชี้วัด**

ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ม.4/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา

**สาระสำคัญ**

แผนภาพโพสสิบิลิตี (Possibility Diagram) เป็นแผนภาพที่แสดงผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่เกิดจากการกระทำ 2 ขั้นตอน หรือสุ่ม 2 ครั้ง ซึ่งแผนภาพโพสสิบิลิตี้จะทำให้ดูผลลัพธ์ทั้งหมดได้ง่ายขึ้น มีลักษณะเป็นตารางรางแนวตั้งแนวนอน โดยการกระทำที่หนึ่งเป็นแนวตั้ง และการกระทำที่สองเป็นแนวนอน แผนภาพที่ได้จะแสดงผลลัพธ์เกิดขึ้นจากการกระทำทั้งสองแบบ เช่น การโยนลูกเต๋าสองลูกพร้อมกัน

**จุดประสงค์การเรียนรู้ (K-P-A)**

ด้านความรู้ (K): นักเรียนสามารถ

1. อธิบายวิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยใช้แผนภาพต้นไม้ได้ถูกต้อง
2. อธิบายวิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตีได้ถูกต้อง

ด้านทักษะและกระบวนการ (P): นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับแผนภาพต้นไม้และแผนภาพโพสสิบิลิตีไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

ด้านคุณลักษณะ (A): นักเรียนสามารถ ดังนี้

1. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย
2. ตั้งใจใฝ่เรียนรู้

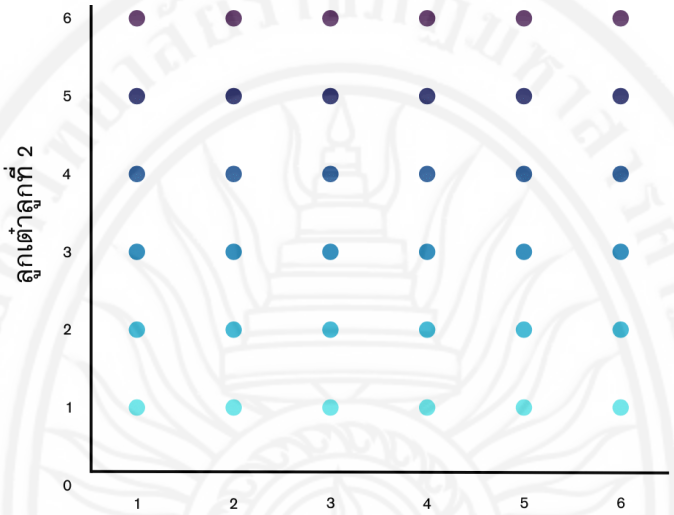
**สาระการเรียนรู้**

**แผนภาพโพสสิบิลิตี** คือ แผนภาพที่เขียนแสดงผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ซึ่งเกิดจากการกระทำ 2 ขั้นตอน

ในกรณีที่ต้องการหาจำนวนผลลัพธ์ซึ่งเกิดจากการกระทำ 2 ขั้นตอน เช่น การโยนเหรียญ 2 เหรียญ การทอดลูกเต๋า 2 ลูก นอกจากจะใช้แผนภาพต้นไม้เพื่อช่วยในการหาคำตอบแล้ว ยังสามารถใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี เพื่อช่วยแสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด

พิจารณาการทอดลูกเต๋า 2 ลูก 1 ครั้ง ซึ่งสามารถใช้แผนภาพโพสสิบิลิตีช่วยหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดดังนี้

เมื่อทอดลูกเต๋า 1 ลูก 1 ครั้งจะมีผลลัพธ์ที่เป็นไปได้คือ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ซึ่งจะสามารถเขียนแผนภาพโพสสิบิลิตีเพื่อแสดงผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ของการทอดลูกเต๋า 2 ลูก 1 ครั้ง ดังนี้




จากแผนภาพโพสสิบิลิตีจะเห็นว่าผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการทอดลูกเต๋า 2 ลูก 1 ครั้ง เท่ากับ $6 \times 6 = 36$ แบบ

**กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน**

**ขั้นที่ 1 เข้ากลุ่มและนำเสนอปัญหา**

1) ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มคละความสามารถ เก่ง-ปานกลาง-อ่อน กลุ่มละ 4-5 คน และกำหนดบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนที่จะพบกับปัญหา

2) ครูอธิบาย แผนภาพโพสสิบิลิตี พร้อมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาของการทอดลูกเต๋า ร่วมกับการใช้สื่อ GeoGebra เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนก่อน

3) ครูสนทนากับนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ปัญหา โดยครูนำเสนอสถานการณ์ในการแข่งขันกระดานเกม นักเรียนต้องทอดลูกเต๋า 2 ลูกพร้อมกัน เพื่อตัดสินผลการเดินหมาก ลูกเต๋าแต่ละลูกมีหมายเลข 1 ถึง 6 จงสร้างแผนภาพโพสสิบิลิตี้ที่แสดงผลลัพธ์ทั้งหมดของการทอดลูกเต๋า 2 ลูก และหาจำนวนวิธีที่ผลลัพธ์ที่ได้จาก $2a+b$ ของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 7, 8, 11, 12, 15 และ 18 โดย $a$ แทนลูกเต๋าลูกที่ 1 และ $b$ แทนลูกเต๋าลูกที่ 2 (ภาคผนวก ก)

**ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหาและเรียนรู้ประเด็นปัญหา**

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่กำหนดให้

2) นักเรียนร่วมกันเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา ลงในใบงานที่ 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์ (ภาคผนวก ข)

3) ครูใช้คำถามชวนคิดเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น ว่าควรแก้ปัญหาในลักษณะแบบไหน

**ขั้นที่ 3 แก้ปัญหา**

1) นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแนวคิด ข้อความรู้ สำรวจแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ต่อกลุ่ม โดยสมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหา

2) ดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ พร้อมทั้งใช้โปรแกรม GeoGebra ในการนำเสนอปัญหาดังกล่าว

3) ทบทวนและประเมินคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้เพื่อเตรียมนำเสนอต่อไป (ภาคผนวก ค)

**ขั้นที่ 4 นำเสนอคำตอบของปัญหา**

1) ครูให้กลุ่มที่เสร็จกลุ่มแรกนำเสนอและมีกลุ่มที่ได้คำตอบไม่เหมือนกลุ่มแรกก็นำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกัน และสะท้อนความคิดร่วมกับครู

**ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินผล**

1) นักเรียนช่วยกันสรุปข้อมูลหรือความรู้ที่แต่ละกลุ่มได้นำเสนออีกครั้ง

2) นักเรียนร่วมกันประเมินผลเพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ โดยการประเมินผลจะประเมินทั้งด้านความรู้และทักษะทางสังคม ซึ่งทำการประเมินโดยนักเรียนและครูผู้สอน รวมทั้งการประเมินปัญหาที่นำเสนอแก่นักเรียนด้วย

3) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยที่ 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์ (ภาคผนวก ง) (ลดความวิตกกังวล)

**สื่อ/แหล่งการเรียนรู้**

1) สื่อประกอบการสอน GeoGebra เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์

2) สื่อการสอน PowerPoint เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

3) หนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ม.4 (อจท.)

4) ใบงาน 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์

5) แบบทดสอบย่อยที่ 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์

**การวัดและประเมินผล**

| ประเด็น | วิธีการวัด | เครื่องมือวัด | เกณฑ์การประเมิน |
|---|---|---|---|
| ด้านความรู้ (K) : นักเรียนสามารถ<br>1. อธิบายวิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยใช้แผนภาพต้นไม้ได้ถูกต้อง<br>2. อธิบายวิธีการหาผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดโดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตีได้ถูกต้อง | - การตอบคำถามในชั้นเรียนและแบบฝึกทักษะเรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์ | - การตอบคำถามในชั้นเรียนและแบบฝึกทักษะเรื่องแผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์ | ผ่านเกณฑ์การประเมินร้อยละ 70 ขึ้นไป |
| ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) : นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับแผนภาพต้นไม้และแผนภาพโพสสิบิลิตีไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง | - สังเกตการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน<br>- สังเกตจากการตอบคำถาม | - แบบประเมินด้านทักษะกระบวนการ | ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 2 (พอใช้) ขึ้นไป |
| ด้านคุณลักษณะ (A) :<br>1. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย<br>2. ตั้งใจใฝ่เรียนรู้ | - สังเกตการร่วมกิจกรรมและตอบคำถามในชั้นเรียน<br>- สังเกตจากการส่งงาน | - แบบประเมินด้านคุณลักษณะ | ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 2 (พอใช้) ขึ้นไป |

**เกณฑ์การประเมินผลจากการทำกิจกรรม**

80% ขึ้นไป หมายถึง ดีมาก
70-79% หมายถึง ดี
60-69% หมายถึง ปานกลาง
50-59% หมายถึง พอใช้
ต่ำกว่า 50% หมายถึง ปรับปรุง

**เกณฑ์การประเมินในด้านทักษะและกระบวนการ และคุณลักษณะ สามารถแบ่งเป็นระดับ 5 ระดับ ดังนี้**

| รายการประเมิน | คำอธิบายคุณภาพ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ดีมาก (5) | ดี (4) | ปานกลาง (3) | พอใช้ (2) | ปรับปรุง (1) |
| ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) : นักเรียนมีความสามารถนำความรู้เกี่ยวกับแผนภาพต้นไม้และแผนภาพโพสสิบิลิตีไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง | นำความรู้เรื่องแผนภาพต้นไม้และแผนภาพโพสสิบิลิตีมาใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน มีความแม่นยำสูง และประยุกต์ได้ดี | ใช้แผนภาพต้นไม้และแผนภาพโพสสิบิลิตีในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ มีข้อบกพร่องเล็กน้อย | นำความรู้เรื่องแผนภาพต้นไม้และแผนภาพโพสสิบิลิตีมาใช้แก้ปัญหาได้ในระดับพื้นฐาน แต่ยังมีข้อผิดพลาด | มีความสามารถใช้แผนภาพในการแก้ปัญหาได้บ้าง แต่ยังไม่ครบถ้วน และมีข้อบกพร่องหลายจุด | ไม่สามารถนำความรู้เรื่องแผนภาพมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ |
| ด้านคุณลักษณะ (A) : 1. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย 2. ตั้งใจใฝ่เรียนรู้ | แสดงความรับผิดชอบและตั้งใจใฝ่เรียนรู้สูงสุด ทำงานได้ครบถ้วนก่อนเวลาที่กำหนด และสนใจศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม | มีความรับผิดชอบและตั้งใจใฝ่เรียนรู้ดีมาก มอบหมายงานเสร็จตรงเวลา แต่ยังขาดการศึกษานอกเหนือเล็กน้อย | แสดงความรับผิดชอบในระดับพื้นฐาน ตั้งใจเรียนรู้พอประมาณ แต่งานบางชิ้นอาจเสร็จล่าช้าเล็กน้อย | มีความรับผิดชอบและตั้งใจเรียนรู้ในระดับต่ำ งานบางส่วนไม่เสร็จหรือขาดความเอาใจใส่ | ขาดความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับและขาดความตั้งใจใฝ่เรียนรู้อย่างชัดเจน |

**กิจกรรมเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

**ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง**

.....

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ครูพี่เลี้ยง

(.....)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

**ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้อำนวยการ**

.....

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้อำนวยการ

(.....)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

**กิจกรรมเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

**บันทึกผลหลังการสอน**

ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

ปัญหาอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

(ลงชื่อ).....ผู้สอน

(.....)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

**ภาคผนวก ก**

ในการแข่งขันกระดานเกม นักเรียนต้องทอดลูกเต๋า 2 ลูกพร้อมกัน เพื่อตัดสินผลการเดินหมาก ลูกเต๋าแต่ละลูกมีหมายเลข 1 ถึง 6 จงสร้างแผนภาพโพสสิบิลิตี้ที่แสดงผลลัพธ์ทั้งหมดของการทอดลูกเต๋า 2 ลูก และหาจำนวนวิธีที่ผลลัพธ์ที่ได้จาก $2a+b$ ของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 7, 8, 11, 12, 15 และ 18 โดย $a$ แทนลูกเต๋าลูกที่ 1 และ $b$ แทนลูกเต๋าลูกที่ 2

**ภาคผนวก ข**

**ใบงานที่ 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์**

ชื่อ-สกุล.....ชั้น..... เลขที่.....

**คำชี้แจ้ง** : ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา

**ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น**

.....

.....

.....

.....

**วิเคราะห์ปัญหา เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

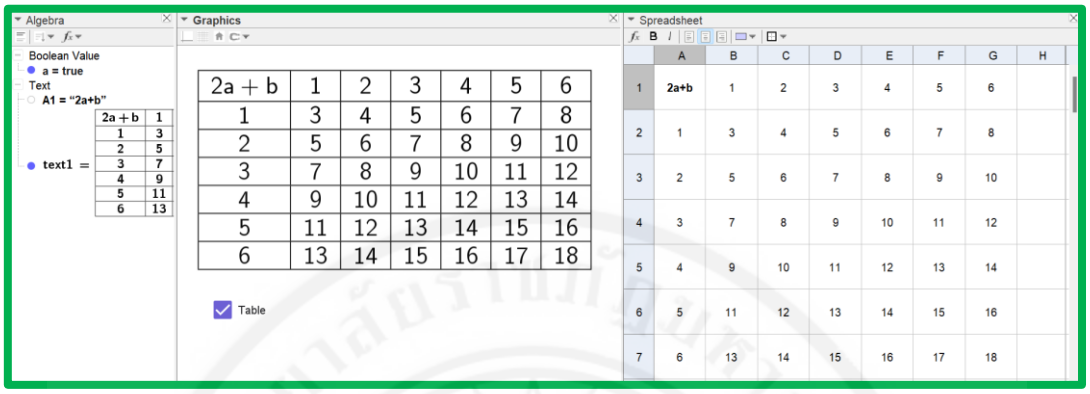
.....

.....

.....

.....

## ภาคผนวก ค




| 2a + b | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 4 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 5 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 6 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |

| 2a + b | 1 |
|---|---|
| 1 | 3 |
| 2 | 5 |
| 3 | 7 |
| 4 | 9 |
| 5 | 11 |
| 6 | 13 |

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2a+b | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 2 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| 3 | 2 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 4 | 3 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 5 | 4 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| 6 | 5 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
| 7 | 6 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | |

**ภาคผนวก ง**

**แบบทดสอบย่อยที่ 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์**

ชื่อ-สกุล.....ชั้น..... เลขที่.....

**คำชี้แจ้ง** : จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

**ข้อที่ 1** ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

**วิธีทำ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**วิธีทำ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**เฉลยแบบทดสอบย่อยที่ 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์**

ชื่อ-สกุล.....ชั้น..... เลขที่.....

**คำชี้แจ้ง** : จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

**ข้อที่ 1** ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

**วิธีทำ**

ลูกเต๋าลูกที่ 1

| ลูกเต๋าลูกที่ 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | (8) | (10) | (12) |
| 3 | 3 | 6 | (9) | (12) | (15) | (18) |
| 4 | 4 | (8) | (12) | (16) | (20) | (24) |
| 5 | 5 | (10) | (15) | (20) | (25) | (30) |
| 6 | 6 | (12) | (18) | (24) | (30) | (36) |

ดังนั้น จากแผนภาพโพสสิบิลิตี้ จะเห็นว่า จำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป เท่ากับ 22 วิธี

**ข้อที่ 2** ทอดลูกเต๋า 2 ลูก พร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ลูกเต๋าลูกที่ 1 ขึ้นแต้มคี่ และลูกเต๋าลูกที่ 2 ขึ้นแต้มที่มากกว่า 3 โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

**วิธีทำ**

ลูกเต๋าลูกที่ 1

| ลูกเต๋าลูกที่ 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | (4) | 4 | (4) | 4 | (4) | 4 |
| 5 | (5) | 5 | (5) | 5 | (5) | 5 |
| 6 | (6) | 6 | (6) | 6 | (6) | 6 |

ดังนั้น จากแผนภาพโพสสิบิลิตี้ จะเห็นว่า จำนวนวิธีที่ลูกเต๋าลูกที่ 1 ขึ้นแต้มคี่และลูกเต๋าลูกที่ 2 ขึ้นแต้มที่มากกว่า 3 เท่ากับ 9 วิธี

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์**

**คณิตศาสตร์พื้นฐาน ค31102** **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**จำนวนข้อสอบ 25 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน** **โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร**

**ใช้เวลาสอบ 1 ชั่วโมง 30 นาที** **เทศบาลเมืองมหาสารคาม**

---

**มาตรฐานและตัวชี้วัด**

ค 3.2 ม. 4/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา

ตอนที่ 1 ข้อ 1 – 20 20 คะแนน

ตอนที่ 2 ข้อ 21 – 25 10 คะแนน

---

**<u>คำชี้แจง</u>** 1. ข้อสอบมี 2 ตอน คะแนนเต็ม 30 คะแนน

ตอนที่ 1 ข้อสอบปรนัย มีจำนวน 20 ข้อละ 1 คะแนน รวม 20 คะแนน

ตอนที่ 2 ข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน รวม 10 คะแนน

2. นักเรียนสามารถนำโทรศัพท์และเครื่องช่วยคำนวณเข้าห้องสอบ

3. นักเรียนที่ทุจริตในการสอบ และนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องจะได้คะแนนเป็นศูนย์

---

**<u>คำสั่ง</u>** ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วกากบาท (x) ลงในกระดาษคำตอบที่แจกให้เท่านั้น

1. กำหนด $A=\{1,2,3,4\}$ และ $B=\{4,8,12\}$ ถ้า $x\in A$ และ $y\in B$ ให้หาว่าจะสร้างคู่อันดับ ได้ทั้งหมดกี่วิธี

ก. 7 ข. 8 ค. 12

ง. 15 จ. 16

2. ให้นำตัวอักษรจากคำว่า "MATH" มาจัดเรียงเป็นคำที่แตกต่างกัน โดยไม่คำนึงถึงความหมาย จะจัดเรียงได้ทั้งหมดกี่คำ

ก. 12 ข. 24 ค. 6

ง. 4 จ. 36

3. ถ้าในกลุ่มนักเรียนมีจำนวน 7 คน ในการทำงานกลุ่มงานหนึ่ง นักเรียนจะเลือกประธานและรองประธานได้กี่วิธี

ก. 7 ข. 14 ค. 24

ง. 36 จ. 42

4. ถ้านักเรียนมีหนังสือ 5 เล่มที่แตกต่างกัน และต้องการจัดเรียงบนชั้นวาง นักเรียนสามารถจัดเรียงได้กี่วิธี

ก. 10 ข. 20 ค. 120

ง. 5 จ. 60

5. นักเรียนสามารถสร้างคำที่มีตัวอักษร 3 ตัวโดยใช้ตัวอักษร A, B, C และ D ได้กี่คำ (อนุญาตให้ใช้คำซ้ำได้)

ก. 64 ข. 81 ค. 27

ง. 24 จ. 12

6. จงหาค่าของ $P_{6,2} - P_{4,4}$ เท่ากับเท่าไหร่

ก. 6 ข. 8 ค. 10

ง. 12 จ. 14

7. ในการวิ่ง 400 เมตร มีผู้เข้าแข่งขันทั้งหมด 6 คน อยากทราบว่าจะมีการแจกเหรียญรางวัลสำหรับผู้ที่เข้าเส้นชัยเป็นอันดับที่ 1, 2 และ 3 ได้กี่วิธี

ก. 110 ข. 115 ค. 120

ง. 125 จ. 130

8. ถ้าโยนเหรียญห้าบาท 1 เหรียญ 3 ครั้ง อยากทราบว่าเหรียญจะหงายหน้าต่าง ๆ ได้ทั้งหมดกี่วิธี

ก. 1 ข. 2 ค. 4

ง. 6 จ. 8

9. ในการเลือกเสื้อสำหรับใส่ไปเรียน นักเรียนมีเสื้อเชิ้ต 3 ตัว เสื้อยืด 4 ตัว และเสื้อกันหนาว 2 ตัว นักเรียนสามารถเลือกเสื้อได้กี่แบบ หากต้องเลือกเสื้อเพียง 1 ตัวต่อวัน

ก. 7 ข. 8 ค. 9

ง. 10 จ. 24

10. ถ้าต้องจัดตั้งคณะกรรมการนักเรียนโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร จำนวน 4 คน จากกลุ่ม 8 คน สามารถทำได้กี่วิธี

ก. 16 ข. 70 ค. 336

ง. 56 จ. 4

11. หากมีลูกบอลสีแดง 3 ลูก สีน้ำเงิน 2 ลูก และลูกบอลสีเขียว 2 ลูก นักเรียนสามารถจัดเรียงลูกบอลเหล่านี้ติดต่อกันได้กี่วิธี

ก. 120 ข. 60 ค. 210

ง. 240 จ. 5040

12. ถ้า $n! = 24$ และ $\frac{m!}{(m-2)!} = 20$ แล้ว เท่ากับเท่าไหร่

ก. 1 ข. 3 ค. 5

ง. 7 จ. 9

13. หากไอศกรีมมี 7 รสชาติที่แตกต่างกัน และนักเรียนต้องการเลือก 3 รสชาติต่อโคน จะผสมกันได้กี่รสชาติ

ก. 7 ข. 14 ค. 21

ง. 28 จ. 35

14. จงหาค่าของ $C_{6,2} - C_{4,4}$ เท่ากับเท่าไหร่

ก. 10 ข. 14 ค. 20

ง. 25 จ. 32

15. จงหาค่าของ $C_{6,2}-P_{4,3}+C_{5,3}$ เท่ากับเท่าไหร่

ก. -2 ข. -1 ค. 0

ง. 1 จ. 2

16. ถ้า $C_{n,3}=10$ แล้วจงหา $P_{n,3}$ เท่ากับเท่าไหร่

ก. 20 ข. 25 ค. 55

ง. 60 จ. 65

17. ในการเดินทางจากบ้านไปโรงเรียน นักเรียนสามารถเลือกเดินทางได้ 3 วิธี คือ เดินเท้า ขี่จักรยาน หรือนั่งรถประจำทาง ถ้านักเรียนเดินเท้าได้ 2 เส้นทาง ขี่จักรยานได้ 3 เส้นทาง และนั่งรถประจำทางได้ 1 เส้นทาง นักเรียนมีทางเลือกในการเดินทางทั้งหมดกี่วิธี

ก. 3 ข. 6 ค. 9

ง. 12 จ. 16

18. ถ้านักเรียนสามารถเลือกปากกาวิเศษจำนวน 3 แท่ง จากกล่องสุ่มปริศนาทั้งหมด 10 กล่อง นักเรียนจะเลือกได้กี่วิธี โดยไม่สนใจลำดับที่นักเรียนเลือก

ก. $\frac{10!}{3!4!}$ ข. $\frac{10!}{3!}$ ค. $C_{10,3}$

ง. $P_{10,3}$ จ. 100

19. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

ก. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการเรียงสับเปลี่ยน

ข. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่

ค. การจัดเรียงเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยไม่ยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการเรียงสับเปลี่ยน

ง. การจัดกลุ่มเพียงบางส่วนหรือทั้งหมดโดยไม่ยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่า วิธีการจัดหมู่

จ. การจัดเรียงทั้งหมดเท่านั้น โดยยึดลำดับที่เป็นสำคัญ เรียกการจัดเรียงนี้ว่าวิธีการจัดหมู่

20. การจัดหมู่ (Combination) หาได้จากสูตร $C_{n,r}$ หรือ $\binom{n}{r}$ วิธี

เมื่อ $C_{n,r}=\frac{n!}{(n-r)!r!}$ โดยที่ $n$ คือจำนวนสิ่งของที่แตกต่างกัน $n$ สิ่ง และถูกเลือกขึ้นมา $r$ สิ่ง ซึ่งค่า $r$ มีค่าอยู่ระหว่างค่าใด

ก. $0<r\leq n$

ข. $0\leq r<n$

ค. $0\leq r\leq n$

ง. $0>r\geq n$

จ. $1>r\geq n$

**เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. ค | 2. ข | 3. จ | 4. ค | 5. ก | 6. ก | 7. ค | 8. จ | 9. ค | 10. ข |
| 11. ค | 12. จ | 13. จ | 14. ข | 15. ง | 16. ง | 17. ข | 18. ค | 19. ก | 20. ค |

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

**ชื่อ**.....**ชั้น ม.4/**.....**เลขที่**.....

**<u>ตอนที่ 2</u>** จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน

21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธี จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

22. มีจุด 13 จุด อยู่บนเส้นรอบวงกลมวงหนึ่ง จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมโดยใช้จุดเหล่านี้เป็นจุดยอดมุมได้กี่รูป จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

23. ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

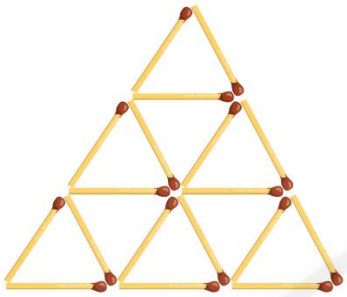
24. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ผู้ตอบแบบสอบถามจะมีวิธีเลือกตอบแบบสอบถามกี่วิธี ถ้า

1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย

2) คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

3) คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

25. น้องนุนิวและเฮียซีพฤกษ์ ได้ช่วยกันเรียงไม้ขีดไฟ ที่แต่ละก้านยาว 1 หน่วย ดังรูปข้างล่าง ให้นักเรียนหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการเรียงไม้ขีดไฟนี้



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**<u>เฉลยตอนที่ 2</u>** จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน

---

21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธี จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

<u>วิธีทำ</u> จากผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน มีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกันจะได้จำนวนวิธีในการคัดเลือกคนเข้าทำงาน เท่ากับ

$$P_{7,3} = \frac{7!}{(7-3)!} = \frac{7!}{4!} = \frac{7\times6\times5\times4!}{4!} = 7\times6\times5 = 210 \text{ วิธี}$$

ดังนั้น บริษัทจะคัดเลือกคนเข้าทำงานได้ 210 วิธี

22. มีจุด 13 จุด อยู่บนเส้นรอบวงกลมวงหนึ่ง จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมโดยใช้จุดเหล่านี้เป็นจุดยอดมุมได้กี่รูป จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

<u>วิธีทำ</u> เนื่องจากจุดยอดมุมของรูปสามเหลี่ยมมี 3 จุด จะได้สร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมได้ $C_{13,3}$ วิธี

$$C_{13,3} = \frac{13!}{(13-3)!3!} = \frac{13!}{10!3!} = \frac{13\times12\times11\times10!}{3\times2\times10!}$$

$$= \frac{13\times12\times11}{3\times2}$$

$$= 286$$

ดังนั้น จะสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลม 286 รูป

23. ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

วิธีทำ

| x | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | (8) | (10) | (12) |
| 3 | 3 | 6 | (9) | (12) | (15) | (18) |
| 4 | 4 | (8) | (12) | (16) | (20) | (24) |
| 5 | 5 | (10) | (15) | (20) | (25) | (30) |
| 6 | 6 | (12) | (18) | (24) | (30) | (36) |

ดังนั้น จากแผนภาพโพสสิบิลิตี้ จะเห็นว่า จำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป เท่ากับ 22 วิธี

24. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ผู้ตอบแบบสอบถามจะมีวิธีเลือกตอบแบบสอบถามกี่วิธี ถ้า

1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย
2) คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด
3) คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย

วิธีทำ

ข้อที่ 1 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ข้อที่ 2 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ข้อที่ 3 เลือกตอบได้ 5 วิธี

⋮

ข้อที่ 15 เลือกตอบได้ 4 วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบแบบสอบถาม โดยที่คำถามข้อสุดท้าย ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยเท่ากับ $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 4$

$= 5^{14} \times 4$

ตอบ $5^{14} \times 4$ วิธี

2) คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

วิธีทำ

ข้อที่ 1 – 5 เลือกตอบได้ 4 วิธี

ข้อที่ 6 – 15 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบแบบสอบถาม โดยที่คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด เท่ากับ $4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5$

$= 4^5 \times 5^{10}$ วิธี

ตอบ $4^5 \times 5^{10}$ วิธี

3) คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

วิธีทำ

ข้อที่ 1 – 5 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ข้อที่ 6 – 10 เลือกตอบได้ 1 วิธี

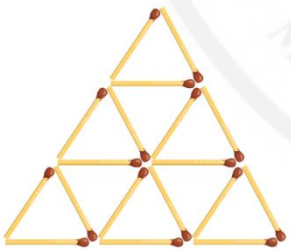
ข้อที่ 11 – 15 เลือกตอบได้ 1 วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบแบบสอบถาม โดยที่คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมากเท่ากับ

$5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 5^5 + 1^{10}$ วิธี

ตอบ $5^5$ วิธี

25. น้องนุนิวและเฮียซีพฤกษ์ ได้ช่วยกันเรียงไม้ขีดไฟ ที่แต่ละก้านยาว 1 หน่วย ดังรูปข้างล่าง ให้นักเรียนหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการเรียงไม้ขีดไฟนี้



วิธีทำ การทำงานแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

แบบที่ 1 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ยาวด้านละ 1 หน่วยมีทั้งหมด 9 รูป

แบบที่ 2 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ยาวด้านละ 2 หน่วยมีทั้งหมด 3 รูป

แบบที่ 3 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ยาวด้านละ 3 หน่วยมีทั้งหมด 1 รูป

ดังนั้น จำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีทั้งหมด $9 + 3 + 1 = 13$ รูป

**แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์**

**ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนกรอกข้อมูลลงในช่องว่าง และทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง ( ) หน้าข้อความ ที่ตรงกับนักเรียน

เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

**ตอนที่ 2 แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นที่แท้จริงของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพียงข้อละหนึ่งระดับ และโปรดตอบให้ครบทุกข้อ

**แบบประเมินเจตคติข้อความเชิงบวก**

| ข้อที่ | ข้อความ | เห็นด้วยอย่างยิ่ง | เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ส่งเสริมการให้เหตุผล | | | | | |
| 2 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ | | | | | |
| 3 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เรียนแล้วสนุก เปลี่ยนจากเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย | | | | | |
| 4 | ข้าพเจ้าคิดว่ามีเนื้อหาที่สามารถใช้ในอนาคตได้ | | | | | |
| 5 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ยิ่งเรียนยิ่งน่าสนใจ | | | | | |
| 6 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เมื่อเรียนได้ดีแล้วจะนำไปต่อยอดในวิชาอื่นๆได้ | | | | | |
| 7 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีกระบวนการแก้ปัญหา | | | | | |
| 8 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ชอบเรียนมากกว่าวิชาอื่น ๆ | | | | | |

| ข้อที่ | ข้อความ | เห็นด้วยอย่างยิ่ง | เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | ข้าพเจ้ารู้สึกถึงความสำเร็จเมื่อข้าพเจ้าทำได้ดีในวิชาคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 10 | ข้าพเจ้าชอบพูดคุยกับเพื่อนหรือครอบครัวเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 11 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่มีความสุขทุกครั้งที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ | | | | | |

**แบบประเมินเจตคติข้อความเชิงลบ**

| ข้อที่ | ข้อความ | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ไม่เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ | เห็นด้วย | เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก ซับซ้อน น่าเบื่อและไร้จุดหมาย | | | | | |
| 2 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ไม่มีเหตุผล | | | | | |
| 3 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ทำให้เกิดความท้อถอยในการเรียน | | | | | |
| 4 | ข้าพเจ้าคิดว่าคณิตศาสตร์ยากเกินไปสำหรับข้าพเจ้าที่จะเข้าใจ | | | | | |
| 5 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ทำให้ปวดหัวทุกครั้งที่เรียน | | | | | |
| 6 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่ต้องปรึกษาเพื่อนในการทำแบบฝึกหัดและการบ้านคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 7 | ข้าพเจ้าคิดว่าเป็นวิชาที่เรียนเข้าใจง่าย | | | | | |
| 8 | ข้าพเจ้าไม่อยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์ | | | | | |

| ข้อที่ | ข้อความ | เห็นด้วยอย่างยิ่ง | เห็นด้วย | ไม่แน่ใจ | ไม่เห็นด้วย | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | ข้าพเจ้ารู้สึกวิตกกังวลใจและเครียดเมื่อต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์ | | | | | |

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือด้วยดี
นายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี
นักศึกษาปริญญาโท สาขาคณิตศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

**แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์**

**ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนกรอกข้อมูลลงในช่องว่าง และทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง ( ) หน้าข้อความ ที่ตรงกับนักเรียน

เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

**ตอนที่ 2 แบบวัดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์**

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นที่แท้จริงของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพียงข้อละหนึ่งระดับ และโปรดตอบให้ครบทุกข้อ

| ข้อที่ | ข้อความ | เห็นด้วยมากที่สุด | เห็นด้วยมาก | เห็นด้วยปานกลาง | เห็นด้วยน้อย | เห็นด้วยน้อยที่สุด |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ข้าพเจ้ารู้สึกไม่ชอบเรียนในชั่วโมงคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 2 | ข้าพเจ้ารู้สึกเครียดเมื่อต้องเรียนคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 3 | ข้าพเจ้ารู้สึกไม่สบายใจเมื่อต้องเรียนคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 4 | ข้าพเจ้ารู้สึกท้อเมื่อได้ทำงานเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 5 | ข้าพเจ้ารู้สึกอึดอัดเมื่อครูให้ตอบคำถาม | | | | | |
| 6 | ข้าพเจ้าตื่นตระหนก ถ้าตอบคำถามจากคุณครูผิด | | | | | |
| 7 | ข้าพเจ้ารู้สึกเครียดเมื่อครูถามโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อน | | | | | |
| 8 | ข้าพเจ้ารู้สึกเครียดเมื่อเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ซับซ้อนมากขึ้น | | | | | |
| 9 | ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลที่จะทำงานที่ครูมอบหมายส่งให้ไม่ทัน | | | | | |
| 10 | ข้าพเจ้ากลัวว่าจะทำแบบฝึกหัดหลายข้อ เพียงคนเดียว | | | | | |

| ข้อที่ | ข้อความ | เห็นด้วยมากที่สุด | เห็นด้วยมาก | เห็นด้วยปานกลาง | เห็นด้วยน้อย | เห็นด้วยน้อยที่สุด |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวการสอบเก็บคะแนน | | | | | |
| 12 | ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนจะสอบตกวิชาคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 13 | ข้าพเจ้ารู้สึกเป็นกังวลเมื่อต้องอ่านโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ยาวๆ | | | | | |
| 14 | ข้าพเจ้ารู้สึกไม่มั่นใจเมื่อต้องคำนวณตัวเลขมากๆ | | | | | |
| 15 | ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวที่เพื่อนมาถามเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 16 | ข้าพเจ้ากลัวที่จะได้คะแนนวิชาคณิตศาสตร์น้อยกว่าเพื่อน | | | | | |
| 17 | ข้าพเจ้ากลัวว่าจะได้ออกไปทำโจทย์ปัญหาหน้าชั้นเรียน | | | | | |
| 18 | ข้าพเจ้ากลัวว่าจะทำแบบฝึกหัดที่ครูให้ไม่ได้ | | | | | |
| 19 | ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลใจเวลาเพื่อนอธิบายโจทย์วิชาคณิตศาสตร์ให้ฟัง | | | | | |
| 20 | ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลใจที่เพื่อนตอบคำถามครูได้ | | | | | |
| 21 | ข้าพเจ้ารู้สึกกลัวว่าจะสอบคณิตศาสตร์ไม่ผ่าน | | | | | |

| ข้อที่ | ข้อความ | เห็นด้วยมากที่สุด | เห็นด้วยมาก | เห็นด้วยปานกลาง | เห็นด้วยน้อย | เห็นด้วยน้อยที่สุด |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | ข้าพเจ้ารู้สึกเหมือนกำลังเสียเวลาไปกับการทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | | | | | |

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือด้วยดี
นายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี
นักศึกษาปริญญาโท สาขาคณิตศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

# ภาคผนวก ข

## การหาคุณภาพเครื่องมือ

**ตารางที่ ข.1** การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ

| รายการประเมิน | คะแนนเฉลี่ยจำนวน 10 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ | | | | | ค่าเฉลี่ย | ระดับคุณภาพ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้<br>1. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ครบถ้วน | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | เหมาะสมมากที่สุด |
| จุดประสงค์การเรียนรู้<br>1. มีความครอบคลุมในด้านความรู้ ทักษะคุณลักษณะอันพึงประสงค์<br>2. มีความชัดเจน<br>3. จุดประสงค์มีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียน<br>4. จุดประสงค์มีความเหมาะสมกับเวลา | 4.53 | 4.5 | 4.5 | 4.55 | 4.53 | 4.52 | เหมาะสมมากที่สุด |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.1 (ต่อ)**

| รายการประเมิน | คะแนนเฉลี่ย จำนวน 10 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ | | | | | ค่าเฉลี่ย | ระดับคุณภาพ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| สาระการเรียนรู้<br>1. มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้<br>2. มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน<br>3. มีการจัดลำดับจากง่ายไปยากได้อย่างเหมาะสม<br>4. มีความถูกต้องและชัดเจน<br>5. มีความเหมาะสมกับเวลาสามารถนำไปสอนได้จริง | 4.60 | 4.50 | 4.60 | 4.46 | 4.52 | 4.54 | เหมาะสมมากที่สุด |
| กิจกรรมการเรียนรู้<br>1. การสร้างกลุ่มและนำเสนอปัญหา<br>2. การวิเคราะห์รวบรวมและเรียนรู้ประเด็นปัญหา<br>3. การดำเนินการแก้ปัญหา<br>4. การนำเสนอคำตอบของปัญหา<br>5. การสรุปความรู้และประเมินผล | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | เหมาะสมมากที่สุด |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.1 (ต่อ)**

| รายการประเมิน | คะแนนเฉลี่ยจำนวน 10 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ | | | | | ค่าเฉลี่ย | ระดับคุณภาพ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้<br>1. มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้<br>2. มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>3. สื่อการเรียนการสอนเร้าความสนใจของผู้เรียนเหมาะสมกับระดับชั้นและวัยของผู้เรียน | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | เหมาะสมมากที่สุด |
| ด้านการวัดผลและประเมินผล<br>1. สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้<br>2. สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>3. ส่งเสริมการวัดความรู้ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์<br>4. การวัดผลที่ระบุสามารถประเมินได้ใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม | 4.51 | 4.53 | 4.57 | 4.54 | 4.46 | 4.52 | เหมาะสมมากที่สุด |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.1 (ต่อ)**

| รายการประเมิน | คะแนนเฉลี่ยจำนวน 10 แผน จากผู้เชี่ยวชาญ | | | | | ค่าเฉลี่ย | ระดับคุณภาพ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | |
| 5. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ | | | | | | | |
| 6. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมเจตคติของนักเรียนได้ | | | | | | | |
| 7. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลดความวิตกกังวลของนักเรียนได้ | | | | | | | |

**ตารางที่ ข.2** การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม ( $IOC$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | รวม | $IOC$ | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.2 (ต่อ)**

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | รวม | *IOC* | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | | |
| 6 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 7 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 8 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 9 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 10 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 11 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 12 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 13 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 14 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 15 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 16 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 17 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 18 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 19 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 20 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |

จากตารางที่ ข.2 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: *IOC*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย จำนวน 20 ข้อคำถาม มีค่า *IOC* ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

**ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น**

ค่าอำนาจจำแนกจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ ข.3

**ตารางที่ ข.3** ค่าอำนาจจำแนก ( $B$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $r_{cc}$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย

| คำถาม | ค่าอำนาจจำแนก ( $B$ ) |
|---|---|
| 1 | 0.667 |
| 2 | 0.333 |
| 3 | 0.333 |
| 4 | 0.500 |
| 5 | 0.233 |
| 6 | 0.533 |
| 7 | 0.467 |
| 8 | 0.667 |
| 9 | 0.467 |
| 10 | 0.467 |
| 11 | 0.267 |
| 12 | 0.333 |
| 13 | 0.467 |
| 14 | 0.667 |
| 15 | 0.533 |
| 16 | 0.267 |
| 17 | 0.533 |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.3 (ต่อ)**

| คำถาม | ค่าอำนาจจำแนก ( $B$ ) |
|---|---|
| 18 | 0.233 |
| 19 | 0.233 |
| 20 | 0.333 |
| ค่าความเชื่อมั่น ( $r_{cc}$ ) | 0.724 |

จากตารางที่ ข.3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย คำนวณจากสูตรของเบรนแนน (Brennan's Index: $B$ -Index) มีค่าอำนาจจำแนกได้ดีมาก (0.60-1.00) จำนวน 3 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกได้ดี (0.40-0.59) จำนวน 8 ข้อ และมีค่าอำนาจจำแนกได้พอใช้ (0.20-0.39) จำนวน 9 ข้อ แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด และมีค่าความเชื่อมั่น ( $r_{cc}$ ) คำนวณจากสูตรการหาความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของโลเวทท์ (Lovett's Method) เท่ากับ 0.724

**ค่าความยากง่าย**

ค่าความยากง่ายจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 25 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ ข.4

**ตารางที่ ข.4** ค่าความยากง่าย ( $p$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

| คำถาม | ค่าความยากง่าย ( $p$ ) |
|---|---|
| 1 | 0.59 |
| 2 | 0.59 |
| 3 | 0.56 |
| 4 | 0.59 |
| 5 | 0.59 |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.4 (ต่อ)**

| คำถาม | ค่าความยากง่าย ( $p$ ) |
|---|---|
| 6 | 0.51 |
| 7 | 0.44 |
| 8 | 0.54 |
| 9 | 0.56 |
| 10 | 0.51 |
| 11 | 0.41 |
| 12 | 0.23 |
| 13 | 0.59 |
| 14 | 0.59 |
| 15 | 0.54 |
| 16 | 0.21 |
| 17 | 0.59 |
| 18 | 0.59 |
| 19 | 0.46 |
| 20 | 0.23 |

จากตารางที่ ข.4 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบปรนัย มีค่าความยากง่ายในระดับปานกลาง (0.40-0.59) จำนวน 17 ข้อ และในระดับค่อนข้างยาก (0.20-0.39) จำนวน 3 ข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ดัชนีค่าความยาก 0.20-0.80 แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

**ตารางที่ ข.5** การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม ( $IOC$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | รวม | $IOC$ | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |

จากตารางที่ ข.5 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: $IOC$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อคำถาม มีค่า $IOC$ ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

**ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น**

ค่าอำนาจจำแนกจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ ข.6

**ตารางที่ ข.6** ค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) และค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

| คำถาม | ค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) |
|---|---|
| 1 | 0.409 |
| 2 | 0.500 |
| 3 | 0.455 |
| 4 | 0.591 |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.6 (ต่อ)**

| คำถาม | ค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) |
|---|---|
| 5 | 0.364 |
| ค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) | 0.861 |

จากตารางที่ ข.6 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) มีค่าอำนาจจำแนกได้ดี (0.40-0.59) จำนวน 4 ข้อ และมีค่าอำนาจจำแนกได้พอใช้ (0.20-0.39) จำนวน 1 ข้อ แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด และมีค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.861

**ค่าความยากง่าย**

ค่าความยากง่ายจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ ข.7

**ตารางที่ ข.7** ค่าความยากง่าย ( $p$ ) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย

| คำถาม | ค่าความยากง่าย ( $p$ ) |
|---|---|
| 1 | 0.49 |
| 2 | 0.49 |
| 3 | 0.47 |
| 4 | 0.47 |
| 5 | 0.38 |

จากตารางที่ ข.7 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น แบบอัตนัย คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) มีค่าความยากง่ายในระดับปานกลาง (0.40-0.59) จำนวน 4 ข้อ

และในระดับค่อนข้างยาก (0.20-0.39) จำนวน 1 ข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ดัชนีค่าความยาก 0.20-0.80 แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

**ตารางที่ ข.8** การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม ( $IOC$ ) ของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | รวม | $IOC$ | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | | |
| 1 | 0 | +1 | +1 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 6 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 7 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 8 | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 9 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 10 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 11 | 0 | +1 | +1 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 12 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 13 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 14 | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 15 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 16 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 17 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 18 | 0 | +1 | +1 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.8 (ต่อ)**

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | รวม | $IOC$ | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | | |
| 19 | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 20 | 0 | +1 | +1 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |

จากตารางที่ ข.8 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: $IOC$) ของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อคำถาม มีค่า $IOC$ ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

**ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น**

ค่าอำนาจจำแนกจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ ข.9

**ตารางที่ ข.9** ค่าอำนาจจำแนก ($D$) และค่าความเชื่อมั่น ($\alpha$) ของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

| คำถาม | ค่าอำนาจจำแนก ($D$) |
|---|---|
| 1 | 0.485 |
| 2 | 0.333 |
| 3 | 0.273 |
| 4 | 0.515 |
| 5 | 0.341 |
| 6 | 0.394 |
| 7 | 0.364 |
| 8 | 0.545 |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.9 (ต่อ)**

| คำถาม | ค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) |
|---|---|
| 9 | 0.386 |
| 10 | 0.500 |
| 11 | 0.477 |
| 12 | 0.455 |
| 13 | 0.242 |
| 14 | 0.364 |
| 15 | 0.205 |
| 16 | 0.227 |
| 17 | 0.273 |
| 18 | 0.303 |
| 19 | 0.295 |
| 20 | 0.250 |
| ค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) | 0.856 |

จากตารางที่ ข.9 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) มีค่าอำนาจจำแนกได้ดี (0.40-0.59) จำนวน 6 ข้อ และมีค่าอำนาจจำแนกได้พอใช้ (0.20-0.39) จำนวน 14 ข้อ แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด และมีค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.856

**ตารางที่ ข.10** การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างคำถาม ( $IOC$ ) ของแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | รวม | $IOC$ | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | 0 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 6 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 7 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 8 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 9 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 10 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 11 | +1 | +1 | +1 | +1 | 0 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 12 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 13 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 14 | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 15 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 16 | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 17 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 18 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 19 | +1 | +1 | +1 | 0 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |
| 20 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.10 (ต่อ)**

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ | | | | | รวม | $IOC$ | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | คนที่ 4 | คนที่ 5 | | | |
| 21 | +1 | +1 | +1 | +1 | +1 | 5 | 1 | สอดคล้อง |
| 22 | +1 | 0 | +1 | +1 | +1 | 4 | 0.8 | สอดคล้อง |

จากตารางที่ ข.10 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence : $IOC$) ของแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 22 ข้อคำถาม มีค่า $IOC$ ระหว่าง 0.80-1.00 ทุกข้อ ซึ่งผ่านเกณฑ์ 0.60 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

**ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น**

ค่าอำนาจจำแนกจะเป็นการดูความเหมาะสมรายข้อ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 22 ข้อ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ ข.11

**ตารางที่ ข.11** ค่าอำนาจจำแนก ($D$) และค่าความเชื่อมั่น ($\alpha$) ของแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

| คำถาม | ค่าอำนาจจำแนก ($D$) |
|---|---|
| 1 | 0.409 |
| 2 | 0.477 |
| 3 | 0.409 |
| 4 | 0.273 |
| 5 | 0.364 |
| 6 | 0.295 |
| 7 | 0.432 |
| 8 | 0.318 |

(ต่อ)

**ตารางที่ ข.11 (ต่อ)**

| คำถาม | ค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) |
|---|---|
| 9 | 0.364 |
| 10 | 0.455 |
| 11 | 0.409 |
| 12 | 0.341 |
| 13 | 0.318 |
| 14 | 0.273 |
| 15 | 0.295 |
| 16 | 0.318 |
| 17 | 0.295 |
| 18 | 0.341 |
| 19 | 0.386 |
| 20 | 0.614 |
| 21 | 0.318 |
| 22 | 0.523 |
| ค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) | 0.940 |

จากตารางที่ ข.11 พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ คำนวณจากสูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970) มีค่าอำนาจจำแนกได้ดีมาก (0.60-1.00) จำนวน 1 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกได้ดี (0.40-0.59) จำนวน 7 ข้อ และมีค่าอำนาจจำแนกได้พอใช้ (0.20-0.39) จำนวน 14 ข้อแสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด และมีค่าความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.940

# ภาคผนวก ค

# รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

# รายนามผู้เชี่ยวชาญ

| | |
|---|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส | อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์<br>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม<br>ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญลักษณ์ เขจรภักดิ์ | อาจารย์สาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน<br>คณะครุศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม<br>ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน |
| 3. อาจารย์วริดา พลาศรี | อาจารย์สาขาสาขาวิชาสถิติศาสตร์ประยุกต์<br>คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี<br>มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม<br>ผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติ |
| 4. คุณครูพรลภัส ศิลป์ศิริวานิชย์ | ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระคณิตศาสตร์<br>โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร<br>ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์ |
| 5. คุณครูไพสนธ์ ภูหัดธรรม | ครูชำนาญการ กลุ่มสาระคณิตศาสตร์<br>โรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร<br>ผู้เชี่ยวชาญทางด้านคณิตศาสตร์ |

# ภาคผนวก ง

# การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติ

# การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ

## ง.1 สถิติทดสอบ (One Sample $t$-test)

### ง.1.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ $t$- test (One Sample $t$-test) คือ ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

ง.1.1.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

$H_0$ : คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

ง.1.1.2 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha$ = 0.05

Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Statistic | *df* | *Sig.* | Statistic | *df* | *Sig.* |
| ผลสัมฤทธิ์หลังเรียน | .135 | 39 | .071 | .965 | 39 | .267 |

a. Lilliefors Significance Correction

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า *Sig.* = .267 ซึ่งมากกว่า $\alpha$ = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ $H_0$ นั่นคือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

**ง.1.2 ข้อตกลงเบื้องต้นของคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ $t$ - test (One Sample $t$ -test) คือ ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

ง.1.2.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

$H_0$ : คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

ง.1.2.2 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha$ = 0.05

Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Statistic | *df* | *Sig.* | Statistic | *df* | *Sig.* |
| เจตคติหลังเรียน | .140 | 39 | .052 | .955 | 39 | .124 |

a. Lilliefors Significance Correction

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .124 ซึ่งมากกว่า $\alpha$ = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ $H_0$ นั่นคือ คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

## ง.2 สถิติทดสอบ (Dependent-Sample $t$-test)

### ง.2.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ $t$- test (Dependent-Sample $t$-test) คือ ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

ง.2.1.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

$H_0$ : คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

ง.2.1.2 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha$ = 0.05

Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Statistic | *df* | *Sig.* | Statistic | *df* | *Sig.* |
| ผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน | .108 | 39 | .200* | .945 | 39 | .056 |
| ผลสัมฤทธิ์หลังเรียน | .135 | 39 | .071 | .965 | 39 | .267 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียนโดยใช้ สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .056 และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียนโดยใช้ สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .267 ซึ่งทั้งสองค่ามากกว่า $\alpha$ = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ $H_0$ นั่นคือ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

**ง.2.2 ข้อตกลงเบื้องต้นของคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ $t$ - test (Dependent-Sample $t$ -test) คือ ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

ง.2.2.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

$H_0$ : คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

ง.2.2.2 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha$ = 0.05

Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Statistic | *df* | *Sig.* | Statistic | *df* | *Sig.* |
| เจตคติก่อนเรียน | .104 | 39 | .200* | .975 | 39 | .536 |
| เจตคติหลังเรียน | .140 | 39 | .052 | .955 | 39 | .124 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียน โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .536 และคะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .124 ซึ่งทั้งสองค่ามากกว่า $\alpha$ = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ $H_0$ นั่นคือ คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

## ง.3 สถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure

### ง.3.1 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure คือ ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต้องมีการแจกแจงแบบปกติ และการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนในแต่ละช่วงการวัดซ้ำ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

ง.3.1.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

$H_0$ : คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

ง.3.1.2 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha$ = 0.05

Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Statistic | *df* | *Sig.* | Statistic | *df* | *Sig.* |
| เจตคติก่อนเรียน | .104 | 39 | .200* | .975 | 39 | .536 |
| เจตคติหลังคาบที่ 2 | .92 | 39 | .200* | .981 | 39 | .737 |
| เจตคติหลังคาบที่ 4 | .115 | 39 | .200* | .952 | 39 | .093 |
| เจตคติหลังคาบที่ 6 | .141 | 39 | .049 | .947 | 39 | .064 |
| เจตคติหลังคาบที่ 8 | .143 | 39 | .044 | .962 | 39 | .209 |
| เจตคติหลังคาบที่ 10 | .099 | 39 | .200* | .983 | 39 | .808 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียน โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า *Sig.* = .536 คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 2 โดย

ใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .737 คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 4 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .093 คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 6 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .064 คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 8 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .209 และคะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 10 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .808 ซึ่งทั้งหกค่ามากกว่า $\alpha$ = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ $H_0$ นั่นคือ คะแนนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

3. การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนในแต่ละช่วงการวัดซ้ำ

Mauchly's Test of Sphericity[a]

Measure: Attitude

| Within Subjects Effect | Mauchly's W | Approx. Chi-Square | *df* | *Sig.* | Epsilon[b] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Greenhouse -Geisser | Huynh-Feldt | Lower-bound |
| Time | .828 | 6.827 | 14 | .941 | .935 | 1.000 | .200 |

Tests the null hypothesis that the error covariance matrix of the orthonormalized transformed dependent variables is proportional to an identity matrix.

a. Design: Intercept
Within Subjects Design: Attitude

b. May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสถิติทดสอบ Mauchly's Test of Sphericity พบว่าจากค่าสถิติ Mauchly's W = .828 และมีค่า $Sig.$ = .941 ซึ่งไม่มี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่าๆ กัน จึงเลือกใช้การอ่านค่าแบบ Sphericity Assumed ดังนั้น สามารถใช้ผลการวิเคราะห์แบบวัดซ้ำโดยไม่ต้องปรับแก้ด้วย Greenhouse-Geisser หรือ Huynh-Feldt corrections ได้

**ง.3.2 ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์**

ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบ One-Way ANOVA with Repeated Measure คือ ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต้องมีการแจกแจงแบบปกติ และการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนในแต่ละช่วงการวัดซ้ำ มีวิธีตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติทดสอบดังนี้

ง.3.2.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

$H_0$ : คะแนนเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1$ : คะแนนเฉลี่ยความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

ง.3.2.2 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha$ = 0.05

Tests of Normality

| | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Statistic | *df* | *Sig.* | Statistic | *df* | *Sig.* |
| ความวิตกกังวลก่อนเรียน | .139 | 39 | .057 | .961 | 39 | .190 |
| ความวิตกกังวลหลังคาบที่ 2 | .097 | 39 | .200* | .952 | 39 | .100 |
| ความวิตกกังวลหลังคาบที่ 4 | .106 | 39 | 200* | .970 | 39 | .365 |
| ความวิตกกังวลหลังคาบที่ 6 | .127 | 39 | .111 | .968 | 39 | .323 |
| ความวิตกกังวลหลังคาบที่ 8 | .118 | 39 | .183 | .973 | 39 | .474 |
| ความวิตกกังวลหลังคาบที่ 10 | .099 | 39 | 200* | .969 | 39 | .355 |

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า คะแนนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยก่อนเรียน โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .190 คะแนนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 2 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .100 คะแนนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 4 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .365 คะแนนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 6 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .323 คะแนนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 8 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .474 และคะแนนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยหลังคาบที่ 10 โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk มีค่า $Sig.$ = .355 ซึ่งทั้งหกค่ามากกว่า $\alpha$ = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ $H_0$ นั่นคือ คะแนนความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติ

3. การทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนในแต่ละช่วงการวัดซ้ำ

Mauchly's Test of Sphericity[a]

Measure: Anxiety

| Within Subjects Effect | Mauchly's W | Approx. Chi-Square | *df* | *Sig.* | Epsilon[b] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Greenhouse -Geisser | Huynh-Feldt | Lower-bound |
| Time | .846 | 6.029 | 14 | .966 | .943 | 1.000 | .200 |

Tests the null hypothesis that the error covariance matrix of the orthonormalized transformed dependent variables is proportional to an identity matrix.

a. Design: Intercept
Within Subjects Design: Anxiety

b. May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

จากผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าสถิติทดสอบ Mauchly's Test of Sphericity พบว่าจากค่าสถิติ Mauchly's W = .846 และมีค่า $Sig.$ = .966 ซึ่งไม่มี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่าๆ กัน จึงเลือกใช้การอ่านค่าแบบ Sphericity Assumed ดังนั้น สามารถใช้ผลการวิเคราะห์แบบวัดซ้ำโดยไม่ต้องปรับแก้ด้วย Greenhouse-Geisser หรือ Huynh-Feldt corrections ได้

# ภาคผนวก จ

# หนังสือขอความอนุเคราะห์



# บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์
ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๔๔๘ วันที่ ๒๓ กันยายน ๒๕๖๗
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย
เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรชา นันจรัส

ด้วยนายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๐ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

☑ ตรวจสอบความถูกต้องแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

☑ ตรวจสอบแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์



# บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์
ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๔๔๘ วันที่ ๒๓ กันยายน ๒๕๖๗
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย
เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญญลักษณ์ เขจรภักดิ์

ด้วยนายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๐ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เพื่อ
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น
- ☑ ตรวจสอบแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์
- ☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์



# บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์
ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๔๔๘ วันที่ ๒๓ กันยายน ๒๕๖๗
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย
เรียน อาจารย์ วริดา พลาศรี

ด้วยนายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๐ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้นที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

☑ ตรวจสอบความถูกต้องแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

☑ ตรวจสอบแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์

RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๘๖๔๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๒๓ กันยายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร

ด้วยนายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๐ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขออนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยกับประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียน เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิจัยให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์นักศึกษา ๐๘๓๐๕๗๖๓๕๑



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๘๖๔๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๒๓ กันยายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คุณครูพรลภัส ศิลป์ศิริวานิชย์

ด้วยนายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๐ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

☑ ตรวจสอบความถูกต้องแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น

☑ ตรวจสอบแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์

☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์นักศึกษา ๐๘๓๐๕๗๖๓๕๑



ที่ อว๐๖๑๙.๐๒/ว๘๖๔๒

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๒๓ กันยายน ๒๕๖๗

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คุณครูไพสนธ์ ภูหัดธรรม

ด้วยนายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี นักศึกษาระดับปริญญาโท รหัส ๖๖๘๐๑๐๑๖๐๑๑๐ สาขาวิชา คณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์และความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔” เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง

เพื่อ
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น
- ☑ ตรวจสอบความถูกต้องแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น
- ☑ ตรวจสอบแบบประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์
- ☐ อื่น ๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา มหาวิทยาลัยฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา
โทรศัพท์นักศึกษา ๐๘๓๐๕๗๖๓๕๑

# ภาคผนวก ฉ

# ตัวอย่างชิ้นงานและผลการทดสอบของผู้เรียน

## ฉ.1 ตัวอย่างชิ้นงาน : ใบงานของนักเรียน

**ใบงานที่ 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้**

ชื่อ-สกุล...[redacted]

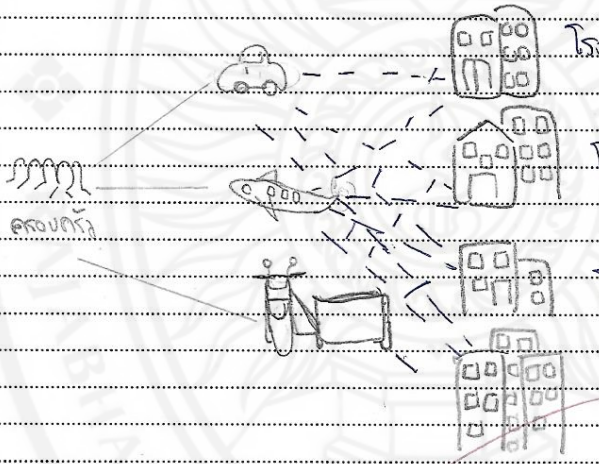
**คำชี้แจง** : ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา

**ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น**

ตัวนักเรียนกำลังวางแผนเดินทางท่องเที่ยวในช่วงวันหยุดกับครอบครัว โดยนักเรียนมีตัวเลือกการเดินทาง 3 แบบ (รถเก๋ง เครื่องบิน รถไฟ) และตัวเลือกโรงแรม 4 แห่งที่สามารถเข้าพัก (โรงแรมตักสิลา, โรงแรมไมตรี, โรงแรมอัศวิน, โรงแรมก้ามปู) จงวาดแผนต้นไม้แสดงถึงทางเป็นไปได้ทั้งหมดที่ครอบครัวของนักเรียนสามารถเลือกได้ในการเดินทางครั้งนี้

**วิเคราะห์ปัญหา เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา**

แผนภาพต้นไม้จะเริ่มจากจุดเริ่มต้น จากนั้นจะแตกกิ่งก้านไป 3 ทาง ตามตัวเลือกการเดินทาง คือ (รถเก๋ง เครื่องบิน รถไฟ) จากตัวเลือกการเดินทางแต่ละแบบนั้นจะมี 4 ทางเลือกรับปลายทาง ทำให้เกิดเส้นทางเป็นไปได้ทั้ง 3 x 4 = 12 แบบ หรือ 4+4+4=12 แบบ




ตรวจแล้ว
06 พ.ย. 2567
ส่งตรงเวลา ส่งล่าช้า แก้ไข
คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**ใบงานที่ 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์**

ชื่อ-สกุล..[redacted].....

**คำชี้แจ้ง** : ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา

**ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น**

ในการแข่งขันกรีฑาสีในสนามแห่งหนึ่ง มีการแข่งขันวิ่งระยะทาง 2 ลู่ทางพร้อมกัน เพื่อหาผลรวมของการเดินของลูกเต๋าแต่ละลูก มีเงื่อนไขว่า ลบ 1 ถึง 1 ให้ใช้สูตรแผนภาพโพสสิบิลิตี้ที่แสดงผลลัพธ์ของผลรวมของการทอดลูกเต๋า 2 ลูก และจำนวนวิธีที่ผลลัพธ์ที่ได้จาก $2a+b$ ของทั้งสองหน้าลูกเต๋าสร้างขึ้นค่าเท่ากับ 7, 8, 11, 12, 15, และ 18 โดย a แทนลูกเต๋าลูกที่ 1 และ b แทนลูกเต๋าลูกที่สอง

**วิเคราะห์ปัญหา เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา**

วิเคราะห์ ข้อมูล ให้สร้าง แผนภาพโพสสิบิลิตี้ที่แสดงผลลัพธ์ของผลรวมของการทอดลูกเต๋า 2 ลูก และจำนวนวิธีที่ผลลัพธ์ที่ได้จาก $2a+b$ ของทั้งสองหน้าลูกเต๋าสร้างขึ้นค่าเท่ากับ 7, 8, 11, 12, 15, และ 18

| $2a+b$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 4 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 5 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 6 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |

แต้มบนหน้าลูกเต๋าที่มีค่าเท่ากับ 7 คือ (1,5), (2,3), (3,1)
แต้มบนหน้าลูกเต๋าที่มีค่าเท่ากับ 8 คือ (1,6), (2,4), (3,2)
แต้มบนหน้าลูกเต๋าที่มีค่าเท่ากับ 11 คือ (3,5) (4,3) (5,1)
แต้มบนหน้าลูกเต๋าที่มีค่าเท่ากับ 12 คือ (3,6) (4,4) (5,2)
แต้มบนหน้าลูกเต๋าที่มีค่าเท่ากับ 15 คือ (5,5), (6,3)
แต้มบนหน้าลูกเต๋าที่มีค่าเท่ากับ 18 คือ (6,6)

∴ จำนวนวิธีทั้งหมดที่ทำให้ผลลัพธ์ของ $2a+b$ มีค่าเท่ากับ 7, 8, 11, 12, 15, 18
รวมทั้งสิ้น 3+5+6+5+2+1 = 15 แบบ

ตรวจแล้ว
06 พ.ย. 2567
ส่งตรงเวลา ส่งล่าช้า แก้ไข
คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**ใบงานที่ 3.4 เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการคูณในสถานการณ์ต่าง ๆ**

ชื่อ-สกุล..[redacted]

**คำชี้แจ้ง** : ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา

**ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น**

ในการทำพาสเวิร์ดสำหรับระบบความปลอดภัย ต้องการตัวอักษร (A-Z) และตัวเลข 3 ตัว (0-9) จงหาจำนวนวิธีที่สามารถสร้างพาสเวิร์ดได้ ?

**วิเคราะห์ปัญหา เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา**

วิเคราะห์ปัญหา : หาจำนวนวิธีที่สามารถสร้างพาสเวิร์ดทั้งหมดได้ ?

เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา :

ในการสร้างพาสเวิร์ดที่ต้องการตัวอักษร 2 ตัว และตัวเลข 3 ตัว เราสามารถคำนวณจำนวนวิธีได้ดังนี้ :

1 ตัวอักษร 2 ตัว (A-Z)

- มีตัวเลือกอักษรทั้งหมด 26 ตัว (A ถึง Z)
- สำหรับตัวอักษรตัวแรก มี 26 ตัวเลือก
- สำหรับตัวอักษรตัวที่สอง มี 26 ตัวเลือก

ดังนั้น จำนวนวิธีในการเลือกตัวอักษร 2 ตัว คือ $26 \times 26 = 676$

2 ตัวเลข 3 ตัว (0-9) :

- มีตัวเลือกตัวเลขทั้งหมด 10 ตัว 0-9
- สำหรับตัวเลขตัวแรก มี 10 ตัวเลือก
- สำหรับตัวเลขตัวที่สอง มี 10 ตัวเลือก
- สำหรับตัวเลขตัวที่สาม มี 10 ตัวเลือก

ดังนั้น จำนวนวิธีในการเลือกตัวเลข 3 ตัว คือ $10 \times 10 \times 10 = 1,000$

3 จำนวนวิธีในการสร้างพาสเวิร์ดทั้งหมด

- เนื่องจากเราต้องการทั้งตัวอักษร 2 ตัว และตัวเลข 3 ตัว ดังนั้นให้คูณจำนวนวิธีของตัวอักษรและตัวเลขเข้าด้วยกัน

ดังนั้น จำนวนวิธีที่สามารถสร้างพาสเวิร์ดได้ คือ $676 \times 1,000 = 676,000$ วิธี

ตรวจแล้ว

20 มิ.ย. 2568

ส่งตรงเวลา ส่งล่าช้า แก้ไข

คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**ใบงานที่ 3.6 เรื่อง การแนะนำหลักการบวก**

ชื่อ-สกุล.....

**คำชี้แจง** : ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา

**ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น**

ในงานเลี้ยงรับรองนักเรียนแลกเปลี่ยนจากต่างประเทศ ของขวัญที่ใช้ในงานเลี้ยงมีทั้งหมด 12 ชิ้น ประกอบด้วย ของขวัญที่เป็นของที่ระลึกของประเทศไทย 5 ชิ้น ของขวัญที่เป็นของที่ระลึกของประเทศเพื่อนบ้านของไทย 3 ชิ้น และของขวัญที่เป็นของที่ระลึกของประเทศในทวีปเอเชีย 4 ชิ้น ถ้านักเรียนต้องการเลือกของขวัญที่ใช้ในงานเลี้ยงนี้ 1 ชิ้น จากของขวัญทั้งหมดนี้ นักเรียนจะมีวิธีการเลือกของขวัญที่ใช้ในงานเลี้ยงนี้ได้กี่วิธี

**วิเคราะห์ปัญหา เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา**

วิเคราะห์ปัญหา จงหาจำนวนวิธีที่นักเรียนแลกเปลี่ยนของขวัญที่ใช้ในงานเลี้ยงรับรอง

เขียนรายละเอียด

ในงานเลี้ยงนี้ สามารถเลือกของขวัญได้ 3 หมวดหมู่ โดยแต่ละหมวดหมู่สามารถเลือกได้หลายวิธี

① ของที่ระลึกของประเทศไทย (มีทั้งหมด 5 ชิ้น) : มี 5 วิธีในการเลือก

② ของที่ระลึกของประเทศเพื่อนบ้านของไทย (มีทั้งหมด 3 ชิ้น) : มี 3 วิธีในการเลือก

③ ของที่ระลึกของประเทศในทวีปเอเชีย (มีทั้งหมด 4 ชิ้น) : มี 4 วิธีในการเลือก

เพื่อหาจำนวนวิธีที่สามารถเลือกได้ ต้องใช้หลักการบวก เพราะต้องเลือกทั้งหมดนี้ : 5 + 3 + 4 = 12

∴ เราสามารถเลือกของขวัญได้ 12 วิธี

ตรวจแล้วดี
20 มิ.ย. 2568
ส่งตรงมาจาก Chromebook
คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**ใบงานที่ 3.8 เรื่อง การประยุกต์ใช้การเรียงสับเปลี่ยนในสถานการณ์จริง**

ชื่อ-สกุล...

**คำชี้แจง** : ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา

**ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น**

ในการทำงานโปรเจ็กต์ของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร นักเรียนจะต้องจัดเรียงนักเรียนจำนวน 4 คน จากกลุ่มเพื่อนทั้งหมด 8 คน ได้แก่ หัวหน้ากลุ่ม, ผู้จดบันทึก และผู้เตรียมอุปกรณ์ จงหาจำนวนวิธีที่สามารถจัดนักเรียนแต่ละคนให้รับบทบาทหน้าที่ที่กำหนด

**วิเคราะห์ปัญหา เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา**

วิเคราะห์ปัญหา: จงหาจำนวนวิธีที่สามารถจัดนักเรียนแต่ละคนให้รับบทบาทหน้าที่ที่กำหนด

เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้น และวางแผนการแก้ปัญหา :

ในข้อนี้ นักเรียนต้องเลือกและจัดเรียงนักเรียน 4 คน จากทั้งหมด 8 คน เพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ได้แก่ หัวหน้ากลุ่ม, ผู้จดบันทึก และผู้เตรียมอุปกรณ์ ซึ่งหมายความว่า ตำแหน่งแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกัน ดังนั้น จึงเป็น การจัดเรียงสับเปลี่ยน (Permutations)

นั่นคือ ในการเลือกและจัดเรียงนักเรียน 4 คน จาก 8 คน ในตำแหน่งที่แตกต่างกันเราสามารถใช้สูตรการเรียงสับเปลี่ยนแบบไม่ซ้ำกัน

$P_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!}$ โดยที่ $n = 8$ : จำนวนนักเรียนทั้งหมด

และ $r = 4$ : จำนวนตำแหน่งที่ต้องการ

แทนค่าในสูตร

$$P_{8,4} = \frac{8!}{(8-4)!} = \frac{8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4!}{4!} = 8 \times 7 \times 6 \times 5 = 1,680 \text{ วิธี}$$

ดังนั้น จำนวนวิธีที่สามารถจัดนักเรียนแต่ละคนให้รับบทบาทหน้าที่ที่กำหนดไว้ได้ คือ 1,680 วิธี

ตรวจแล้วจ้า
13 มี.ค. 2567
คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศร

**ใบงานที่ 3.10 เรื่อง การประยุกต์ใช้การจัดหมู่ในสถานการณ์จริง**

ชื่อ-สกุล [redacted]

**คำชี้แจง** : ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น และเขียนรายละเอียดการวางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา

**ปัญหาที่ครูตั้งขึ้น**

ในการแข่งขันระดับโลกเพื่อหาแนวคิดสร้างสรรค์เพื่ออนาคตที่ยั่งยืน มีผู้สมัครทั้งหมด 20 คน ซึ่งมีพื้นเพและความเชี่ยวชาญหลากหลาย องค์กรผู้จัดต้องการคัดเลือก 3 คน เพื่อเป็นผู้นำเสนอแนวคิดที่ดีที่สุดในการประชุมใหญ่ โดยไม่คำนึงถึงลำดับตำแหน่งที่พวกเขาจะได้รับ จงหาจำนวนวิธีที่องค์กรสามารถคัดเลือกจากผู้สมัครทั้งหมดนี้ได้

**วิเคราะห์ปัญหา เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้นปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา**

วิเคราะห์ปัญหา: จงหาจำนวนที่องค์กรสามารถคัดเลือกจากผู้สมัครทั้งหมดได้

เขียนรายละเอียด วางแผนการสืบค้น และวางแผนการแก้ปัญหา :

ในกรณีนี้องค์กรผู้จัดต้องการคัดเลือก 3 คน จากผู้สมัครทั้งหมด 20 คน โดยไม่คำนึงถึงลำดับตำแหน่งที่พวกเขาจะได้รับ ซึ่งหมายความว่า สามารถใช้การจัดหมู่ในการคำนวณจำนวนวิธีในการคัดเลือกได้

นั่นคือ จำนวนวิธีการเลือก 3 คนจาก 20 คน สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตรการจัดหมู่

$C_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!r!}$ โดยที่ $n = 20$ : จำนวนผู้สมัคร

และ $r = 3$ : จำนวนผู้ที่ต้องการเลือก

แทนค่าในสูตร

$$C_{20,3} = \frac{20!}{(20-3)!3!} = \frac{20 \times 19 \times 18 \times 17!}{17! \times 3 \times 2} = \frac{20 \times 19 \times 18}{6} = 1,440 \text{ วิธี}$$

ดังนั้น จำนวนวิธีที่องค์กรสามารถคัดเลือกจากผู้สมัครทั้งหมด 20 คนได้ คือ 1,440 วิธี ※





ตรวจแล้วจ้า

13 มิ.ย. 2567

สังเกตุ ○ส่งตรงเวลา ○ส่งล่าช้า ○แก้ไข

คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

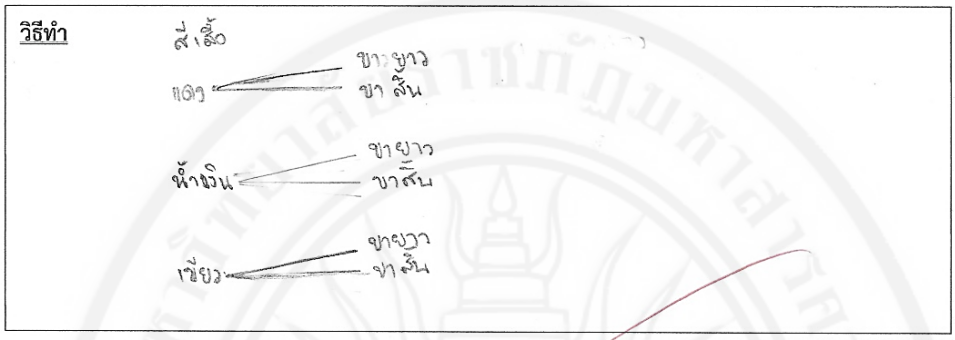
# ฉ.2 ตัวอย่างชิ้นงาน : แบบทดสอบย่อยของนักเรียน

**แบบทดสอบย่อยที่ 3.1 เรื่อง ความหมายและความสำคัญของแผนภาพต้นไม้**

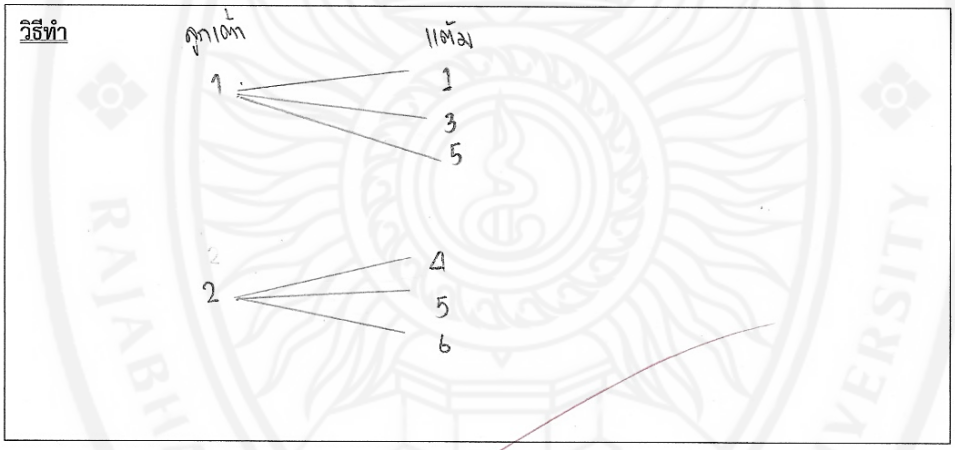
ชื่อ-สกุล..

**คำชี้แจ้ง** : จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

**ข้อที่ 1** นักเรียนมีเสื้อ 3 สี (แดง, น้ำเงิน, เขียว) และกางเกง 2 แบบ (ขายาว, ขาสั้น) จงวาดแผนภาพต้นไม้แสดงชุดที่คุณสามารถเลือกใส่ได้




**ข้อที่ 2** ทอดลูกเต๋า 2 ลูก พร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ลูกเต๋าลูกที่ 1 ขึ้นแต้มคี่ และลูกเต๋าลูกที่ 2 ขึ้นแต้มที่มากกว่า 3 จงวาดแผนภาพต้นไม้




ตรวจแล้ว
06 พ.ย. 2567
สั่งตรงเวลา สั่งล่าช้า แก้ไข
ณัฐครพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**แบบทดสอบย่อยที่ 3.2 เรื่อง แผนภาพโพสสิบิลิตี้และการใช้ในสถานการณ์**

ชื่อ-สกุล.....

**คำชี้แจ้ง** : จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

**ข้อที่ 1** ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

**วิธีทำ**

| X | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | (8) | (10) | (12) |
| 3 | 3 | 6 | (9) | (12) | (15) | (18) |
| 4 | 4 | (8) | (12) | (16) | (20) | (24) |
| 5 | 5 | (10) | (15) | (20) | (25) | (30) |
| 6 | 6 | (12) | (18) | (24) | (30) | (36) |

ดังนั้น มี 22 วิธี

**ข้อที่ 2** ทอดลูกเต๋า 2 ลูก พร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ลูกเต๋าลูกที่ 1 ขึ้นแต้มคี่ และลูกเต๋าลูกที่ 2 ขึ้นแต้มที่มากกว่า 3 โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

**วิธีทำ**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | (4) | 4 | (4) | 4 | (4) | 4 |
| 5 | (5) | 5 | (5) | 5 | (5) | 5 |
| 6 | (6) | 6 | (6) | 6 | (6) | 6 |

ดังนั้น แต้มคี่มากกว่า 3 มี 9 วิธี

ตรวจแล้ว
06 พ.ย. 2567
ส่งตรงเวลา ส่งล่าช้า แก้ไข
คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**แบบทดสอบย่อยที่ 3.6 เรื่อง การประยุกต์ใช้หลักการบวกในสถานการณ์ต่าง ๆ**

ชื่อ-สกุล.

**คำชี้แจ้ง** : จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

**ข้อที่ 1** บ้านพักและสถานที่ทำงานของดำรงตั้งอยู่ริมแม่น้ำเจ้าพระยา ดำรงโดยสารเรือยนต์ไปทำงานตอนเช้าและกลับบ้านตอนเย็น ถ้าเรือยนต์มี 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ 3 ลำ ขนาดกลาง 5 ลำ และขนาดเล็ก 2 ลำ ให้หาจำนวนวิธีทั้งหมดที่ดำรงโดยสารเรือยนต์ไปทำงาน แล้วกลับบ้านด้วยเรือขณะเดียวกันแต่ไม่ซ้ำกับลำขาไป

**วิธีทำ**

การเดินทางดังกล่าว เป็น 3 กรณี ดังนี้

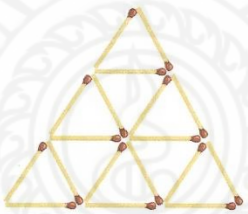
กรณีที่ 1 เดินทางด้วยเรือขนาดใหญ่ เดินทางขาไปได้ 3 วิธี แต่น้องชี้เลือกได้ 2 วิธี จำนวนวิธีเท่ากับ $3 \times 2 = 6$ วิธี

กรณีที่ 2 เดินทางเรือขนาดกลาง เดินทางขาไปได้ 5 วิธี แต่น้องชี้เลือกได้ 4 วิธี จำนวนวิธีเท่ากับ $5 \times 4 = 20$ วิธี

กรณีที่ 3 เรือขนาดใหญ่ เดินทางขาไปได้ 2 วิธี แต่น้องชี้เลือกได้ 1 วิธี จำนวนวิธี $2 \times 1 = 2$ วิธี

ดังนั้น จำนวนทั้งหมดเท่ากับ $6 + 20 + 2 = 28$ วิธี

**ข้อที่ 2** น้องนุนิวและเฮียซีพฤกษ์ ได้ช่วยกันเรียงไม้ขีดไฟ ที่แต่ละก้านยาว 1 หน่วย ดังรูปข้างล่าง ให้นักเรียนหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการเรียงไม้ขีดไฟนี้



ตรวจแล้ว 20 พ.ย. 2567 ส่งตรวจแล้ว ส่งคืนแก้ไข คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**วิธีทำ**

การทำงานแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

แบบที่ 1 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่มีขนาดวางหน่วยข้างหนึ่ง 9 รูป

แบบที่ 2 " " 2 หน่วยข้างหนึ่ง 3 รูป

แบบที่ 3 " " 3 หน่วยข้างหนึ่ง 1 รูป

ดังนั้น จำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าทั้งหมด $9 + 3 + 1 = 13$ รูป

ตรวจแล้ว 20 พ.ย. 2566 ส่งตรวจแล้ว ส่งคืนแก้ไข คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**แบบทดสอบย่อยที่ 3.8 เรื่อง การประยุกต์ใช้การเรียงสับเปลี่ยนในสถานการณ์จริง**

ชื่อ-สกุล.....

**คำชี้แจ้ง** : จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

**ข้อที่ 1** บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน แต่มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธี จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

**วิธีทำ**

จากผู้มาสมัครเข้าทำงานจำนวน 7 คน มีตำแหน่งว่างงานอยู่ 3 ตำแหน่ง ที่แตกต่างกันทั้งหมด จะได้ จำนวนวิธีในการคัดเลือกคนเข้าทำงาน เท่ากับ $P_{7,3}$

$P_{7,3} = \frac{7!}{(7-3)!} = \frac{7!}{4!} = \frac{7 \times 6 \times 5 \times 4!}{4!} = 7 \times 6 \times 5 = 210$ วิธี

ดังนั้น บริษัทนี้จะคัดเลือกคนเข้าทำงานได้ทั้งหมด 210 วิธี

**ข้อที่ 2** นำตัวอักษรจากคำว่า "linear" มาจัดเรียงเป็นคำที่แตกต่างกัน โดยไม่คำนึงถึงความหมายจะจัดเรียงได้ทั้งหมดกี่คำ ถ้าตัวอักษรที่เป็นสระต้องอยู่ในตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้ายเสมอ

**วิธีทำ**

คำว่า "linear" มีตัวอักษรที่เป็นสระ 3 ตัว คือ a, e และ i

จัดลงตำแหน่งแรกสุดและท้ายสุด จะได้ $P_{3,2} = \frac{3!}{1!} = 3 \times 2 = 6$ วิธี

แต่ละวิธีนำตัวอักษรที่เหลือมาเรียงตรงกลาง จะได้ $P_{4,4} = \frac{4!}{0!} = 4 \times 3 \times 2 = 24$ วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีที่จะจัดเรียงทั้งหมดเท่ากับ $6 \times 24 = 144$ วิธี

ตรวจแล้ว
13 ม.ค. 2567
ส่งตรงเวลา ส่งล่าช้า แก้ไข
คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประกาศรี

**แบบทดสอบย่อยที่ 3.10 เรื่อง การประยุกต์ใช้การจัดหมู่ในสถานการณ์จริง**

ชื่อ-สกุล.....

**คำชี้แจ้ง** : จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 4 คะแนน

**ข้อที่ 1** มีจุด 13 จุด อยู่บนเส้นรอบวงกลมวงหนึ่ง จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมโดยใช้จุดเหล่านี้เป็นจุดยอดมุมได้กี่รูป จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

**วิธีทำ**

เนื่องจากสามเหลี่ยมมี 3 จุด ทำให้มีจุดยอดมุม 3 จุด นั่นคือสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมได้ $C_{13,3}$ วิธี

$$C_{13,3} = \frac{13!}{10!3!} = \frac{13 \times 12 \times 11 \times 10!}{3 \times 2 \times 10!} = \frac{13 \times 12 \times 11}{6} = 13 \times 2 \times 11 = 286$$

ดังนั้น จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมได้ทั้งหมด 286 รูป

**ข้อที่ 2** กล่องใบหนึ่งบรรจุสลาก 10 ใบ ติดหมายเลข 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ใบละ 1 หมายเลข ถ้าสุ่มหยิบสลากมา 2 ใบ โดยหยิบทีละใบและไม่ใส่คืน ให้หาจำนวนวิธีที่ผลรวมของหมายเลขบนสลากทั้งสองใบเป็นจำนวนคี่

**วิธีทำ**

แบ่งเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 หยิบสลากใบแรกได้จำนวนคี่และหยิบสลากใบที่สองได้จำนวนคู่

จะได้ $C_{5,1} \times C_{5,1} = \frac{5!}{4!1!} \times \frac{5!}{4!1!} = 5 \times 5 = 25$ วิธี

กรณีที่ 2 หยิบสลากใบแรกได้จำนวนคู่และหยิบสลากใบที่สองได้จำนวนคี่

จะได้ $C_{5,1} \times C_{5,1} = \frac{5!}{4!1!} \times \frac{5!}{4!1!} = 5 \times 5 = 25$ วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีที่ผลรวมของหมายเลขบนสลากทั้งสองใบเป็นจำนวนคี่ เท่ากับ 25 + 25 = 50

ตรวจแล้ว
13 มี.ค. 2567
คุณครูพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

# ฉ.3 ตัวอย่างชิ้นงาน : แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ชื่อ...

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์พื้นฐาน ค31102**

**ตอนที่ 2** จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน

21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน แต่มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธีโดยสนใจลำดับในการเข้าทำงาน จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน มีตำแหน่งว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน ได้วิธีในการคัดเลือกคนเข้ามาทำงาน เท่ากับ

$P_{7,3} = \frac{7!}{(7-3)!} = \frac{7!}{4!} = \frac{7\times6\times5\times4!}{4!} = 7\times6\times5 = 210$ วิธี

ดังนั้น บริษัทจะคัดเลือกคนเข้าทำงานได้ 210 วิธี

22. มีจุด 13 จุด อยู่บนเส้นรอบวงกลมวงหนึ่ง จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมโดยใช้จุดเหล่านี้เป็นจุดยอดมุมได้กี่รูป จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ จุดยอดของมุมของรูปสามเหลี่ยมมี 3 จุด จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมได้เท่ากับ $C_{13,3}$ วิธี

จะได้ว่า $C_{13,3} = \frac{13!}{(13-3)!3!} = \frac{13!}{10!3!} = \frac{13\times12\times11\times10!}{10!\times3\times2\times1} = 13\times2\times11 = 286$ รูป

ดังนั้น จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลม 286 รูป

23. ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

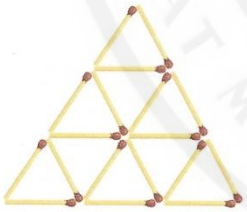
วิธีทำ

ลูกเต๋าลูกที่ 1

| ลูกเต๋าลูกที่ 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | (8) | (10) | (12) |
| 3 | 3 | 6 | (9) | (12) | (15) | (18) |
| 4 | 4 | (8) | (12) | (16) | (20) | (24) |
| 5 | 5 | (10) | (15) | (20) | (25) | (30) |
| 6 | 6 | (12) | (18) | (24) | (30) | (36) |

ดังนั้น จากแผนภาพโพสสิบิลิตี้ จะเห็นได้ว่า จำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป เท่ากับ 22 วิธี

24. น้องนุนิวและเฮียซีพลุกษ์ ได้ช่วยกันเรียงไม้ขีดไฟ ที่แต่ละก้านยาว 1 หน่วย ดังรูปข้างล่าง ให้นักเรียนหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการเรียงไม้ขีดไฟนี้



วิธีทำ พิจารณาแนวตั้งมี 3 แบบดังนี้

แบบที่ 1 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ยาวด้านละ 1 หน่วย มีทั้งหมด 9 รูป

แบบที่ 2 " ยาวด้านละ 2 หน่วย มีทั้งหมด 3 รูป

แบบที่ 3 " ยาวด้านละ 3 หน่วย มีทั้งหมด 1 รูป

ดังนั้น จำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีทั้งหมด

เท่ากับ $9+3+1 = 13$ รูป

25. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ผู้ตอบแบบสอบถามจะมีวิธีเลือกตอบแบบสอบถามกี่วิธี ถ้า

1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย

2) คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

3) คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

1) ถ้าคำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย

วิธีทำ ข้อที่ 1 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ข้อที่ 2 เลือกตอบได้ 5 วิธี

⋮

ข้อที่ 15 เลือกตอบได้ 4 วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบ ถ้าคำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกว่าพึงพอใจน้อย เท่ากับ $5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times4 = 5^{14}\times4$ วิธี

2) ถ้าคำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

วิธีทำ ข้อที่ 1-5 เลือกตอบได้ 4 วิธี เท่ากับ $4\times4\times4\times4\times4 = 4^5$ วิธี

ข้อที่ 6-15 เลือกตอบได้ 5 วิธี เท่ากับ $5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5\times5 = 5^{10}$ วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบ ถ้าถ้าคำถามข้อที่ 1-5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด เท่ากับ $4^5\times5^{10}$ วิธี

3) ถ้าคำถามข้อที่ 6-10 ต้องเลือกคำถามพึงพอใจ ปานกลาง และถ้าคำถามข้อที่ 11-15 ต้องเลือกว่าพึงพอใจมาก

วิธีทำ ข้อที่ 1-5 เลือกตอบได้ 5 วิธี เท่ากับ $5\times5\times5\times5\times5 = 5^5$ วิธี

ข้อที่ 6-10 เลือกตอบได้ 1 วิธี เท่ากับ $1\times1\times1\times1\times1 = 1^5$ วิธี

ข้อที่ 11-15 เลือกตอบได้ 1 วิธี เท่ากับ $1\times1\times1\times1\times1 = 1^5$ วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธี ที่เลือกตอบ ถ้าถ้าคำถามข้อที่ 6-10 ต้องเลือกคำถามพึงพอใจปานกลาง และถ้าคำถามที่ 11-15 ต้องเลือกว่า พึงพอใจมาก เท่ากับ $5^5\times1^5\times1^5 = 5^5$ วิธี

ชื่อ..... ชั้น ม.4/..... เลขที่ .....

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์พื้นฐาน ค31102**

**ตอนที่ 2** จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน

21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน แต่มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธีโดยสนใจลำดับในการเข้าทำงาน จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ $n = 7, r = 3$

$P_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!} = \frac{7!}{(7-3)!} = \frac{7!}{4!}$

ถ้าหาคำตอบไม่จบ ไม่ครบบูรณ์

22. มีจุด 13 จุด อยู่บนเส้นรอบวงกลมวงหนึ่ง จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมโดยใช้จุดเหล่านี้เป็นจุดยอดมุมได้กี่รูป จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ $n = 13$ จุด, $\triangle = 3$ จุด

$C_{n,r} = \frac{n!}{(n-r)!\,r!} = \frac{13!}{(13-3)!\,3!} = \frac{13!}{10!\,3!}$ = ถ้าหาคำตอบไม่จบ ไม่ครบบูรณ์

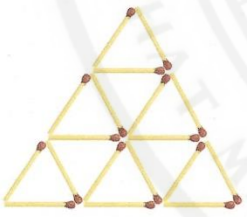
23. ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

วิธีทำ

| × | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | (8) | (10) | (12) |
| 3 | 3 | 6 | (9) | (12) | (15) | (18) |
| 4 | 4 | (8) | (12) | (16) | (20) | (24) |
| 5 | 5 | (10) | (15) | (20) | 25 | 30 |
| 6 | 6 | (12) | (18) | (24) | 30 | 36 |

- เลือกวิธีหาผิด
- ไม่มีการบอกว่าอันไหนเป็นลูกเต๋า 1 หรือ 2
- ไม่มีคำอธิบายที่แน่ชัดว่าคำตอบมาจากวิธีอะไรบ้าง ตอบไม่ชัด

24. น้องนุนิวและเยียซีพฤกษ์ ได้ช่วยกันเรียงไม้ขีดไฟ ที่แต่ละก้านยาว 1 หน่วย ดังรูปข้างล่าง ให้นักเรียนหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการเรียงไม้ขีดไฟนี้



วิธีที่ 1 การทำงานแบ่งเป็น 3 แบบคือ

แบบที่ 1 รูป $\triangle$ ด้านเท่ายาวด้านละ 1 ใช้ขีด มีทั้งหมด 9 รูป

แบบที่ 2 " 2 ใช้ขีด " 3 รูป

แบบที่ 3 " 3 ใช้ขีด " 1 รูป

ดังนั้น จำนวนรูป $\triangle$ ด้านเท่ามีทั้งหมด $9 \times 3 \times 1 = 18$ รูป

เลือกวิธีการได้ถูกต้อง ถ้าหาคำตอบที่ถูกต้อง

25. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ผู้ตอบแบบสอบถามจะมีวิธีเลือกตอบแบบสอบถามกี่วิธี ถ้า

1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย

2) คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

3) คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

ข้อ 1) วิธีทำ ข้อ 1 เลือกตอบได้ 5 วิธี
ข้อ 2 " 5 วิธี
⋮
ข้อ 15 " 4 วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีทั้งหมด คือ การคูณกันของตัวเลือกตอบแต่ละข้อ
เท่ากับ $5\times5\times5\times5\times\cdots\times5\times4 = 5^{14}\times4$ วิธี

ข้อ 2) วิธีทำ ข้อ 1 - 5 ต้องไม่เลือกว่าพึงพอใจน้อยที่สุด เลือกตอบได้ 4 วิธี
ข้อ 6 -10 เลือกตอบได้ 5 วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีทั้งหมด คือ ข้อ 1-5 ต้องไม่เลือกว่าพึงพอใจน้อยที่สุด
เท่ากับ $4\times4\times4\times4\times4\times5\times5\times\cdots\times5\times5 = 4^5\times5^{10}$ วิธี

ข้อ 3) วิธีทำ ข้อ 6 -10 ต้องเลือกว่าพึงพอใจปานกลาง เลือกตอบได้ 1 วิธี
ข้อ 11 -15 ต้องเลือกว่าพึงพอใจมาก เลือกตอบได้ 1 วิธี
ดังนั้น จำนวนวิธีทั้งหมด คือ ข้อ 6-10 ต้องเลือกว่าพึงพอใจปานกลาง และ ตามหลัง 11-15 ต้องเลือกว่าพึงพอใจมาก เท่ากับ $5^5\times5\times5 = 5^7$ วิธี ✗
เลือกวิธีที่ไม่ตามข้อกำหนดออก

RAJABHAT SAKAEO

ชื่อ..... ชั้น ม.4/..... เลขที่ .....

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์พื้นฐาน ค31102

**ตอนที่ 2** จงแสดงวิธีทำหาคำตอบอย่างละเอียดจำนวน 5 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน คะแนนเต็ม 10 คะแนน

21. บริษัทแห่งหนึ่งมีตำแหน่งงานว่างอยู่ 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกัน แต่มีผู้มาสมัครเข้าทำงาน 7 คน ทางบริษัทจะมีวิธีคัดเลือกคนเข้าทำงานได้กี่วิธีโดยสนใจลำดับในการเข้าทำงาน จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ จากผู้มาสมัครเข้าทำงานจำนวน 7 คน มีตำแหน่งว่างงานอยู่ 3 ตำแหน่ง ที่แตกต่างกันทั้งหมด จะได้ จำนวนวิธีในการคัดเลือกคนเข้าทำงาน เท่ากับ $P_{7,3}$

$P_{7,3} = \frac{7!}{(7-3)!} = \frac{7!}{4!} = \frac{7 \times 6 \times 5 \times 4!}{4!} = 7 \times 6 \times 5 = 210$ วิธี

ดังนั้น บริษัทนี้จะคัดเลือกคนเข้าทำงานได้ทั้งหมด 210 วิธี ※

22. มีจุด 13 จุด อยู่บนเส้นรอบวงกลมวงหนึ่ง จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมโดยใช้จุดเหล่านี้เป็นจุดยอดมุมได้กี่รูป จงแสดงวิธีทำโดยละเอียด

วิธีทำ เนื่องจากสามเหลี่ยมมี 3 จุด ทำให้มีจุดยอดมุม 3 จุด นั่นคือสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมได้ $C_{13,3}$ วิธี

$C_{13,3} = \frac{13!}{10!3!} = \frac{13 \times 12 \times 11 \times 10!}{3 \times 2 \times 10!} = \frac{13 \times 12 \times 11}{6} = 13 \times 2 \times 11 = 286$

ดังนั้น จะสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่บรรจุในวงกลมได้ทั้งหมด 286 รูป ※

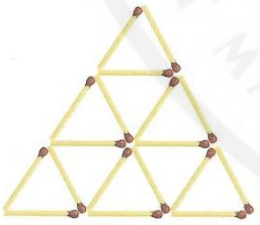
23. ทอดลูกเต๋าจำนวน 2 ลูกพร้อมกัน 1 ครั้ง ให้หาจำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไป โดยใช้แผนภาพโพสสิบิลิตี้

วิธีทำ

| ลูกเต๋า 2 \ ลูกเต๋า 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 2 | 4 | 6 | (8) | (10) | (12) |
| 3 | 3 | 6 | (9) | (12) | (15) | (18) |
| 4 | 4 | (8) | (12) | (16) | (20) | (24) |
| 5 | 5 | (10) | (15) | (20) | (25) | (30) |
| 6 | 6 | (12) | (18) | (24) | (30) | (36) |

ดังนั้น จากแผนภาพ Possibilities จะเห็นว่า จำนวนวิธีที่ผลคูณของแต้มบนหน้าลูกเต๋าทั้งสองมีค่าเท่ากับ 8 แต้มขึ้นไปเท่ากับ 22 วิธี ※

24. น้องนุนิวและเฮียชีพฤกษ์ ได้ช่วยกันเรียงไม้ขีดไฟ ที่แต่ละก้านยาว 1 หน่วย ดังรูปข้างล่าง ให้นักเรียนหาจำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการเรียงไม้ขีดไฟนี้



วิธีทำ สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ยาวด้านละ 1 หน่วย มี 9 รูป

รูปแบบที่ 2 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ยาวด้านละ 2 หน่วย มี 3 รูป

รูปแบบที่ 3 รูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ยาวด้านละ 3 หน่วย มี 1 รูป

ดังนั้น จำนวนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีทั้งหมด 9 + 3 + 1 = 13 รูป ※

25. แบบทดสอบวัดความพึงพอใจของการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของโรงเรียนเทศบาลบูรพาพิทยาคาร มีทั้งหมด 15 ข้อ โดยมีตัวเลือกเป็นระดับความเป็นพอใจ 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด ผู้ตอบแบบสอบถามจะมีวิธีเลือกตอบแบบสอบถามกี่วิธี ถ้า

1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย

2) คำถามข้อที่ 1 – 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

3) คำถามข้อที่ 6 – 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลาง และคำถามข้อที่ 11 – 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

วิธีทำ 1) คำถามข้อสุดท้ายต้องไปเลือกตอบว่าพึงพอใจน้อย

ข้อ 1 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ข้อ 2 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ข้อ 3 เลือกตอบได้ 5 วิธี

⋮

ข้อ 15 เลือกตอบได้ 4 วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีแบบสอบถามโดยที่คำถามข้อสุดท้ายต้องมาเลือกเอาพึงพอใจน้อย เท่ากับ

$5 + 5 + 5 + \dots + 5 + 4 = 69$ วิธี ✗

2) คำถามข้อ 1 - 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด

ข้อ 1 - 5 เลือกตอบได้ 4 วิธี

ข้อ 6 - 15 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบแบบสอบถามโดยที่ข้อ 1 - 5 ต้องไม่เลือกตอบว่าพึงพอใจน้อยที่สุด เท่ากับ $4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 5 + 5 + \dots + 5 + 5 = (4 \times 5) + (5 \times 10) = 70$ วิธี ✗

3) คำถามข้อ 6 - 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลางและคำถามข้อ 11 - 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

ข้อ 1 - 5 เลือกตอบได้ 5 วิธี

ข้อ 6 - 10 เลือกตอบได้ 1 วิธี

ข้อ 11 - 15 เลือกตอบได้ 1 วิธี

ดังนั้น จำนวนวิธีเลือกตอบแบบสอบถามโดยที่คำถามข้อ 6 - 10 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจปานกลางและคำถามข้อ 11 - 15 ต้องเลือกตอบว่าพึงพอใจมาก

เท่ากับ $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 1 \times 1 \times \dots \times 1 \times 1 = 5^5 + 1^5 + 1^5 = 5^5$ วิธี ✗

# การเผยแพร่ผลงานวิจัย

พัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี และรามนรี นนทภา. (2568). การพัฒนาการเรียนรู้หลักการนับเบื้องต้นโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ GeoGebra เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปรับเจตคติและลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมณีเชษฐาราม วัดจอมมณี*, 8(2), 641-656.

# ประวัติผู้วิจัย


**ชื่อ สกุล** นายพัฒน์ปพงษ์ บุญประภาศรี

**วันเกิด** 11 ธันวาคม 2543

**Email** phatpaphongrmu@gmail.com


**ประวัติการศึกษา**

| | |
|---|---|
| พ.ศ. 2566 | วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| พ.ศ. 2568 | ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม |