# การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

# THE DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATION VIA ANDROID OPERATING SYSTEM TO ENHANCE MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITY ON FUNCTION OF MATHAYOMSUKSA V STUDENTS

กษิตธร ขวัญละมูล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

# การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กษิตธร ขวัญละมูล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

# THE DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATION VIA ANDROID OPERATING SYSTEM TO ENHANCE MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITY ON FUNCTION OF MATHAYOMSUKSA V STUDENTS

KASITHORN KWANLAMUL

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION

(Mathematics)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ของ

กษิตธร ขวัญละมูล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์)

..... ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสาและ)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์รัศมิ์ เฟื่องฟู)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เสริมศรี ไทยแท้)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพียซ้าย)

| | |
|---|---|
| ชื่อเรื่อง | การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 |
| ผู้วิจัย | กษิตธร ขวัญละมูล |
| ปริญญา | การศึกษาดุษฎีบัณฑิต |
| ปีการศึกษา | 2565 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญานิน กองทิพย์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา หะยีสาและ |

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ (1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (2) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (3) เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ (4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชัน ของโรงเรียนรุ่งอรุณ และมีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ผลการวิจัยพบว่า (1) แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเท่ากับ 78.04/73.98 (2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (3) เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านการทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหาเพื่อปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์จนสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา การเขียนหรืออธิบายแนวคิดในการค้นหาคำตอบ การคำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหา และ ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบเพื่อนำไปสู่การเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา (4) นักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ผลเฉลี่ยรวมทุกด้าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.76 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.68 ซึ่งอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

คำสำคัญ : แอปพลิเคชันบนมือถือ, ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์, การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์, ฟังก์ชัน

| | |
|---|---|
| Title | THE DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATION VIA ANDROID OPERATING SYSTEM TO ENHANCE MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITY ON FUNCTION OF MATHAYOMSUKSA V STUDENTS |
| Author | KASITHORN KWANLAMUL |
| Degree | DOCTOR OF EDUCATION |
| Academic Year | 2022 |
| Thesis Advisor | Assistant Professor Dr. Yanin Kongthip |
| Co Advisor | Assistant Professor Dr. Sukanya Hajisalah |

The purposes of this research are as follows: (1) to develop a mobile application via an Android operating system that enhanced the mathematical problem-solving ability on Functions of Mathayomsuksa V students, which was effective according to the criteria of 70/70; (2) to study the mathematical problem-solving ability of Mathayomsuksa V students by using the mobile application via an Android operating system on Functions; (3) to study the behavior of the mathematical problem solving of Mathayomsuksa V students on Functions; and (4) to study the satisfaction of Mathayomsuksa V students by using the mobile application via an Android operating system that enhanced the mathematical problem-solving ability on Functions. The target group was Mathayomsuksa V students who already passed the content on Functions of Roong Aroon school and had a score less than 60%. The results of this research revealed the following: (1) the mobile application via an Android operating system enhanced the mathematical problem-solving ability on Functions for Mathayomsuksa V students with efficiency was equal to 78.04/73.98, which was higher than the criteria; (2) Mathayomsuksa V students who used the mobile application via an Android operating system that enhanced the mathematical problem-solving ability on Functions and had a higher ability in terms of the mathematical problem solving than the 70% criterion, and were more than 70% of the total number of students; (3) students had gained experience from hands-on problem solving using the mobile application via an Android operating system, they could develop their ability to show the following skills: understand the problems, devise a plan to modify problem situations in a mathematical variable or in symbol form to create an equation that expresses the relation based on the condition of the problem situations, write or explain an idea to find the answers, calculate the answers of the problem situations, and look back at the reasonableness of the answers in order to write a correct summary in accordance with problem situations; and (4) students were satisfied with the mobile application via an Android operating system that enhanced the mathematical problem-solving ability on Functions at the "very satisfied" level with a mean = 3.76 and a S.D. = 0.68.

Keyword : Mobile application, Android operating system, Mathematical problem solving, Functions

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาดูแลเอาใจใส่ ให้แนวคิดและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนมีความสมบูรณ์ พร้อมทั้งให้ประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีค่าแก่ผู้วิจัยตั้งแต่ต้นจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์รัศมิ์ เพื่องฟู อาจารย์ ดร.เสริมศรี ไทยแท้ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพียซ้าย ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์สาขาคณิตศาสตร์ทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จนเป็นเครื่องมือที่สมบูรณ์และเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ นางสาวสุวรรณา ชีวพฤกษ์ ผู้รับใบอนุญาต นางสาวสกุณี บุญญะบัญชา ผู้อำนวยการ นายปิยสิทธิ์ เมินแก้ว ครูใหญ่ฝ่ายมัธยมศึกษา และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ของโรงเรียนรุ่งอรุณ ที่ให้ความเมตตา ช่วยเหลือ อนุเคราะห์สถานที่ อำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2564 และปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนรุ่งอรุณทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการศึกษาและทดลองเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อเนก จันทรจรูญ นายธีระศักดิ์ ธนากูลกวีพงศ์ และนายปิยวงศ์ มหัทธนสวัสดิ์ ที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุชิน และคุณแม่พรรษมน ขวัญละมูล และครอบครัวที่ได้ให้ทั้งกำลังใจและกำลังทรัพย์สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด และขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ปริญญาเอก สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ทั้งหลายของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาคุณบิดา มารดา ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และอบรมสั่งสอนผู้วิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และขอยกคุณความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำปริญญานิพนธ์นี้ทุก ๆ ท่าน

กษิตธร ขวัญละมูล

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญรูปภาพ ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

ภูมิหลัง ..... 1

คำถามการวิจัย ..... 13

ความมุ่งหมายของการวิจัย ..... 13

ความสำคัญของการวิจัย ..... 13

ขอบเขตของการวิจัย ..... 14

1. กลุ่มทดลอง / กลุ่มเป้าหมาย ..... 14

ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ..... 14

ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 15

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา ..... 15

3. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา ..... 16

4. ตัวแปรที่ศึกษา ..... 16

นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 17
สมมติฐานการวิจัย ..... 20
กรอบแนวคิดในการวิจัย ..... 21
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 22
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 23
1.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 23
1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 25
1.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 28
1.4 ความสำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 30
1.5 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 31
1.6 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 38
1.7 การประเมินผลการเรียนรู้สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 43
1.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 52
1.8.1 งานวิจัยในประเทศ ..... 52
1.8.2 งานวิจัยต่างประเทศ ..... 56
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 57
2.1 ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือ ..... 57
2.2 รูปแบบของแอปพลิเคชันบนมือถือ ..... 59
2.3 ประเภทของแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อการศึกษา ..... 61
2.4 ประเภทของสื่อที่นำมาใช้สร้างแอปพลิเคชันบนมือถือ ..... 62
2.5 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 64
2.6 แนวทางการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบ ปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 66

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชัน ..... 79
2.7.1 งานวิจัยในประเทศ ..... 79
2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ ..... 81
ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจ ..... 84
3.1 ความหมายของความพึงพอใจ ..... 84
3.2 องค์ประกอบของความพึงพอใจ ..... 86
3.3 การวัดความพึงพอใจ ..... 87
3.4 การสร้างแบบวัดความพึงพอใจ ..... 88
3.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ ..... 89
3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ ..... 91
3.6.1 งานวิจัยในประเทศ ..... 91
3.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ ..... 92
ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม ..... 93
4.1 ความหมายของการเรียนรู้ ..... 93
4.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ..... 95
4.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม ..... 98
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 110
ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ..... 112
1.1 การกำหนดกลุ่มทดลอง ..... 112
1.2 การกำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 113
1.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ ..... 124
1.4 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ..... 135

ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 138
2.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย ..... 138
2.2 การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมใน การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 139
2.3 การดำเนินการจัดการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 142
2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน ..... 144
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... 147
ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ..... 147
ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล ..... 148
ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย ..... 155
ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม ..... 157
ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 164
ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ..... 164
ตอนที่ 2 พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ..... 170
ตอนที่ 3 ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ ..... 235
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ..... 248
ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการวิจัยโดยสังเขป ..... 248
ความมุ่งหมายของการวิจัย ..... 248
สมมติฐานของการวิจัย ..... 248

วิธีดำเนินการวิจัย ..... 248
ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน.. 249
ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 254
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย ..... 258
ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ..... 258
ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 261
ข้อเสนอแนะ ..... 270
1. ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนการสอน ..... 270
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ..... 271
บรรณานุกรม ..... 272
ภาคผนวก ..... 285
ภาคผนวก ก การหาคุณภาพเครื่องมือและประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือที่ใช้ในการวิจัย ..... 286
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย และการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย ..... 308
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ ..... 314
ภาคผนวก ง ใบความรู้ เรื่อง ฟังก์ชัน (Function) ..... 347
ภาคผนวก จ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 360
ภาคผนวก ฉ แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ..... 394
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน SMATH Application ..... 398

ภาคผนวก ญ แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application ..... 414
ภาคผนวก ฎ รายนามผู้เชี่ยวชาญ ..... 417
ประวัติผู้เขียน ..... 422

# สารบัญตาราง

**หน้า**

ตาราง 1 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ ..... 49

ตาราง 2 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบองค์รวม ..... 50

ตาราง 3 การวางเงื่อนไขแบบคลาสสิค ..... 99

ตาราง 4 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 118

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของแบบทดสอบย่อยและแบบทดสอบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ..... 126

ตาราง 6 แบบแผนการวิจัย ..... 142

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพรายบุคคลของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 148

ตาราง 8 ปัญหาและการปรับปรุงแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการหาประสิทธิภาพรายบุคคล ..... 149

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อยของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 155

ตาราง 10 ปัญหาและการปรับปรุงแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย ..... 156

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพภาคสนามของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 158

ตาราง 12 ปัญหาและการปรับปรุงแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการหาประสิทธิภาพภาคสนาม ..... 159

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบทดสอบ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย..... 165

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย..... 166

ตาราง 15 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ..... 169

ตาราง 16 ผลของระดับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย..... 236

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 288

ตาราง 18 ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 292

ตาราง 19 ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 294

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบและแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถใน การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 297

ตาราง 21 คะแนนการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 300

ตาราง 22 ค่าความยากง่าย (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 302

ตาราง 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 305

ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application ..... 307

ตาราง 25 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจาก SMATH Application ..... 309

ตาราง 26 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 310

ตาราง 27 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่เรียนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 312

# สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย ..... 21
ภาพประกอบ 2 กระบวนการแก้ปัญหาของสเทอร์นเบิร์ก ..... 34
ภาพประกอบ 3 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นแนวเส้นตรง ..... 35
ภาพประกอบ 4 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตรตามแนวคิดของวิลสันและคนอื่น ๆ ..... 36
ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสังเกตของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 44
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแบบตรวจสอบรายการของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 44
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างมาตรการประเมินการสังเกตการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 45
ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างรูปแบบของคำถามในการให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 46
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างแบบประเมินผลการรายงานเจตคติ ..... 47
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างแบบประเมินผลกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ..... 48
ภาพประกอบ 11 รูปแบบของแอปพลิเคชัน ..... 60
ภาพประกอบ 12 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ..... 64
ภาพประกอบ 13 การพัฒนาแอปพลิเคชันโดยทั่วไป ..... 69
ภาพประกอบ 14 วงจรการพัฒนา ..... 70
ภาพประกอบ 15 ADDIE Model ..... 71
ภาพประกอบ 16 การคิดเชิงออกแบบของ Stanford d.school ..... 74
ภาพประกอบ 17 การคิดเชิงออกแบบของ UK Design Council ..... 75
ภาพประกอบ 18 การคิดเชิงออกแบบของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดผสมผสานกับ Double Diamond Diagram ..... 77
ภาพประกอบ 19 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน ..... 78

ภาพประกอบ 20 ความต้องการของมนุษย์ทั้ง 5 ระดับ ..... 90
ภาพประกอบ 21 การวางเงื่อนไขแบบคลาสสิค ..... 98
ภาพประกอบ 22 การทดลองของสกินเนอร์เกี่ยวกับการกดคานไม้ ..... 103
ภาพประกอบ 23 ตารางการเสริมแรง ..... 104
ภาพประกอบ 24 ระยะและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ..... 111
ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างหน้า SMATH Application ..... 116
ภาพประกอบ 26 แนวทางในการจัดการเรียนการสอน ..... 123
ภาพประกอบ 27 ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ ..... 137
ภาพประกอบ 28 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ..... 168
ภาพประกอบ 29 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 (แบบที่ 1) ..... 172
ภาพประกอบ 30 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 (แบบที่ 2) ..... 173
ภาพประกอบ 31 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 (แบบที่ 1) ..... 174
ภาพประกอบ 32 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 (แบบที่ 2) ..... 175
ภาพประกอบ 33 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 (แบบที่ 1) ..... 176
ภาพประกอบ 34 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 (แบบที่ 2) ..... 177
ภาพประกอบ 35 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 178
ภาพประกอบ 36 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 179

ภาพประกอบ 37 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 180
ภาพประกอบ 38 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 181
ภาพประกอบ 39 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 182
ภาพประกอบ 40 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 183
ภาพประกอบ 41 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 184
ภาพประกอบ 42 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 184
ภาพประกอบ 43 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 185
ภาพประกอบ 44 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 186
ภาพประกอบ 45 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ..... 187
ภาพประกอบ 46 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 189
ภาพประกอบ 47 กำหนดตัวแปรในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 190
ภาพประกอบ 48 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 191
ภาพประกอบ 49 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 191
ภาพประกอบ 50 กำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 193

ภาพประกอบ 51 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 193

ภาพประกอบ 52 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 194

ภาพประกอบ 53 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 195

ภาพประกอบ 54 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1..... 197

ภาพประกอบ 55 กำหนดตัวแปรในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 197

ภาพประกอบ 56 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3..... 198

ภาพประกอบ 57 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 199

ภาพประกอบ 58 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 199

ภาพประกอบ 59 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 200

ภาพประกอบ 60 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 200

ภาพประกอบ 61 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 201

ภาพประกอบ 62 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 202

ภาพประกอบ 63 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 202

ภาพประกอบ 64 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 203
ภาพประกอบ 65 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 204
ภาพประกอบ 66 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 204
ภาพประกอบ 67 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ..... 204
ภาพประกอบ 68 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 206
ภาพประกอบ 69 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 206
ภาพประกอบ 70 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 207
ภาพประกอบ 71 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 208
ภาพประกอบ 72 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 209
ภาพประกอบ 73 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 210
ภาพประกอบ 74 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 211
ภาพประกอบ 75 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 211
ภาพประกอบ 76 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 213

ภาพประกอบ 77 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 213

ภาพประกอบ 78 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ..... 214

ภาพประกอบ 79 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 216

ภาพประกอบ 80 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 216

ภาพประกอบ 81 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 217

ภาพประกอบ 82 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 218

ภาพประกอบ 83 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 219

ภาพประกอบ 84 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 219

ภาพประกอบ 85 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 220

ภาพประกอบ 86 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 221

ภาพประกอบ 87 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบ ในแบบทดสอบ หลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 222

ภาพประกอบ 88 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบ ในแบบทดสอบ หลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 222

ภาพประกอบ 89 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบ ในแบบทดสอบ หลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ..... 223

ภาพประกอบ 90 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 227

ภาพประกอบ 91 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 227

ภาพประกอบ 92 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 228

ภาพประกอบ 93 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 229

ภาพประกอบ 94 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 230

ภาพประกอบ 95 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 230

ภาพประกอบ 96 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ..... 231

ภาพประกอบ 97 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ..... 231

ภาพประกอบ 98 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ..... 232

ภาพประกอบ 99 แบบแสดงความคิดเห็นของ A ..... 239

ภาพประกอบ 100 แบบแสดงความคิดเห็นของ B ..... 239

ภาพประกอบ 101 แบบแสดงความคิดเห็นของ C ..... 240

ภาพประกอบ 102 แบบแสดงความคิดเห็นของ D ..... 240

ภาพประกอบ 103 แบบแสดงความคิดเห็นของ E ..... 240

ภาพประกอบ 104 แบบแสดงความคิดเห็นของ F ..... 240

ภาพประกอบ 105 แบบแสดงความคิดเห็นของ G ..... 240

ภาพประกอบ 106 แบบแสดงความคิดเห็นของ H.....241

ภาพประกอบ 107 แบบแสดงความคิดเห็นของ I .....241

# บทที่ 1
# บทนำ

## ภูมิหลัง

ปัจจุบันคนส่วนใหญ่เกิดความ “ตระหนก” เมื่อพบกับปัญหา บางเรื่องหรือบางปัญหาบางคนอาจมองว่า “เป็นเรื่องเลวร้ายที่สุด ตั้งแต่เคยพบมา” และพยายามคิดจนเกิดความเครียดท้ายที่สุดเป้าหมายของความสำเร็จที่ตั้งไว้กลับพังทลายลง ในทางกลับกันถ้าคนที่พบกับปัญหาลองพิจารณาว่า “ปัญหาเป็นเพียงแค่แบบทดสอบธรรมดาของชีวิตหรือมีความยุ่งยากซับซ้อนบ้างที่ยังไม่สามารถค้นหาคำตอบได้” แล้วหันมา “ตระหนัก” และใช้สติปัญญามาช่วยเพื่อหาทางออกของปัญหาเหล่านั้นอาจพบคำตอบของปัญหา ซึ่งปัญหาเหล่านั้นสามารถแก้ได้ง่ายโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่หรือในกรณีปัญหาที่มีความยุ่งยากซับซ้อนที่ไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้ในทันทีจำเป็นต้องอาศัยความรู้ ทักษะและกระบวนการเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา หากบุคคลนั้นมีความรู้และประสบการณ์มากเพียงพอจะสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2555, น. 6) เช่นเดียวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ต้องเผชิญกับความท้าทายของสถานการณ์ปัญหา ซึ่งปัจจุบันนักการศึกษา นักวิจัย และครูคณิตศาสตร์ทุกคนต้องย้อนมองเพื่อพิจารณาและให้ความสำคัญในเรื่องนี้ นอกจากนี้สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics NCTM) ซึ่งเป็นองค์กรที่สำคัญและมีบทบาทอย่างมากในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนทั้งในสหรัฐอเมริกาและทั่วโลก ได้กล่าวไว้ในหนังสือประจำปี ค.ศ. 1980 เกี่ยวกับ “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน” (Problem Solving in School Mathematics) ซึ่ง ครูลิคและเรย์ (Krulik & Reys, 1980) ได้กล่าวว่า “การแก้ปัญหาต้องเป็นจุดเน้นที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์” สิ่งเหล่านี้กลายมาเป็นประเด็นทำให้นักการศึกษาทั่วโลกหันมาสนใจศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในทุกระดับ อีกทั้งยังเป็นหนึ่งในทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 ที่ทุกคนจะต้องเรียนรู้ โดยเน้นที่องค์ความรู้ ทักษะ ความเชี่ยวชาญและสมรรถนะที่ทำให้เกิดกับตัวผู้เรียนเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตในสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน ตลอดจนทักษะทางด้านฝีมือ ด้านความคิด และทักษะในการปฏิสัมพันธ์ตอบสนองความต้องการ (interactive) ยังคงเป็นที่ต้องการอย่างมากในตลาดแรงงาน (สุนีย์ คล้ายนิล, 2558, น. 2) ดังนั้น สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2562) จึงได้ออกพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2553 และแก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2562 ที่ให้

ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนฝึกทักษะกระบวนการคิด และการประยุกต์ความรู้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยกำหนดไว้ในมาตรา 24 หมวดที่ 4 ว่าด้วยการจัดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่ง 2 ใน 6 ข้อ เป็นการให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและกระบวนการคิดพร้อมกับประยุกต์ความรู้เพื่อแก้ปัญหา อีกทั้งให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อเรียนรู้จากประสบการณ์จริง รวมถึงสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2560, น. 8-11) ได้ทำการออกแบบมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ให้สอดคล้องและบรรลุตามเป้าหมายของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ โดยการกำหนดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับนักเรียนไว้ 3 สาระ ได้แก่ 1) จำนวนและพีชคณิต 2) การวัดและเรขาคณิต และ 3) สถิติและความน่าจะเป็น และให้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีอยู่ในทุกสาระการเรียนรู้ที่นักเรียนทุกคนควรเรียนรู้เพื่อไปให้ถึงเป้าหมายของการทำงานและการดำเนินชีวิตที่มีคุณภาพ

การจัดการเรียนการสอนควรใส่ใจ ให้ความสำคัญและเห็นถึงความจำเป็นของการจัดการศึกษาของประเทศซึ่งส่งผลโดยตรงต่อศักยภาพในการแข่งขันของไทยในเวทีโลก โดยผลการทดสอบสามารถเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดคุณภาพของระบบการศึกษาไทย และการทดสอบที่มีการวัดความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ อย่างเช่น โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยเทียบกับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) พบว่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนสอบของนักเรียนในปี 1995, 1999, 2007, 2011 และ 2015 มีคะแนนเฉลี่ยเป็น 522, 467, 411, 427 และ 431 คะแนน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าคะแนนสอบของนักเรียนโดยภาพรวมลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลากว่า 20 ปีที่ผ่านมา และ โปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Students Assessment หรือ PISA) ที่ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) เป็นการทดสอบสมรรถนะของการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงในการประเมินผลระยะที่ 2 ที่เน้นคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านคณิตศาสตร์ 417 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 500 คะแนน) ในปี 2003 และ 427 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 494 คะแนน) ในปี 2012 ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนไทยมีผลการทดสอบต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย OECD ในทุกครั้งที่เข้าร่วมทำการทดสอบ เช่นเดียวกับผลการทดสอบของ TIMSS นอกจากนี้ เมื่อกลับมามองและพิจารณาการทดสอบภายในประเทศซึ่งเป็นตัวชี้วัดความรู้พื้นฐาน

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เช่น การทดสอบการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Testing หรือ O-Net) ม.3 พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ปี 2552 – 2562 มีคะแนนเฉลี่ยเป็น 26.05, 24.18, 32.08, 26.95, 24.45, 29.65, 32.40, 29.31, 26.30, 30.04 และ 26.73 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยในการทดสอบของนักเรียนไทยแสดงให้เห็นถึงความล้มเหลวในการจัดการศึกษาภายในประเทศ กล่าวคือ คะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในสภาวะวิกฤตอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลากว่าทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งเป็นปัญหาที่น่าหนักใจสำหรับนักการศึกษา นักวิจัย ครูคณิตศาสตร์ และผู้ที่เกี่ยวข้องคนอื่น ๆ ที่จะต้องร่วมมือกันหาวิธีการเรียนการสอนหรือรูปแบบการสอน รวมถึงเทคนิคและกระบวนการหรือขั้นตอนต่าง ๆ ที่สามารถส่งเสริมประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างแท้จริง

แม้ว่าประเทศไทยจะมีความพยายามอย่างหนักในการที่จะมุ่งพัฒนากำลังคนเพื่อพัฒนาการศึกษาคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนมาเป็นเวลากว่า 50 ปี แต่เป้าหมาย หลักการ และการพัฒนาการเรียนการสอนในชั้นเรียนยังไม่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพราะต่างมีความเชื่อมั่นในวิธีการแก้ปัญหาของตนเองโดยไม่คำนึงถึงปัญหาของระบบการศึกษาไทย ดังนั้นนักการศึกษา นักวิจัย ครูคณิตศาสตร์ และผู้ที่เกี่ยวข้อง ควรหันหน้ามาร่วมกันช่วยแก้ปัญหาในทุกภาคส่วน เพื่อให้การศึกษาคณิตศาสตร์ก้าวหน้าต่อไปในทางที่ดีขึ้น ไม่ควรผลักหรือปล่อยให้เป็นภาระของฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง แต่ควรช่วยกันวิเคราะห์ สังเคราะห์ถึงปัญหาที่ผ่านมาว่าเกิดอะไรขึ้นกับการศึกษาคณิตศาสตร์และสภาพการเรียนการสอนในชั้นเรียนแบบดั้งเดิม (Traditional Approach) โดยร่วมกันออกแบบการจัดการเรียนการสอนในยุค “การศึกษา 4.0” ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหาและพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของสังคม (ขวัญหทัย พิกุลทอง และชนิศวรา เลิศอมรพงษ์, 2560, น. 342) โดยเฉพาะการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญเพื่อให้นักเรียน “สร้างกระบวนการคิดเพื่อการแก้ปัญหา” โดยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) ถือว่าเป็นหนึ่งในทักษะทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนควรเรียนรู้ ฝึกฝน และพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน เพราะการเรียนรู้สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีแนวทางการคิดที่หลากหลาย มีกระบวนการคิดที่เป็นระบบ และมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน ตลอดจนเป็นทักษะพื้นฐานที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2555, น. 6) และยิ่งไปกว่านั้น

การที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจในปัญหาและสามารถที่จะเสนอแนวคิดออกมาได้อย่างเป็นขั้นตอนที่ถูกต้องนั้น กระบวนการจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ไม่สามารถละเลยได้ สอดคล้องกับ วิจารณ์ พานิช และประเสริฐ ผลิตผลการพิมพ์ (2555) ที่ได้กล่าวในคลิปวีดิทัศน์ถึงการศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21 โดยมีใจความว่า “กระบวนการเรียนรู้สำคัญกว่าความรู้” และ “ครูมิใช้ผู้มอบความรู้” แต่เป็น “ผู้ออกแบบกระบวนการเรียนรู้โดยเรียนรู้ไปพร้อมกับนักเรียน” ดังนั้น ครูควรออกแบบและวางกระบวนการเพื่อฝึกการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจและเกิดการคิดอย่างเป็นระบบทีละขั้นตอน จนสามารถสื่อสารหรือแสดงแนวคิดเหล่านั้นออกมาได้

สำหรับกระบวนการแก้ปัญหาที่ได้รับการยอมรับ และนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา โดยจอร์จ โพลยา (George Pólya) เป็นนักคณิตศาสตร์ชาวฮังกาเรียนที่รู้จักกันในฐานะ “บิดาแห่งการแก้ปัญหา” ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a Plan) ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) และขั้นตรวจสอบผล (Looking Back) (Polya, 1957, pp. 16-17) โดยกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาได้ถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนสำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะเห็นได้จากผลงานของ (ธนิษฐา เพ็ชร์ช้าง และ สุภาพร สุขเจริญ, 2558) ที่กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาช่วยส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิด วิเคราะห์ แยกแยะ และพิจารณาหาเหตุผลประกอบเพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนา เครือวัลย์ (2559) และประชาชาติ ไชยพรม, วันเพ็ญ นันทะศรี, และ วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2562, น. 69-78) ที่จัดการเรียนการสอนตามกระบวนการของโพลยา ส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนดีขึ้นและเกิดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระดับที่ดีขึ้น การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยานอกจากจะมีการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้วยังมีการศึกษาพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากผลงานเขียนของนักเรียน เช่น ผลงานวิจัยของ ชญาภา ใจโปร่ง (2554) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ เฮนเบอรี่และเจคอบ (Hensberry & Jacobbe, 2012, pp. 71-80) ที่นอกจากนักเรียนสามารถเขียนแสดงแนวคิดหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นขั้นตอนมากขึ้นและมีการอธิบายถึงที่มาของการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาชัดเจนมากขึ้นแล้ว ในส่วนของพฤติกรรมระหว่างการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนั้น นักเรียนใช้เวลามากขึ้นและแสดงร่องรอยการขีดเขียนขณะทำความเข้าใจปัญหา มีการกำหนดตัวแปรและสร้างสมการได้เหมาะสมมากขึ้นสำหรับการวางแผนแก้ปัญหา ส่วนการดำเนินการตามแผนและการตรวจสอบผล นักเรียนสามารถ

เขียนคำอธิบายกระบวนการค้นหาคำตอบได้มากขึ้น และนักเรียนที่ตอบปัญหาได้ถูกต้องมีจำนวนมากขึ้น แต่ในทางกลับกันถึงแม้ว่าจะนำกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยามาจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน แต่ยังคงมีนักเรียนอีกหลายคนที่ไม่สามารถประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งพบว่าปัญหาไม่ได้อยู่ที่กระบวนการที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน แต่อยู่ที่ความรู้พื้นฐานของนักเรียนที่ขาดความแม่นยำและไม่เพียงพอที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อย่างเช่น ผลงานวิจัยของ สุโกริยานโต และคนอื่น ๆ (Sukoriyanto, Nusantara, Subanji, & Chandra, 2016, pp. 11-16) ที่กล่าวว่า นักเรียนยังคงมีข้อผิดพลาดในการทำความเข้าใจปัญหา วางแผน และตรวจสอบผล รวมถึงไม่สามารถที่จะแยกแยะเนื้อหาได้ว่าปัญหาที่กำหนดเป็นเรื่องเกี่ยวกับอะไรทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากความรู้พื้นฐานยังไม่แน่นพอที่จะสามารถนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ เยยุค และฮัสสามาท์ (Yayuk & Husamah, 2020, pp. 361-378) ที่กล่าวว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยาค่อนข้างน้อย ต้องได้รับการฝึก ทบทวนความรู้พื้นฐาน และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่อไป โดยความรู้พื้นฐานที่คล่องแคล่วและแม่นยำนั้นเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างมากในการนำมาใช้ต่อยอดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาสภาพการเรียนการสอนในชั้นเรียนและสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาได้อย่างแตกฉาน ไม่รู้ว่าอะไรคือสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการถามหรืออะไรคือประเด็นหลักของสถานการณ์ปัญหาในข้อนั้น จึงส่งผลต่อการแก้ปัญหาของนักเรียน บางคนยึดติดกับวิธีการใดวิธีการหนึ่งจนไม่สามารถประยุกต์หรือเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาหรือเชื่อมโยงปัญหาไปสู่ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้โดยเฉพาะหากเรียนรู้การแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยวิธีการท่องจำหรือต้องใช้ความรู้และความเข้าใจมากกว่า 1 เรื่อง ในการแก้ปัญหา อีกทั้งสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับข้อติดขัดหรือสิ่งที่เป็นอุปสรรคในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนหลายคนไม่ทราบว่าจะเริ่มต้นอย่างไรเพราะคุ้นเคยกับการแก้โจทย์ที่เป็นการคำนวณมากกว่าแก้โจทย์ที่เป็นสถานการณ์ปัญหา ไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์จากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างแตกฉานทำให้ไม่สามารถเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้อย่างชัดเจน ไม่มั่นใจที่จะเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหามาอยู่ในรูปของข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และไม่ทราบว่าตัวแปรที่เกิดขึ้นนั้นจะแทนอะไรในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหาจนได้คำตอบที่ต้องการ ยิ่งถ้าเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย มีความซับซ้อนหรือพลิกแพลงไปจากสถานการณ์ปัญหาที่คุ้นเคย

ก็จะไม่สามารถหาคำตอบได้หรือต้องใช้เวลาในการหาคำตอบที่มากขึ้น แต่ถึงอย่างไรกระบวนการสอนในห้องเรียนก็ยังคงต้องดำเนินต่อไป คำถามที่เกิดขึ้น คือ “นักเรียนที่ไม่สามารถทำได้หรือพื้นฐานยังไม่ดีพอครูควรทำอย่างไร” นักเรียนบางคนอาจถูกละเลยไปโดยครูบางท่านไม่ได้ตระหนักและให้ความสนใจในจุดนี้มากพอ สุดท้ายนักเรียนบางคนต้องพึ่งการเรียนพิเศษในรูปแบบต่าง ๆ ตามโรงเรียนหรือสถาบันการศึกษานอกระบบเพื่อเสริมสร้างความรู้และทักษะดังกล่าวให้กับตัวเองจนสามารถเรียนตามเพื่อนได้ทัน หรืออาจจะไม่สนใจและไม่ชอบคณิตศาสตร์อีกต่อไป ดังนั้น ถ้าครูมีตัวช่วยหรือมีสิ่งที่นักเรียนสามารถเรียนรู้และฝึกฝนด้วยตนเองได้ย่อมจะช่วยให้นักเรียนสนใจและมีความสุขกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น

ในยุคของศตวรรษที่ 21 เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วทำให้การศึกษารุดหน้าและไร้ขีดพรมแดน กล่าวคือ ข้อจำกัดในด้านสถานที่ เวลา และด้านอื่น ๆ จะไม่เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้อีกต่อไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนก้าวล้ำเข้าสู่ยุคการใช้เทคโนโลยีมากขึ้นไม่ว่าจะเป็น ON-AIR, ONLINE, ON-DEMAND หรือ ON-HAND ทำให้สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2562) ได้ออกพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545 แก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2553 และแก้ไขเพิ่มเติม ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2562 หมวดที่ 9 มาตรา 63 – 69 ที่กำหนดให้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาเป็นยุทธศาสตร์ของการใช้เทคโนโลยีเพื่อปฏิรูปการศึกษาในรูปแบบใหม่ที่มีความครอบคลุม กว้างขวาง และมีความเป็นเอกภาพ ตลอดจนการพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถในการปรับใช้สื่อเทคโนโลยีเพื่อปฏิรูปการเรียนรู้ของนักเรียนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากเอกสารเผยแพร่ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติโดยศาสตราจารย์ ดร.เกษม วัฒนชัย ท่านองคมนตรี ได้กล่าวโดยสรุปว่า “การปฏิรูปการศึกษามิใช่กำลังเกิดขึ้นเฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น หากแต่กำลังเกิดขึ้นทั่วโลก เพราะประเทศต่าง ๆ ล้วนตระหนักดีว่า ความเข้มแข็งและความมั่นคงของประเทศมาจากการพัฒนาศักยภาพของคนในชาติ และการพัฒนาคนจะต้องอาศัยระบบการศึกษาที่ครอบคลุม เข้มแข็ง มีคุณภาพ และโดยประชาชนมีส่วนร่วม” และจะเห็นได้ว่าประเทศต่าง ๆ ที่ได้ชื่อว่าคุณภาพการศึกษาดี ล้วนลงทุนกับเทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างช่องทางให้นักเรียนเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ มากขึ้น อย่างผลการสำรวจของอินเตอร์เนชัน World Economic Forum: WEF เครือข่ายผู้ที่ใช้ชีวิตและทำงานอยู่ในต่างประเทศที่ใหญ่ที่สุดในโลกได้จัดลำดับประเทศที่มีระบบการศึกษาดีที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ อันดับที่ 1 ฟินด์แลนด์ อันดับที่ 2 สิงคโปร์ และอันดับที่ 3 สวิตเซอร์แลนด์และเกาหลีใต้ โดยประเทศเหล่านี้มีการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในระบบการศึกษาจนสามารถพัฒนาศักยภาพของการศึกษาในประเทศของตนเองให้ก้าวขึ้นมาเป็น

ประเทศที่มีนวัตกรรมอันดับต้นของโลก (BBC NEWS ไทย, 2560) นอกจากนี้ สินีนาถ ชะตะกาญจน์ (2551) กล่าวว่า ในยุคปฏิรูปการศึกษา เราเร่งพัฒนาการศึกษาให้การศึกษาไปพัฒนาคุณภาพของคน เพื่อให้คนพัฒนาประเทศ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information Communication Technology: ICT) จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการศึกษา สอดคล้องกับ กระทรวงศึกษาธิการที่ได้เล็งเห็นความสำคัญของการนำ ICT มาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการยกระดับคุณภาพการศึกษาและช่วยพัฒนาครูได้อย่างรวดเร็ว (ภาสกร เรืองรอง และคนอื่น ๆ, 2557) ซึ่งเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในระบบการศึกษาในปัจจุบันมีความน่าสนใจและมีความหลากหลายเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังคงมีการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้งเพื่อร่วมกันพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงทำให้นักการศึกษา นักวิจัย และนักคณิตศาสตร์นำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนทางด้านคณิตศาสตร์ให้ก้าวหน้าต่อไป

เมื่อโลกก้าวเข้าสู่ยุคแห่งการสื่อสารด้วยเทคโนโลยี “โทรศัพท์มือถือ (Mobile Phone)” เป็นอีกหนึ่งปัจจัยของการใช้ชีวิตอย่างไม่มีเงื่อนไข ทำให้โทรศัพท์มือถือเข้ามามีบทบาทและเป็นส่วนหนึ่งของการใช้ชีวิตประจำวันของแต่ละคนเพิ่มมากขึ้นอย่างขาดไม่ได้ กลายเป็นปัจจัยสำคัญที่ตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ในโลกยุคดิจิตอล ซึ่งมีความหลากหลายในการใช้งานไม่ว่าจะเป็นการส่งข้อความ การเล่นเกม การซื้อสินค้าออนไลน์ รวมถึงการที่สามารถติดต่อสื่อสารด้วยวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ (Video Conference) หรือแม้แต่การทำธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Transaction) ที่มีความสะดวกและรวดเร็วผ่านแอปพลิเคชันต่าง ๆ บนโทรศัพท์มือถือ ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนจึงมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนี้เข้ามาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สื่อการเรียนรู้แบบออนไลน์บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้ได้ตามความสามารถของตนเองโดยไม่มีเงื่อนไขในเรื่องของเวลาและสถานที่ในการเรียนรู้ อีกทั้งเป็นการช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และแสวงหาความรู้อยู่ตลอดเวลาโดยสามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ที่มีอยู่ทั่วโลกได้อย่างไม่จำกัด (Salavati, 2016) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Dawson (2012) ซึ่งได้มีการนำแอปพลิเคชันเข้ามาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอน พบว่า แอปพลิเคชันการเรียนรู้และแอปพลิเคชันแบบฝึกทักษะต่าง ๆ เป็นแหล่งเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้และทำงานได้ตามศักยภาพของนักเรียน

การจัดการเรียนการสอนปัจจุบัน นอกจากจะพบปัญหาในเรื่องของกระบวนการที่นักเรียนไม่สามารถอธิบายหรือแสดงการเขียนออกมาได้อย่างเป็นขั้นตอนแล้วความรู้ความเข้าใจ

และความสามารถของนักเรียนที่ไม่เท่าเทียมกันยังคงเป็นปัญหาและควรถูกนำมาพิจารณาอย่างเร่งด่วน ซึ่งนักเรียนที่เรียนรู้ไม่ทันและไม่เข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนและครูผู้สอนที่ไม่สามารถดูแลนักเรียนได้อย่างทั่วถึง อาจทำให้นักเรียนเกิดความไม่อยากเรียนและเบื่อหน่ายในการเรียนรู้ (ศิรดล ศรีดาเดช, ดิเรก ธีระภูธร, และ ปิยมนัส วรวิทย์รัตนกุล, 2561) การใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเรียนการสอนจึงเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยจัดการปัญหาความแตกต่างในการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ (วิชญ์ บุญรอด, 2562, น. 206) ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือและการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายเป็นที่รู้จักและใช้กันอย่างแพร่หลาย รวมถึงยังมีประสิทธิภาพในการใช้งานและมีการพัฒนาคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งราคาที่เหมาะสมซึ่งทุกคนสามารถเป็นเจ้าของได้ จึงทำให้โทรศัพท์มือถือเป็นทางเลือกสำหรับการเรียนรู้ที่ดีในยุคศตวรรษที่ 21 โดยสามารถสืบค้นข้อมูล เสาะหาความรู้ได้เพียงใช้เวลาอันสั้นผ่านแอปพลิเคชันต่าง ๆ (Hsu & Sharma, 2008) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการออกแบบสื่อการเรียนการสอนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ อย่างเช่นผลงานวิจัยของ อาพร มณีนิล, คุณอานันท์ นิรมล, และ กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์ (2559, น. 22-33) ที่ได้ทำการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน เรื่อง ระบบเลขฐาน ให้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ส่งผลให้ในแต่ละระยะของการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของโมบายแอปพลิเคชัน (3 การทดลอง) ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และยังสามารถช่วยแก้ปัญหาของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนได้อีกด้วย สอดคล้องกับ อนุสา แก้วสมทอง และ อนุรักษ์ อุดมเวช (2560, น. 234) และ นุชจิรา แดงวันสี, ปริญวรรณ สุนทรักษ์, สนธิ พลชัยยา, และ กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา (2561, น. 61-73) ที่พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนการสอนของนักเรียนทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนโดยพิจารณาจากคะแนนหลังเรียนที่สูงกว่าก่อนเรียนอย่างเห็นได้ชัดและสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้หลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รวมถึงนักเรียนมีความพึงพอใจอย่างมากต่อการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือและทำให้นักเรียนมีความเพลิดเพลินสนุกสนาน และมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ นอกจากนี้ในการออกแบบแอปพลิเคชัน จอร์แดน โลบส์เชอร์ และ บลิดนอลท์ (Jordaan, Laubscher, & Blignaut, 2017) ได้เสนอแนะว่าถ้าสถานการณ์ที่มีความเข้าใจยากและไม่สามารถสื่อสารออกมาได้อย่างชัดเจน สามารถใช้กราฟิกเข้ามาช่วยในการออกแบบได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความน่าสนใจและความดึงดูดใจให้นักเรียนเข้ามาใช้งาน และถ้าจะช่วยยกระดับความสำเร็จของการเรียนรู้ของนักเรียนควรมีการจดบันทึกหรือสังเกตการณ์เรียนรู้ของนักเรียนเพื่อช่วยนักเรียนแก้ปัญหาได้ทันท่วงที (Etcuban & Pantinople, 2018, pp. 249-259) ยิ่งไปกว่านั้นยังได้มีการออกแบบสื่อการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ

สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อย่างเช่นผลงานของ บริงกูลา และคนอื่น ๆ (Bringula, Rayala, Pascual, Leon, & Sendino, 2016, pp. 147-153) ที่ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้มากขึ้น และใช้เวลามากขึ้นในการแสดงวิธีทำทีละบรรทัด มีการตรวจสอบคำตอบที่ได้มามากขึ้น หลังจากได้ใช้แอปพลิเคชันในการเรียนรู้ อีกทั้งได้มีการสัมภาษณ์นักเรียนและใช้แบบสอบถามเข้ามาร่วมในการสัมภาษณ์ อย่างเช่นผลงานของ ฉาว หยาง และฉาง (Chao, Yang, & Chang, 2018, pp. 248-249) พบว่า นักเรียนไม่มีแรงกดดันในการเรียนคณิตศาสตร์ สามารถเรียนรู้และพร้อมที่จะเผชิญหน้ากับปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งแอปพลิเคชันช่วยให้นักเรียนเข้าใจในเรื่องของการคำนวณมากขึ้น

แอปพลิเคชันถือว่าเป็นโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้งานบนมือถือประเภทสมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต (ขจรศักดิ์ สังข์เจริญ, 2556) มีความสะดวกสบายในการใช้งานและตอบสนองความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้งาน (Users) ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) และ ไอโอเอส (iOS) โดยมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface หรือ UI) เพื่อเป็นตัวกลางในการใช้งานต่าง ๆ (จิระนันท์ สุขบรรจง, 2559) และในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยรูปแบบของแอปพลิเคชันที่เป็น Native Application จะสามารถทำการดึงทรัพยากรของระบบมาใช้งานได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพสูงสุด (ชัยพร สุวรรณประสพ , 2561,น. 9-10) นอกจากนี้ยังได้มีการคำนึงถึงแนวทางในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Stanford d.school) ประกอบด้วยการทำงาน 5 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายอย่างลึกซึ้ง (Empathize) การตั้งกรอบโจทย์ (Define) การสร้างความคิด (Ideate) การสร้างต้นแบบ (Prototype) และ การทดสอบ (Test) (ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC], 2560, น. 17-21)และ กระบวนการคิดเชิงออกแบบที่เป็น Double Diamond Design Process ของ UK Design Council ซึ่งแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ Discover, Define, Develop และ Deliver (ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC], 2560, น. 17-22) โดยกระบวนการดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันต่าง ๆ บนมือถือ ผลที่ได้รับ คือ การนำเสนอรายละเอียดต่าง ๆ ของเนื้อหามีความสอดคล้องและตรงประเด็นกับวัตถุประสงค์ รวมถึงการวางลำดับกระบวนการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนได้ (อาพร มณีนิล และคนอื่น ๆ, 2559) และจากวีดิทัศน์สื่อการเรียนการสอนแบบออนไลน์ของ KMITL Online Learning & Teaching Services โดย ดร. สุทัศน์ รงรอง ได้กล่าวถึงความสำคัญของกระบวนการคิดเชิง

ออกแบบว่า กระบวนการนี้จะเข้าไปรับฟังเสียงสะท้อนของปัญหาที่เกิดขึ้น ประสบการณ์ตรง ความพึงพอใจ และความต้องการจริง ๆ มิใช่การกำหนดปัญหาหรือพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา แต่ไม่สามารถตอบโจทย์หรือแก้ปัญหากลุ่มเป้าหมายได้ ดังนั้นการผลิตสื่อการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยีผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือจะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ได้มากน้อยเพียงใดนั้น “การออกแบบการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ” ให้ตอบโจทย์และเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการรับรู้ที่นักเรียนควรจะได้รับก็เป็นสิ่งสำคัญไม่น้อยในการที่จะช่วยพัฒนาการเรียนการสอนของนักเรียนผ่านสื่อเทคโนโลยี และช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนแบบไร้ข้อจำกัดของพื้นที่การศึกษา (Semertzidis, 2013, p. 90) อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาระบบการศึกษาของไทยในการส่งเสริมการเรียนการสอนของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

จากผลที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความคิดเห็นของครูผู้สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา จำนวน 9 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม จำนวน 50 คน และ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม จำนวน 55 คน ต่อการนำแอปพลิเคชันบนมือถือเข้ามาใช้ในการเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า ครูผู้สอนทุกท่านเห็นด้วยเนื่องจากนักเรียนสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ของเด็กยุคใหม่ได้ง่ายขึ้นเพราะนักเรียนคุ้นเคยกับการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือเป็นอย่างดี ทำให้เข้าใจและเห็นภาพได้เร็วและชัดเจนมากยิ่งขึ้น นักเรียนสามารถเรียนรู้และฝึกฝนได้ตามความสามารถของตนเอง ถ้าการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นเหมือนเกมที่ให้นักเรียนได้เล่น แต่ได้ความรู้ไปในตัวจะสามารถเข้าถึงนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น และนักเรียน จำนวน 103 คน คิดเป็นร้อยละ 98.10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เห็นด้วยกับการนำแอปพลิเคชันมาใช้กับนักเรียน เนื่องจากมีแนวทางในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนนำไปสู่คำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ รวมถึงทำให้เกิดความเข้าใจในการแก้ปัญหามากขึ้น สามารถเป็นตัวช่วยในการฝึกฝน เรียนรู้วิธีคิดและตรวจสอบคำตอบได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังสามารถพกพาได้ง่ายและช่วยเหลือหรือตอบข้อสงสัยได้ทันท่วงที ยิ่งไปกว่านั้นถ้าได้เห็นเป็นกราฟจะสามารถทำให้เข้าใจที่มาของคำตอบหรือสมบัติบางอย่างทางคณิตศาสตร์ได้ สำหรับนักเรียนที่เหลืออีก จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.9 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่เห็นด้วยกับการนำแอปพลิเคชันมาใช้กับนักเรียน เนื่องจากโทรศัพท์มีขนาดที่เล็กเกินไปไม่เหมาะกับการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ได้มีการสำรวจความคิดเห็นเพิ่มเติมของครูและนักเรียนดังกล่าวเกี่ยวกับอุปกรณ์เคลื่อนที่ว่าใช้ระบบปฏิบัติการอะไรระหว่างระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS) หรือ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) พบว่า ใช้

ระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS) จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 42.86 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และใช้ทั้งระบบปฏิบัติการไอโอเอส (iOS) และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 17.14 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ถือว่าเป็นแพลตฟอร์มสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมบนมือถือที่ได้รับความนิยมอย่างมาก (จ๊อบส์ดีบี ประเทศไทย, 2557) และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ด้วยแรงสนับสนุนจาก Google และผู้ผลิตมือถือสมาร์ทโฟนหลาย ๆ ยี่ห้อ เช่น SAMSUNG, GOOGLE, XIAOMI, ONEPLUS, OPPO, REDMI, HUAWEI และ REALME เป็นต้น นอกจากนี้ บริษัท IBM (International Business Machines Corporation) ได้มีการทำการวิจัยกับกลุ่มนักพัฒนา (Developer) มืออาชีพ จำนวน 4,000 คน เกี่ยวกับการพัฒนาแพลตฟอร์ม โดยให้เหตุผลที่เลือกแอนดรอยด์เพราะว่า เครื่องมือ แพลตฟอร์ม เฟรมเวิร์กต่าง ๆ เป็นทรัพยากรที่สามารถหาใช้ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย รวมถึงจำนวนที่เพิ่มขึ้นของอุปกรณ์ที่สามารถรองรับกับแพลตฟอร์มแอนดรอยด์ ส่งผลให้ตลาดของแอนดรอยด์เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง และหาจุดอิ่มตัวได้ยาก อีกทั้งการลงแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ยังมีความยืดหยุ่นให้สามารถลงนอกสโตร์ (Store) อื่น ๆ ได้ ที่ไม่ใช่ Google PlayStore หรือจะติดตั้งแอปพลิเคชันที่เป็นไฟล์ APK ซึ่งก็สามารถทำได้ไม่ยาก ช่วยให้มีอิสระในการติดตั้งและใช้งานแอปพลิเคชันที่ต้องการโดยไม่มีเงื่อนไขและข้อจำกัดใด ๆ

ด้วยเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเรียนรู้ของนักเรียนที่ถูกจัดกระบวนการเรียนการสอนแบบที่ผ่านมาถือว่าเป็นการเรียนการสอนที่ดีและมีคุณภาพแต่อาจจะยังไม่ตอบโจทย์และพานักเรียนไปสู่เป้าหมายได้อย่างแท้จริงเมื่อเทียบกับระบบการศึกษาของประเทศชั้นนำในหลาย ๆ ประเทศ และยิ่งโดยเฉพาะการจัดการเรียนการสอนทางไกลในสถานการณ์ปัจจุบันที่มีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ครูทุกท่านปฏิเสธไม่ได้ที่ต้องพึ่งเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็น ON-AIR, ONLINE, ON-DEMAND หรือ ON-HAND ดังนั้น ถ้าสามารถนำเทคโนโลยีมาประยุกต์และปรับใช้ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนการสอนย่อมส่งผลดีต่อตัวนักเรียนที่เรียนรู้ได้ช้าหรือเรียนตามเพื่อนไม่ทันโดยให้นักเรียนได้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนอกเวลาเรียน อีกทั้งยังตอบรับกับโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคดิจิทัลได้มากขึ้น และยิ่งได้เรียนรู้ถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่สามารถสังเกตได้และแสดงออกมาโดยธรรมชาติอาจช่วยเหลือนักเรียนได้ทันท่วงทีและทำให้นักเรียนเกิดประสิทธิภาพในการเรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งทั้งหมดนี้ถึงจะไม่ได้ช่วยแก้ปัญหาได้

ทั้งหมดของระบบการศึกษาที่ผ่านมา แต่อาจจะเป็นการได้เห็นถึงมุมมองใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาที่นำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ทำให้ผู้วิจัยสนใจการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเนื้อหา เรื่อง ฟังก์ชัน ถือว่าเป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งในวิชาคณิตศาสตร์ เพราะนอกจากจะเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาคณิตศาสตร์ระดับสูง เช่น แคลคูลัส หรือ พีชคณิตนามธรรม เป็นต้น แล้วฟังก์ชันยังเข้าไปมีบทบาทและเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นสถานการณ์เกี่ยวกับแอปพลิเคชันการคำนวณแคลอรี่บนมือถือหรือสถานการณ์เกี่ยวกับการทำงานของตัวจ่ายเชื้อเพลิงในรถยนต์หรือสถานการณ์เกี่ยวกับการพยากรณ์สภาพลมฟ้าอากาศที่จะเกิดขึ้น ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวล้วนแล้วแต่ใช้ความรู้ เรื่อง ฟังก์ชัน ทั้งสิ้น ถ้านักเรียนสามารถเข้าใจ เรื่อง ฟังก์ชัน ได้เป็นอย่างดีจนสามารถรู้จักการจัดเก็บและจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบจะสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาหรืออธิบายปรากฏการณ์หรือทำนายแนวโน้มภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนได้ โดยในงานวิจัยนี้ใช้แนวทางการศึกษาตามกรอบแนวคิดในการแก้ปัญหาของโพลยา (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล) ที่มีจุดเน้นที่สำคัญอยู่ที่การลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละรูปแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วย S.MATH Application บนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งเป็นกระบวนการวิจัยเชิงปริมาณในการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ตามวิธีของไลเคิร์ทแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ และการวิจัยเชิงคุณภาพในการศึกษาพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จากนั้นนำผลการวิจัยมาวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพตลอดจนเปรียบเทียบและหาข้อสรุปในการแปลผลของข้อมูล

**คำถามการวิจัย**

1. แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีประสิทธิภาพช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ได้จริงหรือไม่

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นอย่างไร

**ความมุ่งหมายของการวิจัย**

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**ความสำคัญของการวิจัย**

1. ได้แนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเรื่องอื่น ๆ

2. เป็นแนวทางสำหรับครูและนักวิจัยในการเสริมสร้างความสามารถและพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเรื่องอื่น ๆ

3. เป็นแนวทางสำหรับครูและนักวิจัยในการวัดความพึงพอใจที่เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเรื่องอื่น ๆ

**ขอบเขตของการวิจัย**

1. **กลุ่มทดลอง / กลุ่มเป้าหมาย**

**ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2564 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนรุ่งอรุณ (ทั้งนี้โรงเรียนรุ่งอรุณเป็นโรงเรียนทางเลือกที่มีการจัดการเรียนการสอน 3 ภาคเรียน ใน 1 ปีการศึกษา) และมีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ซึ่งทำการพิจารณาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) เพื่อใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ 3 ครั้ง ดังนี้

1) **การหาประสิทธิภาพรายบุคคล** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

2) **การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคล

3) **การหาประสิทธิภาพภาคสนาม** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 24 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคลและกลุ่มย่อย

**ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มาแล้ว ของโรงเรียนรุ่งอรุณ โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ซึ่งพิจารณาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

นอกจากนี้ผู้วิจัยเลือกนักเรียนเป้าหมาย (Target Students) เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับการกล้าแสดงออกการสื่อสารและการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน อีกทั้งใช้การพิจารณาจากงานเขียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการสะท้อนคิดของนักเรียนจากการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (SMATH Application) ซึ่งนักเรียนเป้าหมายนี้ได้จากกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม แล้วนำคะแนนของนักเรียนเหล่านั้นมาเรียงและแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน จากนั้นทำการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 6 คน จากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน โดยผู้วิจัยพิจารณาจากงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) และสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application และกล้องวีดิทัศน์ในการบันทึกรายละเอียดระหว่างการสัมภาษณ์

**2. ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา**

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เวลาที่ใช้ในการศึกษา

วิจัยระยะที่ 1 คือ ภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 25 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยเป็นเวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ

ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยระยะที่ 2 คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 25 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยเป็นเวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) เวลาสำหรับการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 คาบเรียน

2) เวลาสำหรับการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 15 คาบเรียน

3) เวลาสำหรับการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 5 คาบเรียน

4) เวลาสำหรับการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 คาบเรียน

5) เวลาสำหรับการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application จำนวน 1 คาบเรียน

**3. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา**

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

**4. ตัวแปรที่ศึกษา**

**4.1 ตัวแปรต้น คือ**

แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่**

1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2) พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3) ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. **แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์** หมายถึง โปรแกรมประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบลากวาง (Drag & Drop) แบบไฮไลต์ (Highlight) แบบตอบสั้น (Short Answer) แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern) และ แบบกราฟ (Graph) บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ซึ่งมีความสะดวก รวดเร็วและเรียบง่ายในการใช้งาน ตอบสนองความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้งาน (Users) ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Operating System) และสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมผ่าน Google play store

2. **ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง คำถามหรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและมีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยที่ไม่สามารถหาวิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของคำถามดังกล่าวในทันที ต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของคำถามนั้น ผ่านความรู้ เรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3. **การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยอาศัยขั้นตอนหรือกระบวนการในการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาและประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) **ขั้นทำความเข้าใจปัญหา** (Understanding the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่นักเรียนต้องอ่าน ทำความเข้าใจ และพิจารณาสถานการณ์ปัญหาเพื่อสามารถระบุส่วนสำคัญของปัญหาด้วยตนเองหรือครูอาจทำหน้าที่สร้างความสนใจ/กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นหรือ

สถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงประเด็นต่าง ๆ เข้ากับสถานการณ์ปัญหาข้อนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้องและเข้าใจปัญหาที่กำหนดให้ได้ซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบลากวาง (Drag & Drop) แบบไฮไลต์ (Highlight) และ แบบตอบสั้น (Short Answer)

2) **ขั้นวางแผนแก้ปัญหา** (Devising a Plan) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ต้องการทราบ ซึ่งอาจต้องใช้กฎ บทนิยาม ทฤษฎี มโนทัศน์ต่าง ๆ หรือกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์มาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern) และ แบบลากวาง (Drag & Drop)

3) **ขั้นดำเนินการตามแผน** (Carrying out the Plan) ขั้นตอนนี้ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 โดยดำเนินการตามวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบลากวาง (Drag & Drop) และ แบบตอบสั้น (Short Answer)

4) **ขั้นตรวจสอบผล** (Looking Back) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องตามกระบวนการที่ได้วางไว้ หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์หรือไม่ โดยการมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มาแล้วตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งสรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบตอบหลากหลาย (Multiple Answer) และ แบบกราฟ (Graph)

4. **ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง การแสดงออกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ฟังก์ชัน ในด้านทำความเข้าใจปัญหา ด้านวางแผนแก้ปัญหา ด้านดำเนินการตามแผน และด้านตรวจสอบผล โดยพิจารณาจาก

1) คะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ คิดเป็นร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม

2) คะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

3) คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน คิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

5. **พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง การแสดงออกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านงานเขียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) **ด้านทำความเข้าใจปัญหา** โดยพิจารณาจากการระบุสิ่งที่สถานการณ์ปัญหากำหนด (ข้อมูล) และสิ่งที่ต้องการหาหรือสิ่งที่ไม่รู้ ตลอดจนสิ่งที่ต้องการถามและเงื่อนไขจากสถานการณ์ปัญหา

2) **ด้านวางแผนแก้ปัญหา** โดยพิจารณาจากการเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ระบุตัวแปรที่เกิดขึ้นนำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์ (สมการ) ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา รวมถึงสามารถระบุขอบเขตหรือความเป็นไปได้ของคำตอบและวางแผนแก้ปัญหาในรูปของผังงาน (Flow Chart) จากสถานการณ์ปัญหา

3) **ด้านดำเนินการตามแผน** โดยพิจารณาจากการแสดงวิธีการหาคำตอบหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบ พร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบการค้นหาคำตอบเหล่านั้น

4) **ด้านตรวจสอบผล** โดยพิจารณาจากการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลและตรงกับสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาถามหรือไม่ จากนั้นปรับเปลี่ยนคำตอบจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด

โดยในการศึกษาพฤติกรรมดังกล่าวข้างต้น พิจารณาจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

6. **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง ชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละช่วงหลังจากใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยเนื้อหาที่ใช้ในแต่ละข้อเป็นเนื้อหา เรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และในแต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring)

7. **แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง ชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านทำความเข้าใจปัญหา ด้านวางแผนแก้ปัญหา ด้านดำเนินการตามแผน และด้านตรวจสอบผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา จำนวน 3 ข้อ โดยแบ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย จำนวน 1 ข้อ

สถานการณ์ปัญหาแบบปานกลาง จำนวน 1 ข้อ และสถานการณ์ปัญหาแบบยาก จำนวน 1 ข้อ ซึ่งเนื้อหาที่ใช้ในแต่ละข้อเป็นเนื้อหา เรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และในแต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring)

8. **ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ** หมายถึง ความรู้สึก ความชอบ ความพอใจเฉพาะตัวบุคคลที่มีต่อการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

9. **ประสิทธิภาพของเครื่องมือ** หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเมื่อนำไปใช้ในชั้นเรียนแล้วทำให้นักเรียนสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่กำหนดไว้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ $E_1/E_2$ โดยที่

$E_1$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

$E_2$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน

โดยมีเกณฑ์การตัดสิน $E_1/E_2$ เป็น 70/70 สำหรับการพิจารณาและตรวจสอบ

**สมมติฐานการวิจัย**

1. แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

**กรอบแนวคิดในการวิจัย**

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยตามภาพประกอบ 1 ดังนี้

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบและแนวทางในการวิจัยในด้านต่าง ๆ ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

**ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

1.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.4 ความสำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.5 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.6 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.7 การประเมินผลการเรียนรู้สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.8.1 งานวิจัยในประเทศ

1.8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

**ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

2.1 ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือ

2.2 รูปแบบของแอปพลิเคชันบนมือถือ

2.3 ประเภทของแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อการศึกษา

2.4 ประเภทของสื่อที่นำมาใช้สร้างแอปพลิเคชันบนมือถือ

2.5 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2.6 แนวทางการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชัน

2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

**ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจ**

3.1 ความหมายของความพึงพอใจ

3.2 องค์ประกอบของความพึงพอใจ

3.3 การวัดความพึงพอใจ

3.4 การสร้างแบบวัดความพึงพอใจ

3.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

3.6.1 งานวิจัยในประเทศ

3.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

**ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม**

4.1 ความหมายของการเรียนรู้

4.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้

4.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม

หัวข้อดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

**ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

ในการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อเป็นกรอบและแนวทางในการวิจัยโดยมีหัวข้อและรายละเอียด ดังนี้

**1.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์**

มีนักการศึกษาและนักวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

เลสเตอร์ได้กล่าวถึง “ปัญหา (Problem)” (Lester, 1978, p.54, as cited in Hatfield & Bradbard, 1978) ไว้ว่า เป็นสถานการณ์ที่บุคคลหรือกลุ่มบุคคลได้กระทำต่องานนั้นเพื่อให้ได้วิธีการหาคำตอบที่สมบูรณ์ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก ครูลิคและรุดนิค (Krulik & Rudnick, 1993, p. 6) กล่าวว่า ปัญหาเป็นสถานการณ์ที่บุคคลหรือกลุ่มบุคคลต้องการที่จะค้นหาคำตอบ แต่ยังไม่มีวิถีทางที่จะได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา นอกจากนี้ โพซาเมนเทียและครูลิค (Posamentier & Krulik, 1998, p. 1) ได้กล่าวว่า “ปัญหา (Problem)” เป็นสถานการณ์ที่บุคคลเผชิญและต้องการค้นหาคำตอบโดยวิธีการหาคำตอบยังไม่รู้ในทันที ซึ่งความหมายดังกล่าวได้สอดคล้องกับเชฟฟิลด์และครูอิกแชงก์ (Sheffield & Cruikshank, 2000, p. 38) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ปัญหาเป็น

คำถามหรือสถานการณ์ที่ทำให้เกิดข้อสงสัย ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่คุ้นเคย ไม่สามารถหาวิธีการในการแก้ปัญหาได้ในทันทีหรือไม่สามารถหาคำตอบของปัญหาได้ในขณะนั้น และยังได้รับการสนับสนุนจาก เรย์ ลินด์ควิสท์ แลมดิน สมิทและซัยแดม (Reys, Lindquist, Lambdin, Smith, & Suydam, 2004, p. 98) ที่ได้ให้คำจัดกัดความไว้ว่า ปัญหาเป็นสถานการณ์ที่บุคคลต้องการบางสิ่ง แต่ไม่รู้ในทันทีว่าอะไรที่ต้องทำเพื่อให้ได้สิ่งนั้นมา

สำหรับข้อความข้างต้นเป็นการกล่าวถึง ความหมายของปัญหา แต่สำหรับ “ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problems)” มีนักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้หลากหลายความหมาย เช่น ครูลิคและรุดนิค (Krulik & Rudnick, 1993, p. 6) ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่าเป็นสถานการณ์ที่ต้องแสวงหากระบวนการหรือแนวทางโดยใช้ความรู้พื้นฐานที่ได้เรียนมาเพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหา แต่ยังไม่มีวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบ ในขณะที่ เชฟฟิลด์และครูอิกแชงก์ (Sheffield & Cruikshank, 2000, p. 38) กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นคำถามหรือสถานการณ์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ กล่าวคือ เนื้อหาไม่ใช่เกี่ยวข้องแค่จำนวนเพียงเท่านั้น แต่รวมถึงปริภูมิหรือการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ด้วย

อีกทั้งในประเทศไทยยังมีนักการศึกษาอย่างเช่น ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, น. 62) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยสรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นคำถามหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการหาคำตอบซึ่งอาจอยู่ในรูปจำนวนหรือคำอธิบายที่มีการให้เหตุผลโดยที่ผู้แก้ปัญหายังไม่คุ้นเคยมาก่อน ไม่สามารถที่จะหาคำตอบของปัญหาได้ในทันที ต้องใช้ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการค้นหาคำตอบ อีกทั้งคำถามหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งจะเป็นปัญหาหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับผู้แก้ปัญหา และคำถามหรือสถานการณ์นั้นอาจเป็นปัญหาสำหรับคนหนึ่ง แต่อาจไม่ใช่ปัญหาสำหรับอีกคนหนึ่งก็ได้ และคำถามหรือสถานการณ์ที่เคยเป็นปัญหาสำหรับคนหนึ่ง อาจไม่ได้เป็นปัญหาสำหรับบคนนั้นอีกต่อไป นอกจากนี้ มัณฑนา พรมรักษ์ (2556, น. 33) กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึงสถานการณ์หรือคำถามที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ที่ต้องการคำตอบ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจจัดอยู่ในรูปของจำนวน สัญลักษณ์ การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ข้อความ สถานการณ์ปัญหาหรือการให้เหตุผลในทางตรรกศาสตร์ได้ ในขณะที่ รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005, p. 5) ชญาภา ใจโปร่ง (2554, น. 9) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] (2555, น. 7) และ ธัชพล พลรัตน์ (2561, น. 8) กล่าวในทำนองเดียวกันว่า ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งนักเรียนพบเจอหรือเผชิญอยู่และต้องการหาคำตอบ โดยที่ยังไม่ทราบวิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์ดังกล่าวในทันที

จากความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นคำถามหรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและมีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยที่ไม่สามารถหาวิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของคำถามดังกล่าวในทันที ต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของคำถามนั้น

### 1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะต้องคำนึงถึงว่าจะแก้ปัญหาอย่างไร ซึ่งครูจะต้องฝึกฝนนักเรียนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาให้มากพอ เพื่อให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้นักการศึกษาได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งประเภทดังต่อไปนี้

#### 1.2.1 แบ่งตามจุดประสงค์ของปัญหา

โพลยา (Polya, 1957, p. 154) ได้แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) ปัญหาให้ค้นหาคำตอบ (Problems to Find) เป็นปัญหาที่ให้นักเรียนค้นหาสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎี หรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ อาจเป็นนามธรรมหรือรูปธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา สิ่งที่กำหนดให้ และเงื่อนไข

2) ปัญหาให้พิสูจน์ (Problems to Prove) เป็นปัญหาที่ให้นักเรียนแสดงเหตุผล ว่า “ข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ” ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐานหรือสิ่งที่กำหนดให้ และผลสรุปหรือสิ่งที่ต้องพิสูจน์

#### 1.2.2 แบ่งตามลักษณะของปัญหา

ชาร์ล และเลสเทอร์ (Charles & Lester, 1982, pp. 6-10) ได้แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 6 ประเภท ได้แก่

1) ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill Exercise Problems) เป็นปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอน/กระบวนการ และการคำนวณเบื้องต้น

2) ปัญหาข้อความอย่างง่าย (Simple Translation Problems) เป็นปัญหาข้อความที่เคยพบ เช่น ปัญหาในหนังสือเรียน ต้องการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนประโยคภาษา

เป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาที่มีขั้นตอนหรือการดำเนินการเดียว มุ่งเน้นให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับมโนมติทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดคำนวณ

3) ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน (Complex Translation Problems) คล้ายกับปัญหาข้อความอย่างง่าย แต่เพิ่มเป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอนหรือมากกว่า 2 การดำเนินการ

4) ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process Problems) เป็นปัญหาที่ไม่คุ้นเคย ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ได้ทันที จะต้องแบ่งเป็นปัญหาย่อย ๆ แล้วหารูปแบบทั่วไปของปัญหา ซึ่งนำไปสู่การคิดและการแก้ปัญหา เป็นการพัฒนากลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจในการวางแผนการแก้ปัญหาและการประเมินผลของคำตอบ

5) ปัญหาการประยุกต์ (Applied Problems) เป็นปัญหาที่ต้องใช้ทักษะ ความรู้ มโนมติ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการหาคำตอบต้องอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น การจัดการ การรวบรวม และการแทนข้อมูล เป็นต้น การตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นปัญหานั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการ มโนมติ และข้อเท็จจริงเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สิ่งนี้ทำให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่เป็นจริง

6) ปัญหาปริศนา (Puzzle Problems) เป็นปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการเดาสุ่มไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ บางครั้งต้องใช้วิธีที่ไม่ธรรมดา หรือต้องใช้ความรู้ที่ลึกซึ้ง ปัญหาประเภทนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา และเป็นปัญหาที่มองได้หลายมุมมอง

**1.2.3 แบ่งตามผู้แก้ปัญหา**

บารูดี้ (Baroody, 1993, pp. 2-34 - 2-36) ได้แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

1) ปัญหาที่คุ้นเคย (Routine Problems) หรือปัญหาอย่างง่าย หรือปัญหาขั้นเดียว (Simple (one - step) Translation Problems) เป็นปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคยซึ่งมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนมากในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ หรืออาจกล่าวว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหานั้นโดยตรง

2) ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non-routine Problems) สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ลักษณะดังนี้

(2.1) ปัญหาซับซ้อนหรือปัญหาหลายขั้น (Complex (Multistep) Translation Problems) เป็นปัญหาที่จะต้องประยุกต์ใช้ในการดำเนินทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 2 การดำเนินการขึ้นไปในการแก้ปัญหา

(2.2) ปัญหาที่ต้องปรับใช้สิ่งอื่นของปัญหา (Other Modification of Translation Problems) เป็นการรวบรวมปัญหาหลายขั้น และขั้นเดียวแล้วเปลี่ยนเป็นวิธีการอื่น ๆ เพื่อต้องการคิดวิเคราะห์ ได้แก่ ปัญหาที่ต้องการหาองค์ประกอบที่ผิด หรือสิ่งที่ผิดของโจทย์ ปัญหาที่ต้องการประยุกต์คำตอบ ปัญหาที่ให้ข้อมูลมาก ๆ หรือข้อมูลน้อย ๆ หรือข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 กลยุทธ์ ปัญหาที่ต้องการคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ ปัญหาที่ต้องใช้ความอดทนในการแก้ปัญหา

(2.3) ปัญหากระบวนการ (Process Problems) เป็นปัญหาที่ต้องใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

(2.4) ปัญหาปริศนา (Puzzle Problems) เป็นปัญหาที่มีเทคนิค และต้องการความลึกซึ้ง เป็นปัญหาเกี่ยวกับกลอุบาย ปัญหาประเภทนี้จะทำให้เกิดความสนุกสนานและท้าทาย

(2.5) ปัญหาเฉพาะที่ไม่ระบุเป้าหมาย (Non-goal Specific Problems) ปัญหาประเภทนี้มีลักษณะเป็นปัญหาปลายเปิด ซึ่งไม่ต้องการหาคำตอบหรือเงื่อนไขของคำตอบ

(2.6) ปัญหาประยุกต์ (Applied Problems) ขยายจากสถานการณ์ในชีวิตจริง

(2.7) ปัญหากลยุทธ์ (Strategy Problems) กำหนดจุดมุ่งหมายที่จะต้องแก้นักเรียนบางคนอาจจะมุ่งไปที่คำตอบว่าถูกต้องหรือไม่ แต่ปัญหาประเภทนี้จะช่วยระบุหรือเน้นกลยุทธ์ที่จะช่วยทำให้เข้าใจปัญหา และกระบวนการในการแก้ปัญหา

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- ปัญหาที่คุ้นเคย (Routine Problems) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนมากในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ปัญหาข้อความอย่างง่าย (Simple Translation Problems)

- ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non-routine Problem) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ 1) ปัญหาข้อความที่ซับซ้อน (Complex Translation

Problems) เป็นปัญหาที่มี 2 ขั้นตอนหรือมากกว่า 2 การดำเนินการ และ 2) ปัญหาประยุกต์ (Applied - Problems) เป็นปัญหาที่มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง

### 1.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000) ซึ่งเป็นองค์กรที่สำคัญและมีบทบาทอย่างมากในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนทั้งในสหรัฐอเมริกาและทั่วโลก ได้กล่าวไว้ในหนังสือประจำปี ค.ศ. 1980 เกี่ยวกับ “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน” (Problem Solving in School Mathematics) ว่าด้วย “การแก้ปัญหาต้องเป็นจุดเน้นที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์” สิ่งเหล่านี้กลายมาเป็นประเด็นทำให้นักการศึกษาทั่วโลกหันมาสนใจศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ไม่ว่าจะเป็นระดับเตรียมอุดมศึกษาหรือระดับอุดมศึกษาก็ตาม ในบรรดานักการศึกษาเหล่านั้น มีนักการศึกษาสำคัญหลายท่านได้ให้ความหมายของ “การแก้ปัญหา” ไว้ดังนี้

เลสเทอร์ได้ให้ความหมายของ การแก้ปัญหา (Problem Solving) (Lester, 1978, p. 54, as cited in Hatfield & Bradbard, 1978) ว่า “เป็นเซตของการกระทำที่มีผลต่อการแก้ปัญหา” ขณะที่โพลยา (Polya, 1980, p. ix) ได้ให้ความหมายว่า “การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นการหาวิธีหรือแนวทางเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องและชัดเจน แต่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในทันที” ส่วนครูลิคและรุดนิค (Krulik & Rudnick, 1987, p. 4) ได้ให้ความหมายว่า “เป็นกระบวนการที่แต่ละบุคคลใช้ทักษะ ความรู้ และความเข้าใจที่มีอยู่มาช่วยในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย” นอกจากนี้ เซทเทลลาร์และนิโคล (Szetela & Nicol, 1992) ได้ให้ความหมายว่า “การแก้ปัญหาเป็นขบวนการที่ต้องเผชิญหน้ากับสถานการณ์แปลก ๆ ซึ่งในขั้นแรกของแต่ละบุคคล ไม่สามารถที่จะรู้วิธีการที่จะรับรองการแก้ปัญหาที่ถูกต้องได้” ส่วนเพอดีคาริส (Perdikaris, 1993, p. 423) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะต่อยอดไปสู่แนวคิดใหม่ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ และในส่วนสุดท้ายสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000, p. 52) ได้กล่าวว่า “การแก้ปัญหาเป็นการดำเนินการต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยที่ยังไม่รู้วิธีการหาคำตอบมาก่อน”

สำหรับในประเทศไทย (ปรีชา เนาว์เย็นผล, 2537, น. 62) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไว้ว่าเป็นการหาวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ โดยผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์เดิมมาปรับเข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดไว้ในปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับ รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005, p. 5) วรรณพร เลิศอาวาส (2554, น. 27) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] (2555, น. 7) และธีรเชษฐ์ เรืองสุขอนันต์ (2561, น. 29) ที่ได้กล่าวในทำนองเดียวกันว่า “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการหนึ่งที่มีการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอนการแก้ปัญหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” นอกจากนี้ อัมพร ม้าคนอง (2553, น. 39) ได้กล่าวว่า “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับความรู้ ทักษะและความสามารถหลายอย่าง เช่น ความรู้ในเนื้อหา ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการทำงาน ทักษะทางการคิดและความสามารถในการประเมินการทำงานของตนเอง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ เจตคติและความเชื่อของผู้แก้ปัญหาด้วย” ส่วน มัณฑนา พรมรักษ์ (2556, น. 40) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการเพื่อค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยกระบวนการแก้ปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องอาศัยความรู้หรือทักษะและกระบวนการต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ อีกทั้งอาศัยประสบการณ์ในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหา

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการที่ใช้ในการค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยอาศัยขั้นตอนหรือกระบวนการในการแก้ปัญหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a Plan) ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) และ ขั้นตรวจสอบผล (Looking Back) ซึ่งในแต่ละขั้นตอนนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

**1.4 ความสำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

มีนักการศึกษา และนักวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศหลายท่านได้ให้ความสำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

โพลยา (Polya, 1957, p. 221) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมพื้นฐานของมนุษย์ ขณะที่มนุษย์ยังมีสติความคิดส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับปัญหา โดยมนุษย์จะมีการแก้ปัญหาอยู่ตลอดเวลาเพื่อบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ความเจริญก้าวหน้าของโลกเกิดขึ้นจากการที่มนุษย์รู้จักการแก้ปัญหา ดังนั้น การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นหนึ่งทักษะที่มีความสำคัญที่ต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนเพื่อนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้ สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1989, pp. 1-3) กำหนดให้ “การแก้ปัญหาต้องเป็นจุดเน้นที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์” ซึ่งถือได้ว่าเป็นเป้าหมายแรกของการเรียนการสอนและเป็นเป้าหมายที่สำคัญของกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2560, น. 8-11) ที่กำหนดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โดยให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และกำหนดให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในทุกสาระการเรียนรู้ที่นักเรียนทุกคนควรเรียนรู้ เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เลสเตอร์ (Lester, 1977, pp. 12-15) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นหัวใจสำคัญของคณิตศาสตร์ และเป็นเป้าหมายสูงสุดของหลักสูตรการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับเบลล์ (Bell, 1978, pp. 310-311) ที่ได้เห็นถึงความสำคัญของการแก้ปัญหา โดยที่จะพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนให้รู้จักคิดวิเคราะห์ รู้จักเหตุ รู้จักผล รู้จักการแก้ปัญหา รู้ถึงข้อเท็จจริง มโนคติ หลักการต่าง ๆ และ รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง รวมถึงมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มุ่งพัฒนาพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงามทั้งในการทำงานและการอยู่ร่วมกัน อีกทั้ง เคเนดี้และทิปป์ (Kennedy & Tipps, 1997, p. 135) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญและสามารถเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้แนวคิดและทักษะต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000, p. 182) ได้มีการกำหนดให้การแก้ปัญหาเป็น 1 ใน 5 มาตรฐานของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2545, น. 1-2) ที่ได้มีการจัดการศึกษาในปัจจุบัน

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยให้ความหมายของความสำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นจุดเน้นที่สำคัญในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะที่นักเรียนทุกคนควรเรียนรู้เพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียนให้รู้จักการคิดวิเคราะห์ รู้จักเหตุ รู้จักผล และรู้จักการแก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 1.5 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ถือว่าเป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่ง ซึ่งมีนักเรียนเป็นจำนวนไม่น้อยที่เข้าใจในปัญหาและสามารถหาคำตอบของปัญหานั้นออกมาได้ แต่ไม่สามารถเขียนอธิบายออกมาได้อย่างเป็นขั้นตอนถูกต้อง อีกทั้งในปัจจุบันยังคงเป็นปัญหาที่สืบเนื่องต่อกันมาอย่างยาวนานทั้งในระดับเตรียมอุดมศึกษาและในระดับอุดมศึกษาเช่นกัน ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในปัญหาและสามารถเขียนแสดงวิธีคิดออกมาได้อย่างเป็นขั้นตอน ครูจึงควรฝึกฝนให้นักเรียนเห็นความสำคัญและเข้าใจถึงขั้นตอนหรือกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับกระบวนการแก้ปัญหาที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya, 1957, pp. 5-19) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นทำความเข้าใจปัญหา** (Understanding the Problem) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์ประเด็นของปัญหาว่า โจทย์ต้องการทราบอะไร โจทย์ให้ข้อมูลอะไรมาบ้าง นักเรียนต้องอ่าน ทำความเข้าใจ และพิจารณาโจทย์ปัญหาเพื่อสามารถระบุส่วนสำคัญของปัญหา ได้แก่ ตัวไม่ทราบค่า ข้อมูลและเงื่อนไข โดยขั้นตอนนี้ครูมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะครูต้องทำหน้าที่ตั้งคำถามนำ เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจในโจทย์ข้อนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งในการอ่าน และทำความเข้าใจในปัญหา นักเรียนต้องวิเคราะห์ส่วนสำคัญของปัญหาอย่างถี่ถ้วน พิจารณาหลาย ๆ รอบ และหลากหลายมุมมอง หรือใช้วิธีการอื่น ๆ เช่น การเขียนภาพ การเขียนแผนภูมิ หรือการเขียนสาระของปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง เป็นต้น เพื่อช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา

**ขั้นวางแผนแก้ปัญหา** (Devising a Plan) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ต้องการทราบ แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา และท้ายสุดเลือกกลยุทธ์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนนี้ครูควรจะแสดง

บทบาทไปพร้อม ๆ กับนักเรียนโดยการร่วมกันวางแผนแก้ปัญหาเป็นการฝึกให้นักเรียนเรียนรู้กลยุทธ์ของการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

**ขั้นดำเนินการตามแผน** (Carrying out the Plan) ขั้นตอนนี้ที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผนเพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ โดยนักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะในการคิดคำนวณ เช่น การบวก การลบ การคูณ การหาร เป็นต้น ถ้าแผนหรือกลยุทธ์ที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนต้องค้นหาแผนหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาใหม่อีกครั้ง ถือว่าเป็นการพัฒนานักเรียนให้ดีขึ้นอีกทางด้วยเช่นกัน

**ขั้นตรวจสอบผล** (Looking Back) ขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยการมองย้อนกกลับไปพิจารณาคำตอบที่ได้มาว่ากลยุทธ์ที่ใช้มีความถูกต้องและสมเหตุสมผลหรือไม่ แล้วลองพิจารณาว่ามีกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาอย่างอื่นอีกหรือไม่ สำหรับนักเรียนที่คาดเดาคำตอบก่อนลงมือแก้ปัญหาสามารถเปรียบเทียบ วิเคราะห์หรือตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่คาดเดากับคำตอบจริงในขั้นตอนนี้ได้

วอลลัส (Wallas, 1973, pp. 215-247) ได้เสนอกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นเตรียมปัญหา (Preparation) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาทำการรวบรวมข้อมูลของปัญหา ตรวจสอบปัญหาอย่างละเอียดถี่ถ้วนและเข้าใจในทุกแง่มุมเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการนำไปใช้ในอีกสามขั้นตอนถัดไป

2) ขั้นบ่มเพาะปัญหา (Incubation) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาได้มองออกจากปัญหาไปยังกิจกรรมอื่น ๆ หรือทดลองเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของเงื่อนไขของปัญหาที่เกิดขึ้นหรือเสาะหาความรู้ใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มเติมความเข้าใจให้กับตนเอง

3) ขั้นอธิบายปัญหา (Illumination) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาเกิดแนวคิดสร้างสรรค์ในสมองของตนเอง เชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจนสามารถประมวลผลและอธิบายแนวคิดของปัญหาออกมาได้อย่างเป็นขั้นตอน

4) ขั้นตรวจสอบปัญหา (Verification) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาตรวจสอบคำตอบของตนเองในรายละเอียดต่าง ๆ อย่างครบถ้วนหลังจากที่ได้คำตอบออกมาว่าถูกต้องตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ก่อนที่นำคำตอบไปใช้

สเทอร์นเบิร์ก (Sternberg, 1986, pp. 41-78) ได้กล่าวถึงวิธีการแก้ปัญหาที่เรียกว่า “Metacomponents” ซึ่งมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 การนิยามธรรมชาติของปัญหา เป็นการทบทวนปัญหา เพื่อทำความเข้าใจ จากนั้นทำการตั้งเป้าหมายและนิยามปัญหา เพื่อจะนำไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้

ขั้นที่ 2 การเลือกองค์ประกอบหรือขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดขั้นตอนเพื่อให้แต่ละขั้นตอนมีความเหมาะสม ไม่กว้างเกินไปหรือแคบจนเกินไป และก่อนที่จะทำการกำหนดขั้นตอนถัดไปควรพิจารณารายละเอียดในแต่ละขั้นตอนให้ถี่ถ้วนก่อน

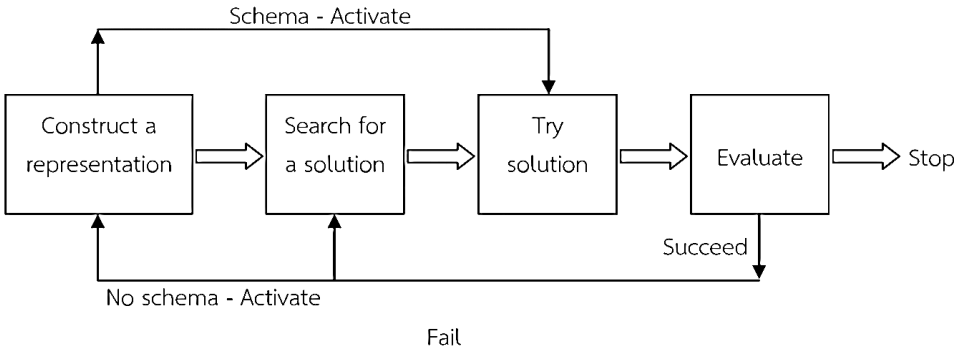
ขั้นที่ 3 การเลือกกลยุทธ์ในการจัดลำดับองค์ประกอบของการแก้ปัญหา ต้องมั่นใจว่ามีการพิจารณาถึงปัญหาอย่างถี่ถ้วนและทั่วถึงแล้ว โดยไม่ด่วนสรุปในสิ่งที่เกิดขึ้น เพราะอาจจะนำมาซึ่งความผิดพลาดได้ และการเรียงลำดับขั้นตอนเป็นไปตามธรรมชาติหรือหลักเหตุผลที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

ขั้นที่ 4 การเลือกตัวแทนทางความคิดเกี่ยวกับข้อมูลของปัญหา ควรเข้าใจถึงรูปแบบและความสามารถของตน และใช้รูปแบบต่าง ๆ จากความสามารถที่ตนมีอยู่ ตลอดจนศึกษาตัวแทนภายนอกมาเพิ่มเติมรูปแบบของตนเองเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 การกำหนดแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ต้องมีการทุ่มเทเวลาให้กับการวางแผนอย่างรอบคอบ โดยใช้ความรู้ที่มีอยู่อย่างเต็มความสามารถในการวางแผนและกำหนดแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ประโยชน์ มีความยืดหยุ่นในการที่จะเปลี่ยนแปลงแผนและแหล่งข้อมูลเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการแก้ปัญหา และแสวงหาแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์จากแหล่งความรู้ใหม่ ๆ อยู่เสมอ

ขั้นที่ 6 การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา เป็นวิธีการสุดท้ายที่จะนำผลลัพธ์ไปตรวจสอบว่าถูกต้องและตรงตามเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่

ขั้นตอนการแก้ปัญหาของสเทอร์นเบิร์กที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถแสดงขั้นตอนดังกล่าวตามภาพประกอบ 2




ภาพประกอบ 2 กระบวนการแก้ปัญหาของสเทอร์นเบิร์ก

ครูลิคและรุดนิค (Krulik & Rudnick, 1993, pp. 39-57) ได้เสนอกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการอ่านและคิด (Read and Think) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ปัญหา ตรวจสอบ และประเมินผลข้อเท็จจริง เพื่อเชื่อมโยงทุกส่วนของปัญหาเข้าด้วยกัน

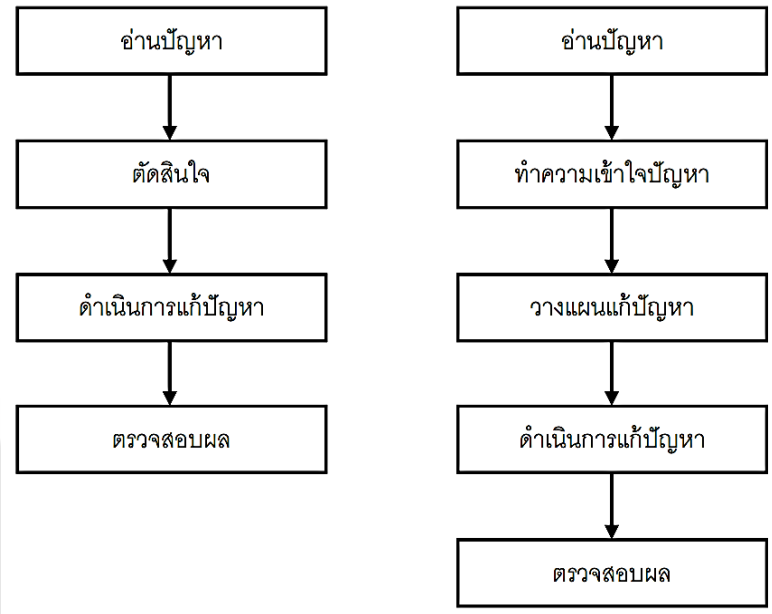
ขั้นที่ 2 ขั้นการสำรวจและวางแผน (Explore and Plan) เป็นขั้นวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล แล้วทำการตัดสินเลือกข้อมูลที่จำเป็นเพื่อตัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นออกไป จากนั้นทำการวางแผนแก้ปัญหาโดยการนำข้อมูลที่มีอยู่มาสร้างเป็นแผนภูมิหรือรูปแบบอื่น ๆ เช่น ตาราง เขียนภาพประกอบ สร้างแบบจำลอง หรืออื่น ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นคัดเลือกกลยุทธ์ (Select a Strategy) เป็นขั้นที่คนส่วนใหญ่มองว่ามีความยากกว่าทุกขั้นตอนเพราะต้องเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสมซึ่งแต่ละคนจะมีวิธีการเลือกและแก้ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป ในการให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นหาคำตอบ (Find an Answer) เป็นขั้นใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหานั้น ๆ เพื่อหาคำตอบ ซึ่งต้องอาศัยการประมาณค่า การใช้เครื่องคำนวณ การใช้ทักษะทางพีชคณิต หรือการใช้ทักษะทางเรขาคณิตแล้วแต่ความเหมาะสมของปัญหานั้น ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนกลับและการขยายผล (Reflect and Extend) เป็นการตรวจสอบปัญหาว่าขั้นตอนที่ได้ตรงตามเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ คำตอบที่ได้ถูกต้องหรือไม่ และควรจะขยายผลไปสู่กรณีทั่วไป หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ภายใต้สถานการณ์เดิม

วิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาดาเวย์ (Wilson, Fernandez, & Hadaway, 1993, pp. 60-62) และนักการศึกษาส่วนใหญ่มองกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาเป็นขั้นตอนที่ต้องดำเนินการเป็นแนวเส้นตรง โดยไม่มีการดำเนินการย้อนกลับ แสดงไว้ดังภาพประกอบ 3




ภาพประกอบ 3 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นแนวเส้นตรง

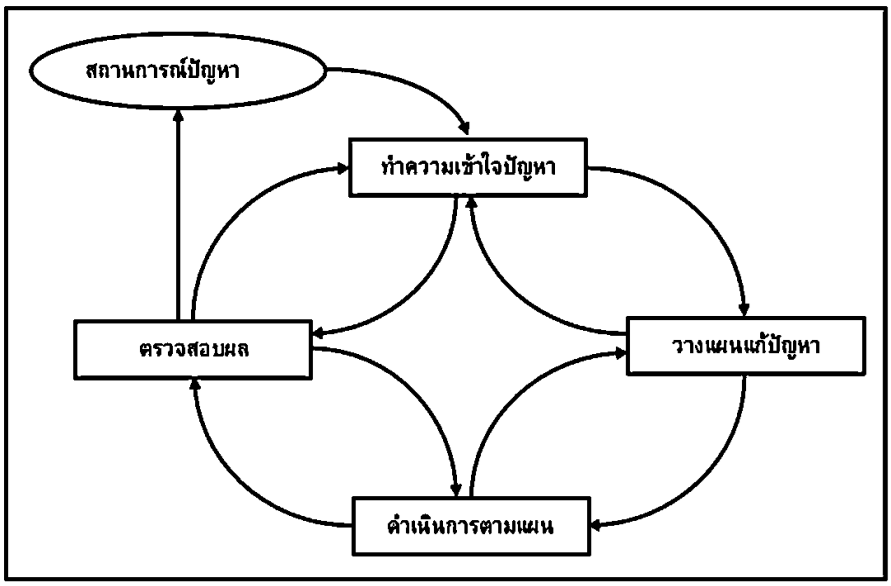
จะเห็นว่ากระบวนการแก้ปัญหาที่ต้องดำเนินการในลักษณะที่เป็นเส้นตรงเช่นนี้ทำให้ขาดการสืบสวนในการแก้ปัญหา ขาดการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ขาดการวางระบบความคิดและการวัดผลของตนเอง (Self-assessment) ซึ่งรูปแบบเช่นนี้ยังคงมีข้อบกพร่อง สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การแก้ปัญหาทำให้เกิดความเข้าใจว่าเป็นกระบวนการในแนวเส้นตรง

2) การแก้ปัญหาเป็นเหมือนชุดของขั้นตอน

3) การแก้ปัญหาเป็นการเน้นการได้มาซึ่งคำตอบเพียงอย่างเดียว

จากข้อบกพร่องข้างต้น วิลสัน และคนอื่น ๆ (Wilson et al., 1993, pp. 60-62) ได้ร่วมกันพัฒนา และเสนอแนะกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต (Dynamic Problem-Solving Process) โดยมีลำดับไม่ตายตัว สามารถวนไปวนมาได้ กระบวนการนี้เป็นการพัฒนาแนวคิดมาจากกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาทั้ง 4 ขั้น ซึ่งได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 4




ภาพประกอบ 4 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตรตามแนวคิดของวิลสันและคนอื่น ๆ

จากกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตรตามแนวคิดของวิลสันและคนอื่น ๆ ในภาพประกอบ 4 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อเผชิญสถานการณ์ที่เป็นปัญหา นักเรียนจะเริ่มที่ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาก่อน ซึ่งระหว่างการดำเนินการนั้นนักเรียนอาจจะค้นพบสิ่งที่ทำให้เข้าใจในปัญหาได้ดียิ่งขึ้น หลังจากนั้นจึงทำการวางแผนแก้ปัญหา พร้อมทั้งกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานั้น และดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการที่ได้วางไว้จนกระทั่งสามารถค้นหาคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้ สุดท้ายพิจารณาหรือตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

สำหรับทิศทางของลูกศรนั้น เป็นการพิจารณาหรือตัดสินใจเลือกที่จะเคลื่อนย้ายการกระทำจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง หรือพิจารณาย้อนหรือถอยกลับไปขั้นตอนก่อนหน้าเมื่อเกิดปัญหาหรือข้อสงสัย เช่น เมื่อนักเรียนเริ่มทำการแก้ปัญหาในขั้นที่ 1 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา) และพิจารณาว่ามีความเข้าใจในปัญหาดีแล้ว ก็สามารถไปทำขั้นที่ 2 (ขั้นวางแผนแก้ปัญหา) หรือในระหว่างที่นักเรียนดำเนินการหรือแสดงวิธีคิดเพื่อแก้ปัญหาในขั้นที่ 3 (ขั้นดำเนินการตามแผน) แต่ไม่สามารถดำเนินการหรือแสดงวิธีคิดต่อได้ นักเรียนสามารถย้อนกลับไปยังขั้นวางแผนในขั้นที่ 2 เพื่อวางแผนใหม่ หรือทำความเข้าใจปัญหาใหม่หรือตั้งคำถามใหม่ในขั้นที่ 1 ได้ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวนี้เป็นการดำเนินการที่เป็นไปได้ในการแก้โจทย์ปัญหา แต่ไม่จำเป็นต้องไปเริ่มต้นทำความเข้าใจปัญหาใหม่เสมอไป เรียก กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของวิลสันและคนอื่น ๆ ว่าเป็น “กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตร”

มัณฑนา พรมรักษ์ (2556, น. 47) ได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาประกอบด้วย ขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นวิเคราะห์ปัญหาหรือทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาโจทย์ปัญหา จากนั้นวิเคราะห์ว่าโจทย์ปัญหากำหนดข้อมูลใดมาให้และโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด

2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหาโดยพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งต้องมีการนำกฎ บทนิยาม ทฤษฎี และมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์มาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหา

3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องดำเนินการตามแผนที่ได้วางไว้ในขั้นที่ 2 โดยดำเนินการตามแผนที่ได้วางไว้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

4) ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการแก้ปัญหาว่าดำเนินการไปตามแผน หรือถูกต้องตามวิธีการทางคณิตศาสตร์หรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

จิตติมา ชอบเอียด (2561, น. 40) ได้ให้ความหมายของกระบวนการแก้ปัญหาไว้ว่า เป็นขั้นตอน/วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา และขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตรตามแนวคิดของวิลสันและคนอื่น ๆ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล

จากที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่ามีลักษณะและขั้นตอนที่ใกล้เคียงกัน อาจมีความแตกต่างกันบ้างในบางขั้นตอนหรือบางกระบวนการ สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงขอสรุปว่า กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ขั้นตอน/วิธีการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ซึ่งในแต่ละขั้นตอนนักเรียนจะได้ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) **ขั้นทำความเข้าใจปัญหา** (Understanding the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่นักเรียนต้องอ่าน ทำความเข้าใจ และพิจารณาสถานการณ์ปัญหาเพื่อสามารถระบุส่วนสำคัญของปัญหาด้วยตนเองหรือครูอาจทำหน้าที่สร้างความสนใจ/กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นหรือสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงประเด็นต่าง ๆ เข้ากับสถานการณ์ปัญหา

ข้อนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้องและเข้าใจปัญหาที่กำหนดให้ได้ซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบลากวาง (Drag & Drop) แบบไฮไลต์ (Highlight) และ แบบตอบสั้น (Short Answer)

2) **ขั้นวางแผนแก้ปัญหา** (Devising a Plan) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ต้องการทราบ ซึ่งอาจต้องใช้กฎ บทนิยาม ทฤษฎี มโนทัศน์ต่าง ๆ หรือกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์มาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบลากวาง (Drag & Drop) และ แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern)

3) **ขั้นดำเนินการตามแผน** (Carrying out the Plan) ขั้นตอนนี้ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 โดยดำเนินการตามวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบลากวาง (Drag & Drop) และ แบบตอบสั้น (Short Answer)

4) **ขั้นตรวจสอบผล** (Looking Back) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องตามกระบวนการที่ได้วางไว้ หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์หรือไม่ โดยการมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มาแล้วตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งสรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบตอบสั้น (Short Answer) และ แบบกราฟ (Graph)

### 1.6 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สำหรับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะเป็นตัวช่วยให้นักเรียนเกิดความชำนาญหรือความคล่องมากขึ้น รู้ขั้นตอน/วิธีการ/กระบวนการมากยิ่งขึ้นว่าควรจะต้องเลือกใช้และดำเนินการอย่างไรเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ ดังนั้นจึงได้มีนักการศึกษาหลายท่านเสนอแนวทางที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ครูลิคและรุดนิค (Krulik & Rudnick, 1987, pp. 39-74) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครูไว้ ดังนี้

1) ควรสร้างบรรยากาศหรือสภาพแวดล้อมที่ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้

2) ควรสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนสนใจหรืออยากที่จะแก้ปัญหา

3) ควรฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ถึงวิธีการในการแก้ปัญหา และรู้จักพิจารณาว่าข้อความหรือข้อมูลส่วนใดในสถานาการณ์ปัญหาเป็นประเด็นที่สำคัญ

4) ควรให้นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาหรือปัญหาเป็นของเขาเอง เช่น ตั้งคำถามที่เกี่ยวกับตัวนักเรียน หรือยกสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวเขามากที่สุด

5) ควรให้นักเรียนฝึกที่จะสร้างปัญหาด้วยตนเอง

6) ควรให้นักเรียนได้มีโอกาสทำงานเป็นกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน

7) ควรกระตุ้นให้นักเรียนฝึกคิดตามโดยไม่ใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือใด ๆ

8) ควรแนะนำวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายที่แตกต่างจากแนวคิดของนักเรียน

9) ควรส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยการให้นักเรียนฝึกตั้งคำถามเพิ่มเติมจากสถานการณ์ปัญหานั้น หรือครูอาจจะตั้งคำถามเพิ่มเติมให้นักเรียนตอบ

10) ควรเน้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ทางด้านความคิดและจินตนาการ

11) ควรส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักใช้เครื่องคำนวณ

12) ควรนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมัยใหม่เข้ามาใช้หรือช่วยในการแก้ปัญหา

13) ควรให้นักเรียนฝึกเขียนลำดับหรือขั้นตอนการทำงาน (Flow-chart) เพื่อแสดงกระบวนการในการแก้ปัญหาของตนเอง

14) ควรนำกิจกรรมเกมเข้ามาเล่นในชั้นเรียน

15) ควรฝึกให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาที่มีขั้นตอนหรือการดำเนินการมากกว่า 1 ขั้นตอน

16) ไม่ควรสอนเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องใหม่ในขณะที่สอนการแก้ปัญหา

บิทเทอร์ แฮทฟิลด์ และเอ็ดเวิร์ด (Bitter, Hatfield, & Edwards, 1989, pp. 43-44) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1) ควรเลือกปัญหาที่น่าสนใจ และไม่ง่ายหรือยากจนเกินไป

2) ควรแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ และให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อฝึกการแก้ปัญหา

3) ควรฝึกให้นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และข้อมูลที่จำเป็นต้องรู้ ซึ่งบางครั้งโจทย์ไม่ได้กำหนดมา แต่จำเป็นต้องรู้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

4) ควรตั้งคำถามที่จะช่วยให้นักเรียนได้เข้าใจอย่างชัดเจนว่าอะไรคือสิ่งที่โจทย์ต้องการ เพราะถ้านักเรียนไม่สามารถตีความได้ นักเรียนก็ไม่สามารถแก้ปัญหาได้เช่นกัน ครูควรมี

คำถามกระตุ้นเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และถ้านักเรียนยังคงไม่สามารถเข้าใจได้ ครูควรสร้างบรรยากาศ และเปลี่ยนไปใช้คำถามที่ง่ายขึ้น และเข้าใจได้ง่าย

5) ควรนำเสนอปัญหาหลาย ๆ รูปแบบ เพื่อไม่ให้นักเรียนรู้สึกเบื่อกับการแก้ปัญหาที่ซ้ำซาก และไม่มีความท้าทายในตัวโจทย์ปัญหา

6) ควรนำเสนอปัญหาให้กับนักเรียนบ่อย ๆ จนกลายเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอนในห้องเรียน

7) ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างและวิเคราะห์ถึงปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้คิดและได้เสนอถึงแนวทางหรือกลยุทธ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ

8) ควรส่งเสริมให้นักเรียนแก้ปัญหาหลาย ๆ ข้อที่ใช้กลยุทธ์เดียวกันเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและมีความแม่นยำหรือเชี่ยวชาญในแต่ละกลยุทธ์

9) ควรช่วยเหลือนักเรียนในการเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับปัญหาที่มีลักษณะเฉพาะ

10) ควรช่วยเหลือนักเรียนให้นึกถึงปัญหาต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน

11) ควรให้เวลาแก่นักเรียนในการแก้ปัญหา อภิปรายผล และแสดงวิธีคิดหรือการดำเนินการในการแก้ปัญหา

12) ควรให้นักเรียนฝึกการคาดคะเนหรือคาดเดาคำตอบ และตรวจสอบคำตอบที่ได้เพื่อลดเวลาในการแก้ปัญหา

13) ควรให้นักเรียนได้มีการอภิปรายถึงปัญหาในสถานการณ์ที่หาทางแก้ปัญหาได้ยาก

สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติในสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1991, p. 57) เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ ดังนี้

1) เป็นบรรยากาศที่ยอมรับและเห็นแนวคิด วิธีคิด และความรู้สึกของนักเรียน

2) ให้เวลาสำรวจแนวคิดทางคณิตศาสตร์

3) ส่งเสริมให้นักเรียนมีการทำงานเป็นรายบุคคลและมีการร่วมมือกัน

4) ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถในการกำหนดปัญหาและสร้างข้อความคาดการณ์

5) ให้นักเรียนรู้จักการให้เหตุผลและสนับสนุนแนวคิดด้วยข้อความทางคณิตศาสตร์

บารูดี้และดาวเกอร์ (Baroody & Dowker, 2003, pp. 2-31) ได้กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 แบบ ดังนี้

1) การสอนเกี่ยวกับการแก้ปัญหา (Teaching about Problem Solving) เป็นการสอนที่มุ่งเน้นในด้านกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทั่วไป มักใช้รูปแบบการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนตามแนวคิดของโพลยา

2) การสอนเพื่อการแก้ปัญหา (Teaching for Problem Solving) เป็นการสอนที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้กับปัญหาในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ โดยเป็นการสอนเนื้อหาสาระหรือกลยุทธ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะเสนอปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ตามที่ได้กำหนดขึ้นมา

3) การสอนผ่านการแก้ปัญหา (Teaching via Problem Solving) เป็นการสอนที่มุ่งเน้นการประยุกต์เช่นเดียวกับการสอนเพื่อการแก้ปัญหา แต่จะใช้ปัญหาเพื่อเป็นสื่อในการเรียนรู้แนวคิดใหม่ ๆ พร้อมทั้งเชื่อมโยงกับแนวคิดเดิมที่มีอยู่ เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะและสร้างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์

สิริพร ทิพย์คง (2544) ได้กล่าวถึงหน้าที่หลักของครูในการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

1) เลือกปัญหาที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียน และเป็นปัญหาที่นักเรียนได้มีประสบการณ์ในเรื่องเหล่านั้นมาเพื่อใช้ในการเรียนการสอน

2) ก่อนที่เริ่มปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ครูควรทดสอบความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อนว่ามีความรู้มากน้อยเพียงใด เพียงพอต่อการที่จะใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ หรือไม่ ถ้าไม่มี ครูควรทบทวนความรู้ให้นักเรียนก่อนที่จะเริ่มให้นักเรียนทำปัญหาหรือแก้ปัญหานั้น

3) ควรให้อิสระหรือโอกาสแก่นักเรียนในการใช้ความคิดเพื่อแก้ปัญหา

4) ให้แบบฝึกหัดหรือปัญหาที่มีความยากปานกลางและง่าย ผสมกันในแต่ละครั้งเพื่อให้นักเรียนทุกคนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ ถึงแม้จะไม่ได้ทุกข้อแต่ก็ได้บ้างก็ยังดีกว่าไม่ได้เลย อีกอย่างเป็นการช่วยเสริมกำลังใจให้กับตัวนักเรียนอีกทาง

5) ครูควรมีคำถามกระตุ้นตลอดเวลาเพื่อทดสอบหรือตรวจสอบว่า นักเรียนเข้าใจในปัญหาข้อนั้น ๆ หรือไม่

6) ฝึกให้นักเรียนได้รู้จักการประมาณคำตอบหรือคาดเดาคำตอบล่วงหน้า ก่อนที่จะคิดคำนวณ หรือแสดงกระบวนการคิด

7) ให้นักเรียนได้ฝึกคิดหาความสัมพันธ์ของปัญหา อาจจะเป็นการวาดภาพเขียนแผนผัง หรือสร้างตาราง เพื่อช่วยให้นักเรียนได้เห็นภาพมากยิ่งขึ้น

8) พยายามให้นักเรียนแยกแยะปัญหาในข้อนั้น ๆ ออกเป็นปัญหาย่อย ๆ เพื่อเป็นการช่วยให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น

มัณฑนา พรมรักษ์ (2556, น. 64) ได้สรุปแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1) การสอนให้เข้าใจปัญหา คือ การสอนให้นักเรียนรู้จักการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด

2) การสอนให้รู้จักการวางแผนแก้ปัญหา คือ การสอนกลยุทธ์ หรือรูปแบบการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา เพื่อเพิ่มความรู้ให้แก่นักเรียนและเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ ต่าง ๆ ไปปรับใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่อไป

3) การสอนให้แก้ปัญหา คือ การสอนให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ต้องการ โดยนำความรู้ที่ได้จากการฝึกใน 2 แนวทางข้างต้นมาใช้ในการลงมือหาคำตอบจริงเพื่อให้เกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาแก่นักเรียน

4) การสอนให้รู้จักตรวจสอบ การกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของกระบวนการตรวจสอบคำตอบ ฝึกให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบจนติดเป็นนิสัย

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ข้างต้น สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูควรเลือกปัญหาหรือสถานการณ์ให้เหมาะสมกับวัยของนักเรียน และสร้างบรรยากาศที่ดีสำหรับการแก้ปัญหาในชั้นเรียน อีกทั้งครูควรเน้นให้นักเรียนเข้าใจถึงปัญหาก่อนที่จะทำการลงมือแก้ปัญหา โดยครูอาจจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิด จากนั้นให้นักเรียนทำการวิเคราะห์ถึงปัญหาพร้อมทั้งวางแผนในการแก้ปัญหา และทำการตรวจสอบผล ตามลำดับ ซึ่งการวางแผนในการแก้ปัญหานั้นครูควรมีความยืดหยุ่นและส่งเสริมให้นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เช่น การเขียนภาพ การสร้างตาราง การแบ่งปัญหาเป็นปัญหาย่อย ๆ เป็นต้น และที่สำคัญครูควรฝึกและให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนมากกว่าที่จะมุ่งเน้นไปที่คำตอบเพียงอย่างเดียว ซึ่งหากสรุปเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า

แนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการหรือขั้นตอนหรือวิธีการสอนที่ทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น ซึ่งผู้วิจัยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา 4 ขั้นตอน (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และ ขั้นตรวจสอบผล) ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### 1.7 การประเมินผลการเรียนรู้สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การประเมินผลการเรียนรู้เป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่ไม่สามารถละเลยได้ ครูควรมีการประเมินผลการเรียนรู้ที่ชัดเจนและสามารถที่จะตรวจสอบได้ และถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่ครูทุกคนควรทราบว่าแต่ละการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะมีขั้นตอนการประเมินผลการเรียนรู้อย่างไร ไม่ใช่สนใจเพียงแค่คำตอบของนักเรียนเท่านั้น แต่ควรคำนึงถึงกระบวนการคิดของการได้มาซึ่งคำตอบที่นักเรียนได้ทำมาด้วย โดยการประเมินผลการเรียนรู้นั้นทำให้ครูทราบว่านักเรียนได้เรียนรู้ ได้ก้าวหน้าและบรรลุตามจุดประสงค์มากน้อยเพียงใด และมีแนวทางอย่างไรในการพัฒนานักเรียนต่อไป ซึ่ง ชาร์ล เลสเทอร์ และโอแดฟเฟอร์ (Charles, Lester, & O'Daffer, 1987, pp. 15-61) ได้เสนอแนวทางหรือวิธีการประเมินผลการแก้ปัญหาไว้ 4 วิธี ได้แก่ 1) การสังเกตและการถามคำถามนักเรียน 2) การใช้ข้อมูลจากการประเมินตนเองของนักเรียน 3) การให้คะแนนแบบรูบริก และ 4) การใช้แบบทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

**1) การสังเกตและการถามคำถามนักเรียน** (Observing and Questioning) เป็นวิธีการอย่างหนึ่งของการประเมินผลการเรียนรู้ที่กระทำขณะที่นักเรียนกำลังลงมือแก้ปัญหาหรืออภิปรายเป็นรายบุคคลหรือเป็นรายกลุ่ม โดยครูจะทำการประเมินในขณะที่เดินดู สังเกต และถามคำถามกับนักเรียนในแต่ละกลุ่ม จากนั้นครูควรใช้เครื่องมือในการจดบันทึกข้อมูลที่ได้ให้ตรงประเด็นทันทีหลังจากที่ได้รับข้อมูลมาแล้ว โดยข้อมูลที่ได้มาจะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ไม่สามารถนำมาระบุเป็นคะแนนได้ เช่น พฤติกรรมการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอแนวคิดของนักเรียน เครื่องมือที่ครูใช้ในการบันทึกข้อมูลประกอบด้วย แบบบันทึกผลการสังเกต (Comment Card) แบบตรวจสอบรายการ (checklist) และมาตรการประเมิน (Rating Scale) เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลทั้ง 3 รูปแบบแสดงดังภาพประกอบ 5 - 7 ตามลำดับ

**แบบบันทึกผลการสังเกตการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

ชื่อ – สกุล ซู เทรนต์ วันที่ 10 / 5

ผลการสังเกต

- รู้วิธีหาแบบรูป และรู้ว่าเมื่อไรควรจะหาแบบรูป
- รู้ว่าตารางจะช่วยให้หาแบบรูปได้ง่ายขึ้น
- มีความพยายามที่จะหาคำตอบ

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างแบบบันทึกผลการสังเกตของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ที่มา: Charles, Lester & O'Daffer, 1987, How to Evaluate Progress in Problem Solving, p. 18

**แบบตรวจสอบรายการ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

**ชื่อ-สกุล**.....**วันที่**.....

..... 1. สนใจในการแก้ปัญหา

..... 2. มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาของกลุ่ม

..... 3. เสนอความคิดในกลุ่ม

..... 4. มีความพยายามในการหาแบบรูป

..... 5. มีความพยายามทำความเข้าใจในปัญหา

..... 6. สามารถใช้ข้อมูลที่กำหนดให้

..... 7. เลือกกลยุทธ์ได้อย่างเหมาะสม

..... 8. มีความพยายามในการเลือกกลยุทธ์อื่น ๆ มาใช้
เมื่อกลยุทธ์ที่เลือกมาไม่สามารถแก้ปัญหาได้

..... 9. มีความพยายามที่จะตรวจสอบคำตอบ

..... 10. สามารถวิเคราะห์หรืออธิบายคำตอบที่ได้มาได้

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแบบตรวจสอบรายการของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ที่มา: Charles, Lester & O'Daffer, 1987, How to Evaluate Progress in Problem Solving, p. 18

**มาตรการประเมินการสังเกตการณ์แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

**ชื่อ-สกุล**.....**วันที่**.....

| | บ่อย | บางครั้ง | ไม่เคย |
|---|---|---|---|
| 1. เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้เหมาะสม | ..... | ..... | ..... |
| 2. ใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เลือกไว้หาคำตอบได้ถูกต้อง | ..... | ..... | ..... |
| 3. พยายามเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาใหม่เมื่อกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเดิมไม่สามารถหาคำตอบได้ | ..... | ..... | ..... |
| 4. จัดกระทำกับปัญหาอย่างเป็นระบบ เช่น แยกคำถามออกเป็นข้อ ๆ ระบุข้อมูลที่จำเป็น วางแผน แก้ปัญหา และตรวจคำตอบ | ..... | ..... | ..... |
| 5. แสดงให้เห็นว่ามีความตั้งใจที่จะแก้ปัญหา | ..... | ..... | ..... |
| 6. แสดงให้เห็นว่ามีความเชื่อมั่นในตนเอง | ..... | ..... | ..... |
| 7. มีความพยายามในการแก้ปัญหา | ..... | ..... | ..... |

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างมาตรการประเมินการสังเกตการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ที่มา: Charles, Lester & O'Daffer, 1987, How to Evaluate Progress in Problem Solving, p. 19

**2) การใช้ข้อมูลจากการประเมินตนเองของนักเรียน (Using Self-Assessment Data from Students)** การประเมินด้วยวิธีนี้จะมีประโยชน์มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความซื่อตรงที่นักเรียนได้สะท้อนออกมาเกี่ยวกับความรู้สึก ความเชื่อ ความตั้งใจ และรูปแบบความคิดของนักเรียนเองสำหรับการทำกิจกรรมที่กำหนด โดยนักเรียนต้องเขียนเล่าหรืออธิบายประสบการณ์ที่ได้จากการทำกิจกรรมหลังจากที่เสร็จสิ้นกิจกรรมนั้น ๆ โดยการประเมินตนเองสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

(2.1) การเขียนสะท้อนความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำหลังจากที่นักเรียนได้แก้ปัญหาเสร็จใหม่ ๆ โดยการให้นักเรียนได้ย้อนคิดถึงขั้นตอนหรือเหตุการณ์ที่ได้เจอระหว่างการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วเขียนอธิบายออกมาว่านักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรระหว่างการแก้ปัญหา ซึ่งรูปแบบของคำถามที่เป็นประโยชน์ต่อการเขียนสะท้อนความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแสดงดังภาพประกอบ 8

**รูปแบบของคำถามในการให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

ให้นักเรียนใช้คำถามต่อไปนี้เป็นแนวทางในการเขียนอธิบายความคิดระหว่างการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1. นักเรียนทำอะไร หรือคิดอย่างไร เมื่อพบปัญหาครั้งแรก
2. นักเรียนได้นำกลยุทธ์ในการแก้ปัญหามาใช้บ้างหรือไม่ กลยุทธ์อะไร นำมาใช้อย่างไร และใช้หาคำตอบได้หรือไม่
3. เมื่อวิธีคิดที่ใช้ครั้งแรกไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนได้ลองหาวิธีใหม่มาใช้แก้ปัญหาบ้างหรือไม่ และนักเรียนรู้สึกอย่างไรกับการทำเช่นนี้
4. นักเรียนหาคำตอบของปัญหาได้หรือไม่ และมีความรู้สึกอย่างไร
5. นักเรียนได้ตรวจคำตอบหรือไม่ และมั่นใจหรือไม่ว่าคำตอบที่ได้นั้นถูกต้อง
6. โดยภาพรวมแล้วนักเรียนรู้สึกอย่างไรกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาครั้งนี้

ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างรูปแบบของคำถามในการให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ที่มา: Charles, Lester & O'Daffer, 1987, How to Evaluate Progress in Problem Solving, p. 24

(2.2) การประเมินผลรายงาน เป็นการใช้คำถามจากรูปแบบฟอร์มที่กำหนดขึ้นมาเพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติที่มีต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยแบบประเมินผลการรายงานเจตคติ และแบบประเมินผลกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแสดงดังภาพประกอบ 9 และ 10 ตามลำดับ

**แบบประเมินผลการรายงานเจตคติ**

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย ✓ หรือ ✗ หน้าข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นและไม่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนตามลำดับ ในขณะที่นักเรียนกำลังแก้ปัญหา

.....1. ฉันตั้งใจจะทำข้อสอบให้เสร็จทุกข้อไม่ว่าคำตอบที่เติมลงไปนั้นจะถูกหรือผิดก็ตาม
.....2. การพยายามจะแก้ปัญหาไม่ใช่เรื่องที่สนุกเลย
.....3. ฉันจะพยายามแก้ปัญหาให้ได้เกือบทุกข้อ
.....4. เมื่อไม่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ ฉันจะเลิกแก้ปัญหาข้อนั้น
.....5. ฉันชอบแก้ปัญหายาก ๆ
.....6. ความคิดในการแก้ปัญหาของฉันไม่ค่อยดีเท่ากับของนักเรียนคนอื่น ๆ
.....7. ปัญหาข้อที่ใคร ๆ สามารถแก้ได้ ฉันก็แก้ได้เช่นเดียวกัน
.....8. ฉันจะไม่หยุดแก้ปัญหา ตราบใดที่ยังไม่ได้คำตอบ
.....9. ฉันมั่นใจว่าต้องแก้ปัญหาได้เกือบทุกข้อ
.....10. ฉันจะทุ่มเทเวลาให้กับการแก้ปัญหา

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างแบบประเมินผลการรายงานเจตคติ

ที่มา: Charles, Lester & O'Daffer, 1987, How to Evaluate Progress in Problem Solving, p. 27

**แบบประเมินผลกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย ✓ หรือ ✘ หน้าข้อความที่ตรงกับการเลือกใช้กลยุทธ์และไม่ตรงกับการเลือกใช้กลยุทธ์ของนักเรียนตามลำดับ ในขณะที่นักเรียนกำลังแก้ปัญหา

.....1. ฉันไม่ได้นึกถึงกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา

.....2. ความคิดที่จะใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาแว๊บเข้ามาในสมองฉัน แต่ฉันก็ไม่ได้คิดถึงกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเหล่านั้นมากนัก

.....3. ฉันเพียงแต่มองรายการกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา แต่ไม่ได้นำกลยุทธ์ใดมาใช้

.....4. ฉันมองดูรายการกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเหล่านั้นมาใช้

.....5. ฉันไม่ได้มองรายการกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา แต่ฉันคิดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้เองแล้วทดลองนำไปใช้แก้ปัญหา

.....6. ฉันใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาอย่างน้อย 1 กลยุทธ์ และกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเหล่านั้นช่วยให้ฉันหาคำตอบได้

.....7. ฉันได้พยายามใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเหล่านี้ในการแก้ปัญหามาแล้ว

| | |
|---|---|
| .....การคาดเดาและตรวจสอบ | .....การแบ่งเป็นปัญหาย่อย |
| .....การสร้างตาราง | .....การคิดแบบย้อนกลับ |
| .....การเขียนภาพหรือแผนภาพ | .....การค้นหาแบบรูป |
| .....การจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ | .....การเขียนสมการ |

.....กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ (ระบุ)

.....

ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างแบบประเมินผลกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ที่มา: Charles, Lester & O'Daffer, 1987, How to Evaluate Progress in Problem Solving, p. 28

3) **การให้คะแนนแบบรูบริก** (Rubric Scoring) เป็นการประเมินผลจากงานของนักเรียนหรือพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นระบบและชัดเจน เห็นได้เป็นรูปธรรม ซึ่งการให้คะแนนในลักษณะนี้จะช่วยให้ครูสามารถพิจารณาและตัดสินได้ว่านักเรียนของตนเองมีความรู้หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ รวมถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับใด สำหรับการให้คะแนนแบบรูบริกที่นิยมใช้ในการประเมินงานเขียนมี 2 แบบ คือ

(3.1) การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic Scoring) เป็นการให้คะแนนที่มีการกำหนดเกณฑ์ของคะแนนไว้ในแต่ละด้านหรือองค์ประกอบตามสิ่งที่ต้องการประเมิน โดยการพิจารณาความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และการสรุปคำตอบของการแก้ปัญหา ซึ่งการให้คะแนนแบบวิเคราะห์มักใช้ในการประเมินผลเพื่อต้องการวินิจฉัยจุดเด่นหรือจุดด้อยของนักเรียนในแต่ละด้านแล้วนำผลของการประเมินที่ได้ไปส่งเสริมจุดเด่นหรือแก้ไขจุดด้อยเหล่านั้น การประเมินผลโดยการให้คะแนนแบบวิเคราะห์จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับวิธีการประเมินผลอื่น เช่น การสังเกต และการใช้คำถาม เป็นต้น ตัวอย่างการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบวิเคราะห์

| **ขั้นตอนที่พิจารณา** | **คะแนน** | **ลักษณะที่ปรากฏในงานเขียนของนักเรียน** |
|---|---|---|
| ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา | 0 | นักเรียนเข้าใจปัญหาคลาดเคลื่อนทั้งหมด |
| | 1 | นักเรียนเข้าใจปัญหาคลาดเคลื่อนบางส่วน |
| | 2 | นักเรียนเข้าใจปัญหาถูกต้องทั้งหมด |
| ขั้นวางแผนแก้ปัญหา | 0 | นักเรียนไม่ได้วางแผนแก้ปัญหา หรือ วางแผนไม่เหมาะสม |
| | 1 | แผนการแก้ปัญหาบางส่วนเหมาะสมและใช้แก้ปัญหาได้ |
| | 2 | วางแผนได้เหมาะสมและสามารถใช้แก้ปัญหาได้ |
| ขั้นได้คำตอบ | 1 | คลาดเคลื่อนในขั้นคำนวณคำตอบ หรือตอบคำถามถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน |
| | 2 | ตอบคำถามและระบุหน่วยคำตอบได้ครบถ้วนและถูกต้อง |

ที่มา: Charles, Lester & O'Daffer, 1987, How to Evaluate Progress in Problem Solving, p. 30

(3.2) การให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic Scoring) เป็นการให้คะแนนที่ประเมินจากผลงานของนักเรียน โดยการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนพร้อมระบุรายละเอียดของพฤติกรรมของนักเรียนที่ควรมีเป็นภาพรวมของการทำงานทั้งหมด มักจะนำมาใช้ประเมินผลหรือสรุปผลการเรียนของนักเรียนที่ไม่ต้องแยกแยะเป็นด้าน ๆ มีพิสัยกว้าง ๆ และต้องการผลที่เป็นภาพรวมกว้าง ๆ การประเมินผลด้วยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับวิธีการประเมินผลอย่างอื่น เช่น การสังเกต และการใช้คำถาม เป็นต้น ตัวอย่างการให้คะแนนแบบองค์รวม แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ตัวอย่างการให้คะแนนแบบองค์รวม

| **เกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม** | |
|---|---|
| **คะแนน** | **เงื่อนไข** |
| 0 | - ส่งกระดาษเปล่า<br>- ลอกสถานการณ์ซ้ำ โดยไม่ปรากฏ หรือแสดงวิธีคิด หรือร่องรอยในการคิด<br>- เขียนเฉพาะคำตอบ แต่เป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้องโดยไม่แสดงวิธีทำ |
| 1 | - มีการแสดงวิธีหาคำตอบ ซึ่งมีสิ่งสะท้อนหรือแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจปัญหา แต่เลือกใช้กลยุทธ์ไม่ถูกต้อง<br>- เลือกใช้กลยุทธ์ไม่ถูกต้อง และไม่มีการเปลี่ยนไปใช้กลยุทธ์อื่น<br>- พยายามแก้ปัญหาในส่วนย่อย ๆ แต่ไม่สามารถทำได้จนสำเร็จ |
| 2 | - เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม และไม่สามารถหาคำตอบได้ แต่มีร่องรอยแสดงให้เห็นว่าทำความเข้าใจปัญหาถูกต้อง<br>- เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้เหมาะสม แต่ไม่ได้คำตอบหรือนำกลยุทธ์ไปใช้ผิดทำให้ได้คำตอบผิด<br>- หาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาย่อย ๆ จากปัญหาที่กำหนดมาให้ได้ แต่ไม่สามารถดำเนินการต่อจนสำเร็จได้<br>- หาคำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่แสดงวิธีทำ |
| 3 | - เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่สามารถนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง แต่เข้าใจปัญหาบางส่วนผิด หรือละเลยเงื่อนไขบางอย่างในสถานการณ์ปัญหา<br>- เลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ (1) คำตอบผิดโดยไม่มีเหตุผลปรากฏ (2) คำตอบผิด เพราะคำนวณผิดพลาด หรือ (3) ไม่ปรากฏคำตอบ |

ตาราง 2 (ต่อ)

| เกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม | |
|---|---|
| **คะแนน** | **เงื่อนไข** |
| 4 | - เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่อาจจะยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งไม่ได้ส่งผลต่อการทำความเข้าใจปัญหา หรือคิดคำนวณคลาดเคลื่อน<br>- เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และค้นหาคำตอบได้ถูกต้อง |

ที่มา: Charles, Lester & O'Daffer, 1987, How to Evaluate Progress in Problem Solving, p. 35

**4) การใช้แบบทดสอบ (Using Tests)** สำหรับการประเมินผลโดยการใช้แบบทดสอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มี 2 ประเภท ได้แก่

(4.1) แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-Choice Test) แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อคำถาม โดยแต่ละข้อคำถามจะมีตัวเลือกที่หลากหลายให้นักเรียนได้เลือกตอบ และนักเรียนต้องพิจารณาเลือกตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

(4.2) แบบทดสอบชนิดเติมคำตอบ (Completion Test) แบบทดสอบชนิดเติมคำตอบเป็นข้อคำถามที่เว้นช่องว่างเอาไว้เพื่อให้นักเรียนเติมคำ ตัวเลข ชุดสัญลักษณ์ หรือประโยคที่คิดว่าถูกต้องลงในช่องว่าง

สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปการประเมินผลการเรียนรู้สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นขั้นตอนหรือกระบวนการหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์เพื่อทำให้ครูทราบว่านักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด และมีแนวทางอย่างไรในการที่จะพัฒนานักเรียนต่อไปโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

1) การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic Scoring) ซึ่งเป็นการให้คะแนนรูปแบบหนึ่งของการให้คะแนนแบบรูบริกเพื่อประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา เรื่อง ฟังก์ชัน

2) การใช้แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) และ แบบบันทึกภาคสนาม (Field Note) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการสังเกตและการถามคำถามของนักเรียนเพื่อสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละขั้น ไม่ว่าจะเป็นขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล

3) การให้นักเรียนเขียนสะท้อนการเรียนรู้ต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากที่ทำการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยการให้นักเรียนมองย้อนกลับหรือย้อนคิดถึงขั้นตอน/การกระทำ/เหตุการณ์ของตนเองที่ตนเองประสบพบเจอขณะที่กำลังทำการแก้ปัญหา แล้วเขียนอธิบายออกมาว่านักเรียนคิดอย่างไร รู้สึกอย่างไร มีปัญหาหรือติดขัดอะไร และมีวิธีแก้ไขปัญหาหรือสิ่งที่ติดขัดเหล่านั้นอย่างไรขณะที่ทำการแก้ปัญหาเพื่อทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และทบทวนถึงสิ่งที่ตนเองได้ทำไป สำหรับการหาทางออกจากปัญหาของนักเรียนอาจจะมาถูกทางหรือไม่ถูกทาง ครูสามารถจะเข้ามาแนะแนวทางหรือช่วยนักเรียนออกจากปัญหาเหล่านั้นได้ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งการประเมินที่ทำให้ครูเข้าใจนักเรียนมากขึ้นและสามารถเข้าไปช่วยเหลือนักเรียนได้ทันท่วงทีเพื่อที่จะพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

### 1.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษา และนักวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศหลายท่านที่ได้ให้ความสนใจและให้ความสำคัญเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดของผลงานวิจัยของแต่ละท่าน ดังนี้

#### 1.8.1 งานวิจัยในประเทศ

ชญาภา ใจโปร่ง (2554) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกาญจนดิษฐ์วิทยาคม อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนทั้งหมด 30 คน ซึ่งได้ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น นักเรียนแสดงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ (ด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการเลือกกลยุทธ์ และด้านการค้นหาคำตอบพร้อมทั้งคำอธิบายที่ชัดเจน) ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ธนิษฐา เพ็ชร์ช้าง และ สุภาพร สุขเจริญ (2558) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ มีจำนวน 45 คน ซึ่งทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น หลังเรียนโดยใช้

วิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รัตนา เครือวัลย์ (2559) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนซางตาครู้ทคอนแวนท์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 32 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติผ่านเกณฑ์ มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .01

ธัชพล พลรัตน์ (2561) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง เรื่อง การประยุกต์ของแคลคูลัส สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยรามคำแหง และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการทำความเข้าใจสถานการณ์จริง การปรับเปลี่ยนสถานการณ์จริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการแปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์จริงได้ถูกต้องพร้อมทั้งอธิบายได้ชัดเจนขึ้น

พศุตม์ ชูศักดิ์ และ ญานิน กองทิพย์ (2561, น. 75-82) ได้ทำการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการแก้ปัญหา เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผ่านการจัดกิจกรรมการตั้งปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนพระหฤทัยนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการตั้งปัญหา เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60

ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการตั้งปัญหา เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว แสดงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสามด้าน คือ ด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการสำรวจและการวางแผนการแก้ปัญหา และด้านการนำไปใช้

อิสริยา ปรมัตถากร (2562) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านการทำความเข้าใจปัญหา การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ การใช้คณิตศาสตร์และการอธิบายคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์

ประชาชาติ ไชยพรม และคนอื่น ๆ (2562, น. 69-78) ได้พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนโรงเรียนบ้านโนนแต้ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 3 โดยดำเนินการเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1) พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม และตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบของหลักสูตรโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ระยะที่ 2) ประเมินประสิทธิภาพหลักสูตรฝึกอบรม กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนบ้านโนนแต้ อำเภอวานรนิวาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 3 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า 1) ความรู้ ความเข้าใจ ด้านการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังฝึกอบรมสูงกว่าก่อนฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนอยู่ในระดับดี 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนโรงเรียนบ้านโนนแต้อยู่ในระดับมากที่สุด

อรรถพล ปลัดพรหม, นงลักษณ์ วิริยะพงษ์, และ มนชยา เจียงประดิษฐ์ (2562) ได้ทำการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD โดยเน้นการใช้ตัวแทนเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนปทุมเทพวิทยาคาร จังหวัดหนองคาย จำนวน 1 ห้องเรียน (39 คน) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD โดยเน้นการใช้ตัวแทน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชันของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD โดยเน้นการใช้ตัวแทนไม่เป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (นักเรียนไม่ได้มีการเตรียมตัวอย่างเต็มที่ เนื่องด้วยนักเรียนบางส่วนเป็นคณะกรรมการนักเรียนและต้องจัดสถานที่ภายในโรงเรียนเพื่อเตรียมงานปัจฉิมนิเทศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และนักเรียนจำนวน 2 คน ที่ต้องไปแข่งขันกีฬานักเรียนที่จังหวัดบึงกาฬ จึงทำให้ไม่มีเวลาฝึกฝนและทบทวนบทเรียนมากพอ)

วิรัลยุพา คงภักดี, ญานิน กองทิพย์, ณหัย ฤกษ์ฤทัยรัตน์, และ เสริมศรี ไทยแท้ (2561, น. 86-101) ได้ทำการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 32 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม และแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มละ 4 คน แต่ละกลุ่มมีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำคละกัน โดยเลือกกลุ่มเป้าหมายในการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 1 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (1) มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 และ (2) แสดงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอน คือ ขั้นนำเสนอปัญหาปลายเปิด นักเรียนใช้เวลาในการอ่านปัญหาและร่วมอภิปรายปัญหามากขึ้น ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน นักเรียนอธิบายปัญหาด้วยภาษาของตนเอง ระบุตัวแปรสำคัญของปัญหา วางแผนก่อนการแก้ปัญหา อธิบายวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอน และตรวจสอบคำตอบก่อนส่งมากขึ้น ขั้นอภิปรายและเปรียบเทียบ นักเรียนอภิปรายและเปรียบเทียบวิธีแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองกับกลุ่มอื่น และขั้นการสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนในชั้นเรียน นักเรียนตอบคำถามเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ข้อสรุปมากขึ้น

**1.8.2 งานวิจัยต่างประเทศ**

เฮนเบอรี่ และเจคอบ (Hensberry & Jacobbe, 2012, pp. 71-80) ได้ศึกษาผลกระทบของการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา และการเขียนการแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งเป็นนักเรียนอาสาสมัครชาวแอฟริกัน จำนวน 7 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในช่วงภาคฤดูร้อนของโรงเรียนประถมศึกษาทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอเมริกา ผลการวิจัยพบว่า มีนักเรียนจำนวน 3 คน จาก 7 คน ที่มีคะแนนหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน และสามารถเขียนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง กล่าวคือ นักเรียนเหล่านั้นสามารถแสดงแนวคิดของพวกเขาและเขียนออกมาได้ผ่านแบบฟอร์มการเขียนการแก้ปัญหา ถ้าหากนักเรียนเหล่านั้นได้ทำการฝึกมากขึ้นหรือมีเวลามากขึ้นก็จะช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของพวกเขาให้ดีขึ้นได้

สุโกริยานโต และคนอื่น ๆ (Sukoriyanto et al., 2016, pp. 11-16) ได้ศึกษาข้อผิดพลาดของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่โดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา โดยมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 25 คน ซึ่งเป็นนักเรียนอาสาสมัคร ชาย 8 คน และหญิง 17 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการเรียงสับเปลี่ยน จำนวน 2 ข้อ และการจัดหมู่จำนวน 2 ข้อ รวมเป็น 4 ข้อ ผลวิจัยพบว่า นักเรียนยังคงมีข้อผิดพลาดในเรื่องของการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน และการตรวจสอบผล นอกจากนี้นักเรียนบางคนยังไม่สามารถที่จะแยกแยะเนื้อหาระหว่างการเรียงสับเปลี่ยนกับการจัดหมู่ได้ ไม่รู้ว่าโจทย์ข้อนี้คือเรื่องอะไร จึงส่งผลให้นักเรียนตีความหมายของปัญหาผิดพลาดไปและใช้สูตรผิดได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความเข้าใจของนักเรียนในเนื้อหาของการเรียงสับเปลี่ยนมีผลต่อความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องของการจัดหมู่อย่างเห็นได้ชัด

โอแกฟอร์ (Okafor, 2019, pp. 38-48) ได้ศึกษาผลของกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกตอนปลายจำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 102 คน ซึ่งมาจากโรงเรียนมัธยมของรัฐ 6 แห่ง ในเขตการศึกษา อกวอตาร์ รัฐแอนนาบรา ประเทศไนจีเรีย โดยกลุ่มหนึ่ง (กลุ่มทดลอง) สอนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (POPSOT) และอีกกลุ่มหนึ่ง (กลุ่มควบคุม) ได้รับการสอนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิม (CONPSOT) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาทำได้ดีกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยกระบวนการแก้ปัญหาแบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เยยุค และฮัสสามาท์ (Yayuk & Husamah, 2020, pp. 361-378) ได้ศึกษาความยากลำบากของครูโรงเรียนประถมศึกษาที่คาดหวังในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการของโพลยา มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนประถมศึกษาของ UMM จำนวน 38 คน ซึ่งทำการวิจัยเชิงคุณภาพโดยทำการสัมภาษณ์และสังเกตการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของโพลยาและมีการบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนยังคงประสบปัญหาในทุกขั้นตอนของโพลยา ความสามารถในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของโพลยา (การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนและการเลือกใช้กลยุทธ์ และการดำเนินการตามแผน) มีนักเรียนเพียง 5.3% เท่านั้นที่อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนการตรวจสอบผล มีเพียง 8% ที่ทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยภาพรวมแล้วความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยายังค่อนข้างอ่อนแอ ควรได้รับการฝึกและพัฒนาต่อไป

**ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

ในการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อเป็นกรอบและแนวทางในการวิจัยโดยมีหัวข้อและรายละเอียด ดังนี้

2.1 **ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือ**

แอปพลิเคชันบนมือถือ (Mobile Application) ประกอบด้วยคำสำคัญสองคำ คือ มือถือ (Mobile) กับ แอปพลิเคชัน (Application) โดยมีนักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของทั้งสองคำไว้ ดังนี้

ภาณุวัฒน์ วรพิทย์เบญจา, จำรัส กลิ่นหนู, และ ณรงค์ศักดิ์ ศรีสม (2558) กล่าวว่า มือถือ หมายถึง โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผล สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายเพื่อสื่อสารข้อมูลด้วยขีดความสามารถที่เหนือกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไป สามารถทำงานตามคำสั่งผู้ใช้ได้อย่างหลากหลายและเป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานระหว่างคอมพิวเตอร์แบบพกพากับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสอดคล้องกับ จิระนันท์ สุขบรรจง (2559) ที่กล่าวว่า มือถือเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการพกพาที่ทำงานได้เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา ใช้พลังงานค่อนข้างน้อย ปัจจุบันทำหน้าที่ได้หลายอย่างในการติดต่อแลกเปลี่ยนข่าวสารกับคอมพิวเตอร์

จากความหมายของมือถือ (Mobile) ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของมือถือ (Mobile) ไว้ว่า อุปกรณ์สื่อสารหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทหนึ่งที่สามารถพกพาและทำงานได้เหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์หรือแท็บเล็ต

สุชาดา พลาชัยภิรมย์ศิล (2554) ภาณุวัฒน์ วรพิทย์เบญจา และคนอื่น ๆ (2558) และ จิระนันท์ สุขบรรจง (2559) ได้กล่าวในทำนองเดียวกันเกี่ยวกับความหมายของ แอปพลิเคชัน (Application) ไว้ว่า เป็นซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้เพื่อช่วยการทำงานของผู้ใช้ (User) ให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดย Application จะต้องมีสิ่งที่เรียกว่า ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface หรือ UI) เพื่อเป็นตัวกลางในการใช้งานต่าง ๆ นอกจากนี้ มานาคอมพิวเตอร์ (2555) กิรณา อึ้งสกุล (2556) พรทิพย์ วงศ์สินอุดม (2558) และ Pholprasit, Thaichayapong, & Saiprasert, 2013 อ้างถึงใน สุทธิพงศ์ สุวรรณเดชากุล (2560) ได้กล่าวว่า แอปพลิเคชัน (Application) เป็นโปรแกรมประเภทหนึ่งที่เรียกว่า “โปรแกรมประยุกต์” หรือ เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงาน ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้งานบนมือถือหรือแท็บเล็ต โดยแอปพลิเคชันเหล่านั้นถูกออกแบบและพัฒนามาให้ใช้งานเฉพาะด้าน ใช้งานง่าย และไม่จำเป็นต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ (Software) ที่มีความซับซ้อน เช่น สร้างเอกสาร พิมพ์เอกสาร คำนวณ ตกแต่งภาพ แก้ไขรูปภาพ หรือฟังเพลง เป็นต้น จะเห็นได้ในมือถือหรือแท็บเล็ตที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) และ ไอโอเอส (iOS)

ทั้งนี้ยังมีนักวิชาการและนักการศึกษาที่ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับ แอปพลิเคชัน ในเชิงของการพัฒนา อย่างเช่น ขจรศักดิ์ สังข์เจริญ (2556) กล่าวว่า แอปพลิเคชัน หรือ App หมายถึง โปรแกรมประยุกต์ (Application Program) ในระบบคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนามาตั้งแต่ยุคต้น ๆ ของคอมพิวเตอร์ จนถึงทุกวันนี้ก็ยังมีการพัฒนาแอพ (App) ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้งานของระบบคอมพิวเตอร์ สอดคล้องกับ มายพีเอชพี (2561) ที่ได้กล่าวว่า แอปพลิเคชัน เป็นโปรแกรมต่าง ๆ ที่รันบนมือถือประเภทสมาร์ทโฟน รวมถึงแท็บเล็ต (Tablet) ต่าง ๆ ที่มีให้ดาวน์โหลดและติดตั้งไปยังอุปกรณ์ตามรุ่นต่าง ๆ ที่ผู้พัฒนาแอปพลิเคชันทำให้เหมาะสมกับอุปกรณ์นั้น ๆ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ โปรแกรมที่ทำงานบนมือถือ และแท็บเล็ต แอปพลิเคชันถูกเขียนขึ้นมามีความไม่ซับซ้อนมาก ใช้งานง่าย และตอบสนองความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้งานเฉพาะด้าน

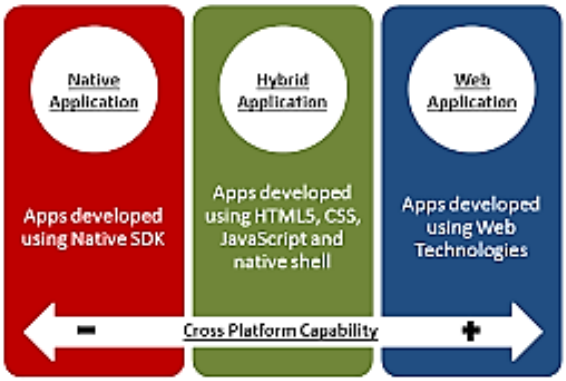
จากความหมายของแอปพลิเคชันที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของแอปพลิเคชัน (Application) ไว้ว่า เป็นโปรแกรมชนิดหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้งานบนมือถือ หรือแท็บเล็ต มีความสะดวกในการใช้งานและตอบสนองความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้งาน (Users) ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android และ iOS โดยมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface หรือ UI) เพื่อเป็นตัวกลางในการใช้งานต่าง ๆ

ภาณุวัฒน์ วรพิทย์เบญจา และคนอื่น ๆ (2558) จันทิรา แซ่เตียว (2559) และจิระนันท์ สุขบรรจง (2559) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับ แอปพลิเคชันบนมือถือ (Mobile Application) ว่าเป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการทำงานของผู้ใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่ให้สามารถใช้งานอุปกรณ์นั้นได้สะดวก รวดเร็ว เรียบง่าย และเต็มประสิทธิภาพ โดยโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันเหล่านั้นจะต้องทำงานผ่านระบบปฏิบัติการ (OS) บนอุปกรณ์เคลื่อนที่เท่านั้น ไม่สามารถทำงานด้วยตัวของมันเองได้ ตัวอย่างของระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น Windows Phone, BlackBerry OS, iOS และ Android เป็นต้น นอกจากนี้ วศิน เพชรข้อง และสัณหวัช อภิบาลวงศ์สกุล (2558) กล่าวว่า แอปพลิเคชันบนมือถือเป็นบริการพัฒนาระบบแอปพลิเคชันต่าง ๆ รวมถึงมัลติมีเดีย Presentation บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น IPAD / IPHONE / ANDROID เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความประทับใจในการนำเสนอข้อมูล รวมถึงการพัฒนาระบบใช้งานสำหรับองค์กร โดยแอปพลิเคชันสามารถดาวน์โหลดผ่าน App store หรือ Google play store และทำการติดตั้งลงบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้พื้นที่ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ หากพื้นที่มีไม่เพียงพอนั้นจะไม่สามารถทำการดาวน์โหลดและติดตั้งแอปพลิเคชันได้ (พชรพรรณ สมบัติ, 2558)

จากความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของแอปพลิเคชันบนมือถือ (Mobile Application) ไว้ว่า เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบลากวาง (Drag & Drop) แบบไฮไลต์ (Highlight) แบบตอบสั้น (Short Answer) แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern) และ แบบกราฟ (Graph) บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ซึ่งมีความสะดวกรวดเร็วและเรียบง่ายในการใช้งาน ตอบสนองความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้งาน (Users)

**2.2 รูปแบบของแอปพลิเคชันบนมือถือ**

ในโลกปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในวงการทางการศึกษามากขึ้นทำให้ครูหลาย ๆ ท่านได้หันมาเล็งเห็นถึงความสำคัญและนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเรียนการสอนมากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งยังเป็นแรงกระตุ้นให้ครูเกิดความตื่นตัวในการที่จะสร้างสรรค์แอปพลิเคชันเพื่อตอบโจทย์กระบวนการเรียนการสอนของตนเองให้ได้มากที่สุด โดยแอปพลิเคชันเหล่านี้สามารถแบ่งรูปแบบของการพัฒนาได้ 3 รูปแบบ (ชัยพร สุวรรณประสพ, 2561, น. 9-10) ดังภาพประกอบ 11




ภาพประกอบ 11 รูปแบบของแอปพลิเคชัน

โดยในแต่ละรูปแบบของแอปพลิเคชันมีรายละเอียด ดังนี้

1) Native Application หมายถึง แอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยอาศัย Library หรือ SDK ของแพลตฟอร์ม (Platform) นั้น ๆ และจะต้องพัฒนาด้วยภาษาของแต่ละแพลตฟอร์ม เช่น แอนดรอยด์ (Android) ใช้ภาษาจาวา (Java) วิโดวส์โฟน (Windows Phone) ใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) และ ไอโอเอส (iOS) ใช้ภาษาอ็อปเจ็คซี (Object-C) เป็นต้น

ทั้งนี้ข้อดีของการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Native คือ สามารถดึงทรัพยากรของระบบออกมาใช้งานได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ก็ยังมีข้อเสีย คือ ถ้าต้องการพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถใช้งานหรือรองรับกับแพลตฟอร์มอื่น ๆ ได้ จะต้องเริ่มพัฒนาแอปพลิเคชันใหม่ ซึ่งทำให้ต้นทุนในการพัฒนามีราคาค่อนข้างสูงและใช้เวลานาน

2) Hybrid Application หรือ Cross-Platform Application หมายถึง แอปพลิเคชันที่พัฒนาโดยอาศัยเฟรมเวิร์ค (Framework) ซึ่งจะใช้ภาษาใดภาษาหนึ่งเป็นตัวกลางสำหรับการพัฒนา แล้วเฟรมเวิร์คจะทำการแปลงภาษานั้น ๆ ให้แอปพลิเคชันสามารถใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม

ทั้งนี้ข้อดีของการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Cross-Platform คือ สามารถลดระยะเวลาในการพัฒนาให้สั้นลงและแอปพลิเคชันยังสามารถใช้งานทรัพยากรของระบบได้เต็มประสิทธิภาพอีกด้วย

3) Web Application หมายถึง แอปพลิเคชันที่แสดงหน้าเว็บผ่านตัวแอปพลิเคชัน (Application) แทนการเข้าเบราว์เซอร์ (Browser) ซึ่งการใช้งานแอปพลิเคชันจะต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา และอาจจะไม่สามารถใช้ทรัพยากรบางอย่างของระบบได้

ทั้งนี้ข้อดีของการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Web คือ ใช้เวลาในการพัฒนาได้รวดเร็วกว่ารูปแบบอื่น ๆ

จากรูปแบบของแอปพลิเคชันที่กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะใช้รูปแบบของ Native Application ซึ่งหมายถึง แอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นเพื่อนำเสนอสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (มีระดับความง่ายไปจนถึงยาก) ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียนแก้ปัญหา ครูสามารถคอยชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาได้หากนักเรียนเกิดข้อสงสัยและคอยสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหาของนักเรียนระหว่างแก้ปัญหาผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android)

**2.3 ประเภทของแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อการศึกษา**

ในโลกปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในวงการทางการศึกษามากขึ้นทำให้ครูหลาย ๆ ท่านได้หันมาเล็งเห็นถึงความสำคัญและนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเรียนการสอนมากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งยังเป็นแรงกระตุ้นให้ครูเกิดความตื่นตัวในการที่จะสร้างสรรค์แอปพลิเคชันเพื่อตอบโจทย์กระบวนการเรียนการสอนของตนเองให้ได้มากที่สุด โดยแอปพลิเคชันเพื่อการศึกษาเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556 อ้างถึงใน กิรณา อึ้งสกุล, 2556) ดังนี้

1) แอปพลิเคชันรูปแบบเสริมการเรียน (Learning Media) หมายถึง แอปพลิเคชันที่นำเสนอเนื้อหา มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ตัวอย่างเช่น แอปพลิเคชันการเรียนภาษาอังกฤษ แอปพลิเคชันการฝึกอ่าน ฝึกเขียน เป็นต้น

2) แอปพลิเคชันรูปแบบเสริมการสอน (Instruction Media) หมายถึง แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้เป็นสื่อช่วยครูในการสอน เช่น แอปพลิเคชันแสดงการระเบิดของภูเขาไฟ แอปพลิเคชันแสดงการไหลเวียนของโลหิตในร่างกายของมนุษย์ เป็นต้น

3) แอปพลิเคชันรูปแบบสร้างองค์ความรู้ (Construction Media) หมายถึง แอปพลิเคชันที่เป็นเครื่องมือช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน/ผลงานประกอบการเรียนรู้หรือสร้างองค์ความรู้ เช่น แอปพลิเคชันสร้างรูปทรงสามมิติ เพื่อช่วยการออกแบบ แอปพลิเคชันวัดระยะทาง/พื้นที่ เป็นต้น

จากประเภทของแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อการศึกษาที่กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้ประเภทของแอปพลิเคชันรูปแบบเสริมการเรียน (Learning Media) ซึ่งหมายถึง แอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นเพื่อนำเสนอสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากระดับความง่ายไปจนถึงยากผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียนแก้ปัญหา ครูสามารถคอยชี้แนะแนวทางในการแก้ปัญหาได้หากนักเรียนเกิดข้อสงสัยและคอยสังเกตพฤติกรรมในการแก้ปัญหาของนักเรียนระหว่างแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

**2.4 ประเภทของสื่อที่นำมาใช้สร้างแอปพลิเคชันบนมือถือ**

แอปพลิเคชันที่นำมาใช้ เป็นสื่อทางการศึกษาที่เน้นการเรียนรู้ในรูปแบบ Interactive โดยมีสื่อให้เลือกหลากหลายรูปแบบตามความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ของแอปพลิเคชันนั้น ๆ ซึ่งประเภทของสื่อ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2556 อ้างถึงใน กิรณา อึ้งสกุล, 2556) มีดังนี้

1) เทคซคอนเทนท์ (Text Content) เป็นสื่อพื้นฐาน หมายถึง ตัวอักษรข้อความเนื้อหาต่าง ๆ ที่เราใช้เพื่อการอธิบาย บรรยาย ถ้าเป็นแอปพลิเคชันแนววิชาการไม่ควรใส่ข้อความ (Text) มากจนเกินไป แต่ถ้าเป็น อี-บุ๊ค (E-book) ก็สามารถใส่ข้อความ (Text) ได้มาก องค์ประกอบปลีกย่อยของสื่อประเภทนี้ คือ เรื่องของฟอนต์ สี และขนาดตัวอักษร

2) วิดีโอคลิป (Video Clips) เป็นสื่อแนวภาพเคลื่อนไหว มักใช้เพื่ออธิบายเนื้อหาที่ไม่สามารถอธิบายด้วยข้อความหรือเป็นข้อความก็ต้องอาศัยข้อความจำนวนมาก วิดีโอคลิป หรือคลิปวิดีโอ คือ ไฟล์คอมพิวเตอร์ที่บรรจุเนื้อหาเป็นภาพยนต์สั้น ๆ ปัจจุบันมีการใช้วิดีโอคลิปแพร่หลาย เนื่องจากไฟล์มีขนาดเล็ก และสามารถส่งผ่านอีเมล์ หรือดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ได้สะดวก

3) ซาวน์คลิป (Sound Clips) เป็นสื่อประเภทเสียงที่ใช้ในการประกอบในแอปพลิเคชันโดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เสียงพูด (Voice) เสียงเพลง (Music) และเสียงประกอบ (Sound Effect)

- เสียงพูด (Voice) เป็นเสียงพูดธรรมดา เสียงผู้ชาย (Male Voice Over) ใช้ตัวย่อในสคริปท์ (Script) ว่า เอ็มวีโอ (MVO) เสียงผู้หญิง (Female Voice Over) ใช้ตัวย่อ

ในสคริปท์ว่า เอฟวีโอ (FVO) ใช้เป็นคำกลาง ๆ ระบุว่าเป็นเสียงพูด โดยไม่ระบุเพศ ย่อด้วยเอเอ็นเอ็น (ANN)

- เสียงเพลง (Music) หมายถึง เสียงที่ใช้ในการประกอบแอปพลิเคชัน เช่น เสียงเพลงตอนเปิดเข้า เสียงบรรเลงระหว่างการใช้งาน หรือเสียงเพลงเมื่อเล่นเกมแล้วชนะ

- เสียงประกอบ (Sound Effect) หมายถึง เสียงที่มีความยาวไม่มาก มีทั้งเสียงธรรมชาติ เสียงที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น วัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดสีสัน อารมณ์ต่าง ๆ เช่น เสียงดีใจเมื่อตอบถูก เสียงเสียใจเมื่อตอบผิด เป็นต้น

4) พิคเทอร์ (Picture) หมายถึง ภาพประกอบในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้อธิบายหรือสร้างความสวยงามให้กับเนื้อหาโดยสามารถแบ่งออกเป็น 5 รูปแบบ ดังนี้

- โฟโต้ (Photo) หมายถึง ภาพนิ่งหรือภาพถ่ายจริง เช่น ภาพวิว ภาพเด็ก ภาพคนวิ่ง

- กราฟิก (Graphic) หมายถึง ภาพที่เกิดจากการวาดหรือสร้างขึ้นโดยมีส่วนที่คล้ายจริง มักใช้ประกอบในเนื้อหาที่ต้องการให้ดูน่ารัก หรือเนื้อหาที่ไม่สามารถใช้หรือหาภาพจริงมาประกอบได้

- แอนนิเมชันกิฟ (Animation Gif) หมายถึง ภาพเคลื่อนไหวในลักษณะฉายวน รวมถึงไอคอน (Icons) คลิปอาร์ต (Clips Art) ต่าง ๆ

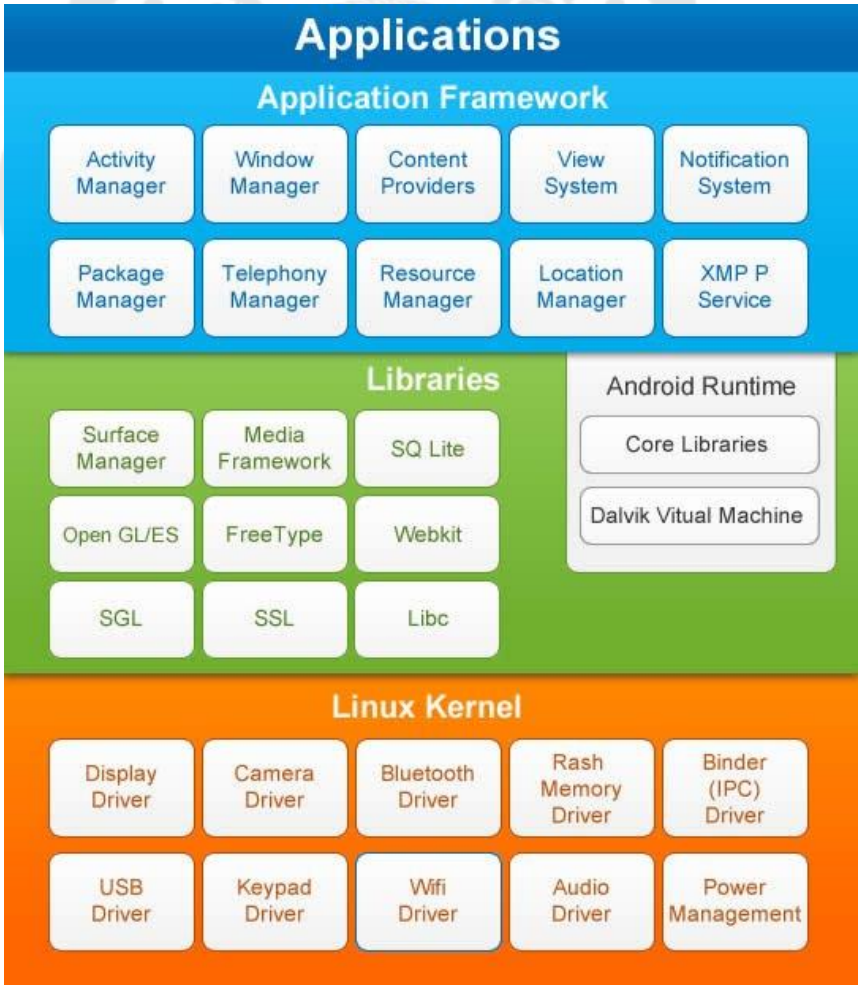
- คาแร็กเตอร์ (Characters) หมายถึง ตัวการ์ตูนที่ใช้แทนตัวนักเรียนหรือครูผู้สอน

- อินโฟกราฟิก (Info-Graphic) หมายถึง ภาพหรือกราฟิกที่แสดงถึงข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นสถิติ ความรู้ จำนวน ฯลฯ เรียกว่าเป็นการย่อข้อมูลเพื่อให้ประมวลผลได้ง่ายเพียงแค่กวาดสายตามอง

จากประเภทของสื่อที่นำมาใช้พัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยจะใช้ประเภทของสื่อในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังนี้ เทคซคอนเทนท์ และพิคเทอร์ (โฟโต้และกราฟิก) เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

### 2.5 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ในส่วนของโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ถือว่าเป็นหัวใจหลักในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ถ้านักพัฒนาโปรแกรมเข้าใจโครงสร้างที่ชัดเจน สามารถที่จะมองภาพรวมของระบบได้ทั้งหมด จะทำให้นักพัฒนาสามารถวางกระบวนการในการทำงานได้ดียิ่งขึ้น และทำให้การออกแบบและการพัฒนามีประสิทธิภาพมากขึ้น จากโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ศุภกิจ ทองดี (2551 อ้างถึงใน พรทิพย์ วงศ์สินอุดม, 2558) ได้แบ่งโครงสร้างออกเป็นส่วน ๆ ที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน โดยส่วนบนสุดจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานทำการติดต่อโดยตรง ซึ่งคือส่วนของแอปพลิเคชัน (Applications) จากนั้นจะลำดับลงมาเป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ตามลำดับ และสุดท้ายจะเป็นส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์โดยผ่านทาง Linux Kernel ซึ่งโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถอธิบายเป็นส่วน ๆ ดังภาพประกอบ 12




ภาพประกอบ 12 โครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

โดยมีรายละเอียดของโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังนี้

1) Applications หรือส่วนของโปรแกรมที่มีมากับระบบปฏิบัติการ หรือเป็นกลุ่มของโปรแกรมที่ผู้ใช้งานได้ทำการติดตั้งไว้ โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรมต่าง ๆ ได้โดยตรง ซึ่งการทำงานของแต่ละโปรแกรมจะเป็นไปตามที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้ออกแบบและเขียนโค้ดของโปรแกรมเอาไว้

2) Application Framework เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมได้สะดวก และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยนักพัฒนาไม่จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนที่มีความยุ่งยากมาก ๆ เพียงแค่ทำการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน Application Framework ในส่วนที่ต้องการใช้งานแล้วนำมาใช้งาน ซึ่งมีหลายกลุ่มด้วยกัน ตัวอย่างเช่น

- Activities Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จัดการเกี่ยวกับวงจรการทำงานของหน้าต่างโปรแกรม (Activity)

- Content Providers เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของโปรแกรมอื่น ๆ และสามารถแบ่งปันข้อมูลให้โปรแกรมอื่นเข้าถึงได้

- View System เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับการจัดการโครงสร้างของหน้าจอที่แสดงผลในส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface)

- Telephony Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลด้านโทรศัพท์ เช่น หมายเลขโทรศัพท์ เป็นต้น

- Resource Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลที่เป็นข้อความ หรือรูปภาพ

- Location Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่เกี่ยวกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ระบบปฏิบัติการได้รับค่าจากอุปกรณ์

- Notification Manager เป็นกลุ่มของชุดคำสั่งที่จะถูกเรียกใช้เมื่อโปรแกรมต้องการแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน ผ่านทางแถบสถานะ (Status Bar) ของหน้าจอ

3) Libraries เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C หรือ C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่มตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น Surface Manager จัดการเกี่ยวกับการแสดงผล, Media Framework จัดการเกี่ยวกับการแสดงภาพและเสียง, Open GL/ES และ SGL จัดการเกี่ยวกับภาพ 3 มิติ และ 2 มิติ SQLlite จัดการเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล เป็นต้น

4) Android Runtime จะมี Darvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้ทำงานบนอุปกรณ์ที่มีหน่วยความจำ (Memory) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และพลังงาน

(Battery) ที่จำกัด ซึ่งการทำงานของ Darvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงานไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทำงาน เหตุผลเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้งานกับหน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาคือ Core Libraries เป็นส่วนที่รวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญโดยถูกเขียนด้วยภาษาจาวา (Java Language)

5) Linux Kernel เป็นส่วนที่เป็นหัวใจสำคัญในการทำหน้าที่จัดการกับบริการหลักของระบบปฏิบัติการ เช่น เรื่องหน่วยความจำ พลังงาน ติดต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ความปลอดภัยเครือข่าย เป็นต้น โดยแอนดรอยด์ได้นำเอาส่วนนี้มาจากระบบปฏิบัติการลินุกซ์ รุ่น 2.6 (Linux 2.6 Kernel) ซึ่งได้มีการออกแบบมาเป็นอย่างดี

## 2.6 แนวทางการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ในการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สิ่งที่สำคัญที่ควรต้องคำนึงถึง คือ ความสะดวก รวดเร็วและเรียบง่ายในการใช้งาน ตอบสนองความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้งาน (Users) นอกจากนี้ พชรพรรณ สมบัติ (2558) ได้กล่าวว่า “หัวใจหลักของการออกแบบยังคงต้องมองถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของโลกอนาคต” ดังต่อไปนี้

1) ขนาดของหน้าจอที่เปลี่ยนไป แอปพลิเคชันบนมือถือในปัจจุบันเริ่มทำงานที่พื้นที่ใหญ่ขึ้นกว่าในอดีต จากอดีตที่มีหลักการวางแผนการออกแบบสำหรับหน้าจอ 3.5 – 4 นิ้ว ซึ่งในปัจจุบัน Samsung Galaxy S20 Ultra ในปี 2563 มีขนาดหน้าจอ 6.9 นิ้ว และโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นใหม่ ๆ ที่ผลิตออกมามีขนาดหน้าจอโดยประมาณ 5.5 – 6.9 นิ้ว ซึ่งต่างกับในอดีต กล่าวคือ ผู้ใช้จะเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ เมื่อขนาดหน้าจอใหญ่ขึ้นผู้ใช้จึงจำเป็นต้องใช้ 2 มือ ในการใช้งานแอปพลิเคชัน

2) Flat Design ในช่วงระยะเวลา 2 – 3 ปีที่ผ่านมานั้น การออกแบบแนวเรียบง่าย สีเรียบ ๆ กันมากขึ้น นำโดย Microsoft ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ที่มีการใช้ Flat Design ในอดีตเป็นการออกแบบที่เรียกว่า การ Design Skeuomorphism (การออกแบบโดยจำลองโลกจริงมาใส่ในการออกแบบ เช่น แสง เงา พื้นผิว และอื่น ๆ) ปัจจุบันมีการเริ่มพัฒนา Flat Design ในรูปแบบของตัวเอง เช่น Google มีการใช้แสงเงาเพิ่มขึ้น หรือ Material Design ที่ใช้ Concept คือ การวางกระดาษทับซ้อนกัน

3) การซ่อนเมนู เนื่องจากผู้พัฒนาเริ่มคุ้นชินกับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ พร้อมกับฟังก์ชันที่ต้องการใช้กับเมนูเพิ่มขึ้น ทำให้มีการออกแบบใหม่ ที่เรียกกันว่า เมนูลิ้นชัก คือ การที่ผู้ใช้ต้องกดปุ่มเมนูเพื่อหน้าจอเมนูที่ซ่อนไว้จะแสดงขึ้นมาให้เห็น และสามารถเลือกเมนูต่าง ๆ ได้

4) การใช้สีสันและความใส แอปพลิเคชันบนมือถือในอดีตนิยมเน้น เงา แสงสะท้อน เงาตกกระทบ แต่ในปัจจุบันแนวโน้มเรื่องสี Pastel เป็นที่นิยม กล่าวคือ สีที่มีความสว่างค่อนข้างไปทางสีเทา เช่น เวลาใช้สีแดง จะมีการใช้สีแดง 100% แต่จะออกแดงหม่นหรือเขียวหม่นฟ้าหม่น เป็นต้น การใช้สีสันเหล่านี้เป็นแนวโน้มที่ใช้คู่กับการออกแบบ Flat Design

5) การใช้ Sensor ที่มากขึ้น ในสมัยแรกนั้นโทรศัพท์เคลื่อนที่มีเพียงแค่ Wifi GPS Bluetooth เท่านั้น แต่ในสมัยปัจจุบัน ผู้พัฒนาจะพยายามทำแอปพลิเคชันให้เป็นจุดเด่นเพื่อการแข่งขันในตลาดได้ เช่น BLE (Bluetooth Low Energy), NFC Pedometer (นับก้าว), Magnetic (เข็มทิศ), Light Sensor, Pulse Sensor, Health Rate Sensor และอื่น ๆ อีกมากมายในอนาคต ซึ่งจะทำให้การพัฒนานั้นมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น แต่ผู้พัฒนาควรระวังการใช้ Sensor เหล่านี้ เพื่อไม่ก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้ใช้งาน

สำหรับด้านการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือยังมีนักวิจัยอีกหลายท่านที่ได้ให้แนวทางในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ อย่างเช่น จันทิรา แซ่เตียว (2559) ได้ให้ข้อมูลพร้อมกับคำแนะนำในด้านต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์และแนวทางในการออกแบบแอปพลิเคชันต่อไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ความละเอียดของหน้าจอ (ขนาด) หน้าจอโทรศัพท์มือถือยิ่งเล็กเท่าไรความละเอียดของหน้าจอก็ยิ่งน้อยลงเท่านั้น ซึ่งทำให้หน้าจอแสดงข้อมูลได้น้อยลงด้วยเช่นกัน

คำแนะนำ : เอกลักษณ์ขององค์กรที่ดีนั้นจะต้องวางสัดส่วนของเงินทุนในการออกแบบเอกลักษณ์ขององค์กรให้เหมาะสม เช่น การออกแบบโลโก้เพราะโลโก้จะสะท้อนให้เห็นถึงกิจกรรมของบริษัทเพื่อให้ลูกค้ารู้ว่าบริษัทขายหรือให้บริการอะไร

ขอบเขตของงานต้องประกอบไปด้วยสิ่งเหล่านี้ :

- ลดจำนวนเนื้อหาลง แสดงข้อมูลและเนื้อหาหลักที่จำเป็นเท่านั้น ปฏิเสธการแสดงข้อมูล ความเป็นมา หรืออาจวางไว้ล่างสุดของหน้าหลัก

- ทำหน้าเพจให้เข้าใจง่าย มีองค์ประกอบในหน้าเพจให้น้อยเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ผู้ใช้ทำผิดพลาดและทำให้ผู้ใช้เข้าใจในสิ่งที่เขาควรจะทำ และควรใช้วิดเจ็ตเมื่อจำเป็นเท่านั้นหรือเมื่อผู้ใช้คลิกให้แยกบล็อกข้อความใหญ่เป็นบล็อกเล็ก ๆ

- มีข้อมูลพื้นฐานที่สามารถเห็นได้ชัดเจนโดยไม่ต้องเลื่อนหน้าจอ ทางที่ดีไม่ควรใช้ภาพเยอะเกินไปโดยเฉพาะรูปภาพไฟล์ใหญ่ ๆ หากต้องใส่รูปภาพจริง ๆ ให้ใช้วิธีคัดลอกรูปภาพขนาดเล็กเท่านั้น

2) การสนับสนุนทางเทคนิค ใช่ว่าอุปกรณ์ทุกอย่างจะรองรับแฟลช (Flash) 90% ของเดสก์ท็อปจะมีโปรแกรมแฟลชติดตั้งไว้ และสำหรับ Android Version 2.2 ขึ้นไป สามารถรองรับได้แต่บ่อยครั้งที่ผู้ใช้มักปิดการใช้งานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเสถียรภาพ

3) ความเร็วในการดาวน์โหลด ถึงแม้ว่าอินเทอร์เน็ตจะเร็วขนาดไหนก็ยังคงมีปัญหาเรื่องการดาวน์โหลดข้อมูลได้ช้า

คำแนะนำ : แสดงข้อมูลที่จำเป็นที่สุดและใช้รูปภาพที่พอเหมาะเท่านั้น ใช้เทคนิคการทยอยโหลดเนื้อหาสำหรับหน้าแสดงตัวอย่าง คือ เมื่อเลื่อนหน้าจอลงมาค่อยทยอยโหลดเนื้อหาที่ยังไม่ได้โหลด

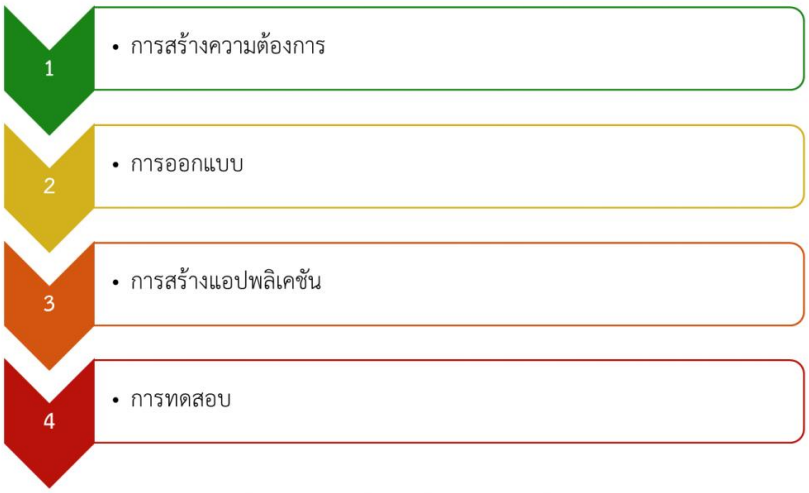
4) ป้อนข้อมูลแบบสัมผัส ค่อนข้างจะแตกต่างกับการใช้คอมพิวเตอร์ที่ป้อนข้อมูลโดยใช้เมาส์ หรือใช้ทัชแพด ซึ่งกับโทรศัพท์มือถือหรือสมาร์ทโฟนนี้ใช้นิ้วหรือปากกาในการป้อนข้อมูลแทน

คำแนะนำ : ใช้การเคลื่อนไหว (เช่น การเลื่อนรูปภาพ) ห้ามใช้คุณสมบัติในการแสดงข้อมูลโดยการเลื่อนเมาส์ เทคนิคนี้ทำงานได้ดีสำหรับเว็บเท่านั้น พยายามทำรายการต่าง ๆ ให้ใหญ่ ๆ เพราะจะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากในการสัมผัสในหน้าจอเล็ก ๆ

5) คีย์บอร์ด สำหรับมือถือนั้นไม่ได้ใช้งานสะดวกสบายเหมือนแป้นพิมพ์ของคอมพิวเตอร์หรือแล็ปท็อป

คำแนะนำ : ทำรูปร่างให้เรียบง่าย (ให้มีช่องในการกรอกข้อมูลที่จำเป็นให้น้อยที่สุด) ใช้ระบบกรอกข้อมูลลงในช่องแบบออโต้

สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือสิ่งที่สำคัญ คือ การจัดทำอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนในการพัฒนาอย่างชัดเจน มีหลากหลายโปรแกรมที่ผู้พัฒนาสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยทั่วไป ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 13




ภาพประกอบ 13 การพัฒนาแอปพลิเคชันโดยทั่วไป

โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) การสร้างความต้องการ แอปพลิเคชันถูกสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการและแก้ปัญหาให้ผู้ใช้ ผู้พัฒนาจึงจำเป็นต้องทราบถึงความต้องการและปัญหาก่อนจะเริ่มทำการออกแบบ

2) การออกแบบ ขั้นตอนนี้เป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยแอปพลิเคชันที่พร้อมใช้งานส่วนใหญ่มักมีความซับซ้อนและมีรายละเอียดปลีกย่อยเป็นจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นในการนำแนวคิดเชิงคำนวณมาประยุกต์ในการออกแบบอย่างเป็นระบบ การออกแบบที่ดีนำมาซึ่งองค์ประกอบที่สามารถตรวจสอบและปรับเปลี่ยนตามความต้องการได้ง่ายในภายหลัง

3) การสร้างแอปพลิเคชัน เป็นขั้นตอนของการเริ่มเขียนโปรแกรมในส่วนต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ ผู้พัฒนาจะเริ่มพบข้อบกพร่องหรือข้อจำกัดที่มองข้ามไปในขั้นก่อนหน้านี้ จึงเป็นเรื่องปกติหากต้องย้อนกลับไปคิดทบทวนเกี่ยวกับประเด็นต่าง ๆ ในขั้นตอนเหล่านั้นอีกครั้ง

4) การทดสอบ เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบคุณภาพของแอปพลิเคชันโดยมีเป้าหมายเพื่อค้นหาข้อผิดพลาดและปรับปรุงแก้ไขแอปพลิเคชันให้ทำงานได้ถูกต้องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

ทั้งนี้ยังมีวงจรการพัฒนาระบบหรือเอสดีแอลซี (SDLC : System Development Life Cycle) ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถช่วยในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันว่าในแต่ละขั้นตอนจะต้องทำอะไร และทำอย่างไร ดังภาพประกอบ 14 (เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ, 2561)

ภาพประกอบ 14 วงจรการพัฒนา

ที่มา : https://iok2u.com/index.php/article/information-technology/469-system-development-life-cycle-sdlc-1-4

โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) เข้าใจปัญหา (Problem Recognition) ระบบสารสนเทศจะเกิดขึ้นได้หรือไม่ ก็ต่อเมื่อผู้ใช้ต้องรู้ปัญหาของระบบเดิมคืออะไร เพราะอะไร ต้องการระบบสารสนเทศใหม่หรือไม่

2) ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) เป็นการศึกษาว่าระบบที่พัฒนาขึ้นใหม่ สามารถแก้ปัญหาในระบบเดิมได้หรือไม่ คุ้มต่อการที่จะลงทุนในการสร้างระบบใหม่หรือเปล่า

3) การวิเคราะห์ระบบ (Analysis) เป็นการศึกษาและกำหนดความต้องการของระบบใหม่จากการรวบรวมข้อมูลที่ใช้อยู่ในระบบปัจจุบัน

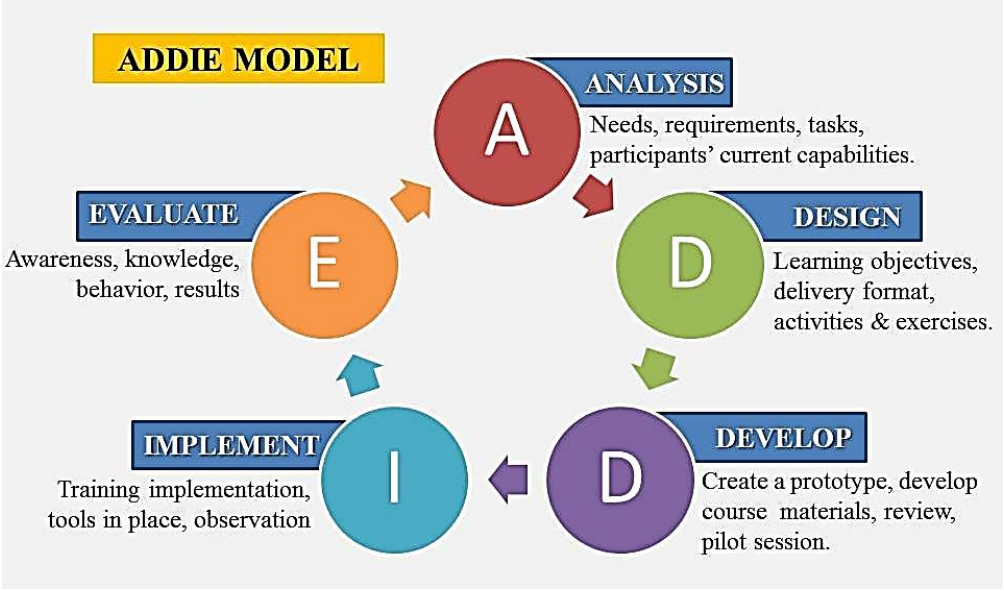
4) การออกแบบ (Design) นำสิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์มาออกแบบใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้และผู้บริหาร

5) การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) เขียนและทดสอบโปรแกรมว่าทำงานถูกต้องหรือไม่ ต้องมีการทดสอบกับข้อมูลจริงที่เลือกแล้ว เมื่อทุกอย่างเรียบร้อยจะได้โปรแกรมที่พร้อมจะนำไปใช้งานจริงต่อไป พร้อมกับจัดทำคู่มือการใช้งาน

6) การติดตั้ง/ปรับเปลี่ยนระบบ (Implementation) เป็นการนำระบบที่พัฒนาใหม่มาใช้งานระบบเก่า

7) การดูแลและบำรุงรักษาระบบ (System Maintenance) เมื่อติดตั้งระบบและมีการใช้งานเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีความต้องการใหม่เกิดขึ้น ซึ่งในระหว่างที่ใช้งานอาจเกิดปัญหาขึ้นในโปรแกรม (Bug) ก็ต้องทำการแก้ไขเปลี่ยนแปลงโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมใช้งานได้ตามปกติ

ในปัจจุบันโทรศัพท์มือถือเข้ามามีบทบาทและเป็นกลายเป็นส่วนหนึ่งของผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือให้ถูกหลักการและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก ผู้พัฒนาควรที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันต่อไปเพื่อส่งเสริมความพึงพอใจของผู้ใช้บริการให้เพิ่มสูงขึ้น ADDIE Model จึงเป็นอีกหนึ่งหลักการในการออกแบบกระบวนการเรียนรู้และพัฒนาอย่างเป็นระบบที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก มีจุดมุ่งหมายในการออกแบบให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายด้วยการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา คิดค้นโดย Folida State University's Center for Educational Technology ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 15




ภาพประกอบ 15 ADDIE Model

โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) เป็นขั้นที่ชี้แจงปัญหาและวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน ระบุสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ และความรู้และทักษะที่มีอยู่ของผู้เรียน ประกอบด้วยคำถามที่ต้องพิจารณาในช่วงการวิเคราะห์ ดังนี้

- ผู้เรียนคือใคร และมีลักษณะอย่างไร?
- อะไรคือพฤติกรรมที่ต้องการจากการเรียนการสอน?
- อะไรคือข้อจำกัดด้านการเรียนรู้และการเรียนการสอนนี้?
- อะไรคือทางเลือกที่สามารถจัดการเรียนการสอน?
- อะไรคือข้อควรพิจารณาในการจัดการเรียนการสอน?
- อะไรคือทฤษฎีการเรียนการสอนที่ต้องใช้?
- อะไรคือส่วนประกอบของระยะเวลาในการดำเนินโครงการจนเสร็จสิ้น?

กระบวนการของการตอบคำถามเหล่านี้ จะเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ความต้องการของการเรียนการสอน ในระหว่างการวิเคราะห์ความต้องการ ผู้ออกแบบการเรียนการสอนจะทราบข้อกำหนด ข้อจำกัด และทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อปรับปรุงแผนปฏิบัติการของพวกเขาต่อไป

2) ขั้นตอนการออกแบบ (Design) เป็นขั้นที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เครื่องมือการประเมินผล แบบฝึกหัด เนื้อหา การวิเคราะห์โครงสร้างรายวิชา แผนการจัดการเรียนรู้ และการเลือกสื่อ ขั้นตอนการออกแบบควรทำเป็นระบบ (Systematic) และเฉพาะเจาะจง (Specific) ระบบ (Systematic) หมายถึง เป็นตรรกวิธีที่เป็นลำดับขั้นตอนของการพัฒนาที่ชัดเจน ดำเนินการพัฒนา และประเมินแผนกลยุทธ์ที่วางไว้เป็นชุด ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของโครงการ เฉพาะเจาะจง (Specific) หมายถึง ทีมต้องดำเนินการองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการออกแบบการเรียนการสอนด้วยความใส่ใจในรายละเอียด ขั้นตอนการออกแบบอาจรวมถึง การเขียนข้อเสนอการออกแบบหรือข้อเสนอแนะ หรือแนวคิดและโครงสร้างเพื่อช่วยในการพัฒนาต่อไปในขั้นสุดท้ายด้วย ซึ่งขั้นตอนการออกแบบ ประกอบด้วย

(1) อธิบายลักษณะกลยุทธ์การเรียนการสอน ออกแบบภาพจำลองการเรียนการสอน ภาพและสื่อทางเทคนิคอื่น ๆ

(2) ประยุกต์ใช้กลยุทธ์การเรียนการสอนตามผลลัพธ์ที่ต้องการโดยอยู่ในขอบเขตของพฤติกรรมที่กำหนด (ความรู้ ความเข้าใจอารมณ์ และจิตใจ)

(3) ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) และ/หรือตามประสบการณ์ของผู้ใช้ (UX)

(4) สร้างต้นแบบ

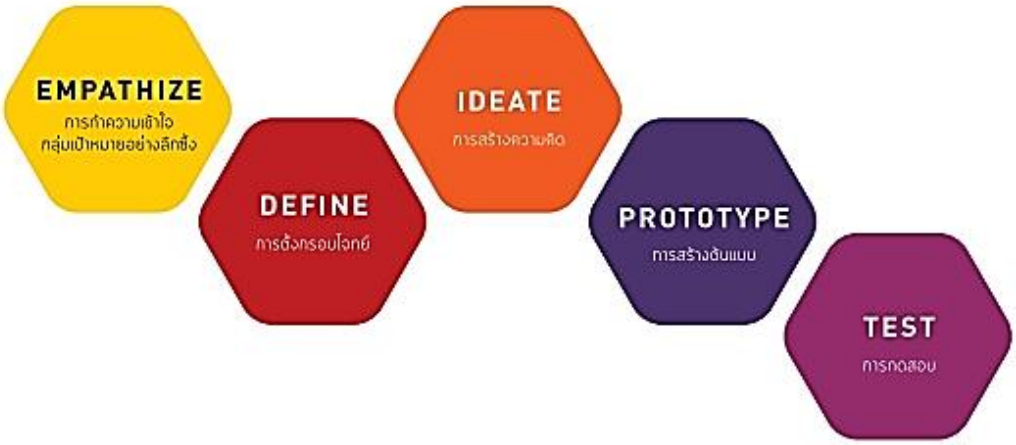
(5) สร้างภาพจำลองการออกแบบ (Graphic Design)

3) ขั้นตอนการพัฒนา (Development) เป็นขั้นที่ผู้ออกแบบและผู้พัฒนาการเรียนการสอนจะสร้างและรวบรวมเนื้อหาที่อธิบายไว้ในขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งครอบคลุมการสร้างเครื่องมือวัดผลและประเมินผล สร้างแบบฝึกหัด สร้างเนื้อหา และการพัฒนาโปรแกรมสำหรับสื่อการสอน กล่าวคือ หากมีการเรียนรู้แบบอีเลิร์นนิง (E-Learning) โปรแกรมเมอร์จะพัฒนาหรือรวมเทคโนโลยี นักออกแบบสร้างสตอรี่บอร์ด เมื่อเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดเพื่อนำผลไปปรับปรุงแก้ไข

4) ขั้นตอนการดำเนินการ (Implementation) เป็นขั้นของการสอนโดยอาจจะเป็นรูปแบบของชั้นเรียน การฝึกอบรม หรือรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์ โดยจุดมุ่งหมายหลักของขั้นตอนนี้ คือ การสอนอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล จะต้องให้การส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียน สนับสนุนการเรียนอย่างรอบด้านของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ตั้งไว้

5) ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation) ประกอบด้วยสองส่วน คือ การประเมินผลระหว่างเรียน (Formative) และการประเมินผลสรุป (Summative) การประเมินผลระหว่างเรียนเป็นการประเมินผลในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ ADDIE Model ซึ่งเป็นการประเมินผลเพื่อพัฒนา ส่วนการประเมินผลสรุปจะประเมินผลเมื่อเสร็จสิ้นการเรียนการสอนเพื่อประเมินประสิทธิผลของการสอนทั้งหมด ข้อมูลจากการประเมินผลระหว่างเรียนโดยปกติมักจะถูกใช้เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับรูปแบบการสอน

การคิดเชิงออกแบบเป็นการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ที่ก้าวกระโดดนอกกรอบเดิมโดยมนุษย์เป็นศูนย์กลาง เน้นการลงมือปฏิบัติและการเรียนรู้จากการทดลอง กระบวนการทำงานวนซ้ำหลาย ๆ ครั้งจากการสร้างความเข้าใจมนุษย์ การคิดสร้างสรรค์ และการทดสอบกับผู้ใช้เพื่อเรียนรู้และลดข้อผิดพลาด เอื้อให้สามารถพัฒนาความคิดและทางออกใหม่ที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ และเพิ่มโอกาสความสำเร็จของโครงการ ซึ่งการคิดเชิงออกแบบของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Stanford d.school) ประกอบด้วยการทำงาน 5 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายอย่างลึกซึ้ง (Empathize) การตั้งกรอบโจทย์ (Define) การสร้างความคิด (Ideate) การสร้างต้นแบบ (Prototype) และ การทดสอบ (Test) ดังภาพประกอบ 16 (ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC], 2560, น. 17-21)




ภาพประกอบ 16 การคิดเชิงออกแบบของ Stanford d.school

โดยการคิดเชิงออกแบบของ Stanford d.school ในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

1. **การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายอย่างลึกซึ้ง** (Empathize) เป็นจุดเริ่มต้นอันสำคัญยิ่งของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ทีมจำเป็นต้องสร้างความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายอย่างลึกซึ้งผ่านการพูดคุย สัมภาษณ์ สังเกตกลุ่มเป้าหมายในบริบทการใช้งานจริง และการเข้าไปลองมีประสบการณ์จริง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่มีคุณค่าอย่างแท้จริง (Value Innovation)

2. **การตั้งกรอบโจทย์** (Define) เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อระบุโอกาสในการพัฒนานวัตกรรม ซึ่งต่อเนื่องมาจากขั้นตอนการสร้างความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายโดยจะนำข้อมูลที่ได้มาทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมายอย่างลึกซึ้งรวมถึงบริบทที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์เพื่อสรุปประเด็นสำคัญและเป้าหมายของการออกแบบเพื่อให้ได้กรอบโจทย์ที่ชัดเจน มีคุณค่า มีความหมาย ท้าทาย และครอบคลุมหลายมุมมอง

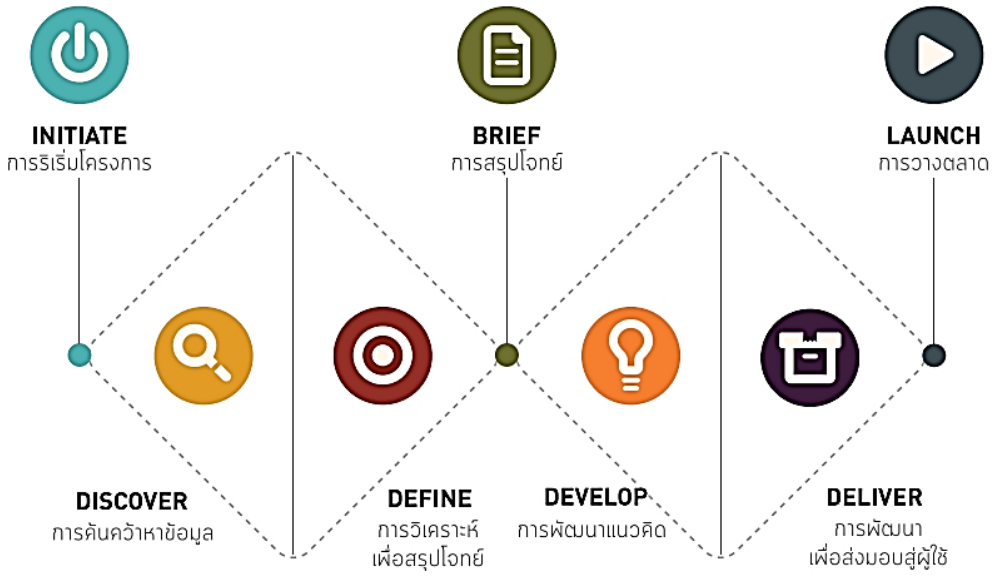
3. **การสร้างความคิด** (Ideate) เป็นการสังเคราะห์คำตอบหรือทางเลือกใหม่ ๆ อันหลากหลายซึ่งมุ่งเน้นการสร้างความคิดอันหลากหลายให้ได้จำนวนมากและผสานความคิดที่ดีเข้าด้วยกันทำให้ได้คำตอบหรือทางเลือกใหม่ที่มีคุณภาพและสมบูรณ์ขึ้น พร้อมสำหรับการคัดสรรเพื่อนำไปขึ้นต้นแบบเพื่อทดสอบและพัฒนาในขั้นตอนถัดไป

4. **การสร้างต้นแบบ** (Prototype) เป็นการถ่ายทอดแนวคิดให้เป็นรูปร่างอย่างง่ายที่สุด ถูกสุด เร็วสุด ให้เป็นต้นแบบเพื่อไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย ต้นแบบเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยระดมความคิดและความชัดเจนในการสื่อสาร อีกทั้งสามารถใช้สื่อสาร

เพื่อหาทางแก้ปัญหาร่วมกับผู้ใช้และเก็บความคิดเห็นกลับมาพัฒนาต่อแล้วไปทดสอบอีกครั้งวนไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้สินค้าหรือบริการที่ตอบสนองความต้องการผู้ใช้อย่างแท้จริง

5. **การทดสอบ** (Test) เป็นกระบวนการทดสอบเพื่อพัฒนาและปรับแก้แนวคิดให้ดีขึ้น การทดสอบกับผู้ใช้งานเป็นพื้นฐานที่สำคัญของกระบวนการออกแบบโดยมีมนุษย์เป็นจุดศูนย์กลาง (Human-centered Design) โดยทำควบคู่ไปกับการสร้างต้นแบบซึ่งจะช่วยให้เข้าใจผู้ใช้งานได้มากขึ้นและเป็นโอกาสที่จะช่วยให้พัฒนาสินค้าหรือบริการให้ตอบโจทย์ผู้ใช้ทั้งทางด้านคุณค่า การใช้งาน และความชอบ

หากมีการเปรียบเทียบกับกระบวนการออกแบบ Double Diamond Design Process ของ UK Design Council ซึ่งแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ Discover, Define, Develop และ Deliver ดังภาพประกอบ 17 (ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC], 2560, น. 22)




ภาพประกอบ 17 การคิดเชิงออกแบบของ UK Design Council

โดยการคิดเชิงออกแบบของ UK Design Council ในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

1. **การค้นคว้าหาข้อมูล** (Discover) เป็นขั้นตอนการสร้างความเข้าใจและตีความปัญหาอย่างลึกซึ้งผ่านการสังเกตสิ่งใหม่ ๆ และรวบรวมข้อมูลเชิงลึกด้วยกระบวนการวิจัย (Research) แล้วนำมาวิเคราะห์ (Analysis) และสังเคราะห์ (Synthesize) ค้นหาประเด็นปัญหาที่แท้จริงของลูกค้า

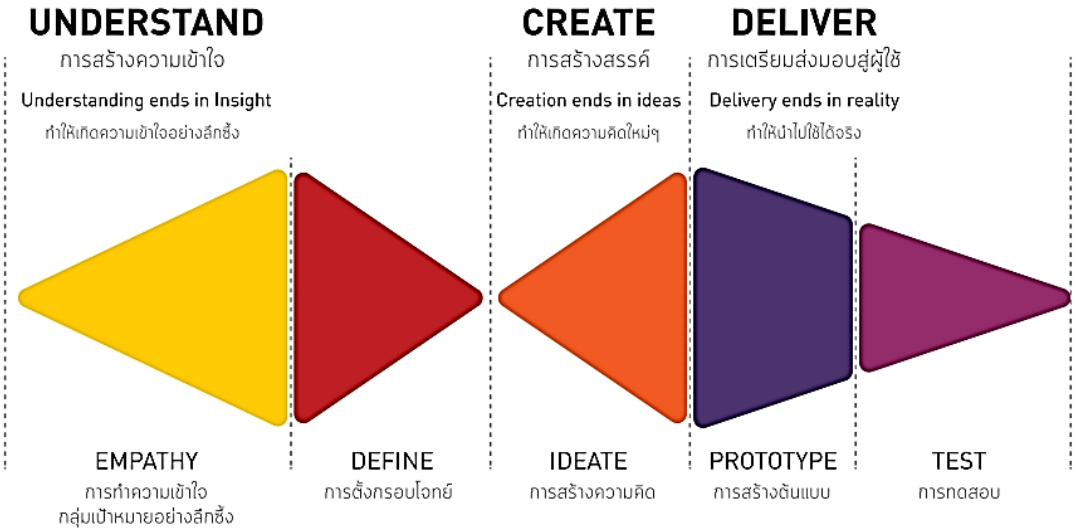
2. **การวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์** (Define) เป็นขั้นตอนการทำความเข้าใจถึงความเป็นไปได้ทั้งหมดในขั้นตอนแรก แล้วระบุสิ่งที่เป็นไปได้เพื่อลงสู่ข้อสรุปที่ชัดเจนของปัญหาหรือตั้งเป้าหมายของโครงการ

3. **การพัฒนาแนวคิด** (Develop) เป็นขั้นตอนแห่งการสร้างสรรค์ความคิดใหม่อันหลากหลายในการพัฒนา สร้างทางแก้ไข หรือแนวคิดในการสร้างต้นแบบแล้วปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้ต้นแบบที่สามารถนำไปสู่ผู้ใช้งานได้อย่างตรงตามความต้องการ

4. **การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้** (Deliver) เป็นขั้นตอนแห่งการทดสอบช่วงสุดท้ายก่อนที่จะนำนวัตกรรมออกสู่ตลาด หรือนำไปใช้จริง และสามารถแก้ไขปัญหาให้กับผู้ใช้งานหรือลูกค้าได้

จะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ขั้นตอนที่หนึ่ง Discover และ ขั้นตอนที่สอง Define เป็นขั้นตอนการสร้างความเข้าใจและตีความปัญหาอย่างลึกซึ้งเพื่อกำหนดโจทย์หรือตั้งเป้าหมายของโครงการ ขั้นตอนที่สาม Develop เป็นขั้นตอนแห่งการสร้างสรรค์ความคิดใหม่อันหลากหลาย และขั้นตอนที่สี่ Deliver เป็นขั้นตอนแห่งการทดสอบช่วงสุดท้ายก่อนที่จะนำนวัตกรรมไปใช้จริง ข้อแตกต่างของแผนภูมิทั้งสองอยู่ที่ Double Diamond Diagram แสดงให้เห็นจำนวนข้อมูลและแนวคิดที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนที่หนึ่งและสาม และจำนวนข้อมูลและแนวคิดที่ถูกขมวด คัดกรอง ผสาน หรือสรุปรวบจะอยู่ในช่วงขั้นตอนที่สองและสี่ ในขณะที่การคิดเชิงออกแบบของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดไม่ได้อธิบายให้เห็นปริมาณข้อมูลในรูปแบบแผนภูมิ แม้ในการทำงานจริงจะมีลักษณะและปริมาณข้อมูลเพิ่มขึ้นและรวบลดลงเช่นเดียวกัน

หากนำการคิดเชิงออกแบบของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดมาผสมผสานกับ Double Diamond Diagram สามารถแบ่งการทำงานออกเป็นสามช่วง ดังภาพประกอบ 18 (ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC], 2560, น. 23)




ภาพประกอบ 18 การคิดเชิงออกแบบของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดผสมผสานกับ Double Diamond Diagram

โดยการคิดเชิงออกแบบของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดผสมผสานกับ Double Diamond Diagram ในแต่ละช่วงมีรายละเอียด ดังนี้

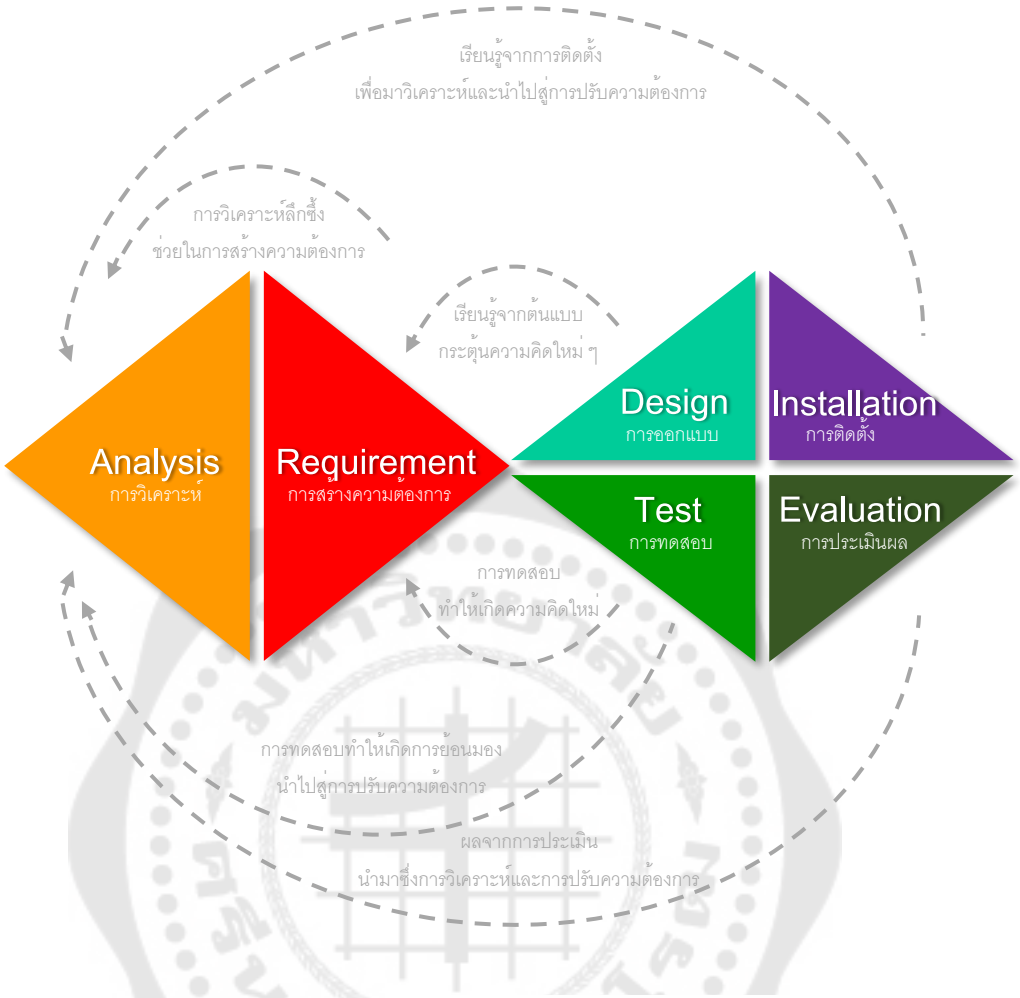
ช่วงที่ 1 ช่วงแห่งการสร้างความเข้าใจ (Understanding) ได้แก่ การทำความเข้าใจกลุ่มเป้าหมาย (Empathize) หรือ Discover และการตั้งกรอบโจทย์ (Define)

ช่วงที่ 2 ช่วงแห่งการสร้างสรรค์ (Create) ได้แก่ การสร้างแนวคิด (Ideate) หรือ Develop

ช่วงที่ 3 ช่วงแห่งการทดสอบและพัฒนาเพื่อเตรียมส่งมอบสู่ผู้ใช้หรือการนำออกสู่ตลาด (Deliver) ได้แก่ การสร้างต้นแบบ (Prototype) และการทดสอบ (Test) หรือ Deliver

ตามแผนภูมิดูเหมือนว่ากระบวนการทำงานเรียงขั้นตอนต่อกันเป็นเส้นตรงจากต้นจนจบ แต่ในการทำงานจริงเป็นการทำงานวนซ้ำขั้นตอนต่าง ๆ หลายครั้งเพื่อพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาหรือหาทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับกลุ่มเป้าหมาย การลงมือทำและพบข้อผิดพลาดอย่างรวดเร็วทำให้มีโอกาสพัฒนาแนวคิดให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอสรุปแนวทางในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หมายถึง ขั้นตอนหรือกระบวนการที่ถูกวางไว้เพื่อตอบสนองความต้องการและส่งเสริมความพึงพอใจของผู้ใช้ให้ได้มากที่สุด อีกทั้งเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายด้วยกระบวนการคิดวิเคราะห์ถึงสาเหตุและเข้าอกเข้าใจถึงปัญหาของผู้ใช้งานอย่างลึกซึ้ง ดังภาพประกอบ 19




ภาพประกอบ 19 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน

โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) **การวิเคราะห์** (Analysis) เป็นขั้นที่ชี้แจงปัญหาของการเรียนการสอนจากการศึกษาสภาพการเรียนการสอนในชั้นเรียน รวมถึงความรู้และทักษะที่มีอยู่ในตัวผู้เรียน

2) **การสร้างความต้องการ** (Requirement) เป็นขั้นที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการและแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน ซึ่งผู้ออกแบบและพัฒนาจำเป็นต้องทราบถึงความต้องการและปัญหาก่อนจะเริ่มทำการออกแบบ

3) **การออกแบบ** (Design) เป็นขั้นที่นำสิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์และการสร้างความต้องการมาออกแบบเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการ ขั้นตอนนี้เป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยการออกแบบที่ดีนำมาซึ่งองค์ประกอบที่สามารถตรวจสอบและปรับเปลี่ยนตามความต้องการได้ง่ายในภายหลัง

4) **การทดสอบ** (Test) เป็นขั้นที่ผู้ออกแบบและผู้พัฒนาจะสร้างและรวบรวมเนื้อหาที่อธิบายไว้ในขั้นตอนการออกแบบ โดยการเขียนโปรแกรมในส่วนต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบคุณภาพของแอปพลิเคชันโดยมีเป้าหมายเพื่อค้นหาข้อผิดพลาดและปรับปรุงแก้ไขแอปพลิเคชันให้ทำงานได้ถูกต้องและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

5) **การติดตั้ง** (Installation) เป็นขั้นที่นำแอปพลิเคชันที่ได้พัฒนาและทดสอบไว้มาทำการติดตั้งให้กับผู้เรียนเพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนโดยมีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน

6) **การประเมินผล** (Evaluation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ทำการประเมินความพึงพอใจหลังจากใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชัน

มีนักการศึกษา และนักวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศหลายท่านที่ได้ให้ความสนใจและให้ความสำคัญเกี่ยวกับแอปพลิชัน โดยมีรายละเอียดของผลงานวิจัยของแต่ละท่าน ดังนี้

### 2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

กิรณา อึ้งสกุล (2556) ได้สร้างวิธีการสอนของโพลยาร่วมกับแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์พกพา (Tablet) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 โรงเรียนบ้านท่าเสาเภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนประถมศึกษาช่วงชั้นที่ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย และครูผู้สอนจำนวน 15 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า 1) ความต้องการวิธีการสอนของโพลยาร่วมกับแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์พกพา (Tablet) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ผู้เรียนและครูผู้สอนอยู่ในระดับมากที่สุด 2) วิธีการสอนโพลยาร่วมกับแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์พกพา (Tablet) มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก และคุณภาพด้านสื่ออยู่ในระดับดี 3) การประเมินทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 89.20 ซึ่งอยู่ในระดับดี 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 5) การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการสอนของโพลยาร่วมกับแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์พกพา (Tablet) อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

อาพร มณีนิล และคนอื่น ๆ (2559, น. 22-33) ได้พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเรื่อง ระบบเลขฐาน วิชาคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ของวิทยาลัยเทคโนโลยีหาดใหญ่อำนวยวิทย์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 42 คน โดยแบ่งงานออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 เป็นการทดลองหาข้อบกพร่องของแอปพลิเคชันในด้านต่าง ๆ โดยทดลองกับนักเรียนจำนวน 3 คน ผลการวิจัยพบว่า ได้รับการเสนอความคิดเห็นจากนักเรียนให้เปลี่ยนตัวอักษรให้อ่านง่ายขึ้น การทดลองครั้งที่ 2 เป็นการหาแนวโน้มประสิทธิภาพของบทเรียนบนแอปพลิเคชัน และตรวจสอบหาข้อบกพร่องเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข โดยทดลองกับนักเรียนจำนวน 9 คน ผลการวิจัยพบว่า โมบายแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 77.03/82.96 และพบข้อบกพร่องจากการอธิบายตัวอย่างการลบเลขฐานสิบหกด้วยเสียงกับข้อความไม่สอดคล้องกัน และการทดลองครั้งที่ 3 เป็นการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน โดยทดลองกับนักเรียน จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า โมบายแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.77/85.11 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

อนุสา แก้วสมทอง และ อนุรักษ์ อุดมเวช (2560, น. 234) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบแอนดรอยด์เพื่อการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนต์ของแรง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ได้ทำการทดสอบแอปพลิเคชันโดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาปริญญาตรี จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 30 คน ด้วยแบบทดสอบระหว่างเรียน แบบทดสอบหลังเรียน แบบประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชัน ผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันมีคุณภาพในระดับดี มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.00/82.22 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อแอปพลิเคชันโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก และนักเรียนมีความเพลิดเพลิน สนุกสนาน และมีความกระตือรือร้นในการเรียนด้วยแอปพลิเคชันบนระบบแอนดรอยด์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

นุชจิรา แดงวันสี และคนอื่น ๆ (2561, น. 61-73) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 25 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนบ้านเขานาใน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับมากที่สุด และดัชนีประสิทธิผลของแอปพลิเคชันมีค่าเท่ากับ 0.81

วิชญ์ บุญรอด (2562, น. 204-219) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันแบบฝึกทักษะการฟังคอร์ดขั้นพื้นฐานสำหรับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตนักศึกษาวิชาดนตรีสากล ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่ศึกษาอยู่ในสถาบันระดับอุดมศึกษาในเขตภาคเหนือตอนล่าง 6 สถาบัน รวมจำนวน 60 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แอปพลิชันแบบฝึกทักษะการฟังคอร์ดขั้นพื้นฐาน ซึ่งภายในแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย บทเรียน (Tutorial) แบบฝึกหัด (Skill Practice) และลำดับคะแนนที่ดีที่สุดของผู้เข้าใช้งาน (Ranking) 2) ทักษะการฟังคอร์ดขั้นพื้นฐานหลังจากการใช้แอปพลิเคชัน มีผลสูงกว่าร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ย 17.47 คิดเป็นร้อยละ 87.35 และ 3) ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังการใช้แอปพลิเคชัน พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งจากผลการวิจัยดังกล่าวแอปพลิเคชันแบบฝึกทักษะนี้จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการใช้พัฒนาทักษะการฟังและสามารถนำไปใช้ร่วมในการเรียนการสอนวิชาดนตรีต่อไปได้

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ และ สุกัญญา พาเสน่ห์ (2563) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้านโดยใช้ชุดการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหนองผึ้งวิทยาคาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าเฉลี่ย 18.10 คะแนน และ 14.47 ตามลำดับ และ 2) ชุดการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าดัชนีประสิทธิผลของชุดการสอนคณิตศาสตร์ เท่ากับ 98.72/90.50 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

**2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ**

โอ คาล์ลากัน (O'Callaghan, 1998, pp. 21-40) ศึกษาผลของความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการเรียนการสอน (Computer-Intensive Algebra: CIA) จำนวน 1 ห้องเรียน กับนักเรียนที่เรียนตามปกติ (Traditional Algebra: TA) จำนวน 2 ห้องเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดทัศนคติและแบบทดสอบ เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งทำการทดสอบก่อนและหลังเรียน และมีการสัมภาษณ์นักเรียนจาก 2 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ผลการวิจัยพบว่า ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับฟังก์ชันของนักเรียนที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนดีกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติ และมีความสามารถในการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ต่างกันและสามารถตีความได้ดีกว่า

เคที้ (Cates, 2000, p. 921) ได้ศึกษาผลของการใช้เครื่องคำนวณกราฟิกประกอบการเรียนการสอนที่มีผลต่อความเข้าใจมโนทัศน์ และกราฟ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนที่เรียนพีชคณิตจำนวน 56 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง เรียนโดยใช้เครื่องคำนวณกราฟิกประกอบการสอน จำนวน 29 คน และกลุ่มควบคุม เรียนตามปกติ จำนวน 27 คน ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม จะทำงานกันเป็นกลุ่มและผู้สอนคอยให้ความเข้าใจของมโนทัศน์ ทำการทดสอบก่อนและหลังเรียน ดัดแปลงมาจากแบบทดสอบฟังก์ชันของ O'Callaghan และแบบสอบถาม 2 ข้อ พร้อมทั้งทำการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยแต่ละประเภทสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนจากแบบทดสอบกับทัศนคติก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกันของคะแนนที่เพิ่มขึ้นของทั้ง 2 กลุ่ม

ไรเดอร์ (Rider, 2007, pp. 494-500) ศึกษาผลของการสอน เรื่อง ฟังก์ชันและพีชคณิตด้วยเครื่องคำนวณเชิงกราฟผ่านการใช้ตัวแทนที่หลากหลาย ผลจากการวิจัย พบว่า การสอนด้วยเครื่องคำนวณเชิงกราฟผ่านการใช้ตัวแทนที่หลากหลายเป็นการสอนให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะหาคำตอบได้หลากหลายวิธี อีกทั้งยังทำให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแทนและพัฒนาแผนผังความคิด (Cognitive maps) ความเข้าใจเกี่ยวกับพีชคณิตของฟังก์ชัน และการเลือกใช้กลยุทธ์ที่หลากหลายในการแก้ปัญหา การสอนและการวัดประเมินผลด้วยเครื่องคำนวณเชิงกราฟผ่านการใช้ตัวแทนที่หลากหลายช่วยให้นักเรียนเกิดแผนผังความคิด ความชำนาญในการใช้ตัวแทนที่หลากหลายจะเกิดขึ้นได้นั้น ครูต้องสอนมโนทัศน์ของฟังก์ชันพร้อมกับตัวแทนแต่ละแบบ และเพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการใช้ตัวแทนที่หลากหลาย ครูต้องวัดประเมินผลโดยใช้ตัวแทนที่หลากหลายด้วย โดยครูต้องตั้งคำถามที่แตกต่างไปจากแบบเดิมไม่ใช่ตั้งคำถามด้วยสมการแล้วให้สร้างกราฟเพื่อหาคำตอบ และผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าการปรับใช้ตัวแทนที่หลากหลายในการสอนมีความสำคัญต่อการปรับเปลี่ยนวิธีการสอน การประเมินผล และการเรียนรู้ของนักเรียน

สเวนโพล และเกอเบรอคัล (Swanepoel & Gebrekal, 2010, pp. 402-416) ทำการศึกษาการใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับฟังก์ชันกำลังสองโดยใช้โปรแกรม MS Excel และโปรแกรม RJS Graph กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นนักเรียนเกรด 11 ที่เรียนในภาคเช้าจำนวน 15 คน และเรียนในภาคบ่ายจำนวน 15 คน ผลการวิจัยพบว่า การเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ส่งผลทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้ปัญหา การสำรวจความคิดทางคณิตศาสตร์ แรงจูงใจ ทัศนคติและ

ปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน การเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ลดความน่าเบื่อของการใช้ตารางและการเขียนกราฟ อีกทั้งสามารถให้ผู้เรียนวิเคราะห์ฟังก์ชันและกราฟได้ดีขึ้น รวมถึงสามารถนำเสนอฟังก์ชันในรูปแบบที่แตกต่างและแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้ด้วยโปรแกรมนี้ นอกจากนี้นักเรียนยังมีแรงจูงใจมากขึ้นในการสำรวจธรรมชาติ และสมบัติของฟังก์ชันและกราฟด้วยตนเองหรือในกลุ่มของตนเอง นำไปสู่การตั้งข้อความคาดการณ์และการพิสูจน์

บริงกูลา และคนอื่น ๆ (Bringula et al., 2016, pp. 147-153) ได้ศึกษาผลกระทบของข้อเสนอแนะรูปแบบต่าง ๆ ของแอปพลิเคชันการเรียนรู้บนมือถือ เรื่อง สมการเชิงเส้น บนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีทั้งหมด 4 รูปแบบ (แสดงวิธีทำได้ถูกต้องชัดเจน แสดงวิธีทำได้ถูกต้องบางส่วน แสดงวิธีทำได้ไม่ชัดเจน และคำตอบสุดท้าย ถูกต้อง/ไม่ถูกต้อง) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 285 คน โดย 3 รูปแบบแรกมีนักเรียนรูปแบบละ 72 คน และอีก 69 คน ทำการศึกษารูปแบบสุดท้าย ใช้เวลาในการทดลองเป็นเวลา 5 วัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้มากขึ้น และใช้เวลามากขึ้นในการแสดงวิธีทำทีละบรรทัด กลุ่มที่ศึกษารูปแบบคำตอบสุดท้ายมีการแก้ไขสิ่งที่ไม่ถูกต้องให้ถูกต้องมากที่สุด โดยคะแนนของนักเรียนแต่ละกลุ่มระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหลังจากได้ใช้แอปพลิเคชันในการเรียนรู้

จอร์แดน และคนอื่น ๆ (Jordaan et al., 2017) ได้ศึกษาการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือต้นแบบเพื่อทำให้การศึกษาคณิตศาสตร์สมจริง โดยเป็นการอธิบายกระบวนการออกแบบและแง่มุมของการใช้งานทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า สถานการณ์หรือบริบทของเนื้อหาที่ดูเข้าใจยากสามารถใช้กราฟิกเพิ่มเติมในการนำเสนอจะช่วยให้เข้าใจสิ่งเหล่านั้นได้ดียิ่งขึ้นอีกทั้งเป็นการลดการใช้คำให้น้อยลงและมาอธิบายเป็นภาพแทน นอกจากนี้กราฟิกยังช่วยเพิ่มความน่าดึงดูดใจในการเข้ามาใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ

เอทคิวเบิน และแพนทิโนเพิน (Etcuban & Pantinople, 2018, pp. 249-259) ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนมัธยมเอกชนแห่งหนึ่งในเมืองเซบู ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งได้ทำวิจัยแบบกึ่งทดลอง โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 40 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นหลังจากทดลองกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กล่าวคือ การใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในการสอนคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ช่วยยกระดับความสำเร็จและการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้วิจัยแนะนำว่าควรนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสนอไปใช้และสังเกตการณ์เพื่อช่วยนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป

**ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจ**

ในการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อเป็นกรอบและแนวทางในการวิจัยโดยมีหัวข้อและรายละเอียดดังนี้

**3.1 ความหมายของความพึงพอใจ**

จากการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาและนักคณิตศาสตรศึกษาหลายท่าน พบว่าการตีความหรืออธิบายและให้ความหมายของความพึงพอใจแตกต่างกันออกไปตามมุมมองของนักวิจัยหรือทิศทางของงานวิจัยที่ใช้ หรือสายงานที่ทำ ซึ่งผู้วิจัยแบ่งความหมายของความพึงพอใจออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นการให้ความหมายในบริบทของระดับความพึงพอใจ โดย กู๊ด เมอร์เคล และแคปปา (Good, Merkel, & Kappa, 1973) กล่าวว่า “ความพึงพอใจ หมายถึง คุณภาพหรือระดับความพึงพอใจซึ่งมาจากความสนใจต่าง ๆ และทัศนคติที่บุคคลพึงมีต่อกิจกรรมที่ทำ” ซึ่งสอดคล้องกับ มณฑกาญจน์ วิจิตรสกลธ์ (2552) ที่ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า “ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความรู้สึกของบุคคลที่เป็นผลจากการเปรียบเทียบการทำงานของผลิตภัณฑ์ตามที่เห็นหรือเข้าใจกับความคาดหวังของบุคคล”

กลุ่มที่ 2 เป็นการให้ความหมายในบริบทของความรู้สึกในฐานะผู้บริโภค ซึ่ง อเดย์ และแอนเดอร์สัน (Aday & Andersen, 1975, p. 4) กล่าวว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกความนึกคิดที่เกี่ยวข้องกับทัศนคติของคนที่เกิดจากประสบการณ์ที่ผู้รับบริการเข้าไปในสถานที่ที่ให้บริการนั้นและประสบการณ์เป็นไปตามความคาดหวังของผู้รับบริการ และความพึงพอใจจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ คอทเลอร์ (Kotler, 2003, p. 36) ที่กล่าวว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกของบุคคลซึ่งมีระดับความพึงพอใจที่เป็นผลมาจากการเปรียบเทียบการทำงานของผลิตภัณฑ์ตามที่เห็นและเข้าใจกับความคาดหวัง ดังนั้นระดับความพอใจจึงเป็นปัจจัยของความแตกต่างระหว่างการทำงานที่มองเห็นและความเข้าใจกับความคาดหวัง หากบุคคลเห็นและเข้าใจการทำงานของผลิตภัณฑ์ว่าต่ำกว่า ความคาดหวังจะส่งผลให้บุคคลนี้เกิดความไม่พอใจ (Dissatisfaction) แต่หากระดับความเห็นและความเข้าใจของผลิตภัณฑ์ว่าตรงกับความคาดหวังบุคคลนั้น จะเกิดความพึงพอใจ (Satisfaction) และถ้าผลที่ได้รับจากการทำงานของผลิตภัณฑ์ว่าสูงกว่าความคาดหวังจะทำให้เกิดความประทับใจ (Delight) ซึ่งจะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อซ้ำของลูกค้า และประชาสัมพันธ์ถึงสิ่งดีของผลิตภัณฑ์ต่อบุคคลอื่นต่อไป

กลุ่มที่ 3 เป็นการให้ความหมายในบริบทของความรู้สึกทั่วไป อย่างเช่น วอลแมน (Wolman, 1989) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจในทำนองเดียวกับ กิติมา ปรีดีดิลก (2532) สามารถ พะยอมหอม (2550) วันวิสาข์ อยู่เปี่ยม (2552) พรพิมล คงฉิม (2554) และภาณุเดช เพียรความสุข และคณะ (2558) ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึก (Feeling) ที่ชอบหรือพอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือทัศนคติในทางที่ดีของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และมีความสุขเมื่อคนเราได้รับผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมาย (Goals) ความต้องการ (Wants) หรือแรงจูงใจ (Motivation) ที่บุคคลคนนั้นตั้งไว้ โดยสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ชะเอิน พิศาลวัชรินทร์ (2553) บุคคลทุกคนมีความต้องการหลายสิ่งหลายอย่าง และมีความต้องการหลายระดับ ซึ่งหากได้รับการตอบสนองก็จะก่อให้เกิดความพึงพอใจ การจัดการเรียนรู้ใด ๆ ที่จะทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจ การเรียนรู้นั้นจะต้องสนองต่อความต้องการของนักเรียนซึ่งแสดงออกมาทางพฤติกรรม โดยสังเกตได้จากสายตา คำพูด และการแสดงออกทางพฤติกรรม ซึ่ง ปรียาพร วงค์อนุตรโรจน์ (2546) ได้กล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับ “ทัศนคติและความพึงพอใจ” ว่าเป็นคำที่สามารถใช้แทนกันได้ เพราะทั้งสองคำนี้ หมายถึงผลที่ได้รับจากการที่บุคคลคนหนึ่งเข้าไปมีส่วนร่วมในสิ่ง ๆ นั้น ถ้ามีทัศนคติที่ดีก็จะสามารถแสดงให้เห็นถึงสภาพความพึงพอใจในสิ่ง ๆ นั้น แต่ถ้ามีทัศนคติที่ไม่ดีก็จะแสดงให้เห็นถึงสภาพความไม่พึงพอใจเช่นกัน แต่ กิรณา อึ้งสกุล (2556) ได้กล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ทัศนคติและความพึงพอใจเป็นสิ่งที่เกิดจากพื้นฐานของการรับรู้ค่านิยม และประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับส่งผลให้บุคคลนั้นมีความพึงพอใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งระดับความพึงพอใจของแต่ละบุคคลก็ย่อมมีความแตกต่างกันด้วย การที่บุคคลคนนั้นมีความพึงพอใจในการทำงานจะสามารถทำงานนั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้

ในขณะที่ กาญจนา อรุณสุขรุจี (2546) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นการแสดงความรู้สึกดีใจ ยินดีของเฉพาะตัวบุคคลในการตอบสนองความต้องการในส่วนที่ขาดหายไป ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยปัจจัยเหล่านั้นสามารถสนองความต้องการของบุคคลทั้งทางร่างกายและจิตใจได้อย่างเหมาะสม และเป็นการแสดงออกของพฤติกรรมในตัวบุคคลที่จะเลือกปฏิบัติในกิจกรรมนั้น ๆ การแสดงออกของพฤติกรรมนั้นจะมีความเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่า บุคคลคนนั้นมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนและต้องมีสิ่งเร้าที่ตรงต่อความต้องการของตัวบุคคลจึงจะทำให้ตัวบุคคลคนนั้นเกิดความพึงพอใจ การที่จะทำให้เกิดความพึงพอใจจะต้องศึกษาปัจจัยและองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุแห่งความพึงพอใจนั้นไม่ว่าจะเป็น

การตอบสนองความต้องการของตนในสิ่งที่ขาดหายไปหรือสนองความต้องการที่ทำให้เกิดความสุข รวมทั้งสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยทำให้เกิดความพึงพอใจหรือไม่พอใจ (สมหมาย เปียถนอม, 2551)

จากความหมายของความพึงพอใจที่กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยให้ความหมายของความพึงพอใจ ว่า หมายถึง ความรู้สึก ความชอบ ความพอใจเฉพาะตัวบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ดังนั้นระดับความพึงพอใจจึงเป็นปัจจัยสำคัญของความแตกต่างที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเช่นกัน หากบุคคลเห็นและเข้าใจต่อสิ่งนั้นต่ำกว่าความคาดหวังจะส่งผลให้บุคคลนี้เกิดความไม่พึงพอใจ (Dissatisfaction) ในทางกลับกันหากบุคคลเห็นและเข้าใจต่อสิ่งนั้นตรงกับความคาดหวังจะส่งผลให้บุคคลนี้เกิดความพึงพอใจ (Satisfaction) และถ้าผลที่ได้รับจากสิ่งนั้นสูงกว่าความคาดหวังจะทำให้เกิดความประทับใจ (Delight) ในลำดับต่อไป

### 3.2 องค์ประกอบของความพึงพอใจ

ลักษณะของความพึงพอใจสามารถสังเกตได้จากพฤติกรรม การแสดงออกทางอารมณ์และความรู้สึกต่าง ๆ รวมถึงการประเมินความแตกต่างระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริงในสถานการณ์ โดยลักษณะของความพึงพอใจดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้ (สุรศักดิ์ นาถวิล, 2544 อ้างถึงใน ภาณุเดช เพียรความสุข และคณะ, 2558)

1) ความพึงพอใจเป็นการแสดงออกทางอารมณ์ และความรู้สึกทางบวกของบุคคลหรือสิ่งหนึ่งสิ่งใด บุคคลจะรับรู้ความพึงพอใจ จำเป็นต้องมีการปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรอบตัว การตอบสนองความต้องการของมนุษย์ส่วนบุคคลด้วยการโต้ตอบกับบุคคลอื่นและสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ทำให้แต่ละคนมีประสบการณ์รับรู้ เรียนรู้ สิ่งที่ได้รับการตอบสนองแตกต่างกันออกไป และหากสิ่งที่ได้รับเป็นไปตามความต้องการก็จะก่อให้เกิดความพึงพอใจ

2) ความพึงพอใจเกิดจากการประเมินความแตกต่าง ระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริงในสถานการณ์ สำหรับการบริการ ก่อนที่ลูกค้าจะมาใช้บริการใดก็ตาม มักจะมีมาตรฐานของการบริการนั้นไว้ในใจอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งมีแหล่งอ้างอิงมาจากคุณค่าหรือเจตคติที่ยึดถือต่อการบริการ ประสบการณ์ดั้งเดิมที่เคยใช้บริการ การบอกเล่าของผู้อื่น การรับทราบข้อมูลการรับประกันบริการจากโฆษณา การให้คำมั่นสัญญาของผู้ให้บริการเหล่านี้เป็นปัจจัยพื้นฐานที่ผู้ใช้บริการใช้เปรียบเทียบกับบริการที่ได้รับ (Performance) จากการให้บริการตลอดช่วงเวลาของความจริง หากสิ่งที่ได้รับเป็นไปตามความคาดหวังถือว่าเป็นการยืนยันที่ถูกต้อง (Confirmation)

กับความคาดหวังที่มีผู้รับบริการย่อมเกิดความพึงพอใจต่อการบริการดังกล่าว แต่ถ้าไม่ได้เป็นไปตามที่คาดหวังอาจจะสูงหรือต่ำกว่านับว่าเป็นการยืนยันที่คลาดเคลื่อน (Disconfirmation) ความคาดหวังดังกล่าวทั้งนี้ช่วงความแตกต่าง (Discrimination) ที่เกิดขึ้นจะชี้ให้เห็นระดับความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจมากน้อยได้ ถ้ายืนยันเบี่ยงเบนไปในทางบวกแสดงถึงความพึงพอใจ แต่ถ้าเบี่ยงเบนไปในทางลบแสดงถึงความไม่พึงพอใจ

จากลักษณะของความพึงพอใจที่กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยให้ลักษณะของความพึงพอใจไว้ ดังนี้

1) การแสดงออกทางอารมณ์ที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นไปในทางบวก

2) ความรู้สึกที่ตอบสนองต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นไปในทางบวก

3) สิ่งที่ได้รับจริงเป็นไปตามความคาดหวังที่ตั้งไว้ หรือผลที่ได้รับสำเร็จตามวัตถุประสงค์

### 3.3 การวัดความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจเป็นการวัดเพื่อตอบได้ว่าบุคคลนั้นมีความพึงพอใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งไม่สามารถวัดได้โดยตรงเพราะความพึงพอใจเป็นคุณลักษณะทางจิตใจของแต่ละบุคคล ดังนั้นการวัดความพึงพอใจจึงจำเป็นต้องวัดโดยอ้อมโดยวิธีการวัดความพึงพอใจมีใช้กันอย่างกว้างขวาง ในปัจจุบันมีนักวิชาการหลายท่านที่พบประเด็นวิธีการวัดที่คล้ายคลึงกัน ภนิดา ชัยปัญญา (2541, น. 25) กล่าวว่ามาตรวัดความพึงพอใจสามารถกระทำได้หลายวิธี ดังนี้

1) การใช้แบบสอบถาม เพื่อต้องการทราบความคิดเห็น ซึ่งสามารถกระทำได้ในลักษณะกำหนดคำตอบให้เลือกหรือตอบคำถามอิสระ คำถามอิสระดังกล่าว อาจถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น การใช้เทคโนโลยีในด้านการเรียนการสอน หรือการใช้สื่อออนไลน์ในการจัดการเรียนการสอน

2) การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจทางตรงทางหนึ่ง ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

3) การสังเกต เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะแสดงออกทางด้านการพูด กิริยา ท่าทาง หรือแม้แต่น้ำเสียงที่พูดออกมา วิธีการนี้ต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

จากการวัดความพึงพอใจที่กล่าวไว้ข้างต้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัย กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจเป็นการวัดเพื่อตอบว่าบุคคลนั้นมีความพึงพอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งมากหรือน้อยเพียงใดซึ่งเป็นการใช้แบบสอบถามควบคู่ไปกับการสัมภาษณ์ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) โดยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายความว่า มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายความว่า มีความเหมาะสมมาก

2.51 – 3.50 หมายความว่า มีความเหมาะสมปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อย

1.00 – 1.50 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

นอกจากนี้ยังพิจารณาหลักในการสร้างข้อคำถามในมาตรของไลเคิร์ท ดังนี้

1) กำหนดเป้าหมายความพึงพอใจ

2) รวบรวมพร้อมกับคัดเลือกข้อความที่เป็นบวกและเป็นลบของความพึงพอใจต่อเป้าหมาย

3) กลุ่มเป้าหมายตอบข้อคำถามตามความเห็นของตนเอง

4) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อคำถามในแต่ละข้อ จากนั้นตัดข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์ต่ำออก (ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องน้อย) ในส่วนของข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์สูงแต่มีค่าเป็นลบ ให้ทำการสลับเครื่องหมายของคะแนน

5) สร้างแบบสอบถามและให้กลุ่มเป้าหมายตอบ

6) นำคะแนนความพึงพอใจที่ได้มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนเพื่อให้ง่ายต่อการตีความ

**3.4 การสร้างแบบวัดความพึงพอใจ**

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบวัดความพึงพอใจตามวิธีของไลเคิร์ทไว้ ดังนี้

1) ตั้งจุดมุ่งหมายของการศึกษาว่าต้องการวัดความพึงพอใจของใครที่มีต่อสิ่งใด

2) ให้ความหมายของการวัดความพึงพอใจต่อสิ่งที่จะศึกษานั้นให้แจ่มแจ้งเพื่อให้ทราบว่าสิ่งที่เป็นประเด็นหรือเรื่องที่จะสร้างแบบวัดนั้นประกอบด้วยคุณลักษณะใดบ้าง

3) สร้างข้อความให้ครอบคลุมคุณลักษณะที่สำคัญของสิ่งที่จะศึกษาเพื่อให้เกิดความครบถ้วนในทุกแง่ทุกมุม และต้องมีข้อความที่เป็นไปในทิศทางบวกและลบมากพอต่อการนำไปวิเคราะห์และเหลือจำนวนข้อความที่ต้องการ

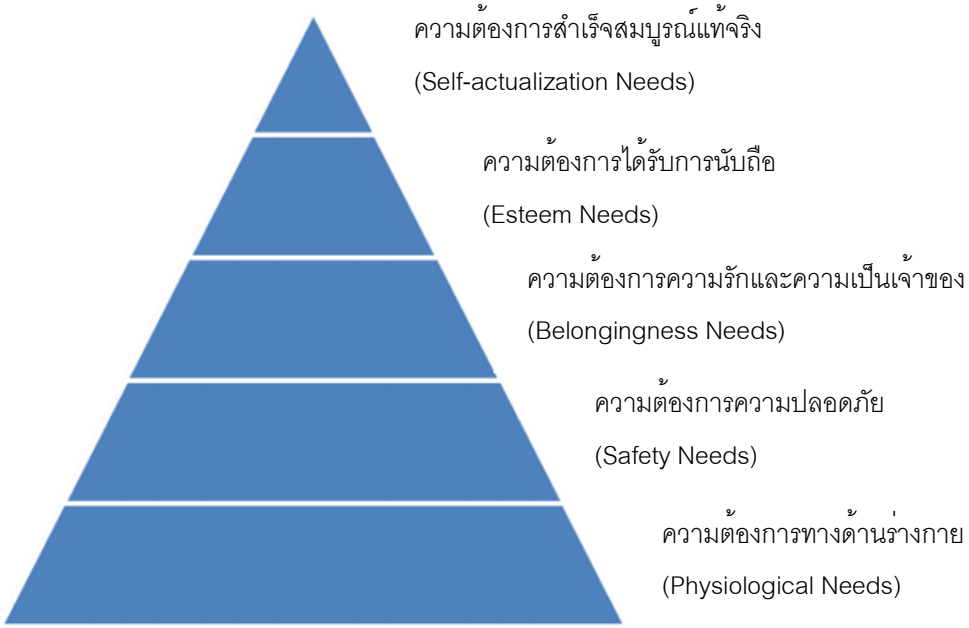
4) ตรวจสอบข้อความที่สร้างขึ้นซึ่งทำได้โดยผู้สร้างข้อความนำไปให้ผู้มีความรู้เรื่องนั้น ๆ พิจารณาและตรวจสอบ โดยทำการพิจารณาในเรื่องของความครบถ้วนหรือครอบคลุมคุณลักษณะของสิ่งที่ศึกษา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ตลอดจนลักษณะของการตอบข้อความที่สร้างว่าสอดคล้องกันหรือไม่เพียงใด พิจารณาว่าควรจะให้ตอบว่า “เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย เฉย ๆ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง” หรือ “ชอบมากที่สุด ชอบมาก ปานกลาง ชอบน้อย ชอบน้อยที่สุด” เป็นต้น

5) ทำการทดลองในเบื้องต้นก่อนนำไปใช้จริง โดยการนำข้อความที่ได้ตรวจสอบและพิจารณาแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองจำนวนหนึ่งเพื่อตรวจสอบความชัดเจนของข้อความและภาษาที่ใช้อีกครั้งหนึ่ง พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพด้านอื่น ๆ ได้แก่ ความเที่ยงตรง ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความพึงพอใจทั้งชุดด้วย

6) กำหนดการให้คะแนนการตอบแบบวัดความพึงพอใจของแต่ละตัวเลือกโดยทั่วไปที่นิยมใช้ คือ กำหนดคะแนนเป็น 5 4 3 2 1 หรือ 4 3 2 1 0 สำหรับข้อความทางบวก และ 1 2 3 4 5 หรือ 0 1 2 3 4 สำหรับข้อความทางลบ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกมากในการปฏิบัติ

### 3.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

มาสโลว์ (Maslow, 1970, p. 170) เป็นผู้วางรากฐานจิตวิทยามนุษยนิยม เขาได้พัฒนาทฤษฎีแรงจูงใจ ซึ่งมีอิทธิพลต่อระบบการศึกษาของอเมริกาเป็นอันมาก (ครูประถม ดอทคอม, 2560) ทฤษฎีของเขามีพื้นฐานอยู่บนความคิดที่ว่า การตอบสนองแรงขับเป็นหลักการเพียงอันเดียวที่มีความสำคัญที่สุดซึ่งมีเบื้องหลังพฤติกรรมของมนุษย์ เขาเชื่อว่า แรงจูงใจของคนเรามาจากความต้องการทางพฤติกรรมเพื่อมุ่งไปสู่การตอบสนองความพึงพอใจ มาสโลว์จึงแบ่งความต้องการพื้นฐานของมนุษย์เป็น 5 ระดับ แสดงไว้ดังภาพประกอบ 20




ภาพประกอบ 20 ความต้องการของมนุษย์ทั้ง 5 ระดับ

ที่มา : ภูริทัต สิงหเสม (2556)

1) ความต้องการทางด้านร่างกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการขั้นพื้นฐานที่สำคัญของมนุษย์และเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดสำหรับการดำรงชีวิต บุคคลต้องได้รับการตอบสนองในระดับนี้จนเกิดความพึงพอใจก่อนจึงจะเกิดความต้องการในระดับต่อไป

2) ความต้องการความปลอดภัย (Safety Needs) เมื่อความต้องการทางด้านร่างกายขั้นพื้นฐานที่สำคัญของมนุษย์ได้รับการตอบสนองแล้ว มนุษย์จะมีความต้องการในระดับที่สูงขึ้น นั่นคือ ความต้องการความปลอดภัยเข้ามาแทนที่ มาสโลว์ (Maslow) เชื่อว่า “เด็กมีความต้องการความปลอดภัยมากกว่าผู้ใหญ่” เมื่อบุคคลได้รับการตอบสนองระดับแรกและระดับที่สองเป็นที่พอใจแล้วเขาจะเกิดความต้องการในระดับที่สาม

3) ความต้องการความรักและความเป็นเจ้าของ (Belongingness Needs) เป็นความต้องการที่จะได้รับความรักจากบุคคลอื่น การเข้าร่วมและได้รับการยอมรับความเป็นมิตรของสังคมโดยทั่วไป หากบุคคลได้รับความพึงพอใจในระดับนี้แล้ว ความต้องการระดับอื่น ๆ ก็จะตามมาตามลำดับ

4) ความต้องการได้รับการนับถือ (Esteem Needs) เป็นความต้องการอยากเด่นเป็นที่ยอมรับในสังคม และมีความเชื่อมั่นในตนเองถึงความสำเร็จ ตลอดจนการได้รับการยกย่องนับถือเป็นที่ยอมรับของคนทั่วไปในสังคม

5) ความต้องการสำเร็จสมบูรณ์แท้จริง (Self-actualization Needs) เป็นความต้องการขั้นสูงสุดของแต่ละบุคคล มาสโลว์ (Maslow) ย้ำว่า ความต้องการในระดับสูง ๆ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมนุษย์ได้รับการตอบสนองความต้องการในระดับแรก ๆ ก่อน ดังนั้นจึงมีคนไม่มากนักที่จะเกิดแรงจูงใจในขั้นสูงสุด เพราะความต้องการในระดับแรก ๆ ยังได้รับการตอบสนองไม่เพียงพอ

### 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

มีนักการศึกษา และนักวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศหลายท่านที่ได้ให้ความสนใจและให้ความสำคัญเกี่ยวกับความพึงพอใจ โดยมีรายละเอียดของผลงานวิจัยของแต่ละท่าน ดังนี้

#### 3.6.1 งานวิจัยในประเทศ

สมหมาย เปียถนอม (2551) ได้ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาในการได้รับการบริการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมเพื่อทราบความรู้สึกของนักศึกษาในการได้รับบริการ โดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) การบริการด้านวิชาการ 2) การบริการด้านกิจการนักศึกษา 3) การบริการด้านอาคารสถานที่ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ประจำปีการศึกษา 2551 จำนวน 13,836 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) การบริการด้านวิชาการ อยู่ในระดับปานกลาง ค่าระดับความพึงพอใจเป็น 3.24 2) การบริการด้านกิจการนักศึกษา อยู่ในระดับปานกลาง ค่าระดับความพึงพอใจเป็น 3.28 และ 3) การบริการด้านอาคารสถานที่ อยู่ในระดับปานกลาง ค่าระดับความพึงพอใจเป็น 3.02 โดยภาพรวมความพึงพอใจของนักศึกษาในการได้รับบริการอยู่ในระดับปานกลาง ค่าระดับความพึงพอใจเป็น 3.18

วันวิสาข์ อยู่เปี่ยม (2552) ได้ศึกษาความพึงพอใจในการใช้บริการโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยของนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับความพึงพอใจของนิสิตที่ใช้บริการโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยบูรพา พบว่า ความพึงพอใจด้านคุณภาพและการบริการ ด้านพ่อค้าแม่ค้าผู้ให้บริการ ด้านสถานที่และสิ่งแวดล้อม และด้านการส่งเสริมการตลาด มีความพึงพอใจระดับปานกลาง ส่วนด้านราคามีความพึงพอใจระดับมาก และการเปรียบเทียบความแตกต่าง พบว่า เพศ และจำนวนวันที่ใช้บริการโรงอาหารต่อสัปดาห์ของนิสิตไม่มีผลต่อระดับความพึงพอใจ นิสิตที่อายุต่างกัน มีระดับ

ความพึงพอใจด้านราคาแตกต่างกัน และนิสิตที่มีชั้นปีต่างกัน มีระดับความพึงพอใจด้านคุณภาพและการบริการ และด้านราคาแตกต่างกัน

พรพิมล คงฉิม (2554) ได้ศึกษาความพึงพอใจและความต้องการของลูกค้าที่ได้รับบริการจากบริษัท เอ็ม.เอช.อี - ดีแมก (ที) จำกัด ที่มีการจำกัดตัวแปรในเรื่องของระยะเวลาในการทำงาน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาค้นคว้า คือ ลูกค้าที่เข้ารับบริการจากบริษัท เอ็ม.เอช.อี - ดีแมก (ที) จำกัด จำนวน 150 คน พบว่า ผู้รับบริการที่มีระยะเวลาในการทำงานแตกต่างกัน มีความพึงพอใจโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านความเอาใจใส่ และด้านความถูกต้องครบถ้วนของการบริการ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เกวลิน เสน่หา (2556) ได้สร้างกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้โปรแกรม C.a.R. สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนสภาราชินี จังหวัดตรัง จำนวน 30 คน ผู้วิจัยได้ทำการทดลองทั้งหมด 14 คาบเรียน และประเมินผลการเรียนรู้ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจากคะแนนใบกิจกรรม คะแนนแบบทดสอบย่อย และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน นอกจากนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง ฟังก์ชัน โดยโปรแกรม C.a.R. ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้โปรแกรม C.a.R. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้โปรแกรม C.a.R. อยู่ในระดับมาก

**3.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ**

เซเมอซิดิส (Semertzidis, 2013, p. 90) ได้ศึกษาการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบรรยายระดับอุดมศึกษา รวมถึงสร้างโมบายแอปพลิเคชันใหม่เพื่อการเรียนการสอน ซึ่งมีการเก็บข้อมูลแบบปฐมภูมิและเชิญชวนกลุ่มตัวอย่างเข้ามาใช้งานจริง ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันการเรียนการสอนทั้งในด้านรูปลักษณ์และการใช้งานอยู่ในระดับสูง และประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันนี้มีมากกว่าที่ผู้วิจัยได้คาดการณ์เอาไว้ กล่าวคือ เป็นการสนับสนุนการเรียนการสอนแบบไร้ข้อจำกัดของพื้นที่การศึกษา และผู้เรียนมีความมั่นใจในการแสดงออกถึงการเรียนรู้มากขึ้น

ฉาว และคนอื่น ๆ (Chao et al., 2018, pp. 248-249) ได้ศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือรายวิชาคณิตศาสตร์ที่มีการโต้ตอบผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) แอปพลิเคชันนี้เป็นการดำเนินการโต้ตอบ เช่น การจัดภาพ การซ้อนภาพ การแยกภาพ การหมุนภาพในมุมต่าง ๆ เป็นต้น นักเรียนสามารถใช้มือลากและฝึกซ้ำ ๆ ผ่านอุปกรณ์พกพาเพื่อเพิ่มความเข้าใจในแนวคิดของพื้นที่และรูปทรงทาง 3 มิติ ซึ่งได้ทำการทดลองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 102 คน โดยมีความรู้พื้นฐาน เรื่อง ปริมาตร มาแล้ว ผลการวิจัยพบว่า หลังจากที่นักเรียนได้ใช้แอปพลิเคชันเพื่อช่วยในการเรียนรู้ นักเรียนสามารถทำคะแนนหลังเรียนได้มากกว่าก่อนเรียนเพิ่มขึ้น 3.4% และผลจากการสัมภาษณ์และการใช้แบบสอบถามพบว่า 85.1% ของนักเรียนคิดว่าแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ใช้งานง่าย 87.9% ของนักเรียนคิดว่าแอปพลิเคชันช่วยให้เข้าใจในเรื่องของการคำนวณปริมาณมากขึ้น และ 83.5% ของนักเรียนไม่มีแรงกดดันในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถเรียนรู้และเผชิญหน้ากับปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้โดยง่าย

**ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม**

ในการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อเป็นกรอบและแนวทางในการวิจัย โดยมีหัวข้อและรายละเอียด ดังนี้

**4.1 ความหมายของการเรียนรู้**

การเรียนรู้ของมนุษย์อาจไม่ใช่คำตอบของปัญหาทั้งหมดแต่อาจเป็นการได้เห็นมุมมองใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาที่นำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ และนำไปช่วยเหลือผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นักจิตวิทยา นักการศึกษา และนักวิชาการหลายท่านจึงได้ให้ความสนใจและให้ความหมายของ การเรียนรู้ (Learning) ไว้ดังนี้

โบเวอร์ และฮิลการ์ด (Bower & Hilgard, 1981, p. 11) และ สงวน สุทธิเลิศอรุณ (2532) ได้กล่าวในทำนองเดียวกันว่า การเรียนรู้ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้กระทำหรือการเปลี่ยนแปลงโอกาสในการเกิดพฤติกรรม ณ สถานการณ์หนึ่ง ๆ อันมีเหตุผลจากการมีประสบการณ์ซ้ำในสถานการณ์นั้น ๆ ของผู้แสดงพฤติกรรม หรืออาจเกิดจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้อื่นและกระทำตาม (เพ็ญพิไล ฤทธาคณานนท์, 2536) อีกทั้ง เฮอร์เก็นฮาห์น (Hergenhahn, 1988, p. 9) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นหรือศักยภาพของการกระทำที่ถาวร อันเป็นผลมาจากประสบการณ์ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับภาวะทางร่างกายจากความเหนื่อย ความอ่อนล้า ความเจ็บป่วยหรือฤทธิ์ของยา

นอกจากการเรียนรู้จะเกิดจากประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ แล้ว ไพบูลย์ เทวรักษ์ (2540, น. 10) และ กรรณิการ์ วงศ์เสน (2555) กล่าวว่า การเรียนรู้นั้นยังสามารถเกิดจากการฝึกหัดจนสามารถเข้าใจและเพิ่มพูนความรู้ของผู้เรียนได้ อีกทั้ง แมคชาน และ วอน กลิวนาว (McShane & Von Glinow, 2010, p. 93) สุรางค์ โค้วตระกูล (2552) และ ณัฐพนธ์ อนุสรณ์ทรางกูร (2555) กล่าวว่า การเรียนรู้อาจเป็นการที่บุคคลมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมจนเรียนรู้และแสดงพฤติกรรมออกมา ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นจะมีลักษณะค่อนข้างมั่นคงถาวร

เคลลี่ (Kelly, 2001, p. 1) ได้ให้ความหมายของ การเรียนรู้ ว่าเป็นการได้มาซึ่งความรู้และทักษะใหม่ สอดคล้องกับ สุชา จันทร์เอม (2544) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ เป็นกระบวนการเจริญงอกงามของอินทรีย์ หรือพัฒนาการของอินทรีย์ ทำให้อินทรีย์สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ดีขึ้นหรือปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ผลดี

ทิศนา แขมมณี (2545, น. 1) ได้ให้ความหมายของ การเรียนรู้ ว่า “การเรียนรู้ (Learning)” มีขอบเขตที่ครอบคลุมความหมาย 2 ประการ คือ การเรียนรู้ในความหมายของ “กระบวนการเรียนรู้ (Learning Process)” ซึ่งหมายถึงการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนหรือการใช้วิธีการต่าง ๆ ที่ช่วยให้บุคคลเกิดการเรียนรู้ และการเรียนรู้ในความหมายของ “ผลการเรียนรู้ (Learning Outcome)” ซึ่งได้แก่ ความรู้ความเข้าใจในสาระต่าง ๆ ความสามารถในการกระทำการใช้ทักษะและกระบวนการต่าง ๆ รวมทั้งความรู้สึกหรือเจตคติอันเนื่องมาจากกระบวนการเรียนรู้ สอดคล้องกับ ควิก และ เนลสัน (Quick & Nelson, 2009, p. 184) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์ โดยการเรียนรู้อาจเริ่มขึ้นจากกระบวนการคิดหรือการรับรู้ในสิ่งใด ๆ (กระบวนการเรียนรู้) และพัฒนามาเป็นความรู้ (ผลการเรียนรู้)

ด้วยการเรียนรู้เป็นการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากสิ่งต่าง ๆ มากมาย ดังนั้น ชานซ (Chance, 2003, pp. 4-44) กล่าวว่า การเรียนรู้จึงสามารถวัดผลจากการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมได้หลากหลายวิธี เช่น การวัดจากการลดลงของความผิดพลาด (Reduction in Error) การวัดจากรูปแบบของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น (Topography of Behavior) การวัดจากการเปลี่ยนแปลงที่แฝงอยู่ภายใน (Latency) และการวัดจากความถี่ของการเกิดพฤติกรรม (Frequency) เป็นต้น

จากงานวิจัยข้างต้นที่กล่าวถึงความหมายของการเรียนรู้ ในวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของ การเรียนรู้ (Learning) ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกฝนหรือการใช้วิธีการต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ ที่เรียกว่า กระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) ผสานกับประสบการณ์เดิมที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ จนสามารถพัฒนาให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา (Knowledge) ทักษะ (Skills) และเจตคติ (Attitude) ที่เรียกว่า ผลการเรียนรู้ “Learning Outcome” เพื่อบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ และเมื่อมีการตอบสนองบ่อยครั้งเข้าจนในที่สุดกลายเป็นพฤติกรรมหรือสมรรถนะที่ปรากฏขึ้นอย่างถาวร

**4.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้**

มีนักการศึกษา นักวิชาการ และนักวิจัยหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนไว้ ดังนี้

อารี พันธ์มณี (2534, น. 88-89) ได้รวบรวมองค์ประกอบที่สำคัญในการเรียนรู้ของดอลลาร์ดและมิลเลอร์ (Dollard & Miller) กล่าวว่า การเรียนรู้ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1) **แรงขับ** (Drive) เกิดขึ้นเมื่ออินทรีย์ขาดสมดุล เช่น ขาดอาหาร ขาดน้ำ ขาดการพักผ่อน เป็นต้น ภาวะเหล่านี้จะกระตุ้นให้อินทรีย์แสดงพฤติกรรมเพื่อปรับให้อินทรีย์อยู่ในสภาพสมดุลอย่างเดิม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- แรงขับพื้นฐาน (Primary Drive) เกิดจากความต้องการที่จำเป็นสำหรับการดำเนินชีวิต เป็นความต้องการทางร่างกายที่เกิดขึ้นพร้อมกับการมีชีวิตของมนุษย์
- แรงขับที่เกิดจากการเรียนรู้ (Secondary Drive) เกิดขึ้นภายหลัง เป็นความต้องการทางสังคม เช่น ความรัก ฐานะทางสังคม ความมั่นคง ความปลอดภัย เป็นต้น

2) **สิ่งเร้า** (Stimulus) เป็นสิ่งที่กระตุ้นให้อินทรีย์แสดงกิจกรรมโต้ตอบออกมา เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมตอบสนองของร่างกาย

3) **การตอบสนอง** (Response) เป็นพฤติกรรมหรือกิจกรรมที่อินทรีย์แสดงออกเมื่อมีสิ่งเร้าไปเร้า หรือเรียกว่า การเสริมแรง (Reinforcement) เป็นการทำให้สิ่งเร้าและการตอบสนองมีความสัมพันธ์กันมากยิ่งขึ้น เช่น เมื่อนักเรียนทำโจทย์คณิตศาสตร์ได้ถูกต้องจึงมีการเสริมแรงโดยการให้รางวัล การเสริมแรงนี้จะทำให้นักเรียนอยากเรียนคณิตศาสตร์ในครั้งถัดไป

มาลินี จุฑะรพ (2537, น. 69-71) ได้รวบรวมองค์ประกอบของการเรียนรู้ตามแนวคิดของครอนบาค (Cronbach, 1951) โดยแบ่งแนวคิดขององค์ประกอบการเรียนรู้ไว้ 7 ประการ ดังนี้

1) **จุดประสงค์** (Goal) เป็นการกำหนดจุดประสงค์ต่อการเรียนในแต่ละรายวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้และผ่านในแต่ละจุดประสงค์ของที่ตั้งไว้

2) **ความพร้อม** (Readiness) เป็นการที่ผู้เรียนเตรียมตัวให้พร้อมก่อนเข้าเรียน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านร่างกาย จิตใจ อุปกรณ์การเรียนและสิ่งแวดล้อม

3) **สถานการณ์** (Situation) เป็นการสร้างสภาพแวดล้อมหรือบรรยากาศที่ดีให้กับผู้เรียนเพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากที่จะการเรียนรู้ เช่น บทเรียน สื่อการเรียนการสอน สภาพแวดล้อมหรือบรรยากาศในชั้นเรียน

4) **การแปลความหมาย** (Interpretation) เป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้ให้ความหมายของสิ่งที่อยู่ตรงหน้าได้อย่างตรงไปตรงมาถูกต้องผ่านอายตนะทั้ง 5 คือ รูป รส กลิ่น เสียง และกาย สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

5) **การตอบสนอง** (Response) เป็นการตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น ถ้าผู้เรียนเรียนรู้เรื่องการแก้สมการแล้วครูมอบหมายให้นักเรียนทำการบ้าน ผู้เรียนก็จะตอบสนองโดยการทำการบ้านที่ครูมอบหมายเพื่อนำมาส่งตามวันเวลาที่ครูกำหนด

6) **ผลต่อเนื่อง** (Consequence) เป็นผลจากการตอบสนอง ถ้าการตอบสนองตรงตามจุดประสงค์ การเรียนรู้ของผู้เรียนก็จะเกิดขึ้น ส่งผลให้การประเมินผลของนักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินตามจุดประสงค์ต่าง ๆ ที่ตั้งไว้

7) **ปฏิกิริยาต่อการขัดขวาง** (Reaction to thwarting) เป็นผลต่อเนื่องที่เกิดจากความพึงพอใจและสอดคล้องตามจุดประสงค์ข้างต้น การเรียนรู้ก็จะเกิดขึ้น แต่ในทางกลับกัน ถ้าผลต่อเนื่องไม่เป็นที่น่าพึงพอใจและไม่สอดคล้องตามจุดประสงค์ของบทเรียน การเรียนรู้ย่อมไม่เกิดขึ้น แสดงว่าผู้เรียนเริ่มพบกับปัญหาหรืออุปสรรคต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนต้องกลับไปเริ่มเรียนรู้ตั้งแต่ต้นใหม่จนกว่าจะบรรลุผลสำเร็จ

ลิดเกรน (Lindgren, 1980, pp. 6-7) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการเรียนรู้ที่สำคัญเกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเรียนรู้ไว้ 3 ประการ ดังนี้

1) **ตัวนักเรียน** (Learner) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดของการเรียนรู้เพราะถ้าไม่มีนักเรียนก็ไม่สามารถมีการเรียนเกิดขึ้นได้ และการที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านต่าง ๆ เช่น ความแตกต่างระหว่างวัยของนักเรียนและ

ครูผู้สอน ความแตกต่างระหว่างเพศ ความแตกต่างของสติปัญญา ความแตกต่างของความสนใจของนักเรียน ซึ่งความแตกต่างนี้เป็นสิ่งที่ติดตัวนักเรียนมาก่อนเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่จะออกแบบและจัดกระบวนการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับนักเรียน

2) **กระบวนการเรียนรู้** (Learning Process) เป็นการกระทำหรือพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อนักเรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการเรียนรู้อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกันของรูปแบบการเรียนรู้หลาย ๆ ส่วน เช่น การตั้งคำถาม การตอบคำถาม การแสดงกิริยาท่าทาง การทำกิจกรรม เป็นต้น

3) **สถานการณ์ในการเรียนรู้** (Learning Situation) เป็นสภาพการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวโยงสืบเนื่องกับนักเรียนในขณะที่กำลังเรียนรู้ สภาพการณ์เหล่านี้ไม่ได้ส่งผลกับการเรียนรู้โดยตรง แต่มีผลกระทบต่อนักเรียนและกระบวนการเรียนรู้ทั้งในเรื่องของความพร้อมและความตั้งใจของนักเรียน

อัชรา เอิบสุขสิริ (2556, น. 106) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการเรียนรู้ไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าวจำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบ 4 อย่าง ดังนี้

1) **ลักษณะของผู้เรียน** ประกอบด้วยลักษณะทางกายภาพ จิตใจ สติปัญญา จริยธรรมค่านิยม แรงจูงใจ พฤติกรรมส่วนตัว พฤติกรรมกลุ่ม ความต้องการพิเศษ เพศ และวัฒนธรรมที่ติดตัวมา

2) **ลักษณะของผู้สอน** ประกอบด้วยเจตคติต่อการเรียนรู้ เจตคติของผู้เรียน เจตคติต่อตนเอง และความเข้าใจในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3) **กลยุทธ์ในการสอน** ประกอบด้วยการนำทฤษฎีการเรียนรู้มาปฏิบัติจริง วิธีการสอนและต้นแบบ วิธีการสอนเฉพาะรายบุคคล แผนการจัดการเรียนรู้ เทคนิคที่หลากหลาย วินัยของผู้เรียน การใช้แบบทดสอบ

4) **เนื้อหาวิชา** ประกอบด้วย โครงสร้างที่สำคัญ แนวคิดพื้นฐานของเนื้อหาที่จะสอน ลำดับของเนื้อหา การเลือกเนื้อหาในการสอน ระดับความสำคัญของเนื้อหาในแต่ละส่วน

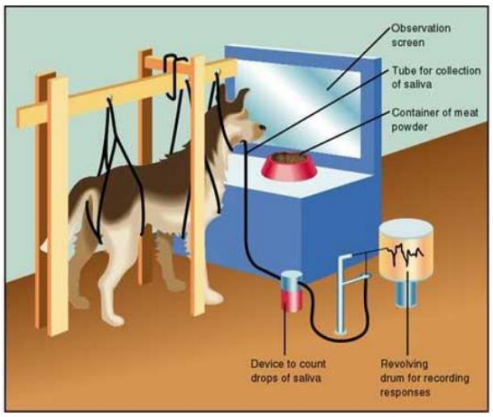
จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นที่ได้กล่าวไว้ถึงองค์ประกอบของการเรียนรู้ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึง “องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้” ว่า เป็นปัจจัยที่สำคัญและส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแนวคิดของดอลลาร์ดและมิลเลอร์ (Dollard & Miller) มี 3 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) แรงขับ (Drive) 2) สิ่งเร้า (Stimulus) และ 3) การตอบสนอง (Response) ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการจะไปศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไป

**4.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม**

พฤติกรรมนิยม (Behaviorism) เป็นหนึ่งในทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning Theory) จากทั้งหมด 4 ทฤษฎีการเรียนรู้ (ทิศนา แขมมณี, 2545) ที่เน้นปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตและเห็นได้ เป็นการศึกษาพฤติกรรมที่มีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้ในทัศนะของพฤติกรรมนิยมจึงต้องมีความเข้าใจกับความคิดพื้นฐานของกลุ่มพฤติกรรมนิยม (Glover & Bruning, 1990) โดยศิริบูรณ์ สายโกสุม (2542) ได้แบ่งประเภทของกลุ่มพฤติกรรมนิยมไว้ 2 ประเภท ดังนี้

**1) การวางเงื่อนไขแบบคลาสสิค (Classical Conditioning)**

อิวาน พาฟลอฟ (Ivan Pavlov) เป็นนักสรีรวิทยาชาวรัสเซียซึ่งมีชื่อเสียงอย่างมากจากผลงานวิจัย เรื่อง “สรีรวิทยาของการย่อยอาหาร” ที่ได้รับรางวัลโนเบล (Nobel Prize) โดยในงานวิจัยพาฟลอฟสังเกตสุนัขมีน้ำลายไหลออกมาเมื่อเห็นอาหารหรือแม้แต่เห็นคนนำอาหารมาให้ เขาใช้เครื่องมือวัดปริมาณน้ำลายของสุนัขขณะกินอาหารโดยใช้การผ่าตัดต่อท่อเข้าไปในปากและทำการศึกษาปรากฏการณ์นี้อย่างเป็นระบบ โดยสร้างสถานการณ์ให้สุนัขได้ยินเสียงกระดิ่งก่อนจะให้อาหารทุกครั้ง เรียก “เสียงกระดิ่ง” ว่า “สิ่งเร้าที่วางเงื่อนไข (Conditioned Stimulus หรือ CS)” และเรียก “อาหาร” ว่า “สิ่งเร้าที่ไม่วางเงื่อนไข (Unconditioned Stimulus หรือ UCS) เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งสุนัขมีอาการน้ำลายไหลเมื่อได้ยินเสียงกระดิ่ง เรียก “น้ำลาย” ว่า การตอบสนองที่ไม่วางเงื่อนไข (Unconditioned Response หรือ UCR) เพราะเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ กล่าวคือ สิ่งเร้าที่วางเงื่อนไขจะก่อให้เกิดการตอบสนองเหมือนกับสิ่งเร้าที่ไม่วางเงื่อนไขเมื่อใช้เวลาในการฝึกหรือทำซ้ำ ๆ ระยะหนึ่ง และ เรียก “การตอบสนองต่อเสียงกระดิ่ง” ว่า “การตอบสนองที่วางเงื่อนไข (Conditioned Response)” ดังภาพประกอบ 21 และตาราง 3




ภาพประกอบ 21 การวางเงื่อนไขแบบคลาสสิค

ตาราง 3 การวางเงื่อนไขแบบคลาสสิค

| ระยะของการวางเงื่อนไข | ขั้นที่ | การให้สิ่งเร้าและการตอบสนอง |
|---|---|---|
| ก่อนการวางเงื่อนไข | 1 | สั่นกระดิ่ง (CS)<br>ผล คือ สุนัขไม่มีน้ำลายไหล |
| | 2 | นำอาหาร (UCS) เข้าไปในปากสุนัข<br>น้ำลายไหล (UCR) |
| ระหว่างการวางเงื่อนไข | 3 | สั่นกระดิ่ง (CS) และ นำอาหาร (UCS) เข้าไปในปากสุนัข<br>น้ำลายไหล (UCR)<br>และทำเช่นนี้หลาย ๆ ครั้ง |
| หลังการวางเงื่อนไข | 4 | สั่นกระดิ่ง (CS) อย่างเดียว<br>ผล คือ สุนัขมีน้ำลายไหล (CR) |

จอห์น บรัวดัส วัตสัน (John Broadus Watson) บิดาแห่งจิตวิทยาพฤติกรรมนิยม ในปี ค.ศ. 1913 วัตสันได้เขียนบทความเกี่ยวกับ “จิตวิทยาในมุมมองของนักพฤติกรรมนิยม” ซึ่งมีความสำคัญต่อวงการจิตวิทยามากในการแสดงทัศนะที่ไม่เห็นด้วยกับการศึกษาจิตวิทยาจากพฤติกรรมทางจิต เช่น จิตสำนึก ภาวะทางจิต จินตนาการ เป็นต้น ด้วยการพินิจภายใน (Introspection) เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากวิธีการนี้ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ อีกทั้งไม่ใช่ลักษณะของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ วัตสันมีความเห็นว่า “การศึกษาจิตวิทยาควรศึกษาเฉพาะสิ่งเร้า การตอบสนอง และลักษณะนิสัยที่สังเกตและวัดได้อย่างชัดเจนเท่านั้น” ดังนั้น วัตสันจึงให้ความสำคัญเฉพาะพฤติกรรมภายนอกเท่านั้น วัตสันเชื่อว่า “พฤติกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์จะเกิดขึ้นภายใต้อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม” และกลับมามองและให้ความสนใจเกี่ยวกับการวางเงื่อนไขทางอารมณ์ วัตสันกล่าวว่า “คนเราเกิดมาจะมีปฏิกิริยาทางอารมณ์ที่ติดตัวมาโดยไม่ต้องเรียนรู้อยู่ 3 อย่าง คือ ความกลัว ความโกรธ และความรัก” โดยทั้ง 3 อย่างมีรายละเอียดของปฏิกิริยาทางอารมณ์ ดังนี้ (วิรัติ เนตรสว่าง, 2559)

**ความกลัว** (Fear) สามารถสังเกตความกลัวได้จากอาการสะดุ้ง หายใจเร็ว กำมือแน่น หลับตา ทรุดตัวลงนอน และร้องไห้ มีสิ่งเร้าที่ไม่วางเงื่อนไข (UCS) 2 อย่าง ที่ก่อให้เกิดความกลัวในเด็ก คือ 1) เสียงดังที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดคิด และ 2) การไม่ได้รับการช่วยเหลือ เมื่อเวลาผ่านไปก็จะกลัวสิ่งต่าง ๆ มากขึ้น เช่น คนแปลกหน้า หนู สุนัข ความมืด เป็นต้น ซึ่งความกลัวในระยะหลังเป็นความกลัวที่เกิดจากการเรียนรู้ เช่น เด็กเล็ก ๆ ที่กลัวงูเพราะเด็กตกใจเสียงร้องของผู้อื่นที่เห็นงู งูจึงไม่ใช่สิ่งเร้าที่เด็กกลัวโดยธรรมชาติแต่กลัวเพราะเกิดจากการวางเงื่อนไขให้กลัว

**ความโกรธ** (Rage) เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องเรียนรู้สำหรับเด็ก โดยส่วนใหญ่เด็กมักจะรู้สึกโกรธเมื่อถูกจำกัดการเคลื่อนไหว เช่น ถ้าจับเด็ก 2 ขวบ ไม่ให้ไปในที่ที่อยากไป เด็กก็จะเริ่มส่งเสียงร้องกรี๊ดและทำท่าบิ้งตึง เมื่อเด็กถูกบังคับเช่นนี้ซ้ำ ๆ ก็จะแสดงความโกรธต่อสถานการณ์ต่าง ๆ มากขึ้น เช่น โกรธเมื่อพ่อแม่บอกให้ไปล้างหน้า แต่งตัว อาบน้ำ หรือเมื่อถูกสั่งให้ทำสิ่งต่าง ๆ เด็กจะโกรธเมื่อถูกออกคำสั่ง ทั้งนี้เพราะเด็กได้เชื่อมโยงคำสั่งเข้ากับการถูกจับไว้ไม่ให้เคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ

**ความรัก** (Love) เป็นอารมณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อเด็กได้รับการสัมผัสเบา ๆ ถูกทำให้จั๊กจี้ ถูกอุ้ม และลูบไล้ เด็กจะตอบสนองด้วยการยิ้ม หัวเราะ ทำเสียงคลัก ๆ หรือกู่เสียงในลำคอ วัตสันมีความเห็นคล้ายกับซิกมันด์ ฟรอยด์ (Sigmund Freud) ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในนามของบิดาแห่งทฤษฎีจิตวิเคราะห์และวิธีจิตบำบัด ว่า “ความรัก ความพอใจของเด็กจะเกิดจากการถูกสัมผัสอวัยวะที่เกี่ยวกับเพศ” เช่น บริเวณหัวนม ริมฝีปาก และอวัยวะเพศ วัตสันกล่าวว่า “อารมณ์รักในระยะหลัง ๆ เกิดขึ้นจากการเรียนรู้หรือวางเงื่อนไข” เช่น การที่เด็กรักแม่นั้นเพราะใบหน้าของแม่มักปรากฏควบคู่กับการลูบไล้ การอุ้มชู หรือการสัมผัสแผ่วเบา ดังนั้นแม่จึงเป็นสิ่งเร้าที่วางเงื่อนไข (CS) ซึ่งมีผลให้เด็กเกิดความรู้สึกที่ดี ต่อมาเมื่อมีผู้อื่นที่ปรากฏตัวขึ้นพร้อม ๆ กับแม่ เด็กจะเกิดความรู้สึกที่ดีต่อบุคคลอื่นนั้นตามไปด้วย

ต่อมาวัตสันได้พยายามคิดหาวิธีที่จะ “ลบความกลัว (Deconditioning Fear)” นั้นให้หายไปโดยได้เสนอให้เมรี่ โจนส์ (Mary C. Jones) ทำการทดลองเพื่อลดความกลัวของเด็กอายุ 3 ปี ที่ชื่อว่าปีเตอร์ (Peter) ซึ่งปีเตอร์เป็นเด็กที่มีสุขภาพดี แต่เป็นคนขี้กลัวมาก ปีเตอร์กลัวทั้งสัตว์และสิ่งของหลาย ๆ ชนิด เช่น หนูขาว กระต่าย เสื้อขนสัตว์ ขนนก สำลี กบ ปลา และตุ๊กตา เป็นต้น ที่มีกลไกสามารถเคลื่อนไหวได้ โดยโจนส์ได้พยายามลบความกลัวกระต่ายของปีเตอร์หลาย ๆ วิธี เช่น ให้ปีเตอร์ดูเด็กอื่นเล่นกระต่ายเพื่อจะได้ให้เกิดการเลียนแบบเพื่อน ๆ หรือให้ปีเตอร์เห็นกระต่ายบ่อย ๆ เพื่อความเคยชินแต่สิ่งเหล่านั้นกลับไม่ได้ผล จึงทำให้โจนส์คิดค้นหา

วิธีที่จะช่วยปีเตอร์ให้ลบความกลัวเหล่านั้นออกไป และวิธีที่โจนส์ให้ความสนใจและพบว่าได้ผลมากที่สุด คือ “การวางเงื่อนไขกลับ (Counter Conditioning)” ด้วยการเสนอสิ่งเร้าที่ไม่วางเงื่อนไข (USC) ใหม่ ที่ตรงข้ามกับสิ่งเร้าเก่า (USC) เพื่อให้เกิดการตอบสนอง (CR) ที่ตรงข้ามกับการตอบสนองเดิม โดยโจนส์ได้ทดลองนำกรงกระต่ายไปวางไว้ห่าง ๆ ในขณะที่ปีเตอร์กำลังรับประทานขนม ปีเตอร์ไม่กลัวเพราะกระต่ายอยู่ไกล โจนส์ทำการทดลองเช่นนี้ทุกวันแต่จะค่อย ๆ เลื่อนกรงกระต่ายเข้ามาใกล้ปีเตอร์วันละนิด เมื่อสิ้นสุดการทดลอง โจนส์พบว่า ปีเตอร์ใช้มือข้างหนึ่งเล่นกับกระต่ายในขณะที่ใช้มืออีกข้างหนึ่งรับประทานขนม จึงแสดงว่าไม่เพียงแต่ปีเตอร์จะหายกลัวกระต่ายเท่านั้นแต่ปีเตอร์ยังรู้สึกชอบเล่นกับกระต่ายอีกด้วย

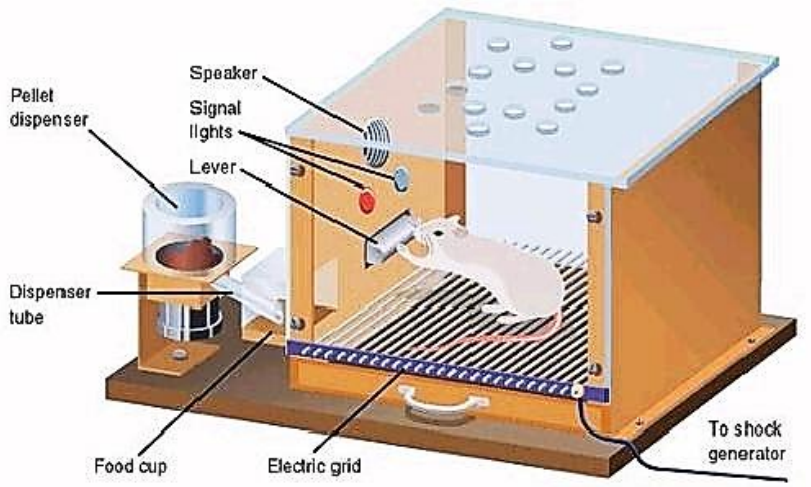
จากการวางเงื่อนไขแบบคลาสสิคข้างต้นนำไปสู่การประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเพราะสภาพแวดล้อมหรือบริบทในชั้นเรียนมักจะพบเจอกับการวางเงื่อนไขอยู่เสมอ เช่น ในชั่วโมงคณิตศาสตร์ (CS) เมื่อใดที่นักเรียนถูกครูดุหรือลงโทษทุกครั้ง (UCS) ในที่สุดนักเรียนก็จะเกลียดวิชาคณิตศาสตร์ (CR) ในทางกลับกันถ้าครูสร้างบรรยากาศในห้องเรียนดี (UCS) นักเรียนมีอิสระในการแสดงออกและทุกครั้งที่เรียนนักเรียนก็มีความสุขจนรู้สึกว่าชอบวิชานี้เป็นพิเศษ (CR) ดังนั้นครูสามารถใช้หลักการวางเงื่อนไขแบบคลาสสิคทำให้นักเรียนชอบหรือไม่ชอบวิชาที่เรียน สิ่งแวดล้อมในห้องเรียนหรือตัวครูเองได้ ซึ่งครูควรพิจารณาอยู่เสมอว่า ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาที่ครูสอนเป็นอย่างไร ถ้าพบว่านักเรียนที่ไม่ชอบหรือมีเจตคติไม่ดีต่อวิชาก็ควรวิเคราะห์ว่าเกิดจากอะไร อะไรคือสิ่งเร้าที่ไม่วางเงื่อนไข (UCS) ที่ก่อให้เกิดความรู้สึกเช่นนั้น แล้วหาทางช่วยนักเรียนโดยการพยายามไม่ให้สิ่งเร้าที่นักเรียนรู้สึกไม่ชอบเกิดขึ้นอีก พร้อมทั้งจัดสิ่งแวดล้อมใหม่ที่เด็กชอบหรือพอใจ และพร้อมที่จะเรียนรู้เข้ามาแทนที่ซึ่งเป็นลักษณะของการวางเงื่อนไขกลับ (Counter Conditioning) เหมือนการทดลองของโจนส์

**2) การวางเงื่อนไขการกระทำ (Operant Conditioning)**

เบอรัส เฟรเดอริก สกินเนอร์ (Burrhus Frederic Skinner) เป็นนักจิตวิทยาชาวอเมริกันที่ค้นพบทฤษฎีการเรียนรู้ที่เรียกว่า “Operant Conditioning” เป็นทฤษฎีที่มีประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีความแตกต่างจากการวางเงื่อนไขแบบคลาสสิคของพาฟลอฟอย่างมาก ในการวางเงื่อนไขการกระทำ การตอบสนองโดยจงใจจะมีความมั่นคงขึ้นเมื่อได้รับการเสริมแรงแตกต่างจากการตอบสนองเพราะพฤติกรรมไม่ได้ถูกสิ่งเร้าดึงออกมาแต่เป็นพฤติกรรมที่แสดงออกมาโดยธรรมชาติหรือเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติที่ตอบสนองต่อสภาพการณ์เฉพาะบางอย่าง ซึ่งดูได้จากพฤติกรรมง่าย ๆ เช่น การกระพริบตา จาม โกรธ กลัว ตื่นเต้น อุทาน เป็นต้น

สกินเนอร์เห็นว่าการอธิบายความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมจะต้องศึกษาเฉพาะพฤติกรรมที่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรงและไม่จำเป็นต้องพยายามอธิบายพฤติกรรมใดที่อยู่ภายในซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้เพราะผลสุดท้ายไม่ว่าอะไรจะเกิดขึ้นภายในสมอง ในที่สุดสัตว์หรือมนุษย์จะแสดงออกมาเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตได้ แนวการศึกษาของสกินเนอร์จึงเป็นการเน้นตามแนวพฤติกรรมนิยมที่เรียกว่า Radical Behaviorism โดยเน้น 1) การทดลองเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขของตัวแปรอิสระ เรียกว่า The Experimental Analysis of Behavior 2) การนำผลไปประยุกต์ใช้ในสภาพชีวิตที่เป็นจริงอย่างเป็นระบบ (Applied of Behavior) และ 3) การสร้างหลักการแนวคิดในการวิเคราะห์พฤติกรรม (Conceptual Analysis of Behavior) ทั้งหมดนี้ผู้ทดลองเป็นผู้กำหนดและควบคุมสิ่งเร้าเหล่านี้ในการทดลอง จากนั้นคอยสังเกตและจดบันทึกว่ามีพฤติกรรมใดเกิดขึ้น จำนวนความถี่ของพฤติกรรมหรือเวลาในการเกิดมากน้อยเพียงใด ผู้ทดลองจะตีความโดยอาศัยข้อมูลตามที่เกิดขึ้นจริง

สกินเนอร์ ได้ทดลองเกี่ยวกับการวางเงื่อนไขการกระทำ โดยใช้หนูหรือนกในกรงไม้ของ ธอร์นไดค์ (Edward Lee Thorndike) เป็นตัวอย่างในการทดลองทำให้สกินเนอร์ออกแบบการทดลองของเขาด้วยการสร้างกล่องสี่เหลี่ยมขึ้นมา (Skinner Box) ซึ่งเป็นกล่องใบเล็ก ๆ ประกอบด้วยคานและถาดข้างนอกกล่องที่ใส่อาหารเม็ด ถาดจะถูกเลื่อนเข้าในกล่องเมื่อคานถูกกดลง หนูหรือนกจะเรียนรู้การกดคานถี่ขึ้นเนื่องจากได้รับการเสริมแรง (อาหาร) แต่ถ้ากดคานแล้วไม่มีอาหารออกมาทำให้เกิดการลดภาวะ (Extinction) หรือการกดคานลดลงหรือเลิกกดคาน ต่อมาสกินเนอร์ฝึกให้หนูได้เรียนรู้การกดคานในสภาวะเฉพาะบางอย่าง เช่น เมื่อได้ยินเสียงเพลงกดคานจะได้อาหาร ถ้าไม่มีเสียงเพลงกดคานจะไม่ได้อาหาร ทำให้หนูเรียนรู้และจะกดคานก็ต่อเมื่อได้ยินเสียงเพลงเท่านั้น (Discrimination) ดังภาพประกอบ 22 หลังจากนั้นสกินเนอร์จึงได้นำหลักการดังกล่าวมาศึกษาการเรียนรู้ของมนุษย์โดยการประยุกต์ทฤษฎีเหล่านั้นกับการเรียนการสอนในโรงเรียนและได้มีการเขียนบทความลงในวารสาร Science ในหัวเรื่อง “Teaching Machines” ในปี ค.ศ. 1958 (สมชาย รัตนทองคำ, 2550)




ภาพประกอบ 22 การทดลองของสกินเนอร์เกี่ยวกับการกดคานไม้

หลักการพื้นฐานของการวางเงื่อนไขการกระทำ จะกล่าวถึงธรรมชาติของผลติดตามของพฤติกรรมชนิดต่าง ๆ และหลักการอื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกันและสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้ของมนุษย์ด้านต่าง ๆ โดยผลติดตามของพฤติกรรมจะมี 2 ด้าน คือ ผลติดตามทางบวกและผลติดตามทางลบ กล่าวคือ ถ้าผลติดตามเป็นไปในทิศทางบวกทำให้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มความถี่ของพฤติกรรมภายใต้สภาพการณ์ที่คล้ายคลึงกัน แต่ถ้าผลติดตามเป็นไปในทิศทางลบจะมีผลให้พฤติกรรมที่เกิดขึ้นอ่อนตัวลง เช่น การลงโทษมีผลให้เกิดการลดภาวะ

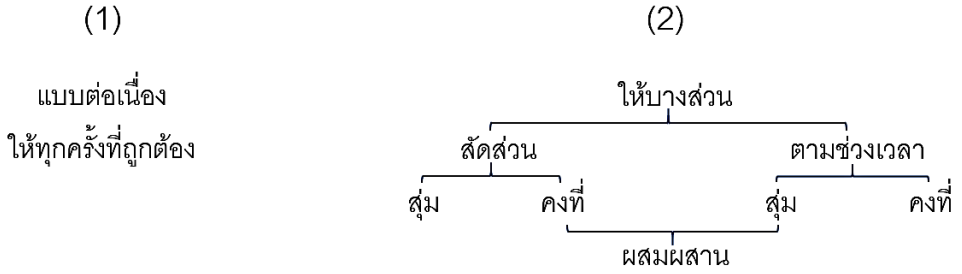
การเสริมแรงและรางวัลไม่ใช่สิ่งเดียวกัน การให้รางวัลโดยเจตนาจะเพิ่มกำลังของพฤติกรรมและรางวัลอาจไม่ได้ผลอย่างที่เราต้องการเสมอไป เช่น การชมเด็กที่รู้จักแบ่งปันของ แต่การชมกลับทำให้เด็กรู้สึกวางหน้าไม่ถูกและอาจมีผลยับยั้งพฤติกรรมการแบ่งปันของ กล่าวคือ การให้คำชมเป็นรางวัลแต่กลับไม่ได้ช่วยเสริมแรงให้กับเด็ก ดังนั้นการพิจารณาและตัดสินว่าสิ่งเร้านั้นเป็นตัวเสริมแรงได้หรือไม่ สามารถสังเกตได้จากผลของสิ่งเร้าต่อพฤติกรรม โดยแบ่งการเสริมแรงออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

**การเสริมแรงทางบวก** เป็นการเพิ่มกำลังของพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ตัวอย่างการเสริมแรงทางบวกในห้องเรียนมีมากมายและเห็นได้ชัดเจน เช่น ครูยิ้มเมื่อนักเรียนตอบถูก ให้คะแนนเมื่อตอบถูก ชมผลงานของนักเรียน คัดเลือกให้เป็นตัวแทนของห้องบอกผู้ปกครองถึงพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนในทางที่ดี เป็นต้น

**การเสริมแรงทางลบ** เป็นการปลดปล่อยหรือผ่อนคลายจากสิ่งเร้าที่ไม่พอใจอาจเป็นการลงโทษ ความล้มเหลว การถูกล้อเลียน พ่อแม่โกรธ เป็นต้น สภาวะที่ถูกคุกคาม ขู่เข็ญ จะถูกนำออกไปหรือขจัดออกไปต่อเมื่อมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์หรือเป็นที่ยอมรับปรากฏ

ผลของการเสริมแรงเป็นที่ชัดเจนว่าการเสริมแรงช่วยปรับปรุงการเรียนรู้ และสามารถใช้การเสริมแรงเพื่อควบคุมพฤติกรรมของคนและสัตว์ โดยมีการกำหนดตารางการเสริมแรงตามอัตราส่วนและตามช่วงเวลา อาจให้แบบคงที่ คือ เป็นตารางที่กำหนดไว้ตายตัว (Fixed Schedule) หรือโดยการเดาสุ่ม (Random Schedule) หรือผสมผสานทั้งสองแบบเข้าด้วยกัน (Combined Schedule) ดังภาพประกอบ 23

**ตารางการเสริมแรง**




ภาพประกอบ 23 ตารางการเสริมแรง

งานของสกินเนอร์ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตารางของการเสริมแรงแบบต่าง ๆ และการวัดอัตราการเรียนรู้ 3 อย่าง คือ อัตราการเรียนรู้ อัตราการตอบสนอง และอัตราการลดภาวะ โดยผลการศึกษาพบว่า การให้การเสริมแรงอย่างต่อเนื่องมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเพิ่มอัตราการเรียนรู้เมื่อเป็นการเรียนรู้อย่างง่าย ๆ ถ้าใช้วิธีการนี้กับการเรียนรู้ในห้องเรียนโดยเฉพาะเด็กเล็กจะช่วยให้เด็กเรียนรู้ได้เร็วขึ้น การเรียนรู้ในระยะแรกต้องการการเสริมแรงมากกว่าการเรียนรู้ในระยะต่อมา แต่ในอีกทางถึงแม้ว่าการเสริมแรงอย่างต่อเนื่องจะช่วยให้เรียนรู้ได้เร็วขึ้นแต่ไม่มีผลให้เก็บสิ่งที่ได้เรียนรู้ไว้เป็นเวลานานขึ้นเสมอไป โดยจริงแล้วอัตราการลดภาวะของพฤติกรรมซึ่งได้รับการเสริมแรงอย่างต่อเนื่องกลับรวดเร็วกว่าการเสริมแรงเพียงบางครั้ง ดังนั้น ตารางการเสริมแรงที่ดีที่สุด คือ การให้การเสริมแรงอย่างต่อเนื่องในระยะแรกและการให้เป็นบางครั้งในระยะต่อมา และการให้เป็นบางครั้งโดยใช้

การสุ่มตามสัดส่วนจะช่วยให้เกิดการลดภาวะของพฤติกรรมได้ช้าที่สุด นอกจากนี้ ผลการศึกษาของมาร์ควิส (Marquis, 1941) ที่ทำการศึกษาพฤติกรรมของทารกซึ่งได้อาหารอย่างสม่ำเสมอ (ให้การเสริมแรงตามช่วงเวลาอย่างคงที่) และทารกอื่น ๆ ซึ่งให้อาหารเมื่อเรียกร้อง พบว่าทารกที่ให้อาหารแบบคงที่เพิ่มปริมาณของกิจกรรมก่อนเวลาการให้อาหารมากกว่าทารกที่ให้อาหารเมื่อเรียกร้อง และผลงานของ แบนดูราและวอลเตอร์ส (Bandura & Walters, 1963) ได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของเด็กเล็กซึ่งต้องการความสนใจของพ่อแม่ที่ได้รับการเสริมแรงเพียงบางครั้ง มีผลให้พฤติกรรมเรียกร้องความสนใจนี้คงที่อย่างสูง ดังนั้นเด็กในสังคมปัจจุบันหลายคนที่ขาดความมานะ พากเพียร ทำให้เลิกล้มความตั้งใจกลางคันเป็นผลมาจากการให้การเสริมแรงอย่างต่อเนื่องในสังคม ความสะดวกสบายที่ได้รับจากเทคโนโลยี การที่พ่อแม่ให้รางวัลอย่างคงที่ ต่อเนื่อง โดยลูกแทบจะไม่ได้ใช้ความพยายามอะไร ชีวิตดูสะดวกง่ายดายไปหมด อาจเป็นผลให้กลายเป็นผู้ใหญ่ที่ขาดความพากเพียร ไม่อดทนในเวลาต่อมา และด้วยเหตุผลนี้จึงได้มีการวางหลักการสร้างพฤติกรรมใหม่ ซึ่งมีตั้งแต่พฤติกรรมที่ง่าย เช่น ยกมือ โบกมือ ยิ้ม เป็นต้น ไปจนถึงพฤติกรรมที่มีความยากซับซ้อนมากขึ้น เช่น การใช้ภาษา การใช้สัญลักษณ์ การให้เหตุผล การแก้ปัญหา เป็นต้น พฤติกรรมที่ทำได้ง่ายหรือผู้เรียนทำพฤติกรรมนั้นได้เอง สามารถใช้หลักการเสริมแรงทางบวกต่อพฤติกรรมนั้นได้ในทันที จะทำให้ผู้เรียนทำพฤติกรรมนั้นอีก แต่พฤติกรรมที่มีความยากและซับซ้อนจนผู้เรียนต้องใช้เวลานานในการลองถูกลองผิด หรือพฤติกรรมบางพฤติกรรมถึงแม้ลองถูกลองผิดก็ไม่สามารถทำได้ ผู้สอนสามารถช่วยสร้างพฤติกรรมใหม่ ๆ เหล่านี้ได้ด้วยหลัก 3 ประการ คือ การดัดพฤติกรรม การเชื่อมร้อยพฤติกรรม และการให้รู้จักแยกแยะและเปลี่ยนถ่ายสิ่งเร้า (สิริอร วิชชาวุธ, 2554, น. 50-53) มีรายละเอียด ดังนี้

1) การดัดพฤติกรรม (Shaping) เป็นการให้การเสริมแรงพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมเป้าหมาย เพื่อนำไปสู่การปรับพฤติกรรมต่อไป อย่างเช่น การสอนให้หนูโน้มตัวลง ในระยะแรกผู้ทำการทดลองอาจให้รางวัลทุกครั้งที่หนูโน้มตัวลงเพียงเล็กน้อย ระยะต่อมาจะให้การเสริมแรงต่อเมื่อหนูจุ่มหัวลงไปอย่างถูกต้องตามที่ต้องการ และการโน้มตัวลงแต่เพียงเล็กน้อยจะไม่ได้รับการเสริมแรง ด้วยเหตุผลดังกล่าว การดัดพฤติกรรมจึงเรียกอีกอย่างว่าการเสริมแรงที่แตกต่างกันไปตามความคาดหวังในความสำเร็จ (Differential Reinforcement of Successive Approximation) เป็นการให้การเสริมแรงพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมที่คาดหวังตามลำดับขั้นและเป็นเทคนิคที่ใช้มากที่สุดในการฝึกการแสดงของสัตว์ หลักการนี้นำไปใช้กับชีวิตประจำวันของมนุษย์โดยมีบทบาทของการดัดพฤติกรรมมนุษย์ ดังนี้

(1.1) คนเราถูกดัดพฤติกรรมโดยการเสริมแรง (Reinforcement Contingencies) กล่าวคือ พฤติกรรมมากมายของมนุษย์ถูกปรับภาวะจากการเสริมแรง เช่น การยอมรับหรือไม่ยอมรับของเพื่อนโดยแสดงออกมาผ่านการเป็นตัวตลกของห้องซึ่งอาจเลิกทำตลกถ้าไม่มีใครให้ความสนใจอีกต่อไป และแน่นอนว่าเขาเป็นตัวตลกของห้องไม่ได้ถ้าการทำตลกในครั้งแรกของเขาไม่ได้รับการเสริมแรงจากเพื่อน ๆ นั่นคือ สิ่งที่ถูกเพื่อนดัดพฤติกรรมการเป็นตัวตลก

(1.2) คนเราใช้วิธีการดัดพฤติกรรมโดยตรงและบางครั้งด้วยความจงใจที่จะควบคุมพฤติกรรมของผู้อื่น เช่น ผู้ฟังสามารถกำหนดทิศทางการสนทนาได้ด้วยการแสดงความสนใจยอมรับในตัวผู้พูด ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาอย่างหลากหลายมุมมองถึงการควบคุมภายนอกต่อพฤติกรรมการพูด เช่น การใช้วิธีการเชื่อมโยงอิสระ (Free Association) เพื่อให้ระบายสิ่งที่ติดค้างในใจออกมาได้อย่างเต็มที่

การใช้หลักการดัดพฤติกรรมดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยห้องเรียนเปรียบเสมือนกล่องทดลองของสกินเนอร์ ครูเป็นตัวเสริมแรงที่มีพลัง ไม่ว่าจะเป็นการยิ้ม ขมวดคิ้ว คำพูดต่าง ๆ เป็นต้น ผลจากการประยุกต์ทฤษฎีสกินเนอร์ในการจัดการเรียนการสอน อย่างเช่น การสร้างโปรแกรมการสอนซึ่งในการทำโปรแกรมการสอนจะค่อย ๆ เสนอข้อมูลแก่นักเรียนทีละน้อย และมีกิจกรรมหรือคำถามเพื่อให้ผู้เรียนตอบสนองตามที่ต้องการ และมีการให้การเสริมแรงการตอบสนองที่ถูกต้องโดยทันที นักเรียนสามารถเรียนตามก้าวจังหวะของตนตามความสามารถของแต่ละคน เมื่อโปรแกรมการสอนมีการออกแบบอย่างดีและใช้อย่างเหมาะสม ทำให้เกิดผลดังต่อไปนี้

1. ให้การเสริมแรงคำตอบที่ถูกต้องโดยทันที

2. ครูสามารถดำเนินการสอนไปตามความก้าวหน้าของเด็กแต่ละคนอย่างใกล้ชิด

3. เด็กแต่ละคนเรียนรู้ตามกำลังของตนและตอบปัญหามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ตามเวลาที่กำหนดให้

4. มีแรงตั้งใจในระดับสูงส่งผลให้ผู้เรียนสามารถมีผลสัมฤทธิ์ในระดับสูงต่อไป

5. นักเรียนสามารถจะหยุดหรือเริ่มตรงจุดใดก็ได้อย่างง่ายดาย

6. เป็นการสะสมความรู้ที่ซับซ้อน ค่อย ๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2) การเชื่อมร้อยพฤติกรรม (Chaining) เป็นการนำพฤติกรรมมาเชื่อมเป็นลำดับขั้น (Connected Sequence of Behavior) ซึ่งการเชื่อมร้อยพฤติกรรมจะช่วยสร้างพฤติกรรมที่ซับซ้อนได้ด้วยการนำพฤติกรรมง่าย ๆ ที่ผู้เรียนทำได้อยู่แล้วมาเชื่อมต่อกันเป็นลำดับขั้น ตัวอย่างการเชื่อมร้อยพฤติกรรมในคน อย่างเช่น พฤติกรรมการโทรศัพท์สาธารณะ ประกอบไปด้วย การยกหูโทรศัพท์ การหยอดเหรียญ การกดปุ่มตัวเลข ซึ่งการทำพฤติกรรมเหล่านี้จะต้องเป็นลำดับมิฉะนั้นจะไม่สามารถทำพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ โดยการฝึกให้สามารถทำพฤติกรรมที่ซับซ้อนได้ ผู้สอนจะต้องรู้ลำดับของพฤติกรรมที่จะนำมาเชื่อมต่อกันเป็นครรลองของพฤติกรรม ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

(2.1) การเชื่อมร้อยพฤติกรรมแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) ผู้สอนจะเสริมแรงแก่พฤติกรรมลำดับแรกก่อน จนสามารถทำได้ดี จากนั้นค่อยให้ทำพฤติกรรมลำดับที่สอง จนพฤติกรรมทั้งสองประสานต่อเนื่องกันเป็นอย่างดี จึงค่อยให้ทำพฤติกรรมลำดับที่สามต่อไปและทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ แต่ถ้าพฤติกรรมเชื่อมต่อกันไม่ดีนัก ผู้สอนสามารถใช้การดัดพฤติกรรมช่วยเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำพฤติกรรมนั้น ๆ ได้

(2.2) การเชื่อมร้อยพฤติกรรมแบบย้อนกลับ (Backward Chaining) ผู้สอนสามารถฝึกให้ผู้เรียนทำพฤติกรรมจากลำดับหลังสุดก่อนแล้วค่อย ๆ ย้อนสอนพฤติกรรมจากลำดับหลังมาเรื่อย ๆ จนถึงลำดับแรกสุด เช่น การพับผ้าเช็ดมือเป็นรูปต่าง ๆ โดยการแกะผ้าที่มีรูปต่าง ๆ ออกก่อน แล้วค่อยพับย้อนตามรอบพับไปจนสำเร็จเป็นรูปร่าง เป็นต้น

3) การเรียนรู้ในการแยกแยะสิ่งเร้าและการเปลี่ยนถ่ายสิ่งเร้า (Discrimination Learning and Fading) วิธีทำให้ผู้เรียนทราบได้ว่าควรมีพฤติกรรมอะไรต่อสิ่งเร้าใด สามารถทำได้โดยการวางเงื่อนไขต่อสิ่งเร้านั้นที่แตกต่างกัน (Discrimination) เช่น ถ้าไฟเขียวผู้เรียนกดคาน ผู้เรียนจะได้อาหาร ถ้าไฟแดง ผู้เรียนกดคาน จะไม่ได้อาหาร เป็นต้น

การเปลี่ยนถ่ายสิ่งเร้า (Fading) เป็นการวางเงื่อนไขให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่เหมือนกันต่อสิ่งเร้าสองสิ่ง ผู้สอนจะต้องให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การวางเงื่อนไขในสิ่งเร้าหนึ่งก่อน จากนั้นนำเสนอสิ่งเร้าที่สองพร้อมกับสิ่งเร้าแรก เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้การวางเงื่อนไขการกระทำที่มีต่อสิ่งเร้าทั้งสองแล้วว่าจะได้รับการกระทำแบบใด ผู้สอนสามารถนำสิ่งเร้าแรกออกจากสภาพการณ์นั้น ๆ โดยผู้เรียนจะยังคงมีพฤติกรรมต่อสิ่งเร้าที่สองเหมือนเดิม ตัวอย่างการเปลี่ยนถ่ายการตอบสนองต่อคุณครูเหมือนตอบสนองต่อมารดา เช่น ในวัยเข้าเรียน มารดาสามารถส่งลูกวัยสองขวบไว้ให้ครูที่โรงเรียนอนุบาลได้ด้วยวิธีการเปลี่ยนถ่ายสิ่งเร้า โดยในวันแรกของการเข้าเรียน มารดาควรอยู่กับครูและลูกสักระยะเวลาหนึ่ง จนเห็นว่าเด็กมีพฤติกรรมคุ้นเคย

เป็นปกติเหมือนที่อยู่กับมารดาเพียงลำพัง จากนั้นมารดาค่อย ๆ ลดเวลาที่จะอยู่กับเด็กและครูลงทีละน้อย จนสามารถส่งให้คุณครูที่โรงเรียนและลูกไม่อิดออดที่จะอยู่กับมารดาอีกต่อไป จึงนับได้ว่าการเปลี่ยนถ่ายสิ่งเร้าในครั้งนี้สำเร็จ เป็นต้น

ตัวอย่างพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้ตามหลักการวางเงื่อนไขการกระทำ (Operant Conditioning) โดยการแก้ปัญหาด้วยการหยั่งเห็น (Insightful Problem Solving) เป็นตัวอย่างหนึ่ง ซึ่งนักวิจัยชาวเยอรมันที่ชื่อว่า โคเลอร์ (Kohler, 1973) ได้เขียนการแก้ปัญหาแบบหยั่งเห็นไว้ในหนังสือ The Mentality of Apes ในการทดลองที่ทำให้เขามีชื่อเสียงที่สุด เขาทำการทดลองโดยการให้ไม้แก่ลิงชิมแพนซีที่ชื่อว่า Sultan 2 ท่อน ขนาดความยาวไม่เท่ากัน แต่ปลายของไม้ท่อนหนึ่งสามารถสอดใส่ลงไปในปลายของไม้อีกท่อนหนึ่งได้ ถ้าเอาไม้สอดใส่กันได้จะทำให้ได้ไม้ที่ยาวขึ้นมาได้หนึ่งท่อน โคเลอร์วางกล้วยไว้ด้านนอกของกรงซึ่งมีระยะห่างจากกรงไกลเกินกว่าที่จะใช้ไม้ท่อนใดท่อนหนึ่งเขี่ยถึง Sultan ใช้เวลานานเป็นชั่วโมงที่มองดูไม้และในที่สุด Sultan สามารถนำไม้มาต่อกันและเขี่ยกล้วยมากินได้ เป็นต้น

ด้วยทฤษฎีการวางเงื่อนไขการกระทำสามารถอธิบายหลักการเรียนรู้ของมนุษย์และสัตว์ให้เข้าใจได้ง่ายและมีข้อพิสูจน์ว่าเป็นจริง ทำให้นักจิตวิทยา นักทรัพยากรมนุษย์ นักการตลาด เป็นต้น นำหลักการดังกล่าวนี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันตามตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. การฝึกสัตว์ให้สามารถทำพฤติกรรมที่เหมาะสม

2. การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม (Behavior Modification)

3. การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในองค์กร (Organizational Behavior Modification)

4. การใช้คูปองแลกเปลี่ยนรางวัล (Token)

5. วัตถุประสงค์ของการสอน (Instructional Objective) / วัตถุประสงค์ของพฤติกรรม (Behavioral Objective) / วัตถุประสงค์ของการทำงาน (Performance Objective) เพื่อสร้างพฤติกรรมที่ยังทำไม่ได้ให้เป็นพฤติกรรมที่ทำได้โดยการใช้รางวัลและการให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback)

6. เครื่องมือสอน (Teaching Machines) / การเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ (Computer-Based Instruction) ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการเรียนการสอนมากขึ้นในชั้นเรียน

7. ระบบการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Personalized System of Instruction หรือ PSI) โดย เคลเลอร์ (Keller, 1968) หรือ เรียกว่า Keller Plan มีลักษณะดังนี้

1) เน้นที่การศึกษาด้วยตนเอง ผู้สอนมีหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลและเป็นผู้ที่ตอบคำถามให้นักเรียน

2) เน้นที่ความไวในการเรียนรู้ของแต่ละคน (Self-Pacing) นักเรียนแต่ละคนสามารถทำข้อสอบเมื่อตนเองพร้อม

3) นักเรียนต้องผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (Unit Mastery Requirement) นักเรียนต้องสอบผ่านระดับที่กำหนดให้ในแต่ละบท ผ่านทุกบทจึงจะถือว่าสอบผ่านวิชานี้

4) การใช้ผู้ตรวจข้อสอบและให้คะแนนในทันทีที่นักเรียนทำข้อสอบเสร็จ (Use of Proctors) นักเรียนจะทราบคะแนนสอบได้ทันทีที่สอบเสร็จ

5) เทคนิคในการสอนของผู้สอนเป็นส่วนเสริมให้เกิดแรงจูงใจได้ (Supplementary Instructional Techniques) การเรียนแบบ PSI ผู้สอนสามารถใช้การบรรยายและการสาธิตในหัวข้อที่นักเรียนซักถามหรือไม่เข้าใจ อีกทั้งนักเรียนสามารถศึกษาตามความขยันและความรวดเร็วในการเรียนของตนเอง ไม่ต้องคอยเรียนพร้อมกับผู้อื่น

ในการฝึกหรือการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมไม่ว่าจะเป็นของสัตว์หรือของบุคคลที่เกี่ยวข้องหรือผู้เรียน ผู้สอนจะต้องมีการวางแผนในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งสิ่งที่ผู้สอนต้องคิดพิจารณาในการวางแผน มีดังนี้

1. กำหนดพฤติกรรมเป้าหมาย ว่า ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนทำอะไร การกำหนดพฤติกรรมต้องชัดเจนและอยู่ในระดับที่ผู้เรียนสามารทำได้

2. กำหนดสิ่งเร้าเหนี่ยวนำให้เกิดพฤติกรรมอย่างชัดเจน

3. เลือกหลักการเสริมแรง

4. กำหนดการเสริมแรงที่เหมาะสม โดยสามารถดูประวัติการเสริมแรงของผู้เรียน หรืออาจใช้การพูดคุยถึงสิ่งที่ผู้เรียนอยากได้หรือปรารถนาที่จะได้รับ เป็นต้น

5. เลือกกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

1) ถ้างานยากใช้การดัดพฤติกรรมและการเชื่อมร้อยพฤติกรรมเข้ามาช่วย

2) เลือกกำหนดการเสริมแรงที่จะใช้ในการวางเงื่อนไข

6. ดำเนินการตามที่วางแผนและบันทึกการเกิดพฤติกรรม ตัวแปรอื่น ๆ ที่แทรกซ้อน

7. ประเมินการสอนและพฤติกรรมการเรียนว่าเกิดขึ้นตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ ถ้าไม่เกิดให้พิจารณาและปรับปรุงแก้ไข

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นทำการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 2 ระยะ ดังนี้

**ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

1.1 การกำหนดกลุ่มทดลอง

1.2 การกำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.4 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

**ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

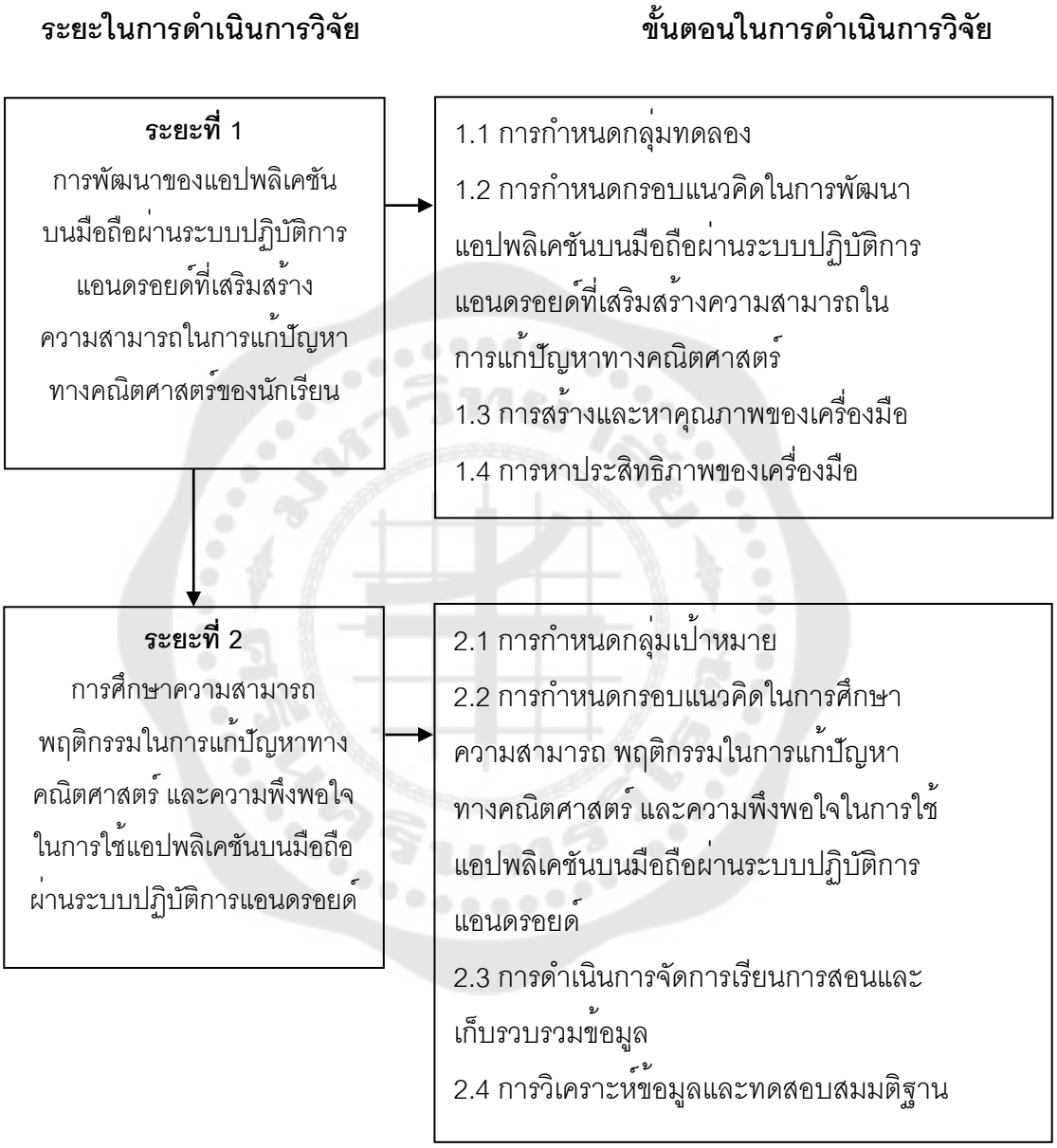
2.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

2.2 การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2.3 การดำเนินการจัดการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน

โดยการดำเนินการใน 2 ระยะดังกล่าวสามารถแสดงความสัมพันธ์และรายละเอียดของขั้นตอนการวิจัยตามภาพประกอบ 24 ดังนี้




ภาพประกอบ 24 ระยะและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

**ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1.1 **การกำหนดกลุ่มทดลอง**

กลุ่มทดลองที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2564 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนรุ่งอรุณ (ทั้งนี้โรงเรียนรุ่งอรุณเป็นโรงเรียนทางเลือกที่มีการจัดการเรียนการสอน 3 ภาคเรียน ใน 1 ปีการศึกษา) และมีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ซึ่งทำการพิจารณาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) เพื่อใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ 3 ครั้ง ดังนี้

1.1.1 **การหาประสิทธิภาพรายบุคคล** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

1.1.2 **การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคล

1.1.3 **การหาประสิทธิภาพภาคสนาม** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 24 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคลและกลุ่มย่อย

**1.2 การกำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

จากการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นอุปสรรคในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มาทำการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) โดยผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากของ Stanford d.school กับ Double Diamond Design Process ของ UK Design Council (ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC], 2560) โดยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) 2) การสร้างความต้องการ (Requirement) 3) การออกแบบ (Design) 4) การทดสอบ (Test) 5) การติดตั้ง (Installation) และ 6) การประเมินผล (Evaluation) ดังภาพประกอบ 19 และใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya's Problem-Solving Process) เป็นหลักในการออกแบบเพื่อช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อีกทั้งยังทำการศึกษาแนวทางการวัดผลและประเมินผลตามแนวคิดของชาร์ล เลสเทอร์ และโอแดฟเฟอร์ (Charles, Lester & O'Daffer's Concept) เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดของการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้สอดคล้องกัน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

**1.2.1 จุดมุ่งหมายของการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ**

การใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (1) ด้านทำความเข้าใจปัญหา (2) ด้านวางแผนแก้ปัญหา (3) ด้านดำเนินการตามแผน และ (4) ด้านตรวจสอบผล

**1.2.2 ขอบเขตของการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ**

การใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนใช้เวลา

แผนละ 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

ในแอปพลิเคชันบนมือถือนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้ถึงกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาและประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น ซึ่งในแต่ละขั้นตอนนักเรียนจะได้ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) **ขั้นทำความเข้าใจปัญหา** (Understanding the Problem) เป็นขั้นตอนแรกที่นักเรียนต้องอ่าน ทำความเข้าใจ และพิจารณาสถานการณ์ปัญหาเพื่อสามารถระบุส่วนสำคัญของปัญหาด้วยตนเองหรือครูอาจทำหน้าที่สร้างความสนใจ/กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นหรือสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงประเด็นต่าง ๆ เข้ากับสถานการณ์ปัญหาข้อนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้องและเข้าใจปัญหาที่กำหนดให้ได้ซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบลากวาง (Drag & Drop) แบบไฮไลต์ (Highlight) และ แบบตอบสั้น (Short Answer)

2) **ขั้นวางแผนแก้ปัญหา** (Devising a Plan) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ต้องการทราบซึ่งอาจต้องใช้กฎ บทนิยาม ทฤษฎี มโนทัศน์ต่าง ๆ หรือกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์มาใช้ในการวางแผนแก้ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern) และ แบบลากวาง (Drag & Drop)

3) **ขั้นดำเนินการตามแผน** (Carrying out the Plan) ขั้นตอนนี้ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 โดยดำเนินการตามวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบลากวาง (Drag & Drop) และ แบบตอบสั้น (Short Answer)

4) **ขั้นตรวจสอบผล** (Looking Back) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาว่าถูกต้องตามกระบวนการที่ได้วางไว้ หรือวิธีการทางคณิตศาสตร์หรือไม่ โดยการมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มาแล้วตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งสรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหาซึ่งนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบ ดังนี้ แบบตอบหลากหลาย (Multiple Answer) และ แบบกราฟ (Graph)

หน้า SMATH Application ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แสดงดังภาพประกอบ 25 โดย a ถึง r แทนหน้าแต่ละหน้าของแอปพลิเคชัน ดังนี้

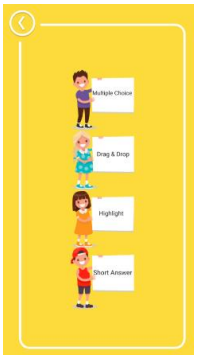
(a) หน้าหลักของแอปพลิเคชัน
(b) หน้าเลือก Level
(c) หน้าเลือกสถานการณ์ปัญหา
(d) หน้าขั้นตอนการแก้ปัญหา
(e) หน้ารูปแบบของขั้นทำความเข้าใจปัญหา
(f) หน้ารูปแบบของขั้นวางแผนแก้ปัญหา
(g) หน้ารูปแบบของขั้นดำเนินการตามแผน
(h) หน้ารูปแบบของขั้นตรวจสอบผล
(i) หน้าแสดงสถานการณ์ปัญหา
(j) หน้าคำถามของรูปแบบ Multiple Choice
(k) หน้าคำถามของรูปแบบ Drag & Drop
(l) หน้าคำถามของรูปแบบ Highlight
(m) หน้าคำถามของรูปแบบ Short Answer
(n) หน้าคำถามของรูปแบบ Create Pattern
(o) หน้าคำถามของรูปแบบ Drag & Drop ที่เป็น Flow Chart
(p) หน้าคำถามของรูปแบบ Graph
(q) หน้าแสดงกราฟ
(r) หน้าแสดงผลคะแนน

(a)

(b)

(c)

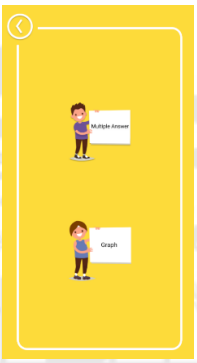
(d)



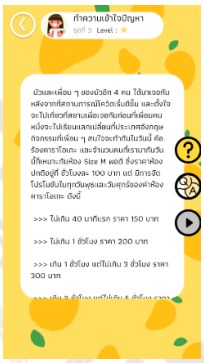

(e)

(f)

(g)



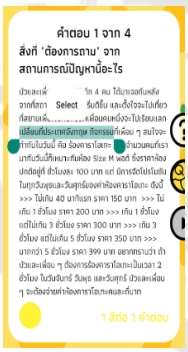

(h)




(i)

(j)

(k)



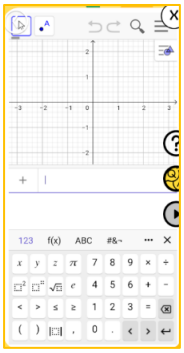

(l)

(m)

(n)

(o)

(p)



(q)

(r)

ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างหน้า SMATH Application

**1.2.3 แนวทางในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ**

การใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน แต่ละแผนใช้เวลาแผนละ 4 คาบเรียน หรือ 3+1 คาบเรียน โดย 3 คาบเรียนแรกของแต่ละแผนเป็นเวลาที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ใน SMATH Application บนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ 1 คาบเรียนหลังของแต่ละแผนเป็นเวลาที่นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน รวมเป็นจำนวน 20 คาบเรียน ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนอย่างละ 2 คาบเรียน รวมเป็นจำนวน 4 คาบเรียน และระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application จำนวน 1 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

เพื่อศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้แบ่งการจัดการเรียนการสอนออกเป็นแต่ละช่วง ดังนี้

| | |
|---|---|
| ช่วง Pre - Test | คาบเรียนที่ 1 - 2 |
| ช่วงที่ 1 | คาบเรียนที่ 3 – 6 |
| ช่วงที่ 2 | คาบเรียนที่ 7 – 10 |
| ช่วงที่ 3 | คาบเรียนที่ 11 – 14 |
| ช่วงที่ 4 | คาบเรียนที่ 15 – 18 |
| ช่วงที่ 5 | คาบเรียนที่ 19 – 22 |
| ช่วง Post - Test | คาบเรียนที่ 23 – 25 |

โดยในแต่ละช่วงมีรายละเอียดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังตาราง 4

ตาราง 4 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

| ช่วงที่ | คาบเรียนที่ | การจัดการเรียนการสอน |
|---|---|---|
| ช่วง Pre - Test | 1 – 2 | - ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน |
| ช่วงที่ 1 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา) | 3 – 5 | - ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ใน รูปแบบ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer |
| | 6 | - ทดสอบย่อยช่วงที่ 1 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา |
| ช่วงที่ 2 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน) | 7 – 9 | - ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในการแก้ปัญหา (ปัญหาแบบง่าย) ในแต่ละขั้น ดังนี้<br>ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer<br>ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop<br>ขั้นดำเนินการตามแผน ผ่านรูปแบบของ Drag & Drop และ Short Answer |
| | 10 | - ทดสอบย่อยช่วงที่ 2 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน |
| ช่วงที่ 3 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) | 11 – 13 | - ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในการแก้ปัญหา (ปัญหาแบบง่าย) ในแต่ละขั้น ดังนี้<br>ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer<br>ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop<br>ขั้นดำเนินการตามแผน ผ่านรูปแบบของ Drag & Drop และ Short Answer<br>ขั้นตรวจสอบผล ผ่านรูปแบบของ Multiple Answer และ Graph |

ตาราง 4 (ต่อ)

| ช่วงที่ | คาบเรียนที่ | การจัดการเรียนการสอน |
|---|---|---|
| | 14 | - ทดสอบย่อยช่วงที่ 3 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล |
| ช่วงที่ 4 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) | 15 - 17 | - ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการแก้ปัญหา (ปัญหาแบบปานกลาง) ในแต่ละขั้น ดังนี้<br>ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer<br>ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop<br>ขั้นดำเนินการตามแผน ผ่านรูปแบบของ Drag & Drop และ Short Answer<br>ขั้นตรวจสอบผล ผ่านรูปแบบของ Multiple Answer และ Graph |
| | 18 | - ทดสอบย่อยช่วงที่ 4 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล |
| ช่วงที่ 5 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) | 19 – 21 | - ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการแก้ปัญหา (ปัญหาแบบยาก) ในแต่ละขั้น ดังนี้<br>ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer<br>ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop<br>ขั้นดำเนินการตามแผน ผ่านรูปแบบของ Drag & Drop และ Short Answer<br>ขั้นตรวจสอบผล ผ่านรูปแบบของ Multiple Answer และ Graph |
| | 22 | - ทดสอบย่อยช่วงที่ 5 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล |

ตาราง 4 (ต่อ)

| ช่วงที่ | คาบเรียนที่ | การจัดการเรียนการสอน |
|---|---|---|
| ช่วง Post - Test | 23 – 24 | - ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน |
| | 25 | - ทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application |

สำหรับขั้นตอนการดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในแต่ละช่วง ในแต่ละคาบเรียน ผู้วิจัยดำเนินการโดยมีรายละเอียด ดังนี้

**ช่วง Pre – Test** การจัดการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 1 – 2 เป็นการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**ช่วงที่ 1 (คาบเรียนที่ 3 – 6)** การจัดการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 3 - 6 เป็นการจัดการเรียนการสอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา) โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งในคาบเรียนที่ 3 – 5 จะใช้ SMATH Application ในการแก้ปัญหาแบบง่ายในแต่ละรูปแบบ ดังนี้ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer ส่วนในคาบเรียนที่ 5 เป็นการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา) ของนักเรียน

**ช่วงที่ 2 (คาบเรียนที่ 7 – 10)** การจัดการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 7 – 10 เป็นการจัดการเรียนการสอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน) โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งในคาบเรียนที่ 7 – 9 จะใช้ SMATH Application ในการแก้ปัญหาแบบง่ายในแต่ละรูปแบบ ดังนี้ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop ขั้นดำเนินการตามแผน ผ่าน

รูปแบบของ Drag & Drop และ Short Answer ส่วนในคาบเรียนที่ 10 เป็นการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน) ของนักเรียน

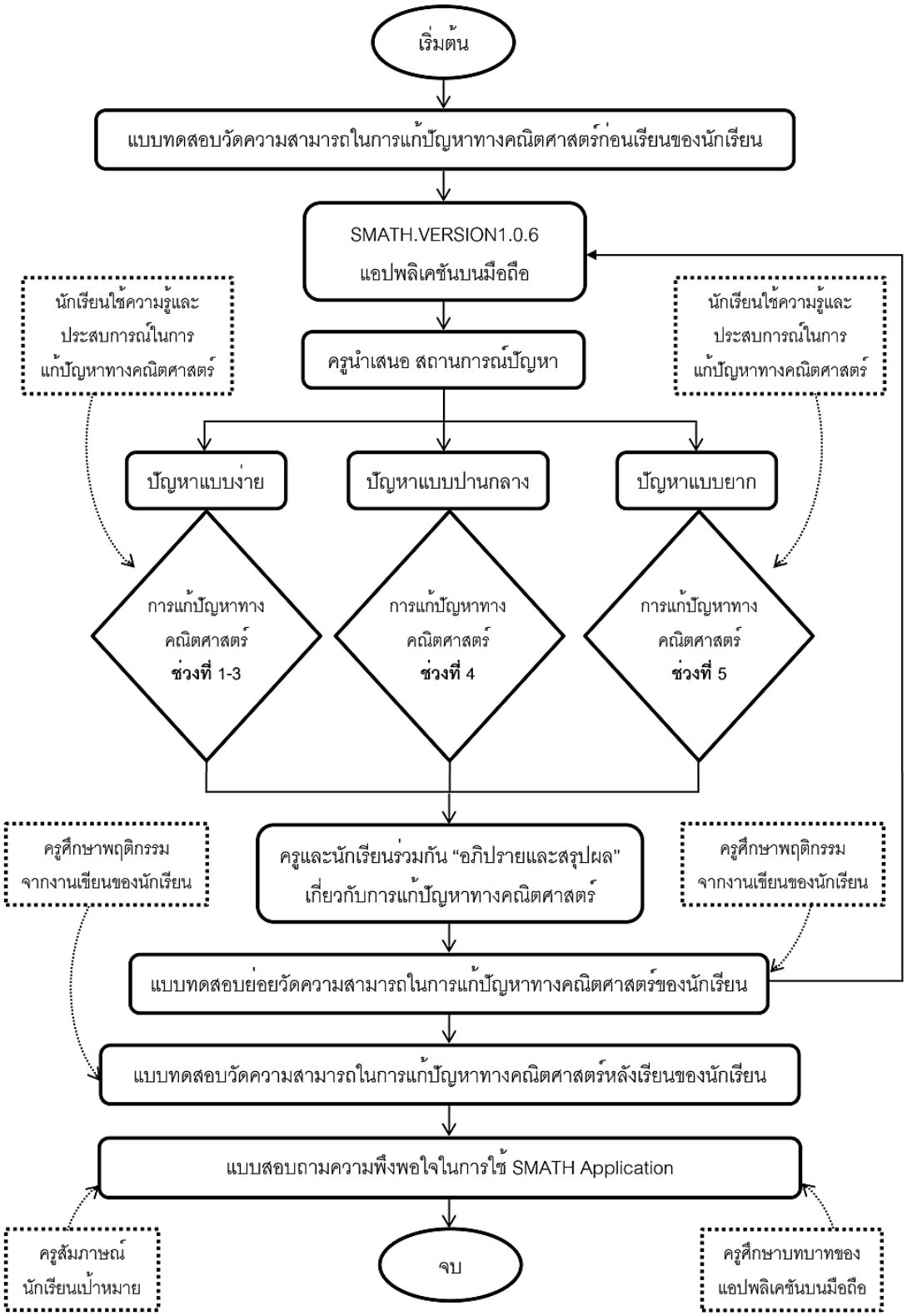
**ช่วงที่ 3 (คาบเรียนที่ 11 – 14)** การจัดการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 11 – 14 เป็นการจัดการเรียนการสอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งในคาบเรียนที่ 11 – 13 จะใช้ SMATH Application ในการแก้ปัญหาแบบง่ายในแต่ละรูปแบบ ดังนี้ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop ขั้นดำเนินการตามแผน ผ่านรูปแบบของ Drag & Drop และ Short Answer ขั้นตรวจสอบผล ผ่านรูปแบบของ Multiple Answer และ Graph ส่วนในคาบเรียนที่ 14 เป็นการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) ของนักเรียน

**ช่วงที่ 4 (คาบเรียนที่ 15 – 18)** การจัดการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 15 – 18 เป็นการจัดการเรียนการสอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา(ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งในคาบเรียนที่ 15 - 17 จะใช้ SMATH Application ในการแก้ปัญหาแบบปานกลางในแต่ละรูปแบบ ดังนี้ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop ขั้นดำเนินการตามแผน ผ่านรูปแบบของ Drag & Drop และ Short Answer ขั้นตรวจสอบผล ผ่านรูปแบบของ Short Answer และ Graph ส่วนในคาบเรียนที่ 18 เป็นการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) ของนักเรียน

**ช่วงที่ 5 (คาบเรียนที่ 19 - 22)** การจัดการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 19 – 22 เป็นการจัดการเรียนการสอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งในคาบเรียนที่ 19 – 21 จะใช้ SMATH Application ในการแก้ปัญหาแบบยากในแต่ละรูปแบบ ดังนี้ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผ่านรูปแบบของ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop ขั้นดำเนินการตามแผน ผ่านรูปแบบของ Drag & Drop และ Short Answer ขั้นตรวจสอบผล ผ่านรูปแบบของ Short Answer และ Graph ส่วนในคาบเรียนที่ 22 เป็นการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) ของนักเรียน

**ช่วง Post – Test (คาบเรียนที่ 23 - 25)** การจัดการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 23 - 24 เป็นการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ส่วนในคาบเรียนที่ 25 เป็นการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียน

สำหรับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ดังภาพประกอบ 26




ภาพประกอบ 26 แนวทางในการจัดการเรียนการสอน

**1.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (2) เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ (3) เครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือ ดังนี้

**1.3.1 เครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

เครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา 4 ขั้นตอน (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และ ขั้นตรวจสอบผล) และ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนใช้เวลาแผนละ 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ โดยเนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหา เรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

**1.3.2 เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

**1) แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละช่วงหลังจากใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ

(SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยเนื้อหาที่ใช้ในแต่ละข้อเป็นเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และในแต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring) ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็น 5 ช่วง ดังนี้

(1.1) **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วงที่** 1 เป็นชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา) ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย จำนวน 3 ข้อ

(1.2) **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วงที่** 2 เป็นชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน) ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย จำนวน 2 ข้อ

(1.3) **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วงที่** 3 เป็นชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย จำนวน 2 ข้อ

(1.4) **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วงที่** 4 เป็นชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบปานกลาง จำนวน 2 ข้อ

(1.5) **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วงที่** 5 เป็นชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบยาก จำนวน 2 ข้อ

2) **แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นชุดของสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในรูปแบบของข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบ

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านทำความเข้าใจปัญหา ด้านวางแผนแก้ปัญหา ด้านดำเนินการตามแผน และด้านตรวจสอบผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ โดยแบ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย จำนวน 1 ข้อ สถานการณ์ปัญหาแบบปานกลาง จำนวน 1 ข้อ และสถานการณ์ปัญหาแบบยาก จำนวน 1 ข้อ ซึ่งเนื้อหาที่ใช้ในแต่ละข้อเป็นเนื้อหา เรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และในแต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring) ดังตาราง 5

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของแบบทดสอบย่อยและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

| **เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์** | |
|---|---|
| **1. ด้านทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)** | **คะแนน** |
| • ระบุสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง | 1 |
| • ระบุสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน | 0.5 |
| • ระบุสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ | 0 |
| • ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน | 2 |
| • ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน | 1 |
| • ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขจากสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ | 0 |
| **2. ด้านวางแผนแก้ปัญหา (4 คะแนน)** | **คะแนน** |
| • ระบุ “ตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร)” หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง | 1 |
| • ระบุ “ตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร)” หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน | 0.5 |
| • ระบุ “ตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร)” หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ | 0 |

ตาราง 5 (ต่อ)

| เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ | |
|---|---|
| • ปรับเปลี่ยน “สถานการณ์ปัญหา” ที่กำหนดให้อยู่ในรูป “สมการ” แสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน | 2 |
| • ปรับเปลี่ยน “สถานการณ์ปัญหา” ที่กำหนดให้อยู่ในรูป “สมการ” แสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน | 1 |
| • ปรับเปลี่ยน “สถานการณ์ปัญหา” ที่กำหนดให้อยู่ในรูป “สมการ” แสดงความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ | 0 |
| • ระบุ “ขอบเขต” ของคำตอบจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง | 1 |
| • ระบุ “ขอบเขต” ของคำตอบจากสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ | 0 |
| **3. ด้านดำเนินการตามแผน (5 คะแนน)** | **คะแนน** |
| • แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน | 3 |
| • แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ส่วนใหญ่ | 2 |
| • แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน | 1 |
| • แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง | 0 |
| • คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน | 2 |
| • คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน | 1 |
| • คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่คำนวณ | 0 |
| **4. ด้านตรวจสอบผล (3 คะแนน)** | **คะแนน** |
| • ตรวจสอบการได้มาของคำตอบจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง | 1 |
| • ตรวจสอบการได้มาของคำตอบจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน | 0.5 |
| • ตรวจสอบการได้มาของคำตอบจากสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่ตรวจสอบ | 0 |

ตาราง 5 (ต่อ)

| | |
|---|---|
| • แปลความหมายของคำตอบที่ได้จากการคำนวณ ออกมาเป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน | 2 |
| • แปลความหมายของคำตอบที่ได้จากการคำนวณ ออกมาเป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน | 1 |
| • แปลความหมายของคำตอบที่ได้จากการคำนวณ ออกมาเป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่แปลความหมาย | 0 |

โดยสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย สถานการณ์ปัญหาแบบปานกลาง และสถานการณ์ปัญหาแบบยาก มีรายละเอียดดังนี้

**สถานการณ์ปัญหาแบบง่าย** – ปัญหาขั้นเดียว (One-Step Translation Problems) มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนในการดำเนินการ สามารถแก้ปัญหานั้นได้โดยตรง โดยใช้ความรู้ เรื่อง ความสัมพันธ์

**สถานการณ์ปัญหาแบบปานกลาง** – ปัญหาสองขั้น (Two-Step Translation Problems) มีการดำเนินการ 2 การดำเนินการในการแก้ปัญหา และคำตอบ 2 คำตอบ โดยใช้ความรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้น

**สถานการณ์ปัญหาแบบยาก** – ปัญหาหลายขั้น (Multistep Translation Problems) มีการดำเนินการมากกว่า 2 การดำเนินการในการแก้ปัญหา และคำตอบ มากกว่า 2 คำตอบ โดยใช้ความรู้ เรื่อง สมการกำลังสอง

1.3.3 **เครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

เครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนแต่ละคนเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้ในคาบเรียนสุดท้ายของการจัดการเรียนการสอน ซึ่งวัดความพึงพอใจในแต่ละด้าน ดังนี้

1) ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2) ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

3) ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

นอกจากนี้ผู้วิจัยสร้างแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application จำนวน 5 ข้อ เพื่อวิเคราะห์บทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนเป้าหมาย โดยใช้เวลานอกคาบเรียนปกติ หลังจากคาบสุดท้ายของการจัดการเรียนการสอน

**ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ**

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพเครื่องมือที่จะใช้เพื่อการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีดังนี้

**1) กำหนดจุดมุ่งหมาย/ขอบเขตของเครื่องมือแต่ละชนิด**

กำหนดจุดมุ่งหมายของเครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

**2) ดำเนินการสร้างเครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

หลังจากที่ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งสัมภาษณ์ครูและนักเรียนเป็นที่เรียบร้อยแล้วผู้วิจัยนำกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ที่ผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากของ Stanford d.school กับ Double Diamond Design Process ของ UK Design Council (ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC], 2560) โดยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) 2) การสร้างความต้องการ (Requirement) 3) การออกแบบ (Design) 4) การทดสอบ (Test) 5) การติดตั้ง (Installation) และ 6) การประเมินผล (Evaluation) ซึ่งเริ่มจากการนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ (Analysis) เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างความต้องการ (Requirement) ก่อนจะไปทำการออกแบบ

(Design) ในขั้นตอนถัดไปผ่านเว็บไซด์ www.figma.com เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า โดยใช้ภาษา JavaScript แล้วทำการทดสอบแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Test) ในส่วนต่าง ๆ เพื่อค้นหาข้อผิดพลาด พร้อมปรับปรุงแก้ไขแอปพลิเคชันให้ทำงานได้ถูกต้องและสอดคล้องกับความต้องการที่กำหนดไว้ให้ได้มากที่สุด จากนั้นรวบรวมสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจและข้อคำถามทั้งหมดใส่ลงไปในฐานข้อมูลของ Firebase ผ่าน www.firebase.google.com และทำการเชื่อมโยงแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) กับฐานข้อมูล เพื่อใส่ลงไปใน SMATH Application สุดท้ายทำการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน โดยแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนใช้เวลา 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

นำแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน และแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์แล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ใน SMATH Application ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้เครื่องมือวิจัยตามที่กำหนด

นำแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ไปติดตั้ง (Installation) ให้กับนักเรียน และนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองกับกลุ่มทดลองซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 33 คน ของโรงเรียนรุ่งอรุณ เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพของเครื่องมือและทำการประเมินผล (Evaluation) ของเครื่องมือจากความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน โดยใช้นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ในการทดลองเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ ซึ่งทำการพิจารณาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) เพื่อกำหนดเป็นนักเรียนกลุ่มทดลองสำหรับหาประสิทธิภาพโดยทำการทดลองหาประสิทธิภาพจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ (1) การหาประสิทธิภาพรายบุคคล (2) การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย และ (3) การหาประสิทธิภาพภาคสนาม หลังจากทดลองใช้กับกลุ่มทดลองแล้ว ได้นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับแก้ไขให้มีความเหมาะสมมากขึ้นเพื่อไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

**3) ดำเนินการสร้างเครื่องมือสำหรับการวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

การสร้างเครื่องมือสำหรับการวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

**3.1) สร้างแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบย่อย ดังนี้

(3.1.1) สร้างแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วงที่ 1 โดยเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ (ใช้จริง 3 ข้อ) คะแนนเต็ม 12 คะแนน แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วงที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 3 ข้อ (ใช้จริง 2 ข้อ) คะแนนเต็ม 24 คะแนน และ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ช่วงที่ 3 - 5 เป็นข้อสอบอัตนัยช่วงละ 3 ข้อ (ใช้จริงช่วงละ 2 ข้อ) คะแนนเต็มช่วงละ 30 คะแนน ในแต่ละช่วงของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ระยะเวลาที่ใช้จำนวน 1 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที จากนั้นนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

(3.1.2) เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์แล้ว จึงนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถใน

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ

(3.1.3) วิเคราะห์ข้อมูลจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) หรือ IOC หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามที่กำหนดของแต่ละช่วง

(3.1.4) นำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยเป็นการสอบในแต่ละช่วงหลังจากนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวนทั้งหมด 5 ครั้ง

(3.1.5) นำคะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 24 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับนักเรียนที่ใช้หาประสิทธิภาพภาคสนาม มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ จำนวนทั้งหมด 11 ข้อ โดยคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป

(3.1.6) หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 3.1.5 โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha$ – Coefficient)

3.2) **สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบ ดังนี้

(3.2.1) สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน โดยเป็นข้อสอบอัตนัยอย่างละ 6 ข้อ (ใช้จริงอย่างละ 3 ข้อ) คะแนนเต็มอย่างละ 45 คะแนน ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน จำนวน 2 คาบเรียน และ หลังเรียน จำนวน 2 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที จากนั้นนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

(3.2.2) เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์แล้ว จึงนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ

(3.2.3) วิเคราะห์ข้อมูลจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) หรือ IOC หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ตามที่กำหนดของแต่ละช่วง

(3.2.4) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองโดยเป็นการสอบ

(3.2.5) นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 24 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับนักเรียนที่ใช้หาประสิทธิภาพภาคสนาม มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ จำนวนทั้งหมด 3 ข้อ โดยคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.2 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป

(3.2.6) หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ที่ได้จากข้อ 3.2.5 โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha$ – Coefficient)

**4) ดำเนินการสร้างเครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

การสร้างเครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ประกอบด้วย 1) ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) ระดับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ 3) แสดงความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่มีต่อการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจดังนี้

4.1) สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ซึ่งเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) โดยใช้ในคาบเรียนสุดท้ายของการจัดการเรียนการสอน มีจำนวนทั้งหมด 20 ข้อ ที่อยู่ในส่วนของระดับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบ่งออกเป็นด้านแต่ละด้าน ดังนี้

1) ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 5 ข้อ

2) ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 9 ข้อ

3) ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 6 ข้อ

4.2) สร้างแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application บนมือถือซึ่งเป็นแบบบันทึกภาคสนาม (Field Note) โดยใช้เวลานอกคาบเรียนปกติ หลังจากคาบสุดท้ายของการจัดการเรียนการสอน มีจำนวนทั้งหมด 5 ข้อ

4.3) นำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application และแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข

4.4) เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์แล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ

4.5) วิเคราะห์ข้อมูลจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence) หรือ IOC หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อในส่วนของระดับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application และแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application และแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application ตามที่กำหนด

4.6) นำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยเป็นการประเมินหลังจากใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH

Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน

**1.4 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ**

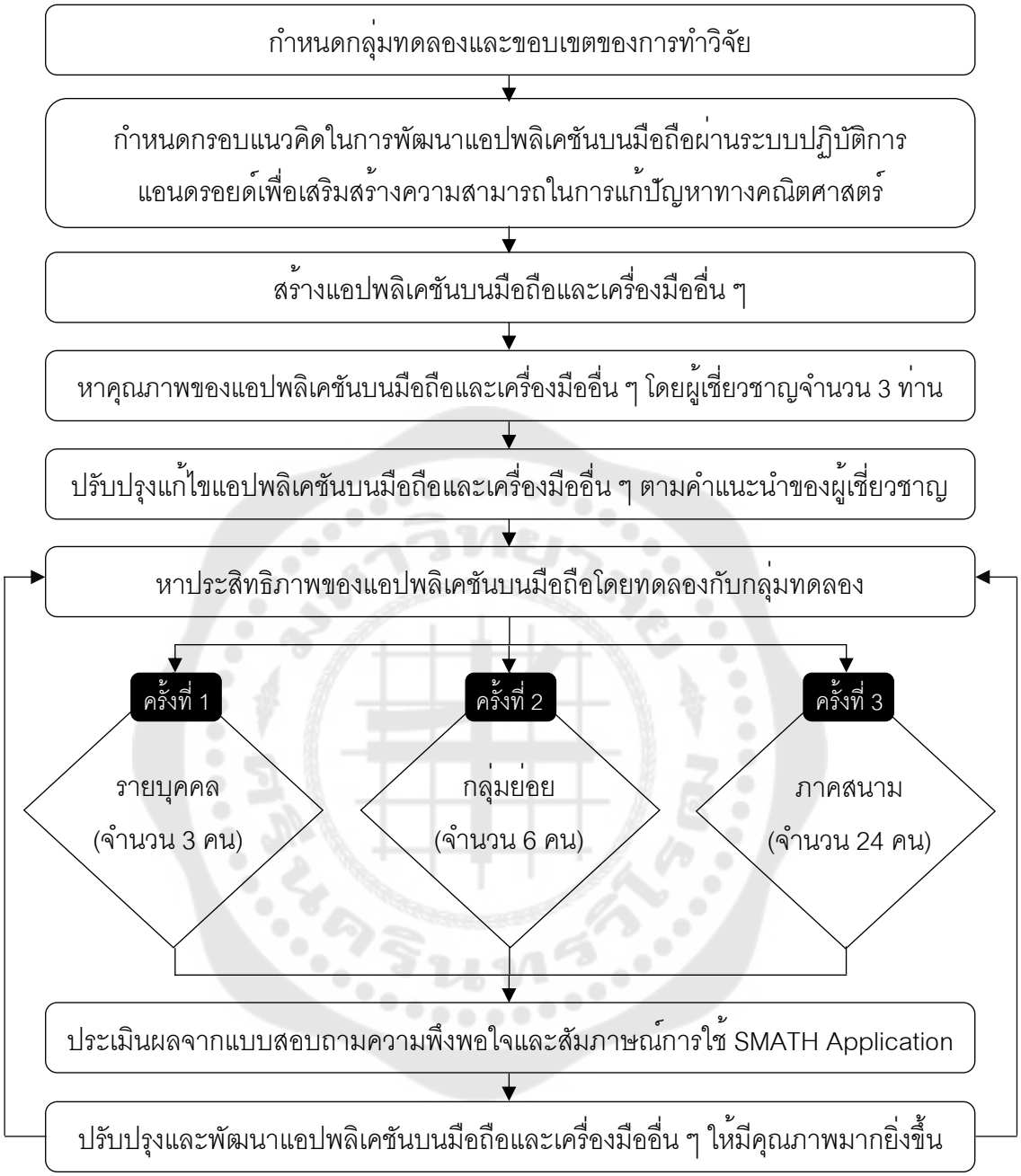
ในการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลอง ดังนี้

**1.4.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน ซึ่งให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามในแต่ละรูปแบบ และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พร้อมทั้งศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

**1.4.2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคล ซึ่งให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามในแต่ละรูปแบบ และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พร้อมทั้งศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

1.4.3 **การหาประสิทธิภาพภาคสนาม** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 24 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคลและกลุ่มย่อย ซึ่งให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามในแต่ละรูปแบบ และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พร้อมทั้งศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปขั้นตอนการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือดังภาพประกอบ 27




ภาพประกอบ 27 ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ

**ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

ในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

**2.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย**

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนรุ่งอรุณ โดยเป็นกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ซึ่งพิจารณาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

นอกจากนี้ผู้วิจัยเลือกนักเรียนเป้าหมาย (Target Students) เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับการกล้าแสดงออกการสื่อสารและการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน และใช้การพิจารณาจากงานเขียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการสะท้อนคิดของนักเรียนจากการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งนักเรียนเป้าหมายนี้ได้จากกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มแล้วนำคะแนนของนักเรียนเหล่านั้นมาเรียงและแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) จากนั้นทำการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 6 คน จากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน โดยผู้วิจัยพิจารณาจากงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) และสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application และกล้องวีดิทัศน์ในการบันทึกรายละเอียดระหว่างการสัมภาษณ์

**2.2 การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยศึกษากรอบแนวคิดการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล เพื่อนำมากำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นอกจากนี้ยังได้ศึกษากรอบแนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจเพื่อมากำหนดแนวทางในการประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รวมถึงกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) ผ่านแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ซึ่งผู้วิจัยได้วัดความพึงพอใจทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (2) ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ (3) ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 **ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง การแสดงออกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ฟังก์ชัน ในด้านทำความเข้าใจปัญหา ด้านวางแผนแก้ปัญหา ด้านดำเนินการตามแผน และด้านตรวจสอบผล โดยพิจารณาจาก

1) คะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ คิดเป็นร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม

2) คะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม ซึ่งประกอบด้วย

- แบบทดสอบย่อย ช่วงที่ 1 คิดเป็น ร้อยละ 8 ของคะแนนเต็ม
- แบบทดสอบย่อย ช่วงที่ 2 คิดเป็น ร้อยละ 8 ของคะแนนเต็ม
- แบบทดสอบย่อย ช่วงที่ 3 คิดเป็น ร้อยละ 8 ของคะแนนเต็ม
- แบบทดสอบย่อย ช่วงที่ 4 คิดเป็น ร้อยละ 8 ของคะแนนเต็ม
- แบบทดสอบย่อย ช่วงที่ 5 คิดเป็น ร้อยละ 8 ของคะแนนเต็ม

3) คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน คิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

2.2.2 **พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง การแสดงออกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านงานเขียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) **ด้านทำความเข้าใจปัญหา** โดยพิจารณาจากการระบุสิ่งที่สถานการณ์ปัญหากำหนด (ข้อมูล) และสิ่งที่ต้องการหาหรือสิ่งที่ไม่รู้ ตลอดจนสิ่งที่ต้องการถามและเงื่อนไขจากสถานการณ์ปัญหา

2) **ด้านวางแผนแก้ปัญหา** โดยพิจารณาจากการเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ระบุตัวแปรที่เกิดขึ้นนำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์ (สมการ) ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา รวมถึงสามารถระบุขอบเขตหรือความเป็นไปได้ของคำตอบและวางแผนแก้ปัญหาในรูปของผังงาน (Flow Chart) จากสถานการณ์ปัญหา

3) **ด้านดำเนินการตามแผน** โดยพิจารณาจากการแสดงวิธีการหาคำตอบหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบ พร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบการค้นหาคำตอบเหล่านั้น

4) **ด้านตรวจสอบผล** โดยพิจารณาจากการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลและตรงกับสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาถามหรือไม่ จากนั้นปรับเปลี่ยนคำตอบจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด

โดยในการศึกษาพฤติกรรมดังกล่าวข้างต้น พิจารณาจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

2.2.3 **ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์** หมายถึง ความรู้สึก ความชอบ ความพอใจเฉพาะตัวบุคคลที่มีต่อการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังนั้นระดับความพึงพอใจจึงเป็นปัจจัยสำคัญของความแตกต่างที่มีต่อแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เช่นกัน หากบุคคลเห็นและเข้าใจต่อสิ่งนั้นต่ำกว่าความคาดหวังจะส่งผลให้บุคคลนี้เกิดความไม่พึงพอใจ (Dissatisfaction) ในทางกลับกันหากบุคคลเห็นและเข้าใจต่อสิ่งนั้นตรงกับความคาดหวังจะส่งผลให้บุคคลนี้เกิดความพึงพอใจ (Satisfaction) และถ้าผลที่ได้รับจากสิ่งนั้นสูงกว่าความคาดหวังจะทำให้เกิดความประทับใจ (Delight) ในลำดับต่อไป

โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) ดังนี้

ระดับมากที่สุด เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ 5 คะแนน
ระดับมาก เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ 4 คะแนน
ระดับปานกลาง เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ 3 คะแนน
ระดับน้อย เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ 2 คะแนน
ระดับน้อยที่สุด เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

และ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการนำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนและแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่มโดยเกณฑ์ความหมายของค่าเฉลี่ยได้จากการหาค่าพิสัยและอันตรภาคชั้น แล้วนำผลต่างที่ได้มากำหนดเกณฑ์การวัดระดับค่าเฉลี่ย (Best, 1977, p. 174)

สูตรการกำหนดช่วงคะแนน

$$\text{ช่วงคะแนน (I)} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด - คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนช่วง}} = \frac{5 - 1}{5} = 0.8$$

จะได้ช่วงคะแนนเฉลี่ยและระดับความพึงพอใจ ดังนี้

4.21 – 5.00 หมายความว่า พึงพอใจมากที่สุด
3.41 – 4.20 หมายความว่า พึงพอใจมาก
2.61 – 3.40 หมายความว่า พึงพอใจปานกลาง
1.81 – 2.60 หมายความว่า พึงพอใจน้อย
1.00 – 1.80 หมายความว่า พึงพอใจน้อยที่สุด

นอกจากนี้ยังพิจารณาหลักในการสร้างข้อคำถามในมาตรของไลเคิร์ทดังนี้

1) กำหนดเป้าหมายความพึงพอใจ

2) รวบรวมพร้อมกับคัดเลือกข้อความที่เป็นบวกและเป็นลบของความพึงพอใจต่อเป้าหมาย

3) กลุ่มเป้าหมายตอบข้อคำถามตามความเห็นของตนเอง

4) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อคำถามในแต่ละข้อ จากนั้นตัดข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์ต่ำออก (ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องน้อย) ในส่วนของข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์สูงแต่มีค่าเป็นลบ ให้ทำการสลับเครื่องหมายของคะแนน

5) สร้างแบบสอบถามและให้กลุ่มเป้าหมายตอบ

6) นำคะแนนความพึงพอใจที่ได้มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนเพื่อให้ง่ายต่อการตีความ

### 2.3 การดำเนินการจัดการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยแบ่งออกเป็น แบบแผนการวิจัยและการดำเนินการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 2.3.1 แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบวิจัยเชิงทดลองกลุ่มเดียว แบบทดลองซ้ำและวัดซ้ำ (One-Group Repeated Measures Experimental Design) ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยที่ทำการทดลองซ้ำกับกลุ่มทดลองกลุ่มเดิมภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมือนเดิม โดยทำการวัดผลในแต่ละช่วงของลำดับเวลา ซึ่งแต่ละครั้งจะใช้วิธีการทดลองที่ไม่เหมือนกันแต่มีการวัดผลที่เหมือนกัน และมีการให้ตัวแปรอิสระกับกลุ่มเป้าหมายเพื่อศึกษาพัฒนาการของกลุ่มเป้าหมาย จากนั้นพิจารณาผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ดังตาราง 6

ตาราง 6 แบบแผนการวิจัย

| กลุ่มทดลอง | สอบก่อนเรียน | ทรีตเมนต์ | สอบย่อย | ทรีตเมนต์ | สอบย่อย | ทรีตเมนต์ | สอบย่อย | ทรีตเมนต์ | สอบย่อย | ทรีตเมนต์ | สอบย่อย | สอบหลังเรียน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E | $O_{Pre}$ | $X_1$ | $O_1$ | $X_2$ | $O_2$ | $X_3$ | $O_3$ | $X_4$ | $O_4$ | $X_5$ | $O_5$ | $O_{Post}$ |

โดย E แทน กลุ่มทดลอง
O แทน การวัดผลตัวแปรที่ศึกษา
X แทน สิ่งทดลองหรือทรีตเมนต์

#### 2.3.2 การดำเนินการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 25 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติของภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ซึ่งแบ่งเป็นเวลาสำหรับการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน จำนวน 2 คาบเรียน เวลาสำหรับการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 15 คาบเรียน เวลาสำหรับการทำแบบทดสอบย่อย

วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 คาบเรียน เวลาสำหรับการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน จำนวน 2 คาบเรียน และเวลาสำหรับการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application จำนวน 1 คาบเรียน รายละเอียดการดำเนินการมีดังนี้

1) ผู้วิจัยทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2) ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครูผู้สอนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

3) ผู้วิจัยตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละช่วง (ช่วงที่ 1 – 5)

4) ผู้วิจัยตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน หลังจากการทดลอง

5) ผู้วิจัยประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application หลังจากทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เรียบร้อยแล้ว

6) ผู้วิจัยประเมินบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยใช้แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายหลังจากคาบเรียนสุดท้ายของการจัดการเรียนการสอน

**2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน**

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น (1) การวิเคราะห์ข้อมูลจากการจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (2) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

**2.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการจัดการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอน ดังนี้

1) นำคะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์รายบุคคลในช่วงที่ 1 - 5 ของการจัดการเรียนการสอน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมาทำการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) หาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

3) ทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยการทดสอบที (T-Test)

4) นำงานเขียนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาวิเคราะห์พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นของกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพตามแนวคิดปรากฏการณ์วิทยาแนวการตีความ (Interpretive Phenomenology) ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (ชาย โพธิสิตา, 2564, น. 248-270) ดังนี้

(4.1) **จัดการข้อมูล** (Data Management) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้ในการวิเคราะห์ได้สะดวกก่อน โดยงานสำคัญที่ต้องทำในการจัดการข้อมูล มี 2 อย่าง คือ จัดระเบียบข้อมูล และให้รหัสข้อมูล

- จัดระเบียบข้อมูล มีทั้งทางกายภาพ และทางเนื้อหา โดยการจัดการข้อมูลทางกายภาพ เป็นการถอดข้อมูลจากการสัมภาษณ์ หรือเป็นเรื่องราวที่บันทึกมาจากการสังเกตของผู้วิจัย ออกเป็นเอกสารและพิมพ์ไว้ให้เรียบร้อย และการจัดการข้อมูลทางเนื้อหา เป็นการคัดแยกและเฟ้นหาข้อมูลที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์

- ข้อมูลที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์จากการจัดระเบียบข้อมูลจะถูกนำมาให้รหัสหรือทำเครื่องหมายแยกเป็นชิ้น ๆ เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้

(4.2) **แสดงข้อมูล** (Data Display) นำข้อมูลที่ให้รหัสไว้แล้วมาใส่รายละเอียดเป็นเรื่อง ๆ และนำข้อค้นพบแต่ละเรื่องมาเชื่อมโยงและร้อยเรียงกัน สิ่งที่ได้จะเป็นเหมือนเค้าโครงเรื่องราวทั้งหมดของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยงานสำคัญที่ต้องทำในการแสดงข้อมูล มี 2 อย่าง คือ การกำหนดประเด็นสำคัญ และการแสดงรายละเอียดของประเด็นสำคัญ

- การกำหนดประเด็นสำคัญ เป็นการตรวจดูรหัสของข้อมูลอย่างพินิจพิเคราะห์เพื่อเฟ้นหารหัสที่มีความสำคัญโดดเด่นกว่ารหัสตัวอื่น ๆ

- การแสดงรายละเอียดของประเด็นสำคัญ เป็นการกำหนดแต่ละประเด็นสำคัญว่ามีสาระสำคัญหรือมีรายละเอียดอะไรบ้าง

(4.3) **อธิบายข้อมูล** (Data Explanation) เป็นการอยู่กับประเด็นที่เป็นข้อค้นพบโดยตรง โดยมุ่งค้นหาว่า มีแบบแผน ความสัมพันธ์ และความหมายอะไรบ้างในข้อค้นพบเหล่านี้ ทำไมแบบแผน ความสัมพันธ์ และความหมายเหล่านั้น จึงเป็นอย่างที่ปรากฏให้เห็นในการวิเคราะห์ มีปัจจัยอะไรที่เกี่ยวข้องกับแบบแผน ความสัมพันธ์ และความหมายที่พบในข้อมูล และปัจจัยเหล่านั้นมีอิทธิพลอย่างไร อีกทั้งยังคำนึงถึงหลักฐานและข้อมูลสนับสนุนเพื่ออธิบายข้อมูลเหล่านั้นให้มีน้ำหนักมากยิ่งขึ้น

นอกจากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ **การเขียนบันทึก** (Memoing) ระหว่างทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการเขียนรายงานการวิจัย ถ้าไม่ทำการบันทึก สิ่งดี ๆ ที่ผ่านเข้ามาระหว่างทำการวิเคราะห์ข้อมูลก็มีโอกาสที่จะเรียกกลับมาใช้ได้ยาก

5) นำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนน โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ระดับมากที่สุด | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 5 คะแนน |
| ระดับมาก | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 4 คะแนน |
| ระดับปานกลาง | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 3 คะแนน |
| ระดับน้อย | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 2 คะแนน |
| ระดับน้อยที่สุด | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 1 คะแนน |

6) แปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่มโดยเกณฑ์ความหมายของค่าเฉลี่ยได้จากการหาค่าพิสัยและอันตรภาคชั้น แล้วนำผลต่างที่ได้มากำหนดเกณฑ์การวัดระดับค่าเฉลี่ย (Best, 1977, p. 174) ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 4.21 – 5.00 | หมายความว่า | พึงพอใจมากที่สุด |
| 3.41 – 4.20 | หมายความว่า | พึงพอใจมาก |
| 2.61 – 3.40 | หมายความว่า | พึงพอใจปานกลาง |
| 1.81 – 2.60 | หมายความว่า | พึงพอใจน้อย |
| 1.00 – 1.80 | หมายความว่า | พึงพอใจน้อยที่สุด |

7) นำงานเขียนจากแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) และการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายผ่านแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application มาวิเคราะห์บทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพตามแนวคิดปรากฏการณ์วิทยาแนวการตีความ (Interpretive Phenomenology) ซึ่งมีขั้นตอนดังรายละเอียดข้างต้นในข้อ 4 (4.1 – 4.3)

**2.4.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

1) สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha$ - Coefficient)

2) สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

3) การทดสอบสมมติฐานการวิจัย คือ การทดสอบที (T-Test)

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นทำการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ จากนั้นนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละระยะมีรายละเอียด ดังนี้

## ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา และกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ของ Stanford d.school ผสมผสานกับ Double Diamond Design Process ของ UK Design Council โดยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) 2) การสร้างความต้องการ (Requirement) 3) การออกแบบ (Design) 4) การทดสอบ (Test) 5) การติดตั้ง (Installation) และ 6) การประเมินผล (Evaluation) ดังภาพประกอบ 19 มากำหนดกรอบแนวคิดเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกับกลุ่มทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง โดยเป็นนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ซึ่งทำการพิจารณาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล**

การหาประสิทธิภาพรายบุคคล ผู้วิจัยเลือกนักเรียนจำนวน 3 คน ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน อย่างละ 1 คน ผู้วิจัยนำแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปทดลองกับกลุ่มทดลองในการหาประสิทธิภาพรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัย ข้อคำถาม ความคลาดเคลื่อนในแต่ละสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ใน SMATH Application และหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในแต่ละชุดแต่ละระดับ ใน SMATH Application และทำการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังจากลงมือปฏิบัติในแต่ละชุด แต่ละระดับ มีจำนวนทั้งหมด 5 ชุด หลังจากนั้นทำการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน แล้วนำคะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ 70/70 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดง ดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพรายบุคคลของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5

| **ประสิทธิภาพของกระบวนการ** | | | **ประสิทธิภาพของผลลัพธ์** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **คะแนนเต็ม** | **คะแนนรวมทั้งหมด** | Efficiency ($E_1$) | **คะแนนเต็ม** | **คะแนนรวมทั้งหมด** | Efficiency ($E_2$) |
| 126 | 238.5 | 63.10 | 45 | 90 | 66.67 |
| **ประสิทธิภาพรายบุคคลของแอปพลิเคชันบนมือถือ** ($E_1/E_2$) | | | | | 63.10/66.67 |

จากตาราง 7 พบว่า ประสิทธิภาพรายบุคคลของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเท่ากับ 61.10/66.67 โดยผลจากการหาประสิทธิภาพรายบุคคลมีปัญหาที่ค้นพบและมีการปรับปรุงแก้ไข แสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 ปัญหาและการปรับปรุงแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการหาประสิทธิภาพรายบุคคล

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| 1 | แบบฟอร์มบันทึกผลการใช้ SMATH Application | - นักเรียนต้องการทราบคะแนนของตนเองในแต่ละสถานการณ์ปัญหาเพื่อตรวจสอบและเห็นภาพรวมจากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่าน SMATH Application เพื่อนำไปพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาข้ออื่น ๆ | - ผู้วิจัยเพิ่มแบบฟอร์มบันทึกผลการใช้ SMATH Application สำหรับบันทึกเวลาและผลคะแนนของนักเรียนในแต่ละรูปแบบของแต่ละสถานการณ์ปัญหา |
| | SMATH Application | - นักเรียนที่ใช้ Tablet รุ่น Galaxytabs7 ในขณะที่กรอกชื่อตอนยืนยันคำตอบไม่เห็นตัวอักษรระหว่างที่พิมพ์ชื่อลงไป | - ผู้วิจัยได้แก้ไขโค้ดในส่วนของการใส่ชื่อตอนยืนยันคำตอบให้ตัวอักษรเป็นสีดำเพื่อให้รองรับการใช้งานใน Tablet และแพตฟอร์มอื่น ๆ |

ตาราง 8 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 2 คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | -ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 2 จาก “40” บาท เป็น “0” บาท |
| 2 | SMATH Application | - นักเรียนลากตัวเลือกในรูปแบบ Drag & Drop แล้วตัวเลือกมาค้างที่ช่องวางคำตอบ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขโค้ดในส่วนของรูปแบบ Drag & Drop เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้มีความเสถียรมากขึ้น |
| | | - นักเรียนพบว่า การพิมพ์การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น 7 x + 15000 กับ 7x+15000 ซึ่งคำตอบถูกต้องทั้ง 2 แบบ แต่แบบที่ทำการเว้นวรรคไม่คำนวณคะแนนให้ในช่วงท้ายของหน้าแสดงผลคะแนน | - ผู้วิจัยได้แก้ไขโค้ดในส่วนของการพิมพ์ตอบที่เป็นการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ให้มีการรองรับคำตอบที่มีการเว้นวรรคในแต่ละการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และให้ระบบคำนวณคะแนนว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้อง |
| | | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 5 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในรูปแบบ Create Pattern จำนวน 10 สัปดาห์ คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 5 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในรูปแบบ Create Pattern จำนวน 10 สัปดาห์ จากยอดขายสินค้า “700” เป็น |

ตาราง 8 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | | “750” และ ยอดขายสินค้า “15,700” เป็น “15,750” |
| | แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | - ผู้วิจัยพบว่าคำถามในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ข้อ 2 มีความซ้ำซ้อนหรือเป็นคำถามเดียวกันกับ ข้อ 3 | - ผู้วิจัยได้ตัดคำถามที่ซ้ำซ้อนในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ข้อ 2 “Grab Taxi จะประหยัดกว่า Grab Bike ที่ระยะทางกี่กิโลเมตร” ออก |
| | | - ผู้วิจัยเฉลยไม่ละเอียดและครอบคลุม จึงทำให้คำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ข้อ 3 คลาดเคลื่อน | - ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ข้อ 3 ให้มีความละเอียดมากขึ้น และแก้ไขคำตอบ จาก “Grab Bike จะประหยัดกว่า Grab Taxi ที่ระยะทาง ไม่เกิน 4 กิโลเมตร” เป็น “Grab Bike จะประหยัดกว่า Grab Taxi ที่ระยะทาง น้อยกว่า 4.375 กิโลเมตร” |
| 3 | SMATH Application | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 1 ไม่สมบูรณ์ ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 1 จาก “สี่เหลี่ยมมุมฉาก” เป็น “รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก” |

ตาราง 8 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| 4 | SMATH Application | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 5 และ สถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในรูปแบบ Create Pattern ช่องของความสูงในแต่ละรัศมี และรัศมีของความสูงเท่ากับ 2 รวมถึงสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 7 คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 5 จาก “80” เป็น “400” และสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในรูปแบบ Create Pattern รัศมี 1, 2, 4, 10 และ 20 จะได้ ความสูง จาก “35” เป็น “35.03” จาก “17.5” เป็น “8.76” จาก “8.75” เป็น “2.19” จาก “3.5” เป็น “0.35” จาก “1.75” เป็น “0.09” ตามลำดับ และ ความสูง 2 จะได้ รัศมี จาก “4.18” เป็น “4.19” และ สถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 7 จาก “8.75” เป็น “8.76” |
| | | - นักเรียนมีการใช้ค่า $\pi$ ที่ไม่เท่ากัน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นวางแผน | - ผู้วิจัยได้เพิ่ม Hint ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ใน |

ตาราง 8 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | แก้ปัญหา ในรูปแบบ Create Pattern จึงทำให้การคำนวณเกิดความคลาดเคลื่อนในส่วนของทศนิยม นอกจากนี้การพิมพ์คำตอบที่เป็นข้อความทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไปของขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 2 ทำให้นักเรียนตอบไม่ตรงตามรูปแบบที่ได้เฉลยไว้ | รูปแบบ Create Pattern โดยกำหนดค่า $\pi$ ไว้ให้ดังนี้ “เมื่อ $\pi \approx 3.14$” และขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 2 ดังนี้ “Hint : จัดรูปให้อยู่ในรูป $a\pi r^2$” และ ข้อ 6 ดังนี้ “Hint : จัดรูปให้อยู่ในรูป $a\pi h$” |
| | แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | - ความชัดเจนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ทำให้นักเรียนตีความในลักษณะที่ไม่ตรงกับแนวคิดของผู้วิจัย | - ผู้วิจัยได้เพิ่มบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 เพื่อลดเงื่อนไขในการแสดงวิธีคิดจาก “นายพรึกชอบรับประทานไอศกรีมในทุก ๆ สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 สกู๊ป...” เป็น “นายพรึกชอบไปรับประทานไอศกรีมที่ Swensen’s ทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 สกู๊ป...” |
| 5 | SMATH Application | - นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการตอบของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในรูปแบบ | - ผู้วิจัยได้เพิ่มหน่วยในการตอบของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในรูปแบบ Create Pattern จาก |

ตาราง 8 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | Create Pattern ว่าจะใส่เป็นหน่วยของบาทหรือหน่วยของสตางค์ ซึ่งเป็นผลมาจากข้อความที่ตั้งไว้ไม่ชัดเจน | “อัตราค่าโทรออก” เป็น “อัตราค่าโทรออก (บาท)” |
| | | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Drag & Drop ชุดที่ 5 ข้อ 1 ชุดที่ 6 ข้อ 2 และ ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 22 และ 24 รวมถึงสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Drag & Drop ชุดที่ 5 และ ชุดที่ 6 และ ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 7 และ 8 คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Drag & Drop ชุดที่ 5 ข้อ 1 จาก “2.25” เป็น “2.5” และ ชุดที่ 6 ข้อ 2 จาก “0.75” เป็น “0.5” และ ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 22 จาก ”2.25” เป็น “2.5” และ ข้อ 24 จาก “0.75” เป็น “0.5” สถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Drag & Drop ชุดที่ 5 จาก “32.5” เป็น “8.125” และ ชุดที่ 6 จาก “39,600” เป็น “10,800” และ ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 7 จาก “32.5” เป็น “8.125” และ ข้อ 8 จาก “39,600” เป็น “10,800” |

**ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย**

การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย ผู้วิจัยเลือกนักเรียนจำนวน 6 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ได้จากการหาประสิทธิภาพรายบุคคล ประกอบด้วยนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนอย่างละ 2 คน ผู้วิจัยนำแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปทดลองกับกลุ่มทดลองในการหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัย ข้อคำถาม ความคลาดเคลื่อนในแต่ละสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ใน SMATH Application และหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในแต่ละชุด แต่ละระดับ ใน SMATH Application และทำการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังจากลงมือปฏิบัติในแต่ละชุด แต่ละระดับ มีจำนวนทั้งหมด 5 ชุด หลังจากนั้นทำการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน แล้วนำคะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ 70/70 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อยของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5

| **ประสิทธิภาพของกระบวนการ** | | | **ประสิทธิภาพของผลลัพธ์** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **คะแนนเต็ม** | **คะแนนรวมทั้งหมด** | Efficiency ($E_1$) | **คะแนนเต็ม** | **คะแนนรวมทั้งหมด** | Efficiency ($E_2$) |
| 126 | 534 | 70.63 | 45 | 192.5 | 71.30 |
| **ประสิทธิภาพกลุ่มย่อยของแอปพลิเคชันบนมือถือ ($E_1/E_2$)** | | | | | **70.63/71.30** |

จากตาราง 9 พบว่า ประสิทธิภาพกลุ่มย่อยของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเท่ากับ 70.63/71.30 แสดงว่า แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application)

ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ โดยผลจากการหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อยมีปัญหาที่ค้นพบและการปรับปรุงแก้ไข แสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 ปัญหาและการปรับปรุงแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย

| **แผนการจัดการเรียนรู้ที่** | **เครื่องมือ** | **ปัญหาที่ค้นพบ** | **การปรับปรุง** |
|---|---|---|---|
| 1 | - | - | - |
| 2 | SMATH Application | - นักเรียนพบว่า ตัวเลือกของขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในรูปแบบของ Drag & Drop ไม่สามารถลากมาใส่ในช่องของคำตอบได้ เนื่องจากตัวเลือกเกินออกมาจากกรอบที่ตั้งไว้ รวมถึงนักเรียนไม่สามารถแยกสีของตัวเลือกที่ตอบกับที่เฉลยขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Multiple Choice ได้ เพราะสีมีความใกล้เคียงกัน | - ผู้วิจัยได้แก้ไข UI ที่เกินออกมาจากกรอบของขั้นวางแผนแก้ปัญหา ในรูปแบบของ Drag & Drop ที่เป็นตัวเลือก เพื่อรองรับขนาดของหน้าจอบนมือถือที่แตกต่างกัน และ ปรับสีของการเฉลยขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Multiple Choice ให้มีสีที่แตกต่างกับคำตอบ |
| 3 | SMATH Application | - นักเรียนไม่สามารถพิมพ์คำตอบจากสิ่งที่ถามได้ของสถานการณ์ปัญหาที่ 4 ในรูปแบบ Multiple Answer ข้อ 8 | - ผู้วิจัยได้แก้ไขโค้ดจากฐานข้อมูลของสถานการณ์ปัญหาที่ 4 ในรูปแบบ Multiple Answer ข้อ 8<br>จาก type: “yesNo”<br>เป็น type: “shortAnswer” |

ตาราง 10 (ต่อ)

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | - นักเรียนมีความสับสนกับปุ่ม “ยืนยันคำตอบ” ในรูปแบบของ Multiple Choice ซึ่งควรจะเป็นปุ่ม “ยืนยันการส่ง” เพื่อส่งผลคำตอบในระบบ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขในส่วนของ UI ในรูปแบบของ Multiple Choice ทั้งหมด ที่เป็นปุ่มข้อความด้านล่าง จาก “ยืนยันคำตอบ” เป็น “ยืนยันการส่ง” |
| 4 | SMATH Application | - นักเรียนคิดคำนวณสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 7 และ 10 แล้วคำตอบอยู่ในรูปของทศนิยม ซึ่งมีความหลากหลายในการตอบว่าจะตอบเป็นทศนิยมกี่ตำแหน่ง ทำให้นักเรียนตอบไม่ตรงตามรูปแบบที่ผู้วิจัยได้เฉลยไว้และไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้เพิ่ม Hint ในการตอบของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นดำเนินการตามแผนในรูปแบบ Short Answer ข้อ 7 และ 10 ดังนี้ “Hint: ตอบเป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง” |
| 5 | - | - | - |

**ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม**

การหาประสิทธิภาพภาคสนาม ผู้วิจัยเลือกนักเรียนจำนวน 24 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ได้จากการหาประสิทธิภาพรายบุคคลและกลุ่มย่อย ประกอบด้วยนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน อย่างละ 8 คน ผู้วิจัยนำแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปทดลองกับกลุ่มทดลองในการหาประสิทธิภาพภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัย ข้อคำถาม ความคลาดเคลื่อนในแต่ละสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ใน SMATH Application และหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ

(SMATH Application) โดยผู้วิจัยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในแต่ละชุด แต่ละระดับ ใน SMATH Application และทำการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังจากลงมือปฏิบัติในแต่ละชุด แต่ละระดับ มีจำนวนทั้งหมด 5 ชุด หลังจากนั้นทำการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน แล้วนำคะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ 70/70 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพภาคสนามของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5

| **ประสิทธิภาพของกระบวนการ** | | | **ประสิทธิภาพของผลลัพธ์** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **คะแนนเต็ม** | **คะแนนรวมทั้งหมด** | Efficiency ($E_1$) | **คะแนนเต็ม** | **คะแนนรวมทั้งหมด** | Efficiency ($E_2$) |
| 126 | 1180 | 78.04 | 45 | 399.5 | 73.98 |
| **ประสิทธิภาพภาคสนามของแอปพลิเคชันบนมือถือ** ($E_1/E_2$) | | | | | 78.04/73.98 |

จากตาราง 11 พบว่า ประสิทธิภาพภาคสนามของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเท่ากับ 78.04/73.98 แสดงว่า แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ โดยผลจากการหาประสิทธิภาพภาคสนามมีปัญหาที่ค้นพบและการปรับปรุงแก้ไข แสดงดังตาราง 12

ตาราง 12 ปัญหาและการปรับปรุงแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการหาประสิทธิภาพภาคสนาม

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| 1 | SMATH Application | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 และสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 3 คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 จาก “ถ้าต้นข้าวจอดรถทิ้งไว้ตั้งแต่ 07:00 น. ก่อนไปทำงานแถวนั้นในแต่ละวันและออกจากที่จอดรถเวลา 16.15 น. หลังจากนั้นต้นข้าวแวะกินข้าวตรงตลาดสามย่าน 2 ชั่วโมงก่อนกลับบ้าน” เป็น “ถ้าต้นข้าวจอดรถทิ้งไว้ ตั้งแต่ 07:00 น. ก่อนไปทำงานแถวนั้นในแต่ละวันและออกจากที่จอดรถเวลา 16.15 น.” และ สถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 3 จาก “มีอุปกรณ์อื่น ๆ ในการเพาะปลูก คือ ดินปลูก 12 บาท” เป็น “ดินปลูก 12 บาท” |

ตาราง 12 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | - นักเรียนตอบคำถามของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 ได้ถูกต้องแต่ในหน้าของแสดงผลคะแนนไม่คำนวณคะแนนให้ในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขในฐานข้อมูลของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 จาก Answer: [] (array) 0 “” (string) เป็น Answer: [] (array) |
| | | - นักเรียนพบว่า เมื่อกดดูผลเฉลยในรูปแบบของ Highlight ข้อใดที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ จะมีการขึ้นข้อความซ้ำต่อท้ายสถานการณ์ปัญหาในข้อนั้น | - ผู้วิจัยได้แก้ไขในส่วนของการเขียนโค้ดรูปแบบของ Highlight ทั้งหมดตรงส่วนของผลเฉลยที่มีการแสดงข้อความซ้ำในแต่ละข้อที่มีการ Highlight มากกว่า 1 คำตอบ |
| 2 | SMATH Application | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 4 และสถานการณ์ปัญหาที่ 5 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 1 คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 4 โดยการเพิ่มคำตอบอีก 1 คำตอบ คือ “ข้าวเหนียว ราคากิโลกรัมละ 60 บาท” และสถานการณ์ปัญหาที่ 5 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 1 จาก |

ตาราง 12 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | | “จะมียอดขายสินค้า Sumsung Galaxy S22 เท่าใด” เป็น “บริษัท Sumsung จะมียอดขายสินค้า Sumsung Galaxy S22 เท่าใด” |
| | | - นักเรียนตอบคำถามของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 ได้ถูกต้องแต่ในหน้าของแสดงผลคะแนนไม่คำนวณคะแนนให้ในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขในฐานข้อมูลของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 จาก Answer: [] (array) 0 “” (string) เป็น Answer: [] (array) |
| 3 | SMATH Application | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 5 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 5 คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 5 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer ข้อ 5 จาก “6x = .....” เป็น “60x = .....” |
| | | - นักเรียนตอบคำถามของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นตรวจสอบผล ในรูปแบบ Multiple Answer เสร็จเรียบร้อยแล้วพอกดปุ่ม | - ผู้วิจัยได้แก้ไขในส่วนของการเขียนโค้ดของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นตรวจสอบผล ในรูปแบบ Multiple Answer เพื่อแก้ไข |

ตาราง 12 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | “ยืนยันการส่ง” SMATH Application เด้งหรือออกจากหน้าแอปพลิเคชันทันที | ปัญหาดังกล่าวให้มีความเสถียรมากขึ้น |
| 4 | SMATH Application | - ผู้วิจัยเฉลยคำตอบในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 3 และสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 คลาดเคลื่อน ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขความคลาดเคลื่อนในการเฉลยของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 3 โดยการแยกประเด็นของผลเฉลยจาก “รถยนต์ HONDA เติมน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 ส่วนรถยนต์ GIA เติมน้ำมันดีเซล B7” เป็น 2 ผลเฉลย คือ 1) “รถยนต์ HONDA เติมน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95” และ 2) “รถยนต์ GIA เติมน้ำมันดีเซล B7” และ จาก “แก๊สโซฮอล์ 95 ลิตรละ 21.95 บาท และดีเซล B7 ลิตรละ 18.79 บาท” เป็น 2 ผลเฉลย คือ 1) “แก๊สโซฮอล์ 95 ลิตรละ 21.95 บาท” และ 2) “ดีเซล B7 ลิตรละ 18.79 บาท” รวมถึง สถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา |

ตาราง 12 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | | ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 ลบผลเฉลยที่เฉลยไว้ออก เพราะไม่มีคำตอบ เนื่องจากไม่มีเงื่อนไขจากสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหา |
| | | - นักเรียนตอบคำถามของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 ได้ถูกต้องแต่ในหน้าของแสดงผลคะแนนไม่คำนวณคะแนนให้ในข้อนี้ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขฐานข้อมูลของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 2 จาก Answer: [] (array) 0 “” (string) เป็น Answer: [] (array) |
| | | - นักเรียนพบว่า ปุ่ม “ยืนยันคำตอบ” ตกลงมาเกินขอบจอของรุ่น Galaxy Note 5 ทำให้ไม่สามารถกดปุ่ม “ยืนยันคำตอบได้” ของสถานการณ์ปัญหาที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer | - ผู้วิจัยได้แก้ไข UI ที่ตกลงมาเกินขอบจอ รุ่น Galaxy Note 5 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 4 ขั้นดำเนินการตามแผน ในรูปแบบ Short Answer เพื่อให้รองรับขนาดของหน้าจอบนมือถือที่แตกต่างกัน |
| 5 | SMATH Application | - นักเรียนตอบคำถามของสถานการณ์ปัญหาที่ 5 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 1 ได้ถูกต้องแต่ระบบขึ้นว่า “ยังไม่ | - ผู้วิจัยได้แก้ไขฐานข้อมูลของสถานการณ์ปัญหาที่ 5 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในรูปแบบ Highlight ข้อ 1 โดยการลบเคาะวรรคของต้น |

ตาราง 12 (ต่อ)

| แผนการจัดการเรียนรู้ที่ | เครื่องมือ | ปัญหาที่ค้นพบ | การปรับปรุง |
|---|---|---|---|
| | | ถูกนะครับ” | ประโยคออก จาก “ มะม่วงแต่ละชนิดที่ซื้อมาอย่างละกี่บาท” เป็น “มะม่วงแต่ละชนิดที่ซื้อมาอย่างละกี่บาท” |
| | แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | - ความชัดเจนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 ทำให้นักเรียนตีความในลักษณะที่ไม่ตรงกับแนวคิดของผู้วิจัย | - ผู้วิจัยได้แก้ไขบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 จาก “ชุดละ” เป็น “กล่องละ” และจาก “จะขายได้ เดือนละ 300 ชุด” เป็น “จะมียอดขายเดือนละ 300 ชุด” |

**ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รวมถึงศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ จากนั้นนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ตอนที่ 2 พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และ ตอนที่ 3 ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยผลการวิเคราะห์มีรายละเอียด ดังนี้

**ตอนที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

**1.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาทำการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 13 โดยคะแนนเต็มในตารางมาจากการเทียบสัดส่วนของคะแนนในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน คิดเป็น 40 คะแนน

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

| **แหล่งที่มาของคะแนน** | **คะแนนเต็ม** | **ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)** | **ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)** |
|---|---|---|---|---|
| แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน | 40 | 13.75 | 34.37 | 5.49 |

จากตาราง 13 พบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เท่ากับ 13.75 คิดเป็นร้อยละ 34.37 โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.49

(2) การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำคะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาทำ

การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 14 โดยคะแนนเต็มในตารางมาจากการเทียบสัดส่วนของคะแนนในการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน คิดเป็น 20 คะแนน แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากคะแนนเต็ม 126 คะแนน คิดเป็น 40 คะแนน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน คิดเป็น 40 คะแนน

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

| **แหล่งที่มาของคะแนน** | **คะแนนเต็ม** | **ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$)** | **ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม** | **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (S.D.) |
|---|---|---|---|---|
| 1. การแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ | 20 | 16.44 | 82.18 | 1.53 |
| 2. แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 40 | 30.40 | 76.01 | 2.55 |
| 3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน | 40 | 29.84 | 74.59 | 3.94 |
| **รวม** | **100** | **76.67** | **76.67** | **6.31** |

จากตาราง 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เท่ากับ 16.44 คิดเป็นร้อยละ 82.18 ของคะแนนเต็ม โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.53 สำหรับค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 30.40 คิดเป็นร้อยละ 76.01 โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.55 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เท่ากับ 29.84 คิดเป็นร้อยละ 74.59 โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.94 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เท่ากับ 76.67 คิดเป็นร้อยละ 76.67 โดยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.31

จากการวิเคราะห์ผลในตาราง 13 และ ตาราง 14 (หัวข้อที่ 3) จะเห็นได้ว่า การลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยพิจาณาจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่คิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม เท่ากับ 34.37 และ 76.67 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่คิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็มเพิ่มขึ้น เท่ากับ 40.22

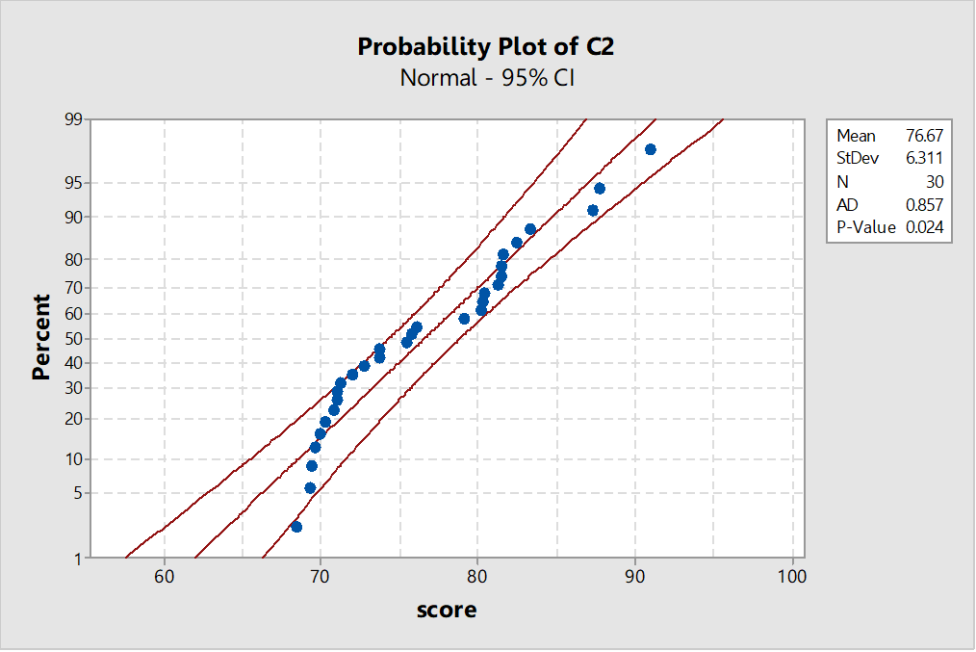
### 1.2 **การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย**

เพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ผู้วิจัยได้รวบรวมคะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน แล้วหาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มากกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม หลังจากนั้น ทำการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

**1.2.1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ**

ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยสถิติ T-Test ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

1) การทดสอบการแจกแจงปกติของผลคะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยผู้วิจัยได้นำผลคะแนนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาทำการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 17 ดังภาพประกอบ 28




ภาพประกอบ 28 ผลการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

จากภาพประกอบ 28 พบว่า P-Value เท่ากับ 0.024 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha$ = .01) จึงสรุปได้ว่า ผลคะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มีการแจกแจงปกติ ดังนั้นผู้วิจัยสามารถนำผลคะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายไปทำการวิเคราะห์ผ่านการทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยสถิติ T-Test ได้

2) การทดสอบสมมติฐาน โดยในการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงว่า จากเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 100 คะแนน คือ 70 คะแนน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยใช้คำสั่ง One-Sample T-Test ภายใต้สมมติฐานทางสถิติ ที่ว่า

$H_0: \mu_0 = 70$

$H_1: \mu_0 > 70$

โดยที่ $\mu_0$ แทน คะแนนเฉลี่ยของคะแนนเต็ม 100 คะแนน จากเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ดังตาราง 15

ตาราง 15 ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

| ผลการทดสอบ | จำนวน (n) | คะแนนเต็ม | $\mu_0$ | $\bar{x}$ | S.D. | t | df | Sig. (2 tailed) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย | 30 | 100 | 70 | 76.67 | 6.31 | 5.79 | 29 | .000 |

จากตาราง 15 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน เท่ากับ 76.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.31 ค่า T-Test เท่ากับ 5.79 และค่า Sig. (2 tailed) เท่ากับ .000 ดังนั้น ค่า Sig. = .000 [(Sig. (2 tailed))/2 = .000] ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ ($\alpha$ = .01) นั่นคือ การปฏิเสธ $H_0$ ยอมรับ $H_1$ จึงสรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2.2) **นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด**

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยการสร้างตารางโดยการนำผลคะแนนของนักเรียนจากการแก้ปัญหารายบุคคลโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาคิดเป็นร้อยละ จากนั้นทำการแปลผล แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ข

จากตาราง 25 - 27 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีผลคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด จึงสรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

**ตอนที่ 2 พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพตามแนวคิดปรากฏการณ์วิทยาแนวการตีความ (Interpretive Phenomenology) (ชาย โพธิสิตา, 2564, น. 248 - 270) ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพมาวิเคราะห์พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลงานเขียนของกลุ่มเป้าหมายจากแบบทดสอบ

ย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (1) พฤติกรรมด้านทำความเข้าใจปัญหา (2) พฤติกรรมด้านวางแผนแก้ปัญหา (3) พฤติกรรมด้านดำเนินการตามแผน และ (4) พฤติกรรมด้านตรวจสอบผล

สำหรับการอธิบายพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ผู้วิจัยแบ่งการจัดการเรียนการสอนในแต่ละช่วง ดังนี้

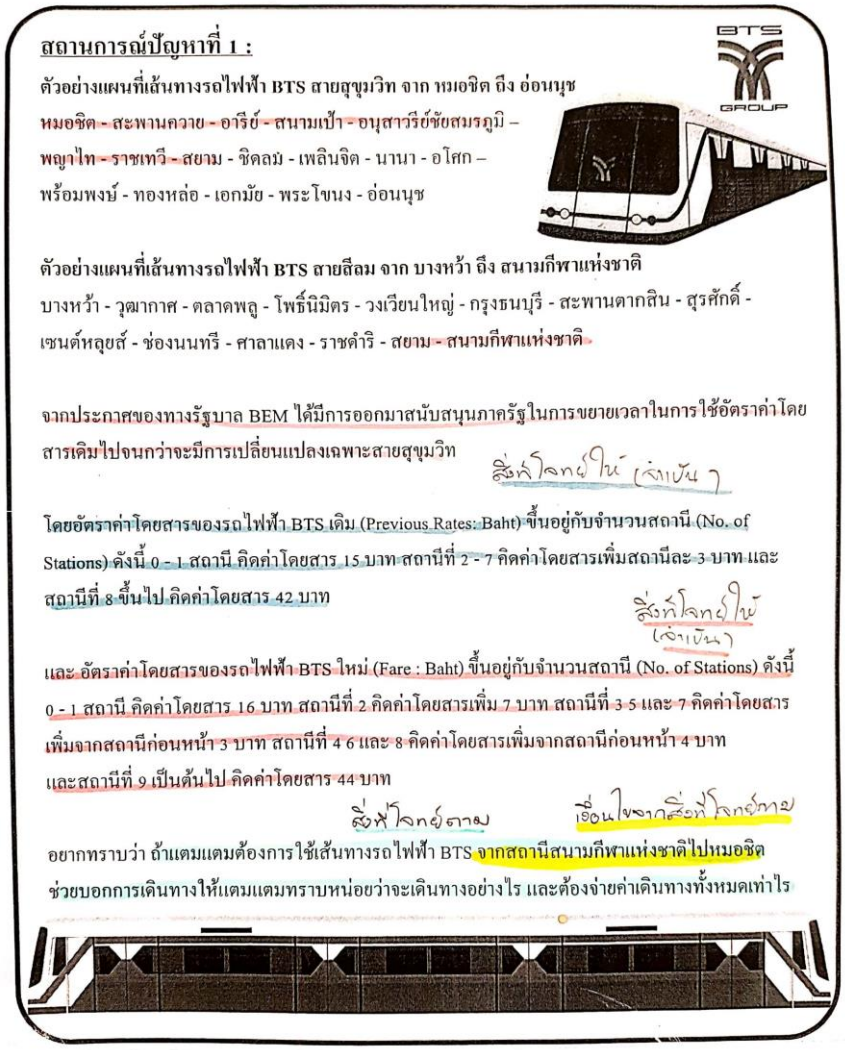
| | |
|---|---|
| ช่วงที่ 1 | คาบเรียนที่ 3 – 6 |
| ช่วงที่ 2 | คาบเรียนที่ 7 – 10 |
| ช่วงที่ 3 | คาบเรียนที่ 11 – 14 |
| ช่วงที่ 4 | คาบเรียนที่ 15 – 18 |
| ช่วงที่ 5 | คาบเรียนที่ 19 – 22 |
| ช่วง Post – Test | คาบเรียนที่ 23 – 24 |

ในแต่ละช่วงของการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้นำผลจากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 3 คาบเรียนแรกของแต่ละช่วงมาทำการศึกษาพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยพิจารณาจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในคาบเรียนที่ 4 ของแต่ละช่วง และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียน โดยมีรายละเอียดของพฤติกรรมในแต่ละด้านดังนี้

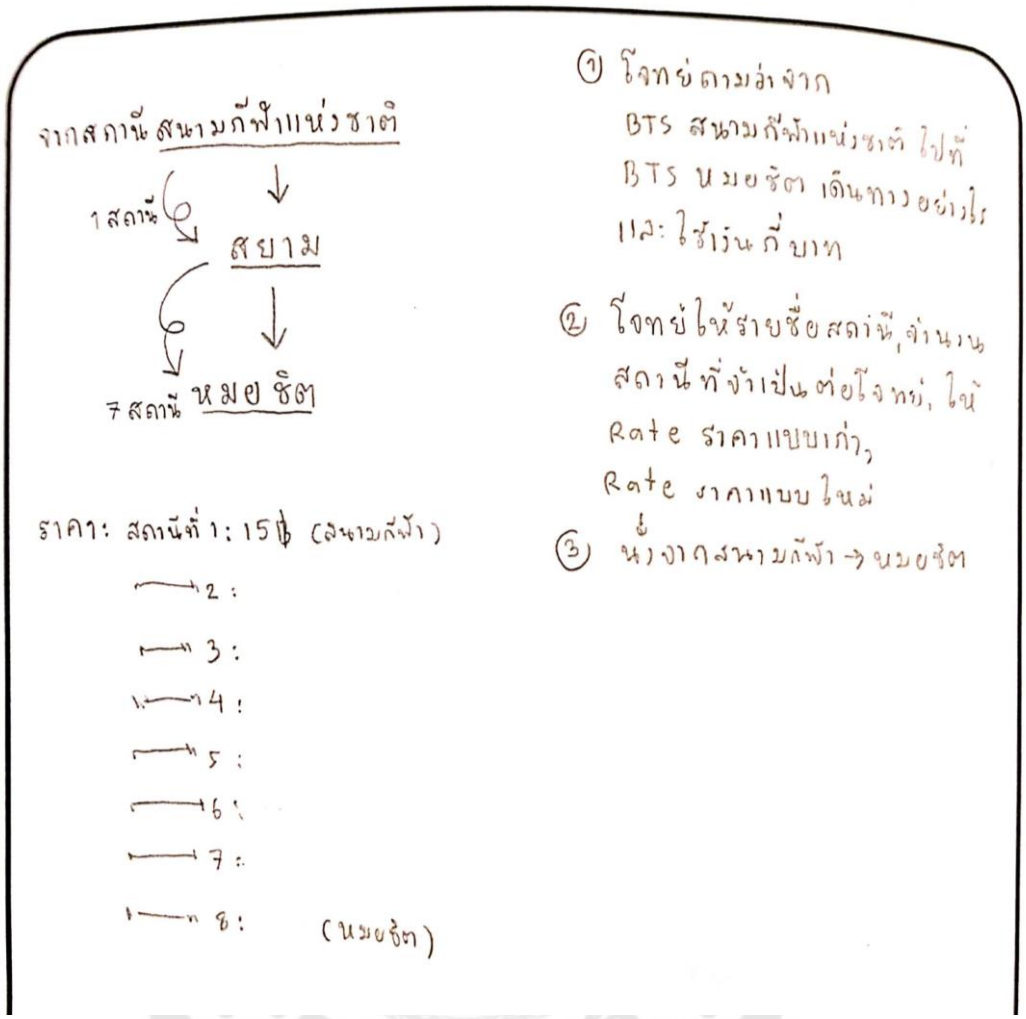
**2.1 พฤติกรรมด้านทำความเข้าใจปัญหา**

การศึกษาพฤติกรรมด้านการทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียนในการระบุสิ่งที่สถานการณ์ปัญหากำหนด (ข้อมูล) และสิ่งที่ต้องการหาหรือสิ่งที่ไม่รู้ ตลอดจนสิ่งที่ต้องการถามและเงื่อนไขจากสถานการณ์ปัญหา ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียน และผลสัมภาษณ์นักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านการทำความเข้าใจปัญหา โดยนักเรียนแสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์ปัญหามากขึ้น

ในช่วงที่ 1 เมื่อนักเรียนได้รับแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 Level 1 ซึ่งเป็นชุดสถานการณ์ปัญหาแบบง่ายที่ฝึกในเรื่องของการทำความเข้าใจปัญหาเพียงอย่างเดียว นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้เพียงบางส่วน ดังภาพประกอบ 29 – 34




ภาพประกอบ 29 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 (แบบที่ 1)




ภาพประกอบ 30 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1 (แบบที่ 2)

**สถานการณ์ปัญหาที่ 2 :**

แดงไปเที่ยวประเทศเยอรมัน 5 วัน 4 คืน กับ **ทัวร์สาวสาวสาว** ในราคา 45,900 บาท

โจทย์กำหนด(ไม่จำเป็น)

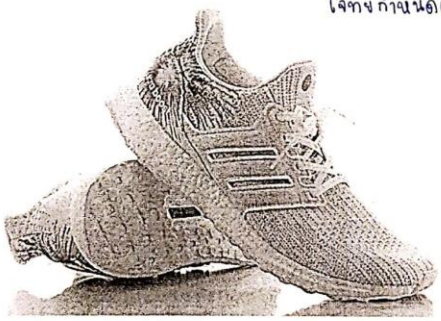
โดยก่อนกลับแดงอยากซื้อของฝากให้กับแฟนสาวของเขา ซึ่งแดงถูกใจของอยู่ 2 ชิ้น คือ

- กระเป๋าแบรนด์เนม ราคา 320 ยูโร จัดโปรโมชันลดราคา 15%

โจทย์กำหนด(จำเป็น)

- รองเท้ารุ่น Limited Edition ราคา 215 ยูโร แต่มีการคิด Vat เพิ่ม 12%

โจทย์กำหนด(จำเป็น)



เงื่อนไขจากสิ่งที่โจทย์ถาม

แต่แดงต้องการซื้อของชิ้นที่ถูกกว่า ช่วยแดงคิดหน่อยว่า ของชิ้นไหนถูกกว่ากัน และถูกกว่ากันกี่บาท

(อัตราแลกเปลี่ยน 1 ยูโร เท่ากับ 40 บาท)

สิ่งที่โจทย์ถาม

โจทย์กำหนด(จำเป็น)

ภาพประกอบ 31 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 (แบบที่ 1)

**สถานการณ์ปัญหาที่ 2 :**

แดงไปเที่ยวประเทศเยอรมัน 5 วัน 4 คืน กับ **ทัวร์สาวสาวสาว** ในราคา 45,900 บาท

โดยก่อนกลับแดงอยากซื้อของฝากให้กับแฟนสาวของเขา ซึ่งแดงถูกใจของอยู่ 2 ชิ้น คือ

- กระเป๋าแบรนด์เนม ราคา 320 ยูโร จัดโปรโมชันลดราคา 15%

- รองเท้ารุ่น Limited Edition ราคา 215 ยูโร แต่มีการคิด Vat เพิ่ม 12%

แต่แดงต้องการซื้อของชิ้นที่ถูกกว่า ช่วยแดงคิดหน่อยว่า ของชิ้นไหนถูกกว่ากัน และถูกกว่ากันกี่บาท (อัตราแลกเปลี่ยน 1 ยูโร เท่ากับ 40 บาท)

สิ่งที่โจทย์ถาม

ของชิ้นไหนถูกกว่ากัน และถูกกว่ากันกี่บาท

เงื่อนไขของคำถาม

แต่แดงต้องการซื้อของชิ้นที่ถูกกว่า

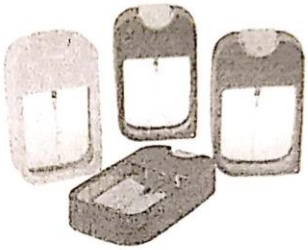
สิ่งที่โจทย์กำหนด (เงื่อนไข)

- กระเป๋าแบรนด์เนม ราคา 320 ยูโร โปรโมชันลดราคา 15%.
- รองเท้ารุ่น Limited Edition ราคา 215 ยูโร แต่มีการคิด Vat เพิ่ม 12%.

ภาพประกอบ 32 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2 (แบบที่ 2)

**สถานการณ์ปัญหาที่ 3 :**

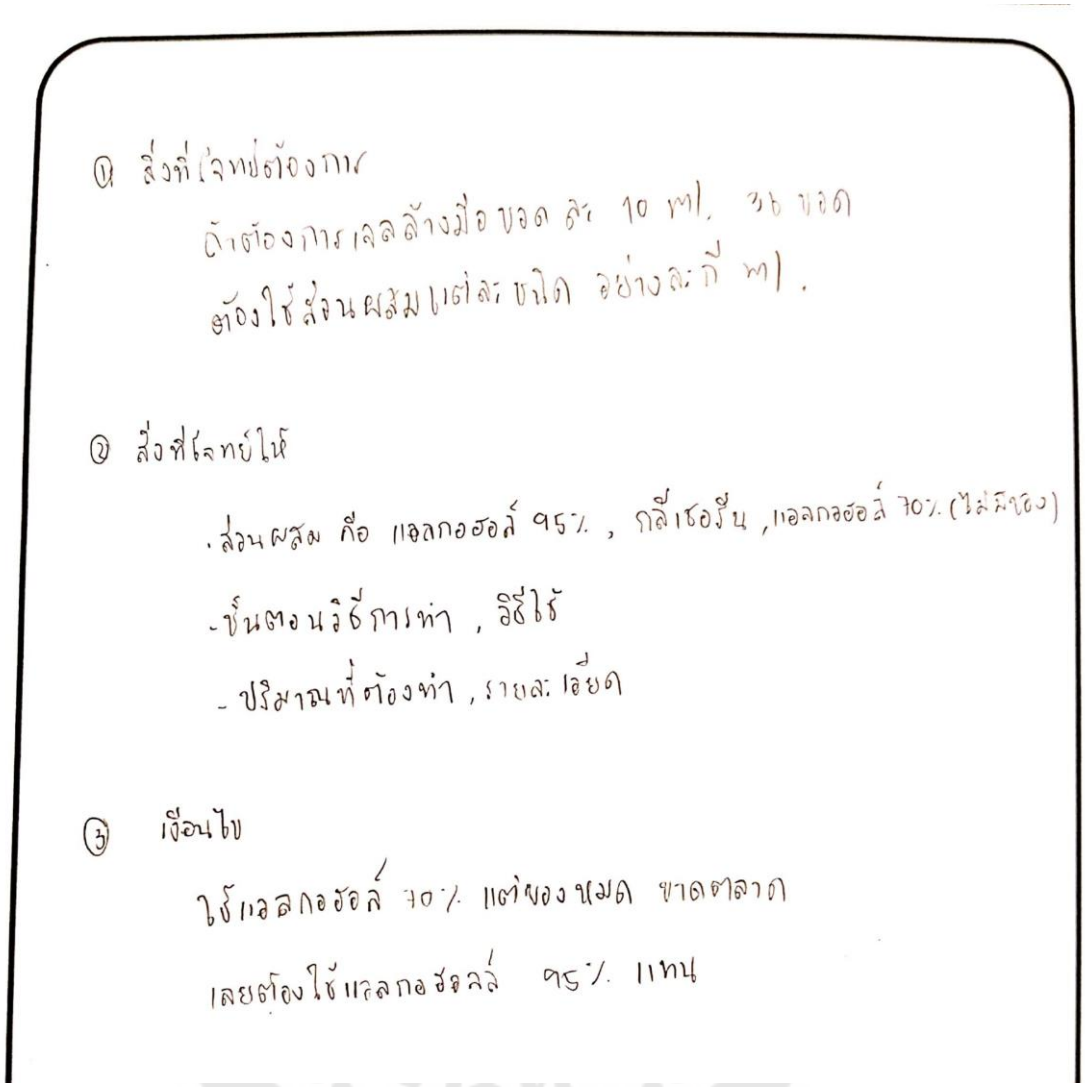
ในช่วงสถานการณ์ COVID-19 มายเพื่องมวางซื้อแอลกอฮอล์ล้างเชื้อติดเก็บไว้เพื่อสำหรับถือพ่นสิ่งของต่าง ๆ รวมถึงแบ่งใส่ขวดเพื่อไว้ถือพ้นตอนออกไปข้างนอก



จึงตัดสินใจสั่งแอลกอฮอล์ 70 % ซึ่งมีความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในร้านค้าออนไลน์ แต่ในช่วงนี้ ไม่ว่าจะร้านไหน ๆ แอลกอฮอล์ 70% ของหมดทุกร้านเพราะมีแต่คนออกมาซื้อตุนเก็บไว้เป็นจำนวนมาก ทำให้มายต้องซื้อแอลกอฮอล์ 95% และ กลีเซอรีน มาทำการผสมด้วยตนเองเพื่อให้ได้เจลล้างมือปริมาณประมาณ 60 ml. ตามขั้นตอนและรายละเอียด ดังนี้

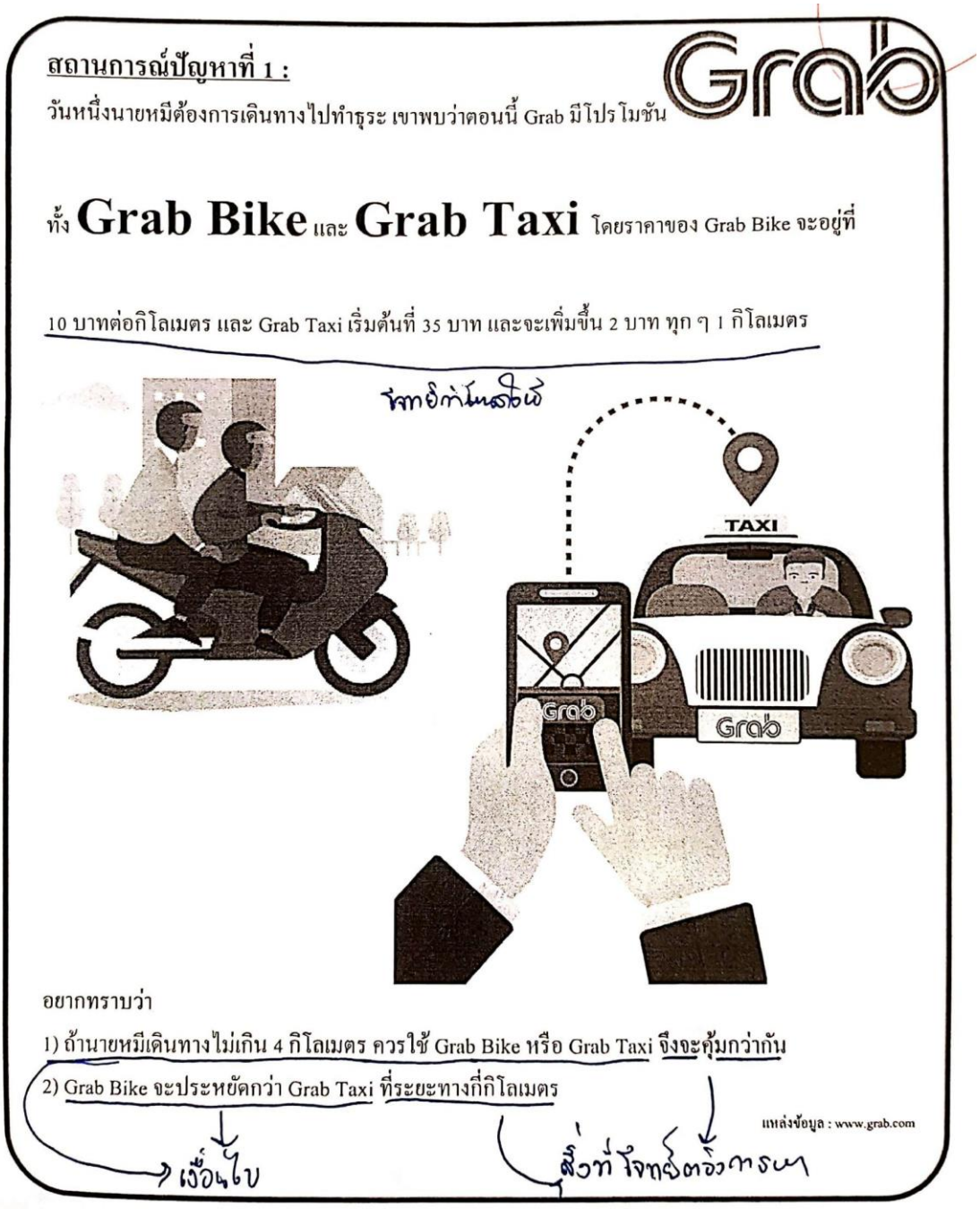
อยากทราบว่า ถ้ามายต้องการเจลล้างมือใส่ขวด ขวดละ 10 ml. จำนวน 36 ขวด มายต้องใช้ส่วนผสมแต่ละชนิด อย่างละกี่มิลลิลิตร

ภาพประกอบ 33 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 (แบบที่ 1)

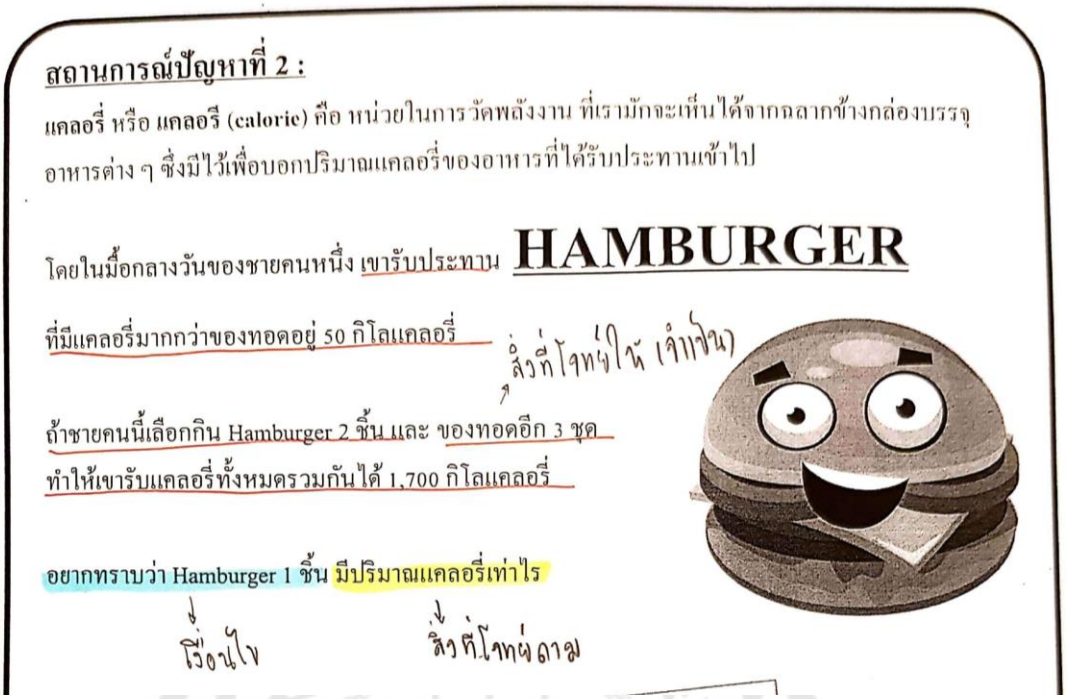



ภาพประกอบ 34 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 1 Level 1
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 (แบบที่ 2)

ในช่วงที่ 2 เมื่อนักเรียนได้รับแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 Level 1 ซึ่งเป็นชุดสถานการณ์ปัญหาแบบง่ายที่ฝึกในเรื่องของการทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 35 – 36

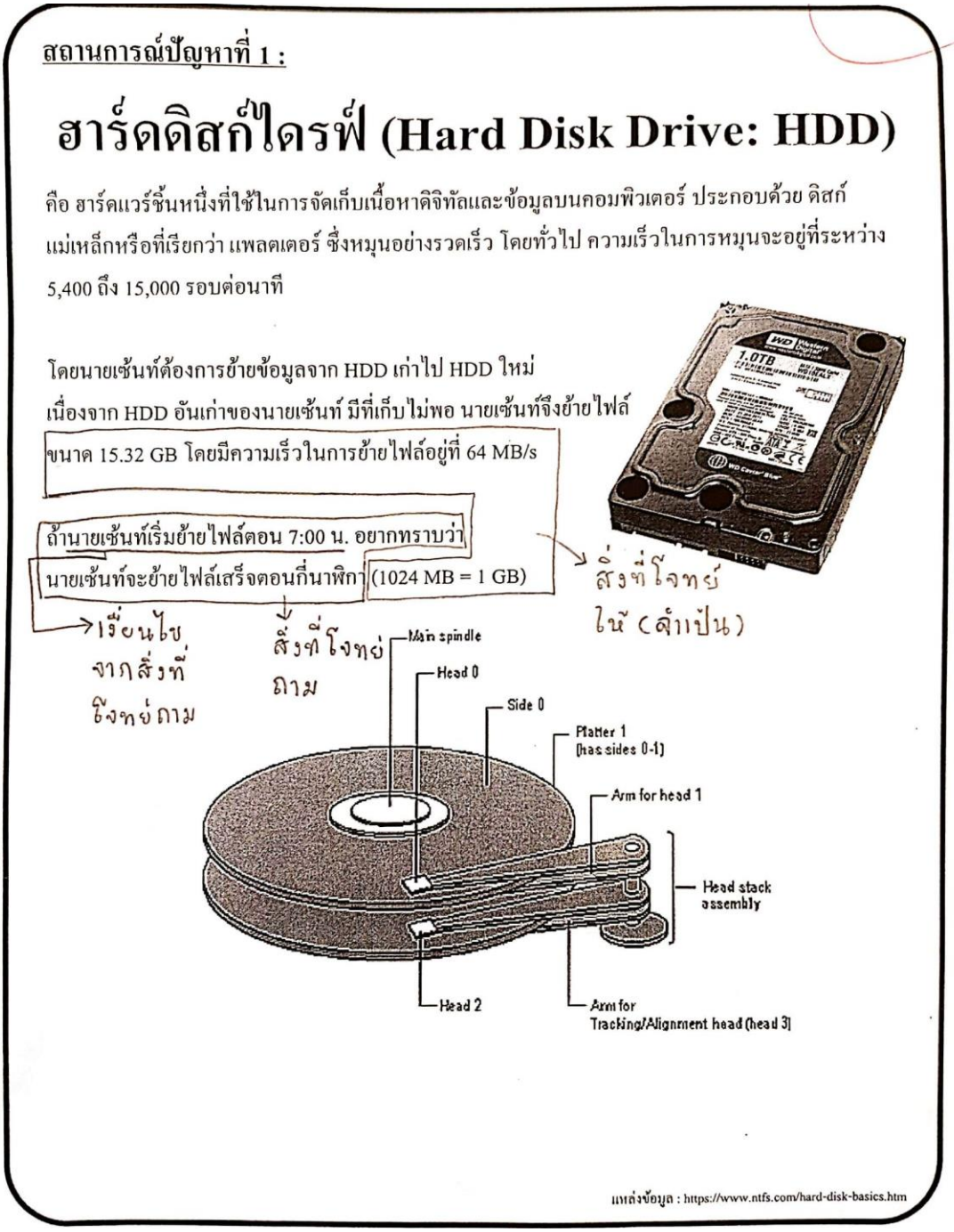



ภาพประกอบ 35 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 2 Level 1
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

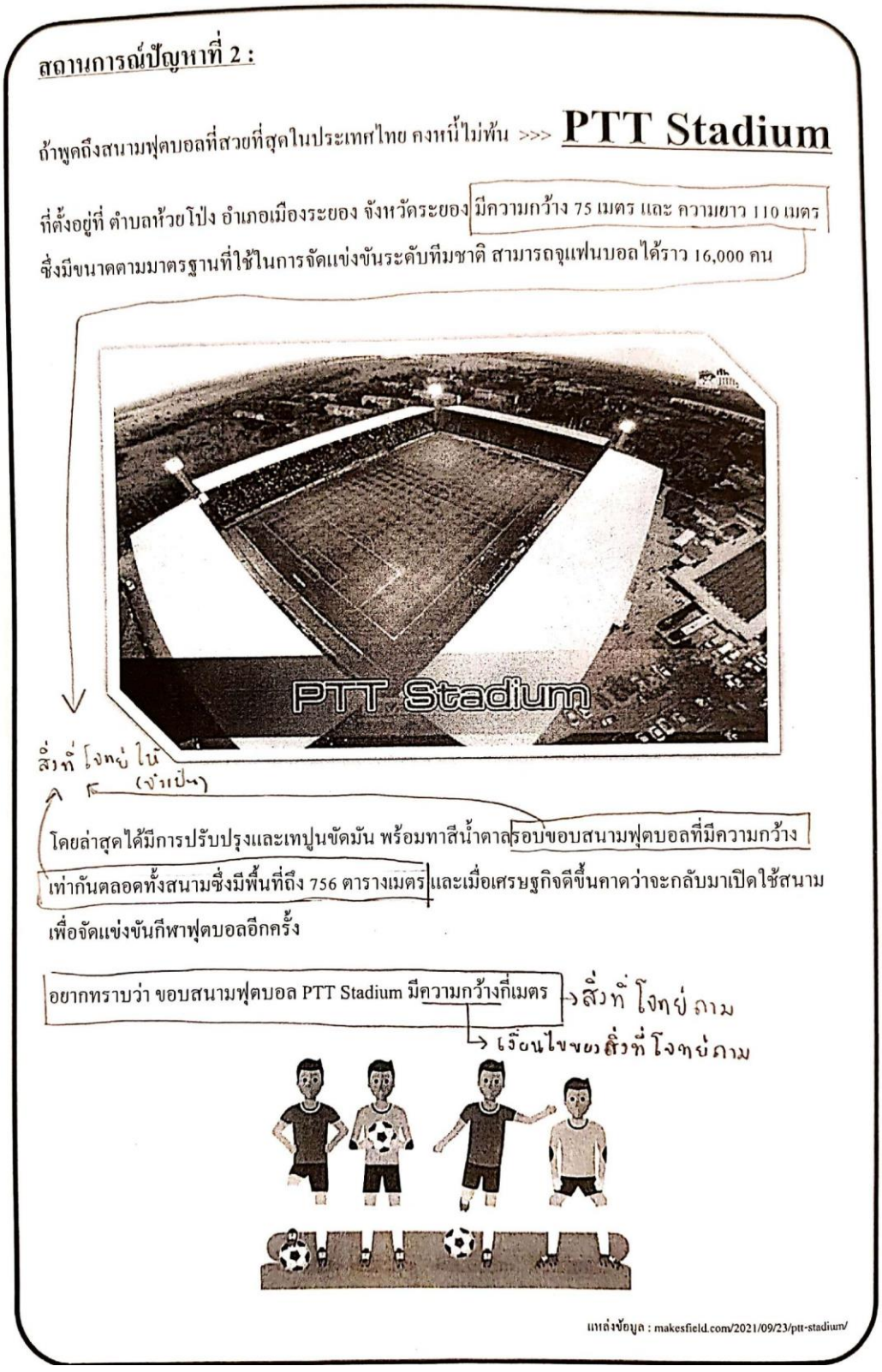



ภาพประกอบ 36 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 2 Level 1
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 3 เมื่อนักเรียนได้รับแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1 ซึ่งเป็นชุดสถานการณ์ปัญหาแบบง่ายที่ฝึกในเรื่องของการทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และนักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องส่วนใหญ่ ดังภาพประกอบ 37 – 38



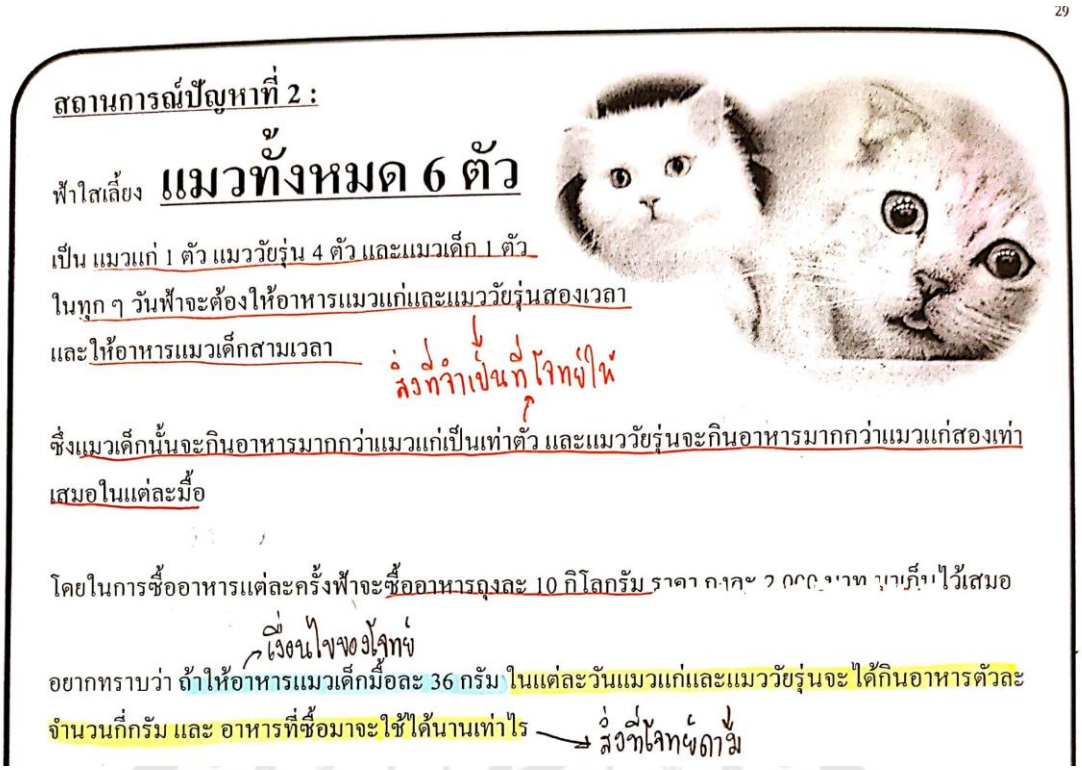

ภาพประกอบ 37 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1




ภาพประกอบ 38 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 1
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 4 เมื่อนักเรียนได้รับแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2 ซึ่งเป็นชุดสถานการณ์ปัญหาแบบปานกลางที่ฝึกในเรื่องของการทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และนักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้เพียงบางส่วน ดังภาพประกอบ 39 - 40

ภาพประกอบ 39 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1


29

สถานการณ์ปัญหาที่ 2 :

ฟ้าใสเลี้ยง **แมวทั้งหมด 6 ตัว**

เป็น แมวแก่ 1 ตัว แมววัยรุ่น 4 ตัว และแมวเด็ก 1 ตัว

ในทุก ๆ วันฟ้าจะต้องให้อาหารแมวแก่และแมววัยรุ่นสองเวลา

และให้อาหารแมวเด็กสามเวลา

สิ่งที่จำเป็นที่โจทย์ให้

ซึ่งแมวเด็กนั้นจะกินอาหารมากกว่าแมวแก่เป็นเท่าตัว และแมววัยรุ่นจะกินอาหารมากกว่าแมวแก่สองเท่า

เสมอในแต่ละมื้อ

โดยในการซื้ออาหารแต่ละครั้งฟ้าจะซื้ออาหารถุงละ 10 กิโลกรัม ราคา ถุงละ 2,000 บาท มาเก็บไว้เสมอ

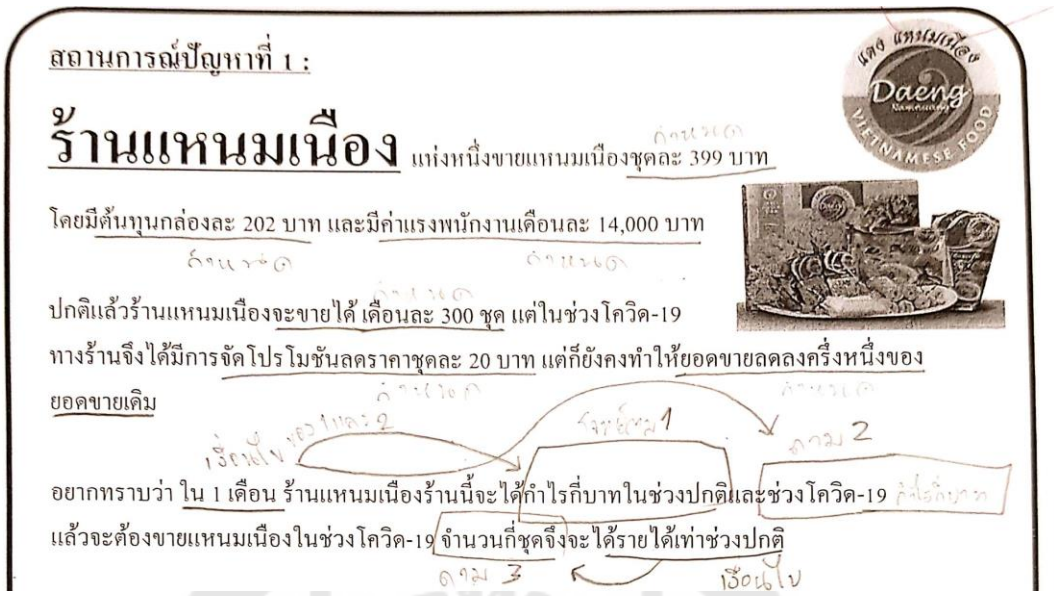
เงื่อนไขของโจทย์

อยากทราบว่า ถ้าให้อาหารแมวเด็กมื้อละ 36 กรัม ในแต่ละวันแมวแก่และแมววัยรุ่นจะได้กินอาหารตัวละ

จำนวนกี่กรัม และ อาหารที่ซื้อมาจะใช้ได้นานเท่าไร → สิ่งที่โจทย์ถามมา

ภาพประกอบ 40 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 2
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 5 เมื่อนักเรียนได้รับแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3 ซึ่งเป็นชุดสถานการณ์ปัญหาแบบยากที่ฝึกในเรื่องของการทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องส่วนใหญ่ ดังภาพประกอบ 41 – 42



สถานการณ์ปัญหาที่ 1 :

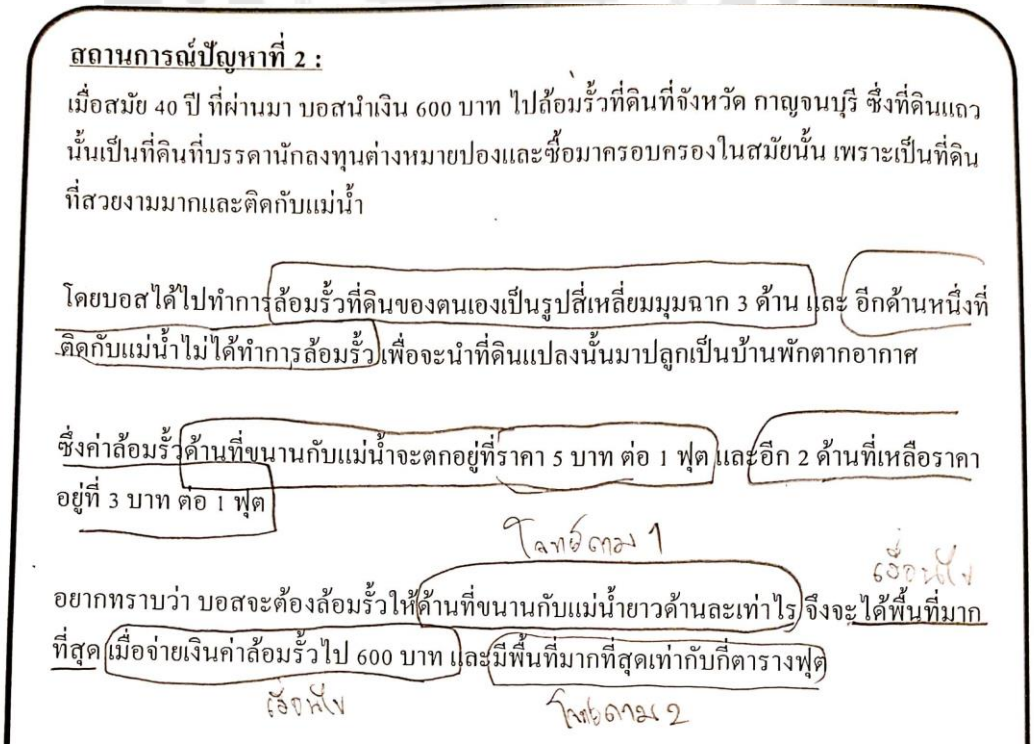
**ร้านแหนมเนือง** แห่งหนึ่งขายแหนมเนืองชุดละ 399 บาท

โดยมีต้นทุนกล่องละ 202 บาท และมีค่าแรงพนักงานเดือนละ 14,000 บาท

ปกติแล้วร้านแหนมเนืองจะขายได้ เดือนละ 300 ชุด แต่ในช่วงโควิด-19 ทางร้านจึงได้มีการจัดโปรโมชันลดราคาชุดละ 20 บาท แต่ก็ยังคงทำให้ยอดขายลดลงครึ่งหนึ่งของยอดขายเดิม

อยากทราบว่า ใน 1 เดือน ร้านแหนมเนืองร้านนี้จะได้กำไรกี่บาทในช่วงปกติและช่วงโควิด-19 แล้วจะต้องขายแหนมเนืองในช่วงโควิด-19 จำนวนกี่ชุดจึงจะได้รายได้เท่าช่วงปกติ

ภาพประกอบ 41 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



**สถานการณ์ปัญหาที่ 2 :**

เมื่อสมัย 40 ปี ที่ผ่านมา บอสนำเงิน 600 บาท ไปล้อมรั้วที่ดินที่จังหวัด กาญจนบุรี ซึ่งที่ดินแถวนั้นเป็นที่ดินที่บรรดานักลงทุนต่างหมายปองและซื้อมาครอบครองในสมัยนั้น เพราะเป็นที่ดินที่สวยงามมากและติดกับแม่น้ำ

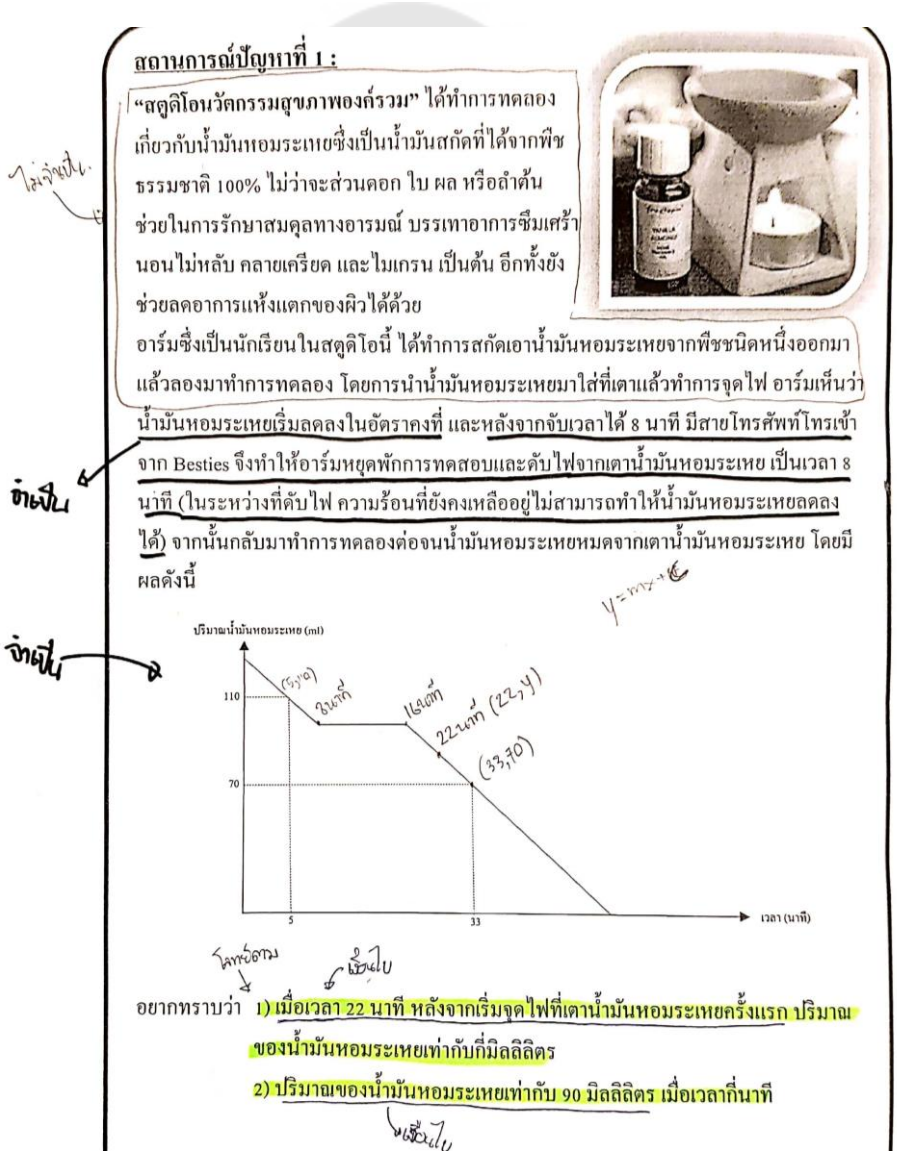
โดยบอสได้ไปทำการล้อมรั้วที่ดินของตนเองเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 3 ด้าน และ อีกด้านหนึ่งที่ติดกับแม่น้ำไม่ได้ทำการล้อมรั้ว เพื่อจะนำที่ดินแปลงนั้นมาปลูกเป็นบ้านพักตากอากาศ

ซึ่งค่าล้อมรั้วด้านที่ขนานกับแม่น้ำจะตกอยู่ที่ราคา 5 บาท ต่อ 1 ฟุต และอีก 2 ด้านที่เหลือราคาอยู่ที่ 3 บาท ต่อ 1 ฟุต

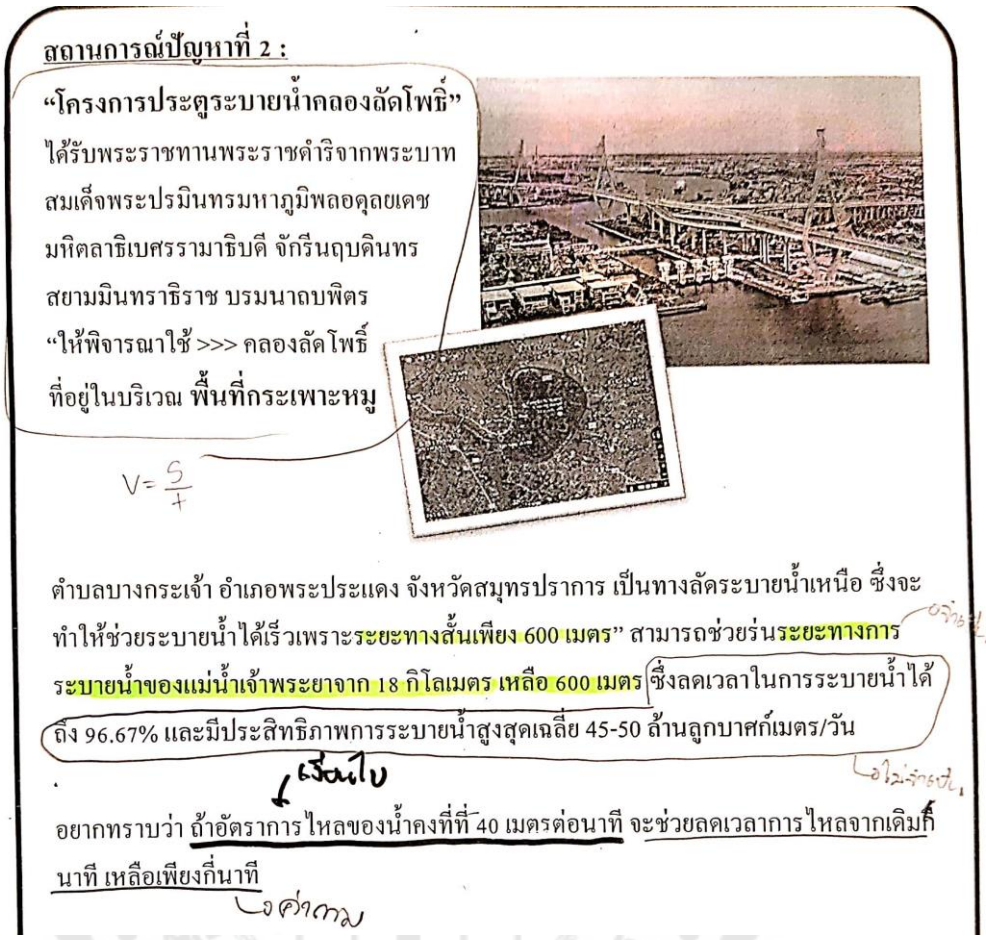
อยากทราบว่า บอสจะต้องล้อมรั้วให้ด้านที่ขนานกับแม่น้ำยาวด้านละเท่าไร จึงจะได้พื้นที่มากที่สุด เมื่อจ่ายเงินค่าล้อมรั้วไป 600 บาท และมีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับกี่ตารางฟุต

ภาพประกอบ 42 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วง Post – Test เมื่อนักเรียนได้รับแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหาจำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา โดยเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย ปานกลาง และยาก ตามลำดับ นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์จากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องส่วนใหญ่ ดังภาพประกอบ 43 – 45




ภาพประกอบ 43 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



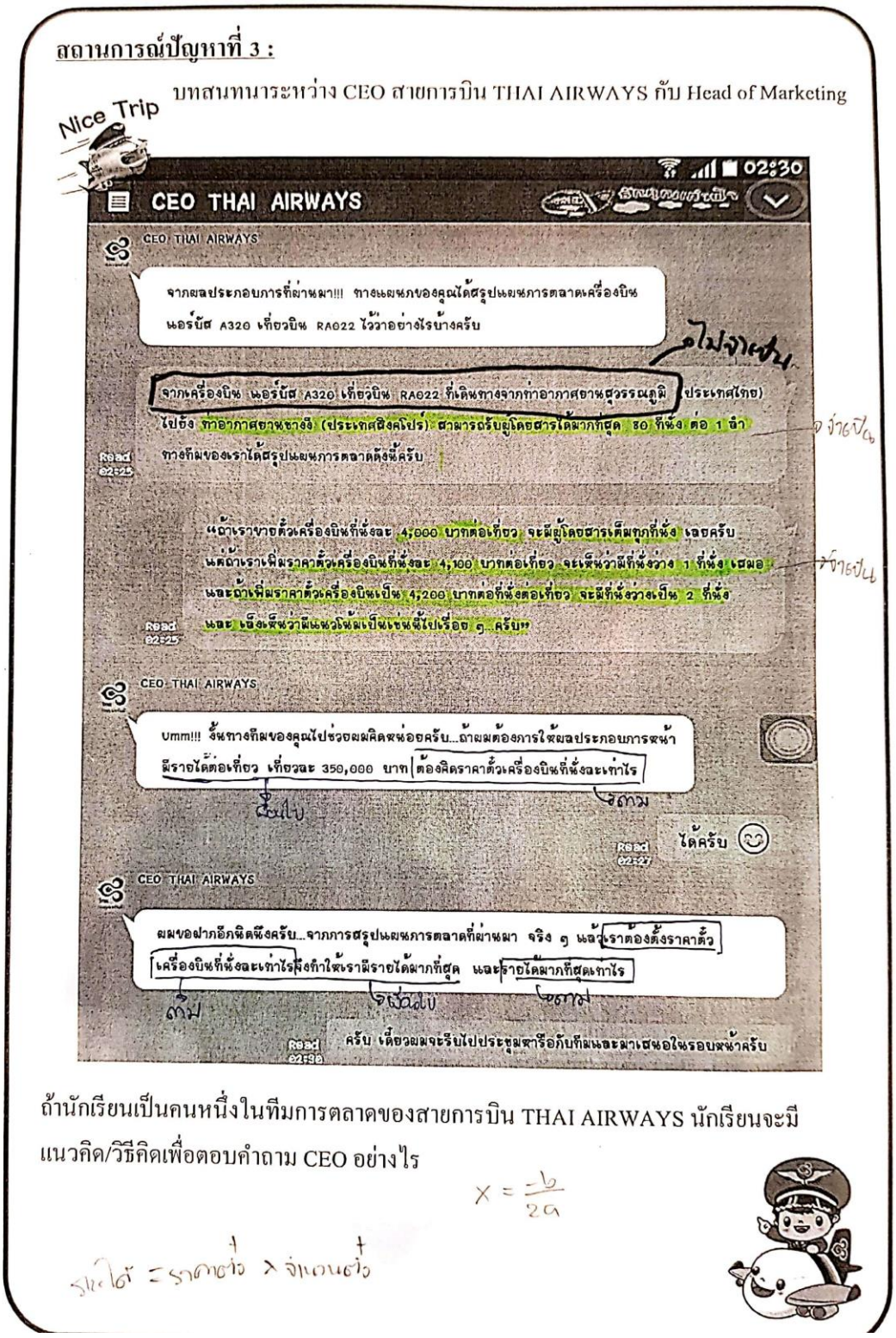
สถานการณ์ปัญหาที่ 2 :

"โครงการประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์"
ได้รับพระราชทานพระราชดำริจากพระบาท
สมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช
มหิตลาธิเบศรรามาธิบดี จักรีนฤบดินทร
สยามมินทราธิราช บรมนาถบพิตร
"ให้พิจารณาใช้ >>> คลองลัดโพธิ์
ที่อยู่ในบริเวณ พื้นที่กระเพาะหมู

ตำบลบางกระเจ้า อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เป็นทางลัดระบายน้ำเหนือ ซึ่งจะทำให้ช่วยระบายน้ำได้เร็วเพราะระยะทางสั้นเพียง 600 เมตร" สามารถช่วยร่นระยะทางการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาจาก 18 กิโลเมตร เหลือ 600 เมตร ซึ่งลดเวลาในการระบายน้ำได้ถึง 96.67% และมีประสิทธิภาพการระบายน้ำสูงสุดเฉลี่ย 45-50 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน

อยากทราบว่า ถ้าอัตราการไหลของน้ำคงที่ที่ 40 เมตรต่อนาที จะช่วยลดเวลาการไหลจากเดิมกี่นาที เหลือเพียงกี่นาที

ภาพประกอบ 44 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2




ภาพประกอบ 45 ร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกและช่วงที่ 2 ของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ต่อมาในช่วงที่ 3 – 5 นักเรียนส่วนใหญ่แสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ โดยการขีดล้อมรอบข้อความหรือขีดเส้นใต้หรือใช้ปากกาไฮไลต์ระบายทับข้อความ ในส่วนที่เป็นสถานการณ์ปัญหา หรือนำสถานการณ์ปัญหามาเขียนใหม่โดยแยกแต่ละประเด็นของสถานการณ์ปัญหา ไม่ว่าจะเป็น สิ่งที่ “ต้องการถาม” สิ่งที่ “กำหนดมาให้ (ข้อมูล)” และ “เงื่อนไข” จากสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนมากขึ้น จนมาถึงช่วง Post – Test เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้สถานการณ์ปัญหามากขึ้นทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และเห็นความสำคัญของการขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ต่าง ๆ จนแสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนมากขึ้นผ่านแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน

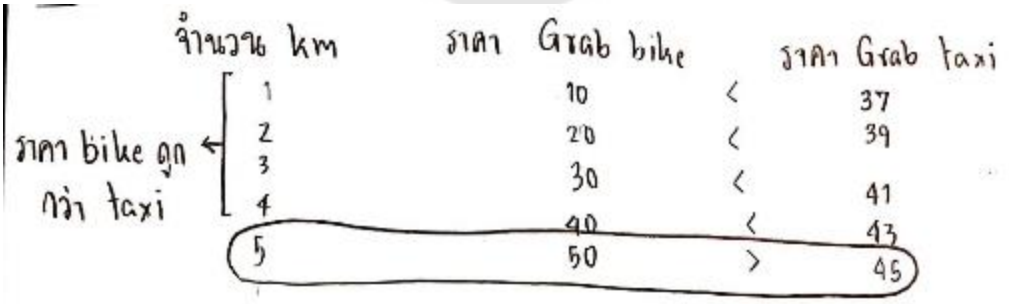
### 2.2 พฤติกรรมด้านวางแผนแก้ปัญหา

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านการวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน ผู้วิจัยพิจารณาจากการเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ระบุตัวแปรที่เกิดขึ้นนำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์ (สมการ) ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา รวมถึงสามารถระบุขอบเขตหรือความเป็นไปได้ของคำตอบและวางแผนแก้ปัญหาในรูปของผังงาน (Flow Chart) จากสถานการณ์ปัญหา ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียน และผลสัมภาษณ์นักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านวางแผนแก้ปัญหา 3 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณในการปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น (2) นักเรียนสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น และ (3) นักเรียนวางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหามากขึ้น

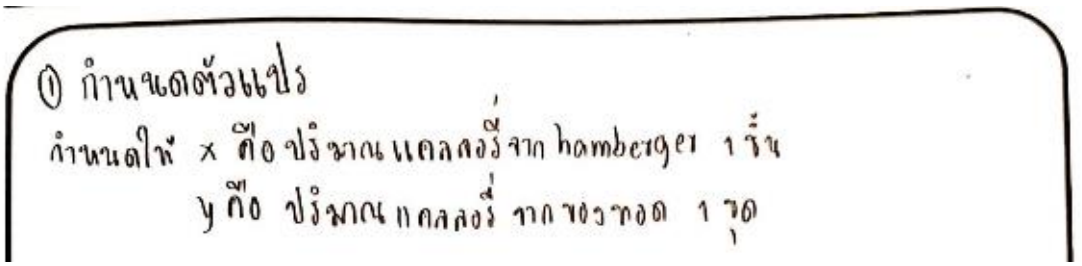
#### 2.2.1 นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณในการปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น

ในช่วงที่ 2 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า

ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้อง แต่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 46 – 47



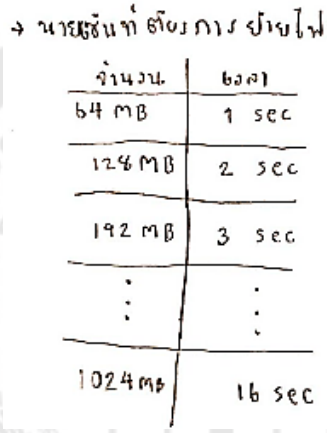

ภาพประกอบ 46 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร
หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



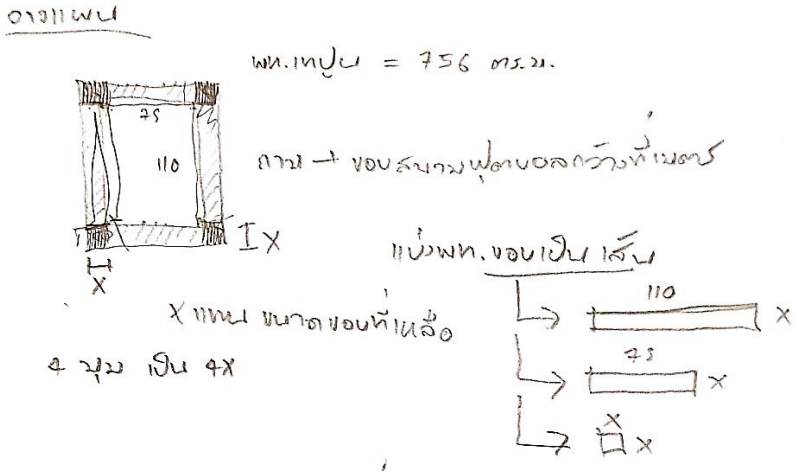

ภาพประกอบ 47 กำหนดตัวแปรในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 3 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้องแต่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียน

ทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้อง แต่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 48 – 49

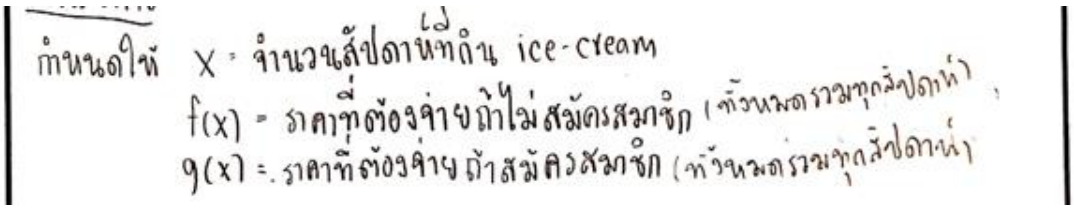



ภาพประกอบ 48 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร
หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

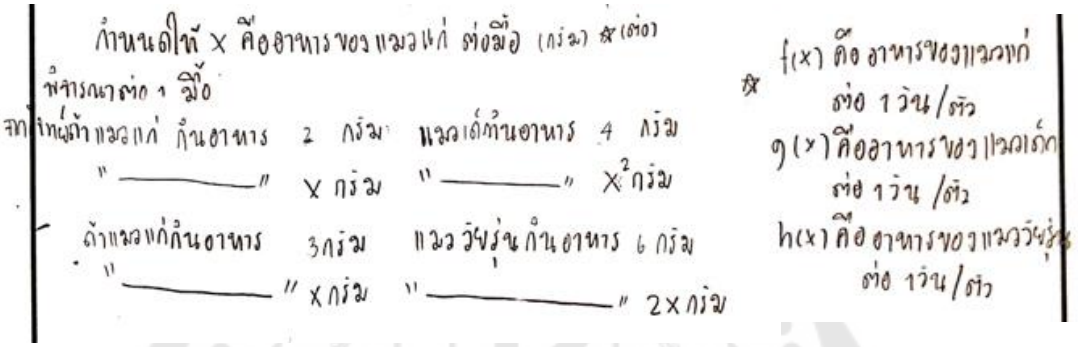



ภาพประกอบ 49 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร
หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 4 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้อง แต่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้อง แต่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 50 – 51



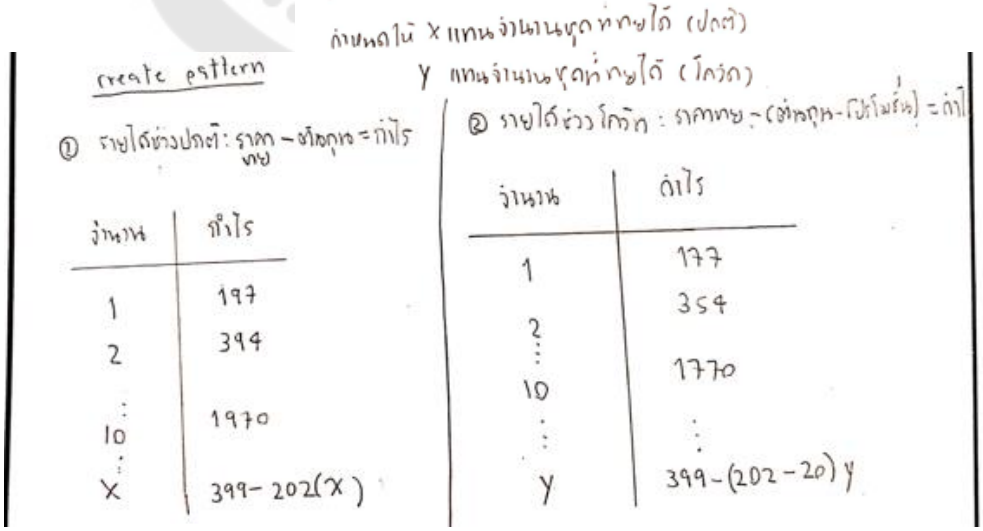

ภาพประกอบ 50 กำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



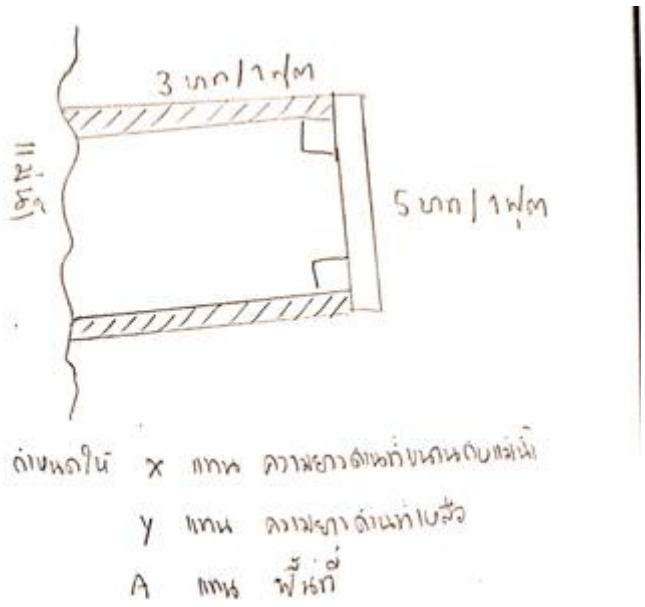

ภาพประกอบ 51 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร
หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 5 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้อง แต่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 52 – 53




ภาพประกอบ 52 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร
หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1




ภาพประกอบ 53 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร
หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วง Post – Test เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหา จำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา โดยเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย ปานกลาง และยาก ตามลำดับ มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของ

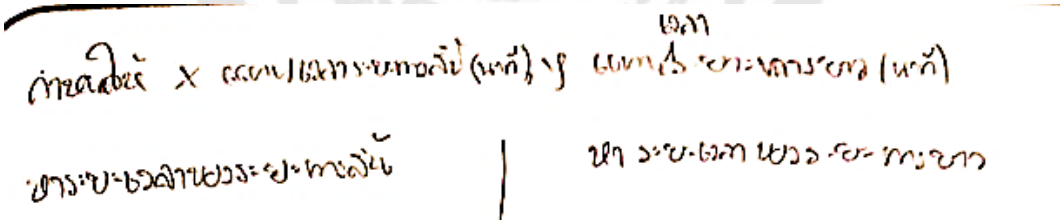
สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรไม่ถูกต้องและไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 นักเรียนจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา และ นักเรียนจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 54 – 56

แทน y = ปริมาณที่เหลืออยู่ในถังหลังจากเวลาผ่านไป 110 - 10 = 40 ml

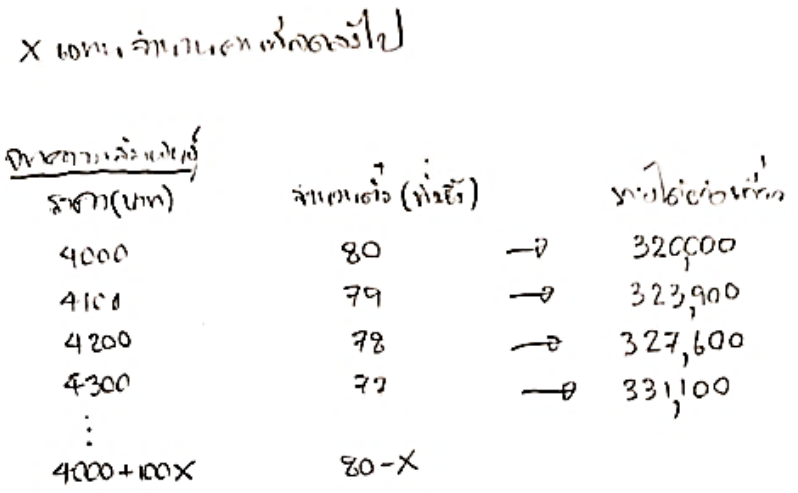
แทน x = เวลาที่ใช้ในการเทน้ำ 33 - 5 - 2 = 20 นาที

| ลางแผน | เวลา | ปริมาณ | ปริมาณที่หายไป |
|---|---|---|---|
| | 5 | 110 | 0 |
| | 6 | 108 | 2 |
| | 7 | 106 | 4 |
| | 8 | 104 | 6 |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | 16 | 104 | 6 |
| | 17 | 102 | 8 |
| | 18 | 100 | 10 |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | X | 104 - 2X | 2(X-5) นาที |

ภาพประกอบ 54 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร
หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในแบบทดสอบหลังเรียน
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



ภาพประกอบ 55 กำหนดตัวแปรในแบบทดสอบหลังเรียน
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

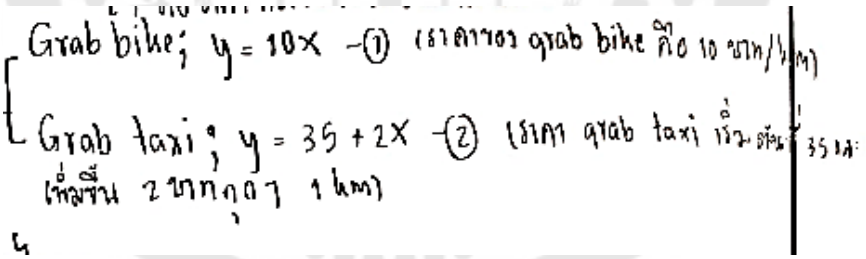


ภาพประกอบ 56 ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปร
หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และกำหนดตัวแปรในแบบทดสอบหลังเรียน
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3

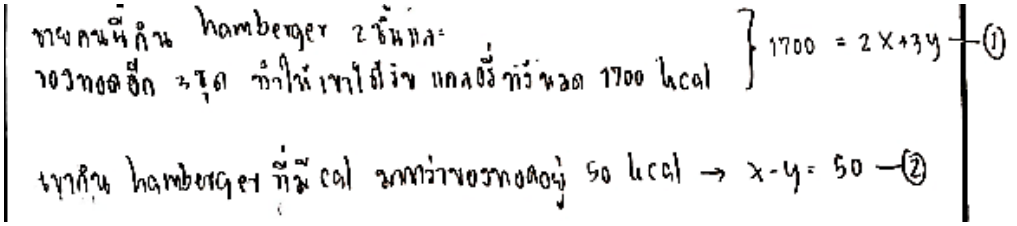
จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงที่ 2 และ 3 ของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนน้อยไม่สามารถปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้อง แต่เริ่มกำหนดตัวแปรเพื่อแทนสถานการณ์ปัญหา เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์มากขึ้นพร้อมกับระดับความยากของสถานการณ์ปัญหาที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่ 4 และ 5 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องมากขึ้น พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องมากขึ้น จะมีนักเรียนส่วนน้อยที่ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ในช่วงของ Post – Test นักเรียนส่วนใหญ่สามารถปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา จะมีนักเรียนส่วนน้อยที่ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือตัวแปรได้ถูกต้อง แต่ไม่กำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหา

**2.2.2 นักเรียนสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น**

ในช่วงที่ 2 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 96.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 57 – 58

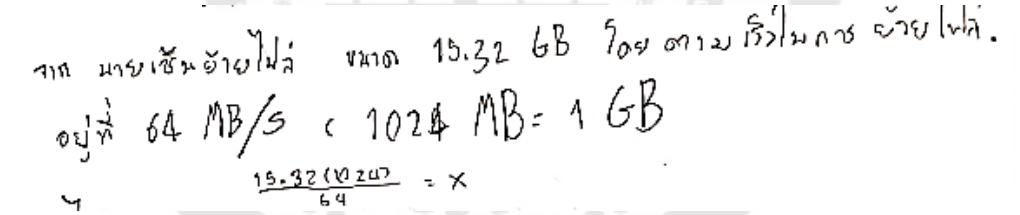



ภาพประกอบ 57 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

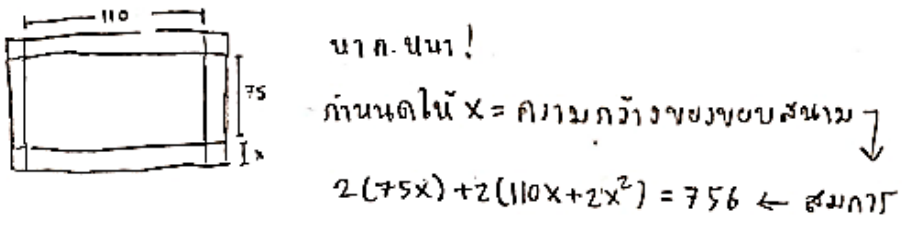



ภาพประกอบ 58 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 3 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 59 – 60

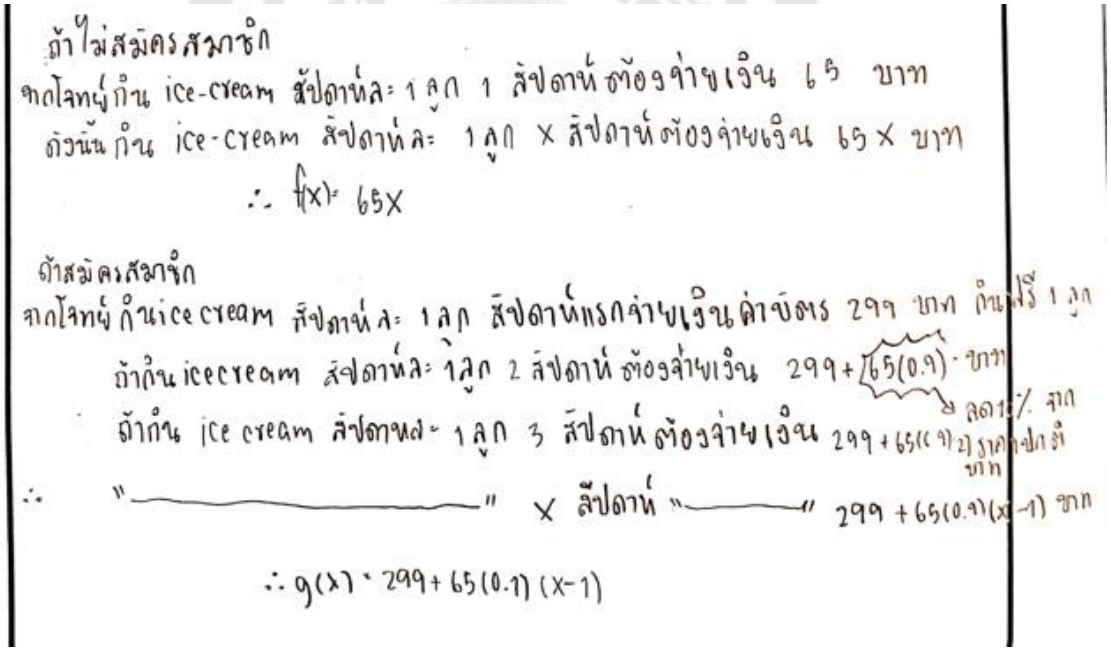



ภาพประกอบ 59 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

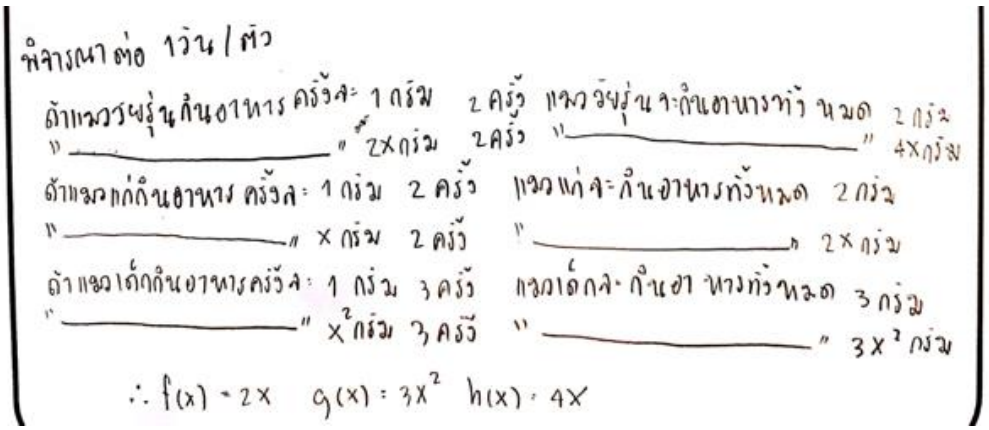



ภาพประกอบ 60 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 4 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ดังภาพประกอบ 61 – 62

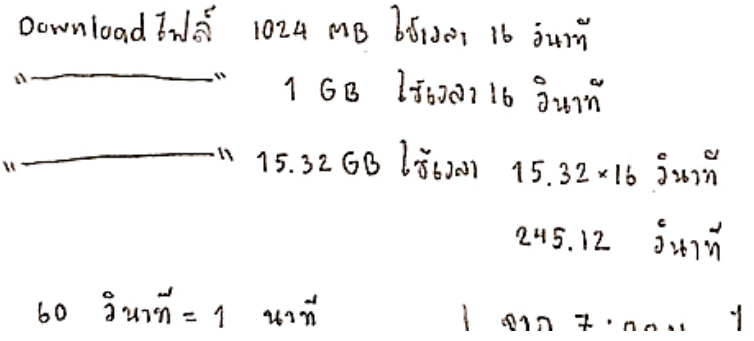



ภาพประกอบ 61 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 2
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

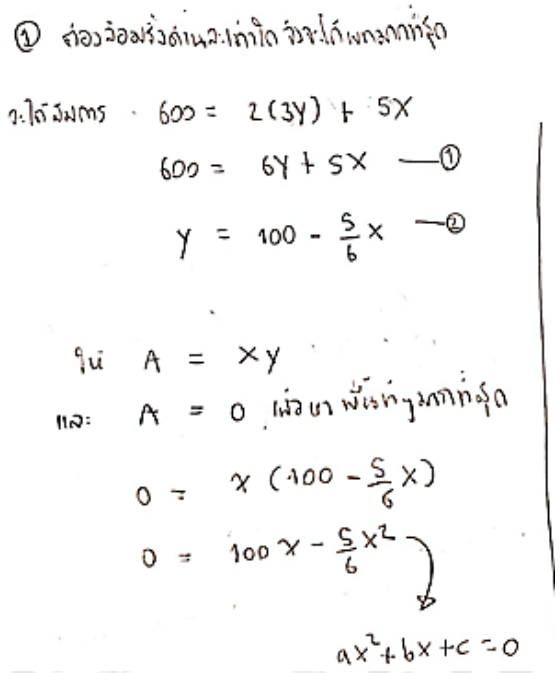



ภาพประกอบ 62 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 2
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 5 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ดังภาพประกอบ 63 – 64



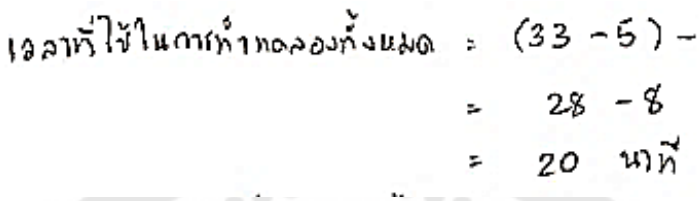

ภาพประกอบ 63 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 3
ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



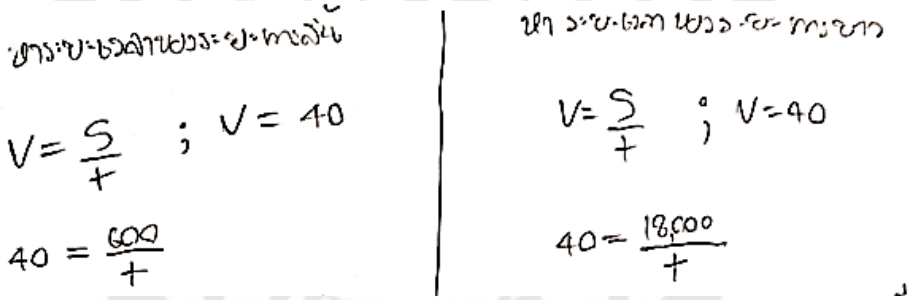

ภาพประกอบ 64 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วง Post – Test เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหา จำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา โดยเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย ปานกลาง และยาก ตามลำดับ มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวน

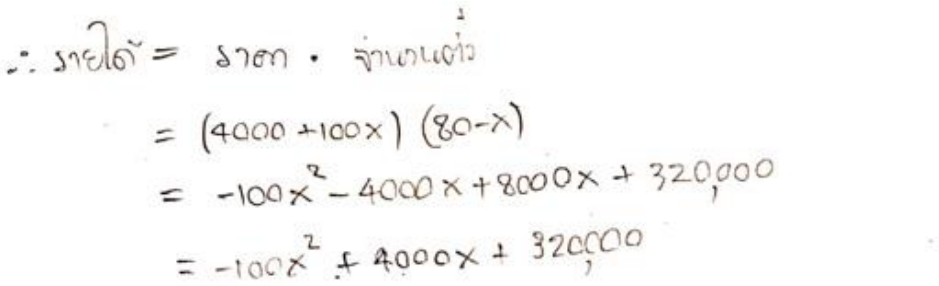
นักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 65 – 67




ภาพประกอบ 65 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1




ภาพประกอบ 66 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

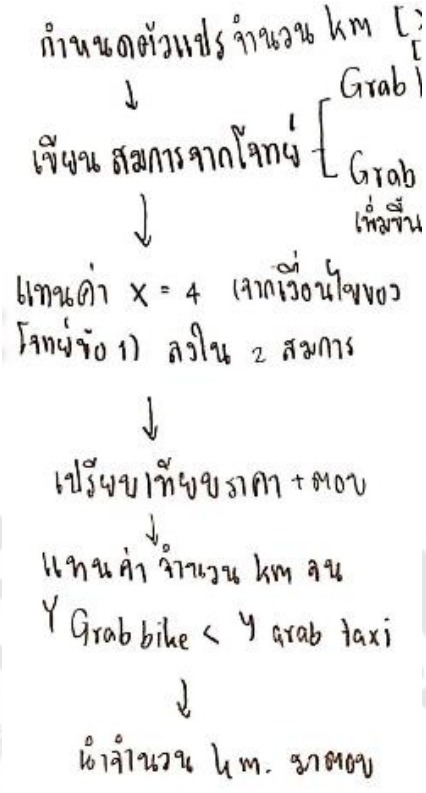



ภาพประกอบ 67 สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 3

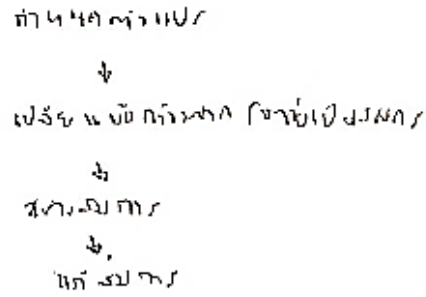
จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงที่ 2 และ 3 ของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน มีนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง แต่เมื่อนักเรียนได้ฝึกฝนและมีประสบการณ์มากขึ้น ในช่วงที่ 4 และ 5 นักเรียนส่วนใหญ่สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน สำหรับในช่วงของ Post – Test นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนมากขึ้น มีนักเรียนส่วนน้อยที่สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน

**2.2.3 นักเรียนวางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหามากขึ้น**

ในช่วงที่ 2 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 68 – 69

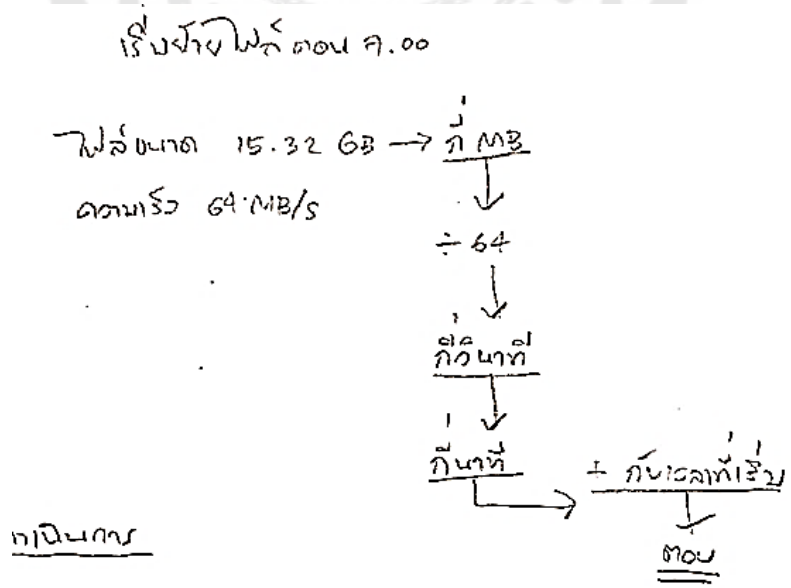



ภาพประกอบ 68 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

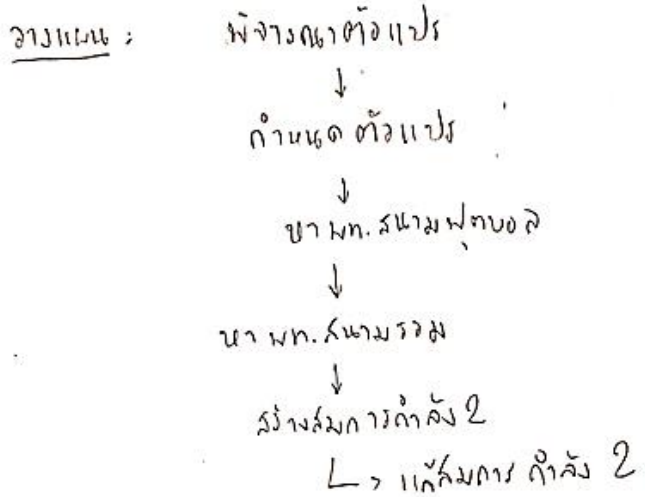


ภาพประกอบ 69 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 3 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 70 – 71

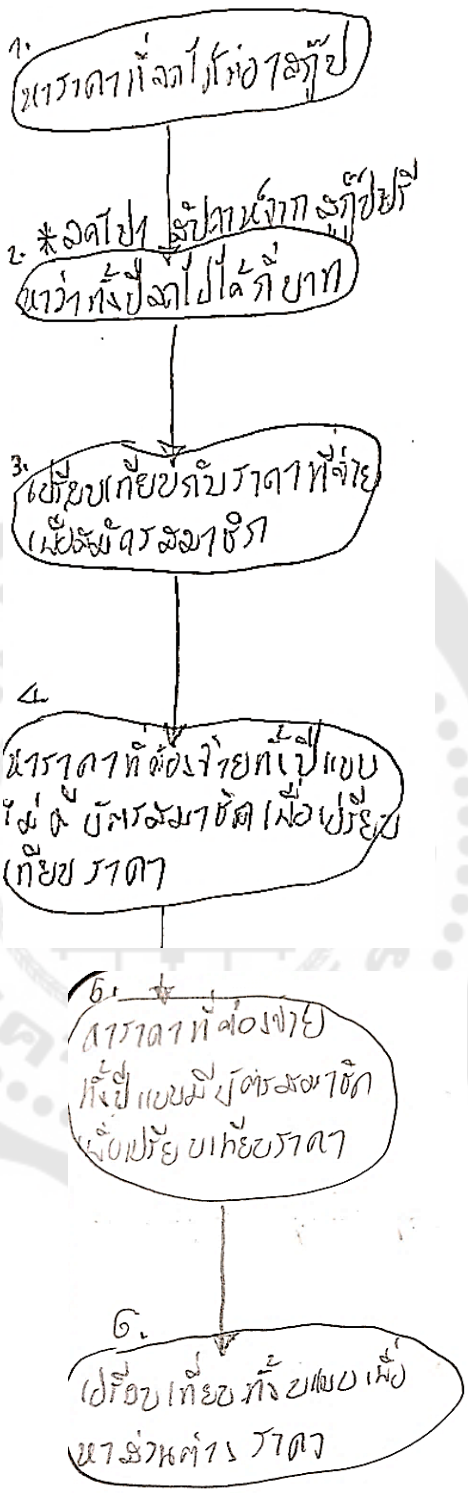



ภาพประกอบ 70 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

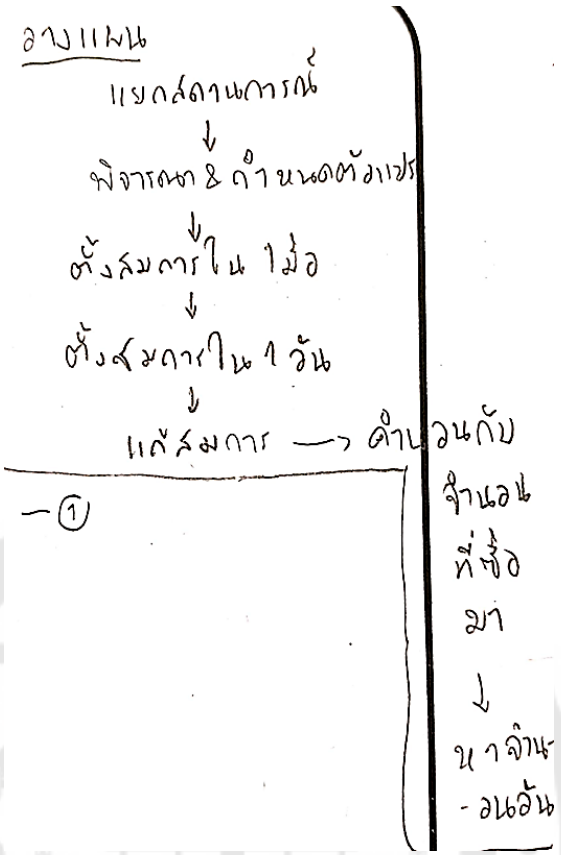



ภาพประกอบ 71 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 4 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 72 – 73



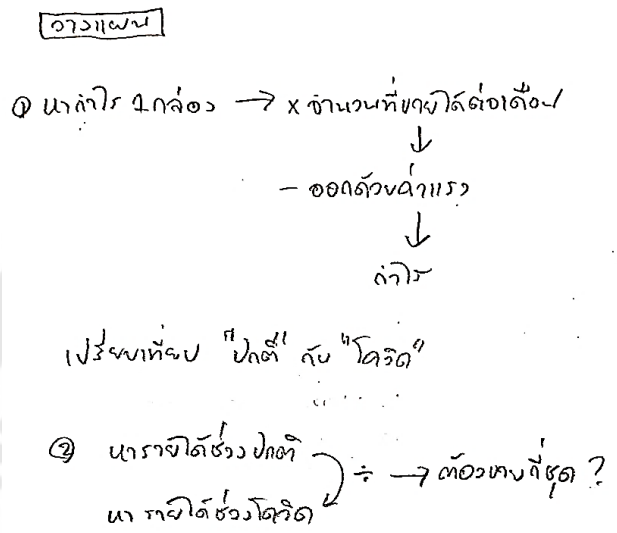

ภาพประกอบ 72 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



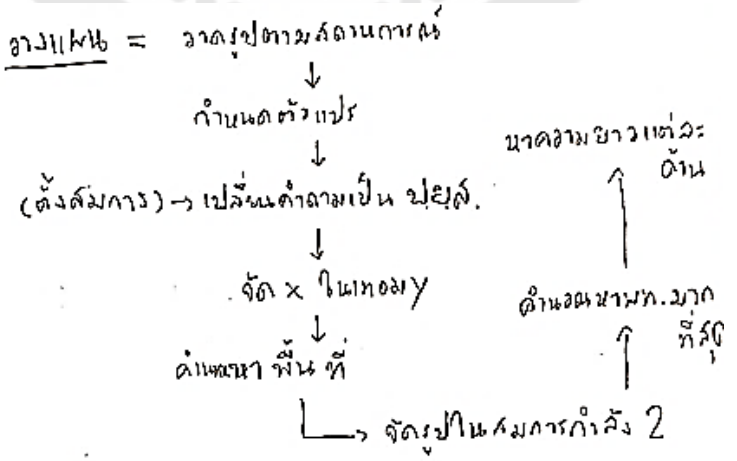

ภาพประกอบ 73 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 5 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนใน

การแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 74 – 75

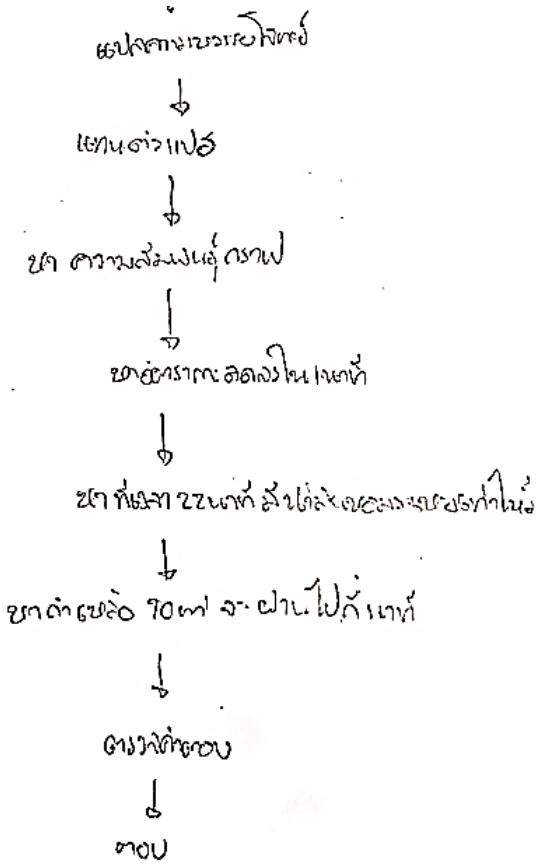



ภาพประกอบ 74 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

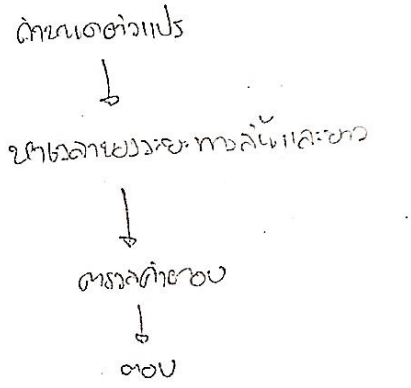



ภาพประกอบ 75 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

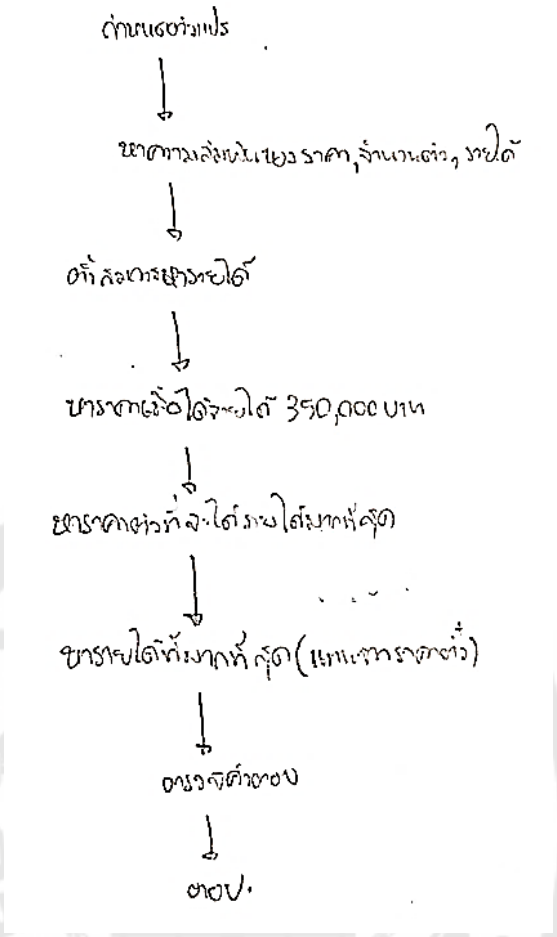
ในช่วง Post – Test เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหาจำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา โดยเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย ปานกลาง และยาก ตามลำดับ มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยการเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่แสดงแนวคิดหรือที่มาที่ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ดังภาพประกอบ 76 – 78



ภาพประกอบ 76 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



ภาพประกอบ 77 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2




ภาพประกอบ 78 เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียน ของสถานการณ์ปัญหาที่ 3

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงที่ 2 และ 3 ของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่คุ้นชิน จึงไม่วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาและไม่เขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา มีส่วนน้อยที่วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไปได้ถูกต้อง ต่อมาในช่วงที่ 4 - 5 นักเรียนส่วนใหญ่วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไปได้ถูกต้องครบถ้วนมากขึ้น ทำให้ ในช่วง Post – Test นักเรียนส่วนใหญ่วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาโดยเขียนอธิบายแนวคิด ที่มาที่ไปอย่างเป็นขั้นตอนถูกต้องเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

**2.3 พฤติกรรมด้านดำเนินการตามแผน**

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านดำเนินการตามแผนของนักเรียน ผู้วิจัยพิจารณาจากการแสดงวิธีการหาคำตอบหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบ พร้อมทั้งแสดงเหตุผลประกอบการค้นหาคำตอบเหล่านั้น ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียน และผลสัมภาษณ์นักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านดำเนินการตามแผน 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนแสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้มากขึ้น และ (2) นักเรียนคำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องมีจำนวนมากขึ้น

**2.3.1 นักเรียนแสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้มากขึ้น**

ในช่วงที่ 2 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และ นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 79 – 80

กำหนดให้ x คือจำนวน km ที่นิมีเดินทาง
y คือราคาที่นิมีต้องจ่ายในการเดินทาง

จากโจทย์จะได้

Grab bike ; $y = 10x$

Grab taxi ; $y = 35 + 2x$

แทนค่า $x = 4$

Grab bike ; $y = 4(10)$
$= 40$

Grab taxi ; $y = 35 + 2(4)$
$= 43$

$\therefore y_{grab\ bike} < y_{grab\ taxi}$ ∴ Grab bike คุ้มกว่า Grab taxi ✱

ภาพประกอบ 79 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

- จัดรูป x in form of y

จาก ② ; $x = 50 + y$ —③

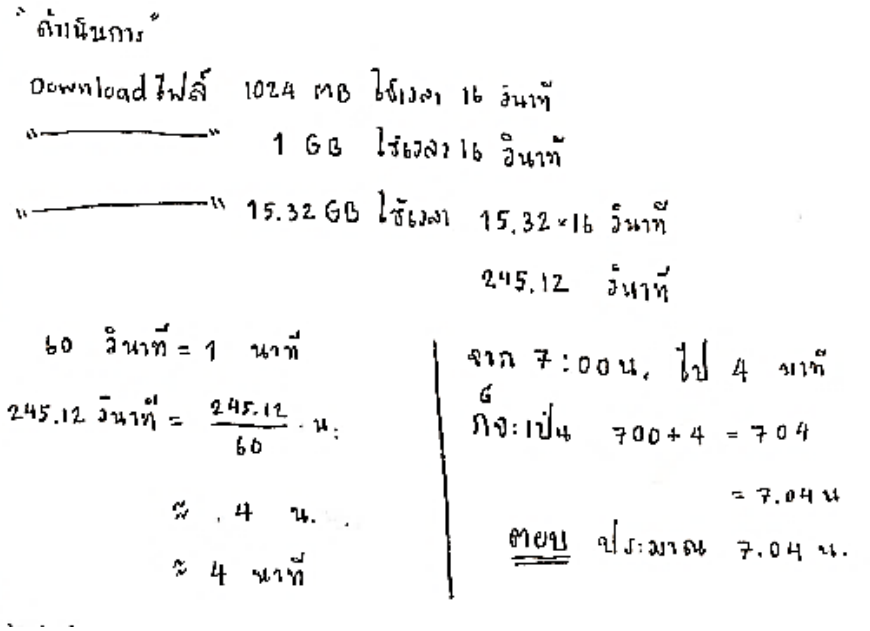
- แทน $x = 50 + y$ ลงใน ① ; $1700 = 2(50 + y) + 3y$
$= 100 + 2y + 3y$
$= 100 + 5y$
$5y = 1600$
$y = 320$

- แทน $y = 320$ ลงใน ③ ; $x = 50 + 320$
$= 370$

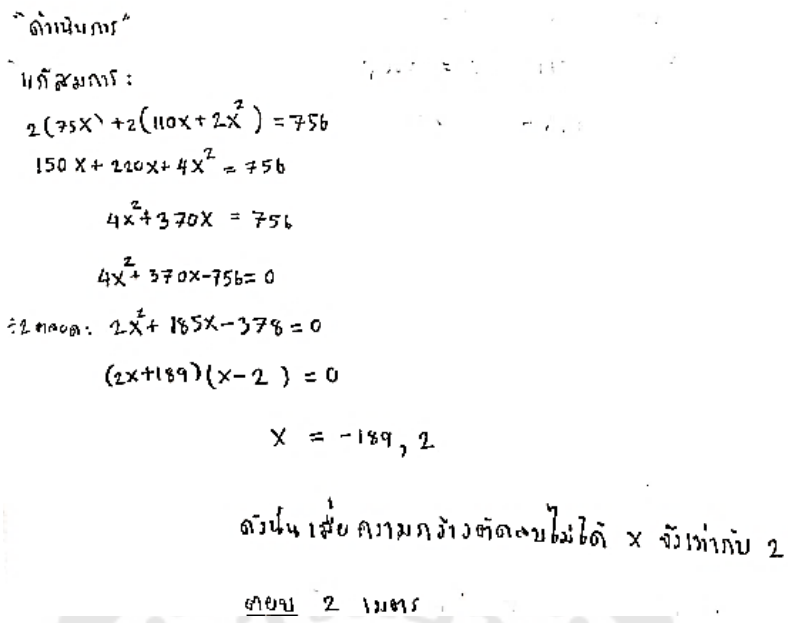
Ans: hamburger 1 ชิ้น เท่ากับ 370 kcal ✱

ภาพประกอบ 80 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 2 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 3 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และ นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 81 – 82

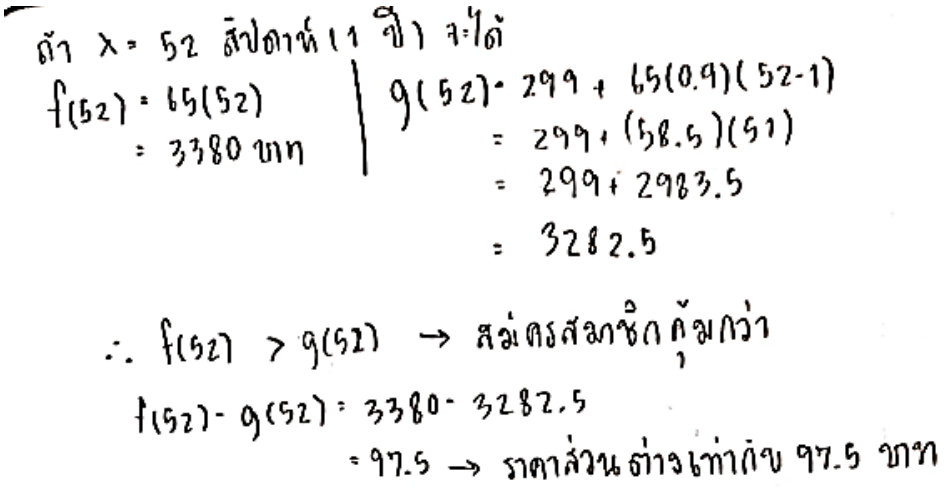



ภาพประกอบ 81 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

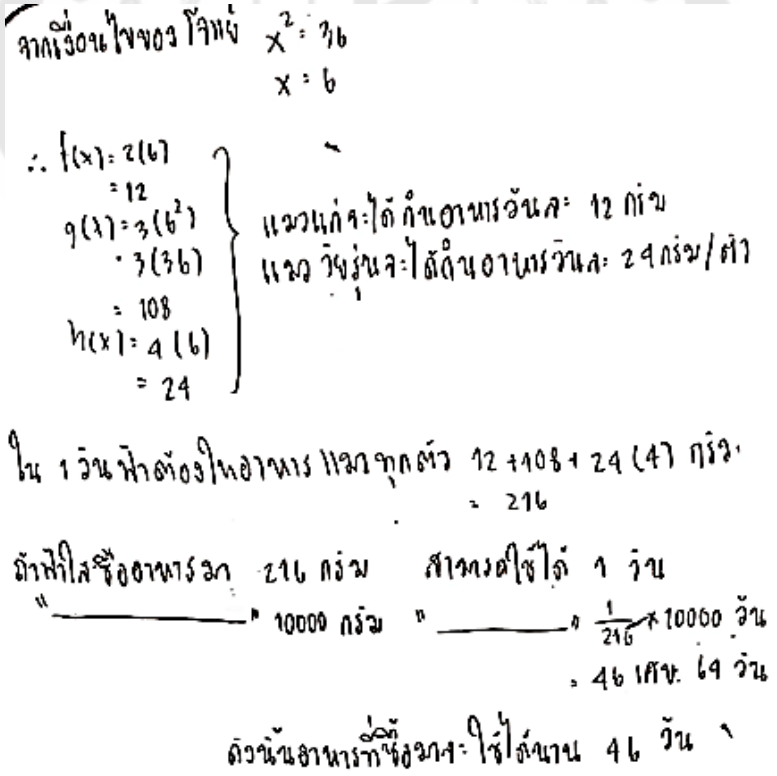



ภาพประกอบ 82 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 4 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และ นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ดังภาพประกอบ 83 – 84

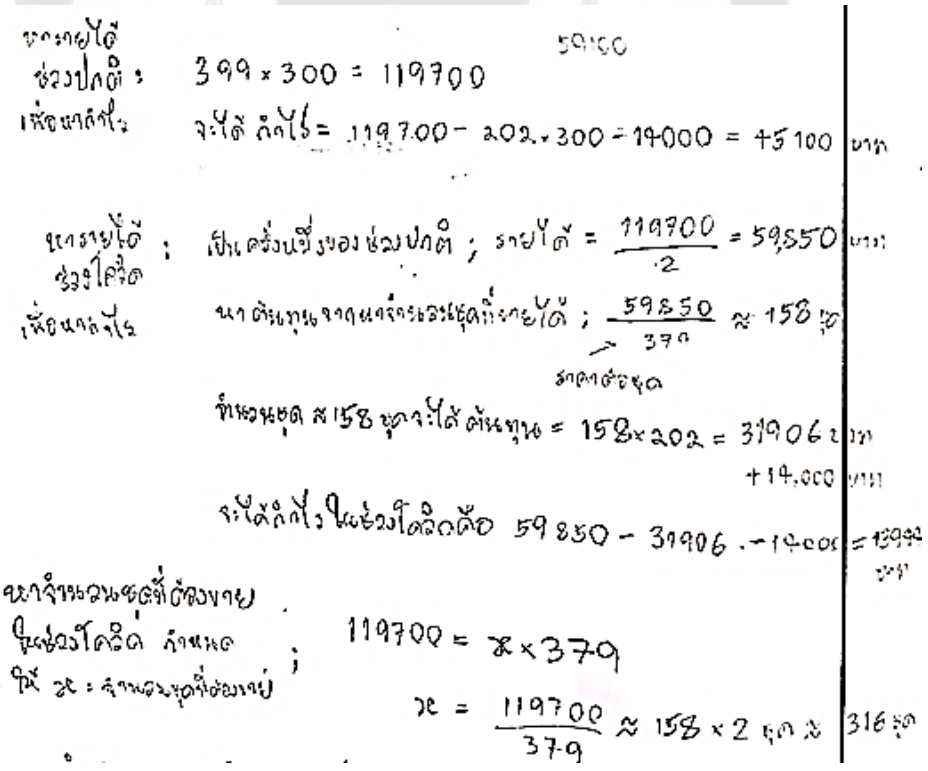



ภาพประกอบ 83 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

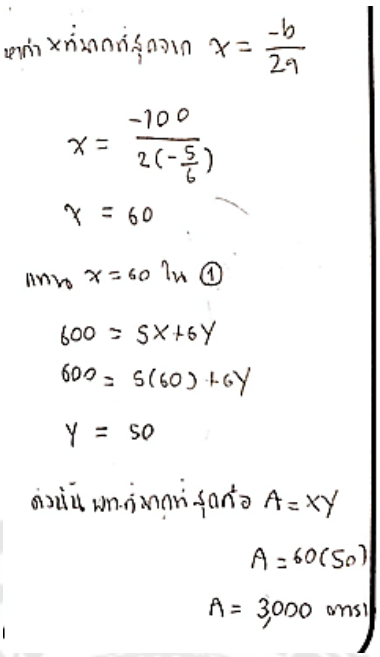



ภาพประกอบ 84 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 5 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน และนักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และ นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ดังภาพประกอบ 85 – 86



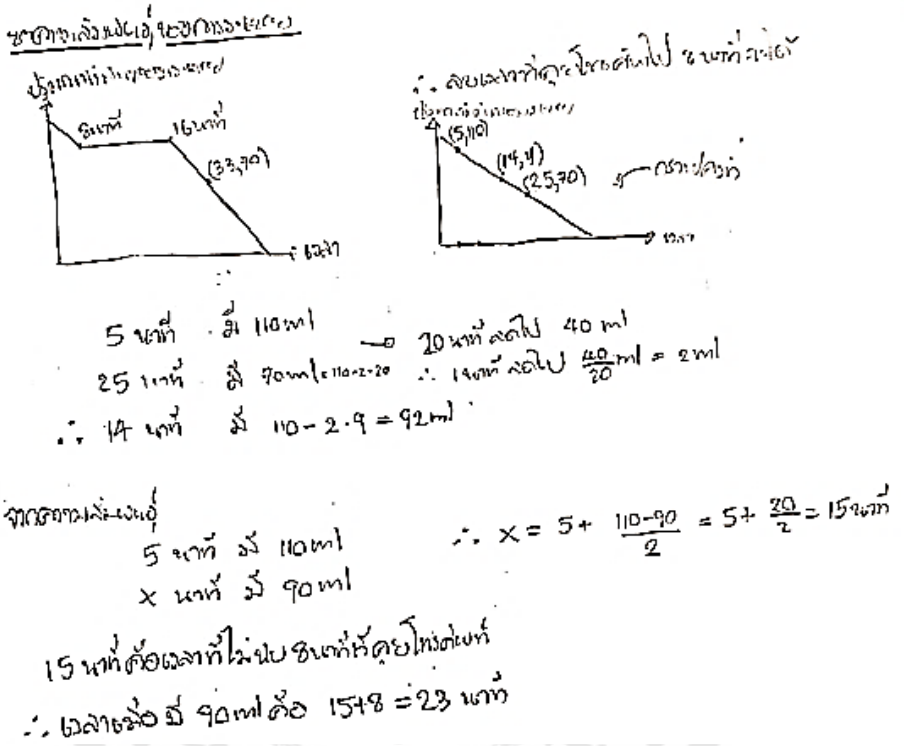

ภาพประกอบ 85 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



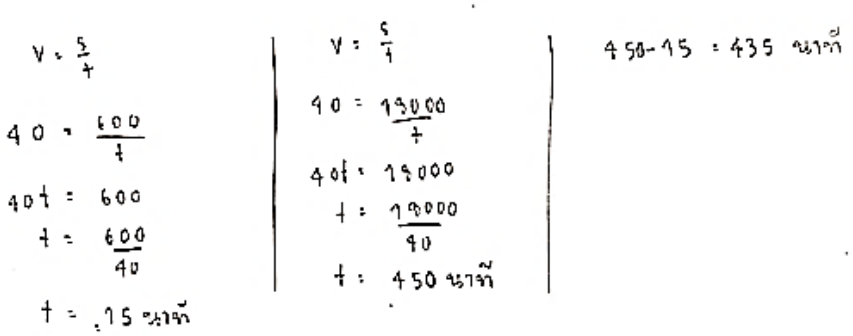

ภาพประกอบ 86 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วง Post – Test เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหาจำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา โดยเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย ปานกลาง และยาก ตามลำดับ มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และนักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการ

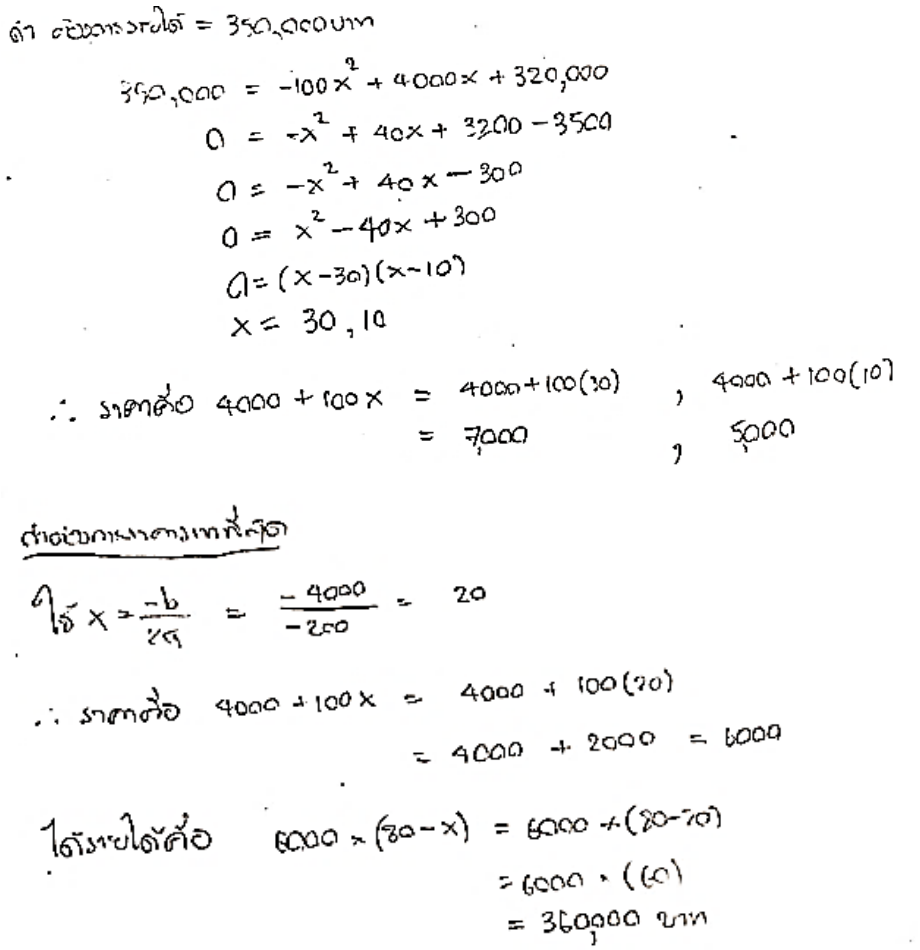
แก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ดังภาพประกอบ 87 – 89




ภาพประกอบ 87 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1




ภาพประกอบ 88 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 2




ภาพประกอบ 89 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบ
ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 3

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงที่ 2 และ 3 ของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งแสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ และ มีนักเรียนบางส่วนที่แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบไม่ถูกต้อง สำหรับในช่วงที่ 4 และ 5 นักเรียนส่วนใหญ่แสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องมากขึ้น ทำให้ ในช่วง Post – Test นักเรียนแสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนมีจำนวนมากขึ้น

**2.3.2 นักเรียนคำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องมีจำนวนมากขึ้น**

ในช่วงที่ 2 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 80 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง

ในช่วงที่ 3 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง

ในช่วงที่ 4 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 18 คน

คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง

ในช่วงที่ 5 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง

ในช่วง Post – Test เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหาจำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา โดยเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย ปานกลาง และยาก ตามลำดับ มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง

ครบถ้วน นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และ นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงที่ 2 - 4 ของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และ มีนักเรียนส่วนน้อยที่ยังคำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้อง สำหรับในช่วงที่ 5 นักเรียนส่วนใหญ่คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนแต่มีจำนวนลดลงเนื่องจากสถานการณ์ปัญหามีความยุ่งยาก ซับซ้อนมากขึ้น อาจส่งผลให้นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ สำหรับในช่วง Post – Test นักเรียนส่วนใหญ่คำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วนมีจำนวนมากขึ้นเมื่อเทียบกับแต่ละช่วงของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

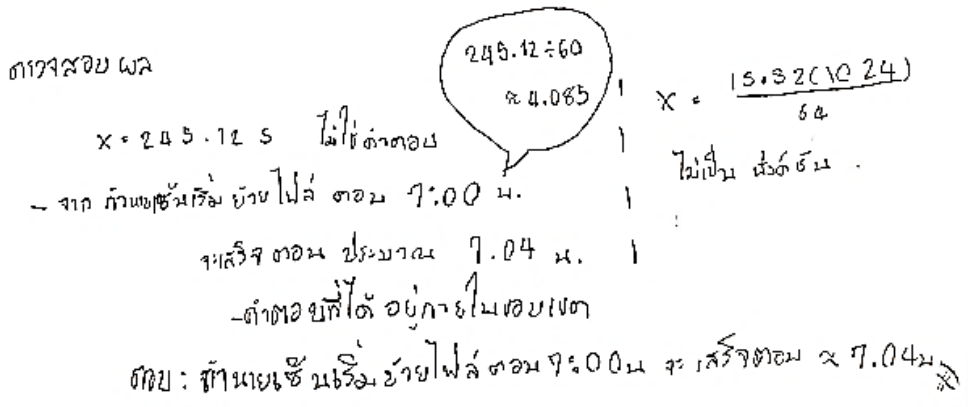
### 2.4 พฤติกรรมด้านตรวจสอบผล

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านตรวจสอบผลของนักเรียน ผู้วิจัยพิจารณาจากการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความสมเหตุสมผลและตรงกับสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาถามหรือไม่ จากนั้นปรับเปลี่ยนคำตอบจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียน และผลสัมภาษณ์นักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้านตรวจสอบผล 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบได้มากขึ้น และ (2) นักเรียนเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องตรงตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดมีจำนวนมากขึ้น

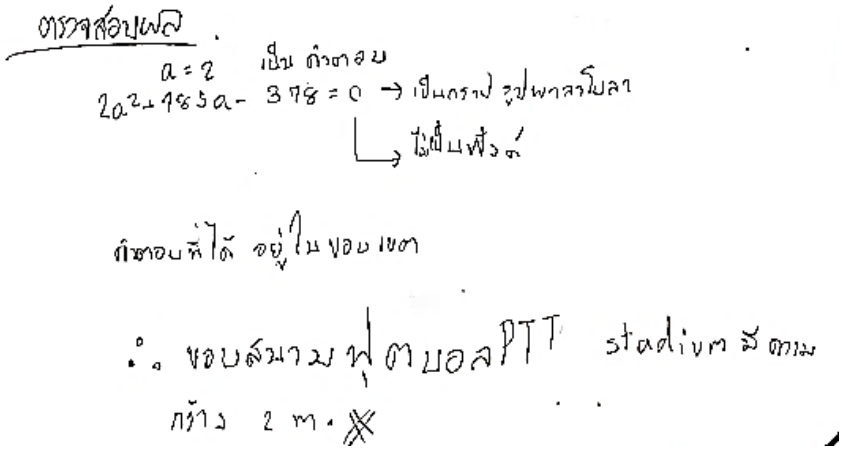
#### 2.4.1 นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบได้มากขึ้น

ในช่วงที่ 3 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด

สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 36.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 63.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพประกอบ 90 – 91

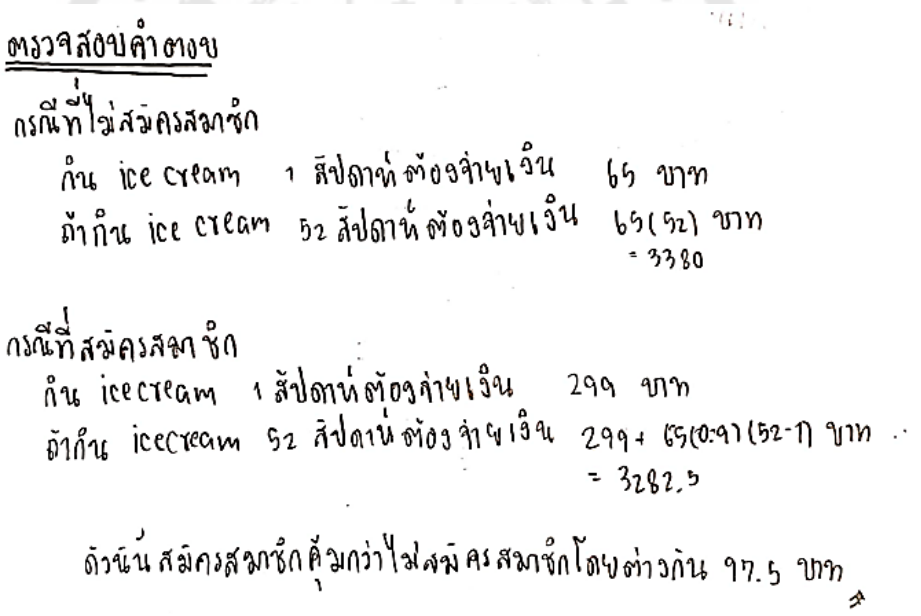



ภาพประกอบ 90 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1




ภาพประกอบ 91 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 1 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 4 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพประกอบ 92 – 93


ตรวจสอบคำตอบ

กรณีที่ไม่สมัครสมาชิก

กิน ice cream 1 สัปดาห์ต้องจ่ายเงิน 65 บาท

ถ้ากิน ice cream 52 สัปดาห์ต้องจ่ายเงิน 65(52) บาท

= 3380

กรณีที่สมัครสมาชิก

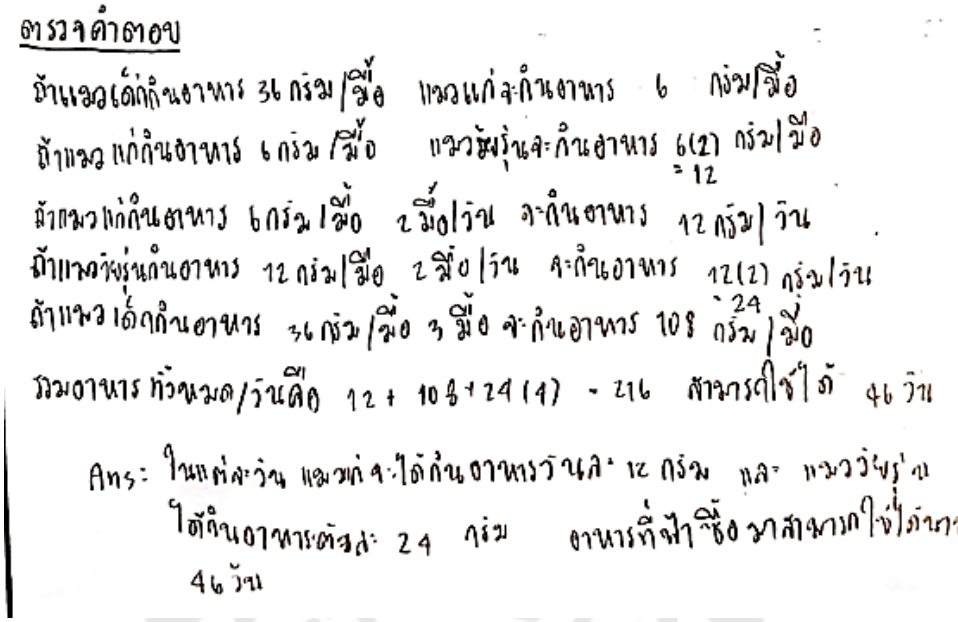
กิน icecream 1 สัปดาห์ต้องจ่ายเงิน 299 บาท

ถ้ากิน icecream 52 สัปดาห์ต้องจ่ายเงิน 299 + 65(0.9)(52-1) บาท

= 3282.5

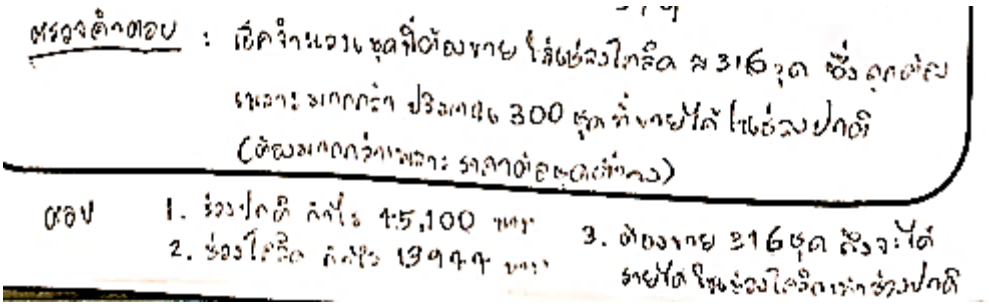
ดังนั้น สมัครสมาชิกคุ้มกว่าไม่สมัครสมาชิกโดยต่างกัน 97.5 บาท

ภาพประกอบ 92 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1

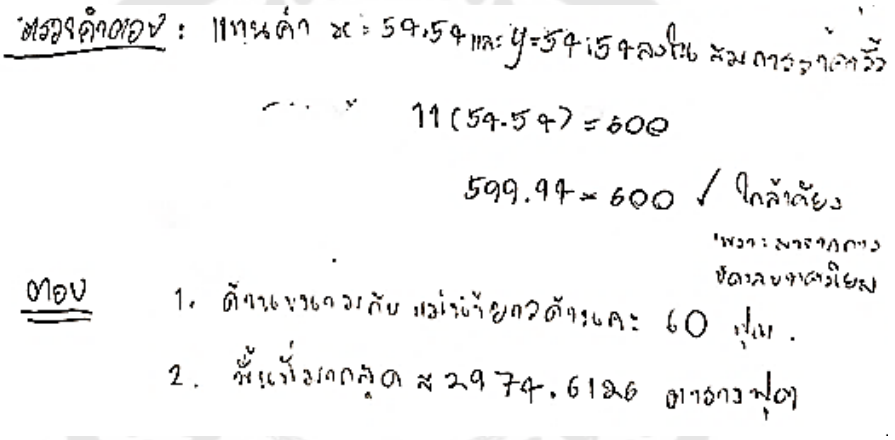



ภาพประกอบ 93 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 2 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วงที่ 5 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพประกอบ 94 – 95



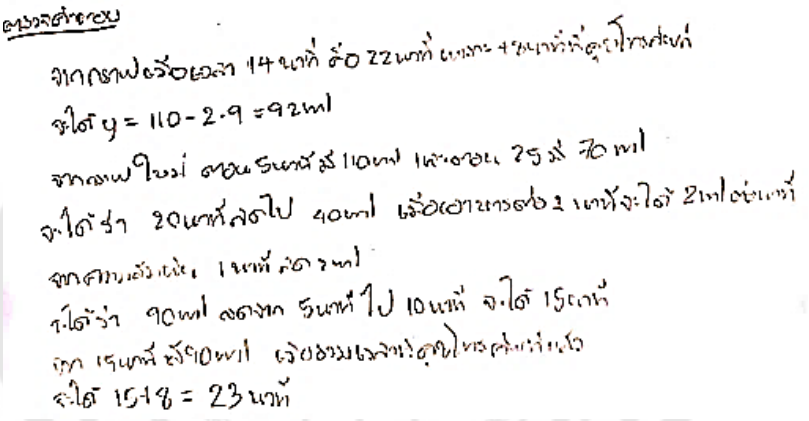
ภาพประกอบ 94 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



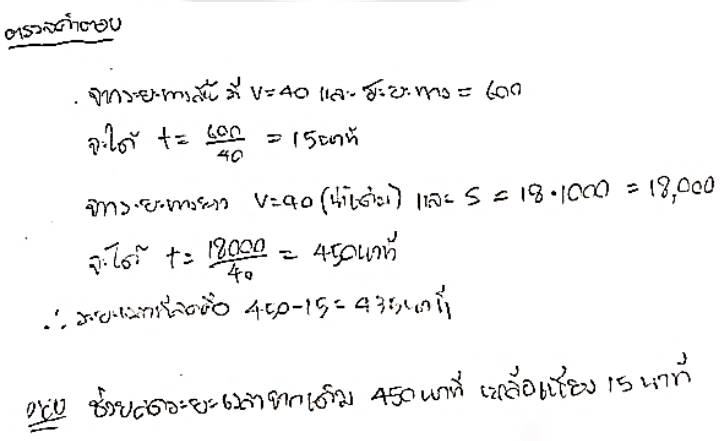
ภาพประกอบ 95 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในชุดที่ 3 Level 3 ของสถานการณ์ปัญหาที่ 2

ในช่วง Post – Test เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหาจำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา โดยเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย ปานกลาง และยาก ตามลำดับ มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล

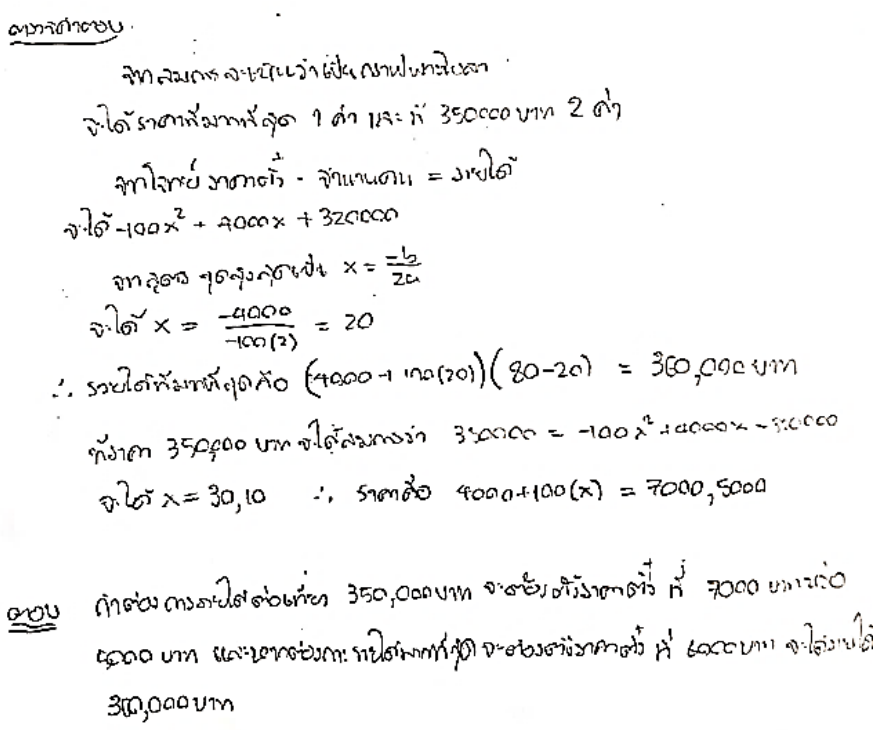
ของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด ดังภาพประกอบ 96 – 98



ภาพประกอบ 96 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 1



ภาพประกอบ 97 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 2



ภาพประกอบ 98 ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ
ในแบบทดสอบหลังเรียนของสถานการณ์ปัญหาที่ 3

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงที่ 3 และ 4 ของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด ต่อมาในช่วงที่ 5 นักเรียนส่วนใหญ่ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดมากขึ้น ทำให้ ในช่วง Post – Test นักเรียนมีความรอบคอบและตอบคำถามจากสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการถามได้ถูกต้องมีจำนวนมากขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด

**2.4.2 นักเรียนเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องตรงตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดมีจำนวนมากขึ้น**

ในช่วงที่ 3 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่าในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน

4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และ นักเรียนจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่เขียนสรุปคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และ นักเรียนจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่เขียนสรุปคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด

ในช่วงที่ 4 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และ นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และ นักเรียนจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด

ในช่วงที่ 5 เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3 มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และ นักเรียนจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่เขียนสรุปคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียง

บางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และ นักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่เขียนสรุปคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด

ในช่วง Post – Test เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ซึ่งมีสถานการณ์ปัญหาจำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา โดยเป็นสถานการณ์ปัญหาแบบง่าย ปานกลาง และยาก ตามลำดับ มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 นักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และนักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่เขียนสรุปคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 นักเรียนจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และ นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่เขียนสรุปคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด สำหรับสถานการณ์ปัญหาที่ 3 นักเรียนจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 63.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด นักเรียนจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด และ นักเรียนจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ไม่เขียนสรุปคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงที่ 3 ของการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด มีนักเรียนส่วนน้อยที่ไม่เขียนสรุปคำตอบตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนด ต่อมาในช่วงที่ 4 และ 5 นักเรียนส่วนใหญ่เขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดมากขึ้น ทำให้ ในช่วง Post – Test นักเรียนเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องตรงตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดมีจำนวนมากขึ้น

**ตอนที่ 3 ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

ในการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน ที่ได้ทำการประเมินหลังจากที่ดำเนินการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้และทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เสร็จสิ้นแล้ว

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของคะแนนและแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่มตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ซึ่งเกณฑ์ความหมายของค่าเฉลี่ยได้จากการหาค่าพิสัยและอันตรภาคชั้น จากนั้นนำผลต่างที่ได้มากำหนดเกณฑ์การวัดระดับค่าเฉลี่ย (Best, 1977, p.174) ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 4.21 – 5.00 | หมายความว่า | พึงพอใจมากที่สุด |
| 3.41 – 4.20 | หมายความว่า | พึงพอใจมาก |
| 2.61 – 3.40 | หมายความว่า | พึงพอใจปานกลาง |
| 1.81 – 2.60 | หมายความว่า | พึงพอใจน้อย |
| 1.00 – 1.80 | หมายความว่า | พึงพอใจน้อยที่สุด |

โดยผู้วิจัยได้ทำการวัดความพึงพอใจทั้งหมด 3 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ด้านที่ 2 ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แสดงดังตาราง 16

ตาราง 16 ผลของระดับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

| รายการ | ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) | ระดับความพึงพอใจ |
|---|---|---|---|
| **ด้านที่ 1 ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | |
| 1.1 เสริมสร้างความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 3.53 | 0.68 | พึงพอใจมาก |
| 1.2 เสริมสร้างความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 3.50 | 0.63 | พึงพอใจมาก |
| 1.3 เสริมสร้างความสามารถในการดำเนินการตามแผน | 3.47 | 0.73 | พึงพอใจมาก |
| 1.4 เสริมสร้างความสามารถในการตรวจสอบผล | 3.43 | 0.46 | พึงพอใจมาก |
| 1.5 เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 3.47 | 0.73 | พึงพอใจมาก |
| **ผลเฉลี่ยด้านที่ 1** | **3.48** | **0.66** | **พึงพอใจมาก** |
| **ด้านที่ 2 ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | |
| 2.1 ระบบการตอบคำถามด้วย Multiple Choice | 4.17 | 0.79 | พึงพอใจมาก |
| 2.2 ระบบการตอบคำถามด้วย Drag & Drop | 4.17 | 0.87 | พึงพอใจมาก |
| 2.3 ระบบการตอบคำถามด้วย Short Answer | 3.27 | 0.87 | พึงพอใจปานกลาง |
| 2.4 ระบบการตอบคำถามด้วย Highlight | 2.93 | 0.52 | พึงพอใจปานกลาง |
| 2.5 ระบบการตรวจสอบคำตอบด้วย Graph | 3.03 | 0.49 | พึงพอใจปานกลาง |
| 2.6 ระบบ Navigation Bar (ปุ่มแถบด้านล่าง) | 3.13 | 0.57 | พึงพอใจปานกลาง |

ตาราง 16 (ต่อ)

| รายการ | ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) | ระดับความพึงพอใจ |
|---|---|---|---|
| 2.7 ระบบการระบุคะแนนภายหลังการตอบคำถามแต่ละรูปแบบ | 3.83 | 0.83 | พึงพอใจมาก |
| 2.8 การปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้งาน | 3.33 | 0.55 | พึงพอใจปานกลาง |
| 2.9 มีความครอบคลุมกับการใช้งานจริงในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 3.73 | 0.78 | พึงพอใจมาก |
| **ผลเฉลี่ยด้านที่ 2** | **3.51** | **0.70** | **พึงพอใจมาก** |
| **ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | |
| 3.1 การใช้ชนิด ขนาด สีของตัวอักษรในแอปพลิเคชันบนมือถือ | 4.27 | 0.64 | พึงพอใจมากที่สุด |
| 3.2 การใช้ภาษาที่สามารถสื่อสารให้เข้าใจได้ง่าย | 4.33 | 0.66 | พึงพอใจมากที่สุด |
| 3.3 การใช้สัญลักษณ์ รูปภาพในการสื่อความหมายได้ชัดเจน | 4.17 | 0.79 | พึงพอใจมาก |
| 3.4 การจัดวางตำแหน่งของส่วนประกอบของเมนูต่าง ๆ ในแอปพลิเคชันบนมือถือมีความสะดวกต่อการใช้งาน | 4.37 | 0.67 | พึงพอใจมากที่สุด |
| 3.5 การจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการใช้งาน | 4.33 | 0.71 | พึงพอใจมากที่สุด |
| **ผลเฉลี่ยด้านที่ 3** | **4.29** | **0.69** | **พึงพอใจมากที่สุด** |
| **ผลเฉลี่ยรวมทุกด้าน** | **3.76** | **0.68** | **พึงพอใจมาก** |

จากตาราง 16 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ในด้านที่ 1 ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือ อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก ผลเฉลี่ยด้านที่ 1 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.66 ด้านที่ 2 ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของ

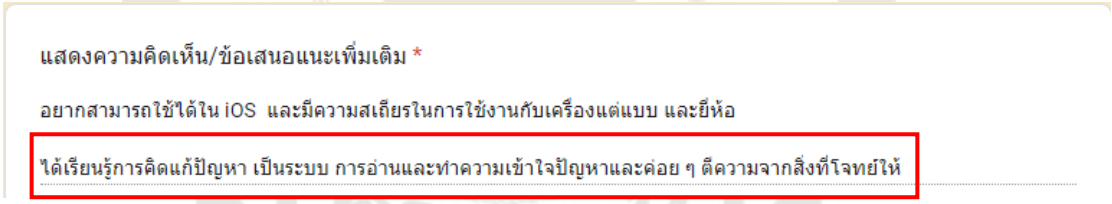
แอปพลิเคชันบนมือถือ อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก ผลเฉลี่ยด้านที่ 2 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.51 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.70 และ ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันบนมือถือ อยู่ในระดับ พึงพอใจมากที่สุด ผลเฉลี่ยด้านที่ 3 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.29 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.69 โดยภาพรวมทั้งหมดของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก ผลเฉลี่ยรวมทุกด้าน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.76 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.68

นอกจากนี้ผู้วิจัยเลือกนักเรียนเป้าหมาย (Target Students) เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับการกล้าแสดงออกการสื่อสารและการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน อีกทั้งใช้การพิจารณาจากงานเขียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการสะท้อนคิดของนักเรียนจากการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งนักเรียนเป้าหมายนี้ได้จากกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มแล้วนำคะแนนของนักเรียนเหล่านั้นมาเรียงและแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) จากนั้นทำการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 6 คน จากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน โดยผู้วิจัยพิจารณาจากงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) และสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application และกล้องวีดิทัศน์ในการบันทึกรายละเอียดระหว่างการสัมภาษณ์

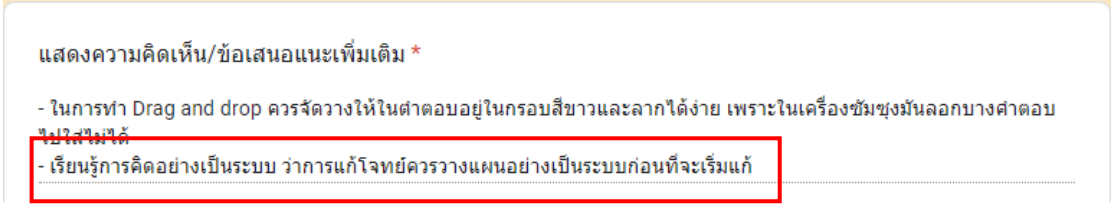
การนำเสนอผลการวิเคราะห์บทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยอธิบายจาก **(1) ผลงานเขียนแสดงความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ** เกี่ยวกับการใช้แอปพลิชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) ของนักเรียนทั้งชั้นเรียน และ **(2) ผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมาย** จำนวน 6 คน ซึ่งได้แก่ นร1 นร2 นร3 นร4 นร5 และ นร6 โดย นร1และ นร2 เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีความกระตือรือร้น

หรือมีความพยายามที่จะเรียนรู้และแก้ปัญหา ในขณะเดียวกันก็มีความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายเป็นอย่างดี ส่วน นร3 และ นร4 เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลาง มีความใส่ใจ รับผิดชอบ และรู้จักหน้าที่ของตนเองดี พยายามติดตามงาน เมื่อไม่เข้าใจในรายละเอียดหรือเนื้อหาส่วนใดจะคอยซักถามทันที ส่วน นร5 และ นร6 เป็นนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มแต่มีความพยายามที่จะเรียนรู้และแก้ปัญหา เมื่อไม่เข้าใจในรายละเอียดหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาส่วนใดจะคอยซักถามเสมอ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

(1) **ผลงานเขียนแสดงความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ**เกี่ยวกับการใช้แอปพลิชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) ของนักเรียน แสดงให้เห็นถึงบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือที่เข้ามาช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยนักเรียนมีความพึงพอใจกับเครื่องมือ (SMATH Application) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเห็นได้จากการแสดงถึงเจตคติในเชิงบวกที่มีต่อแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังภาพประกอบ 99 – 107

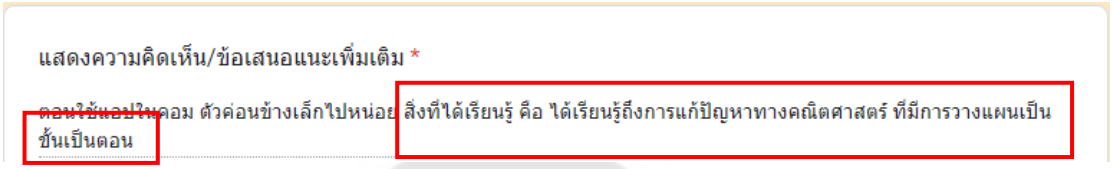



ภาพประกอบ 99 แบบแสดงความคิดเห็นของ A

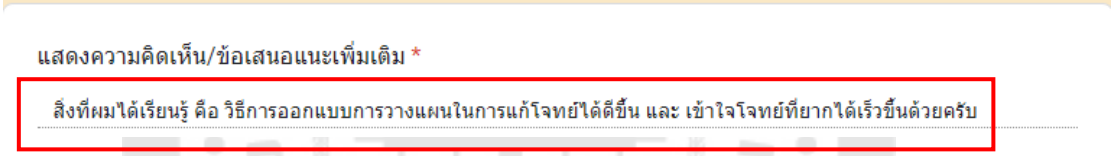



ภาพประกอบ 100 แบบแสดงความคิดเห็นของ B

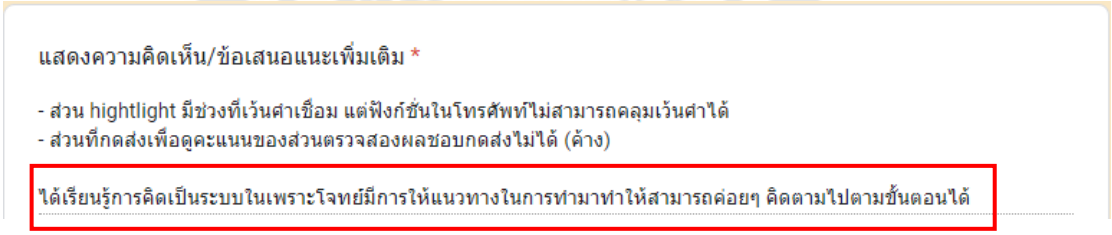
ภาพประกอบ 101 แบบแสดงความคิดเห็นของ C



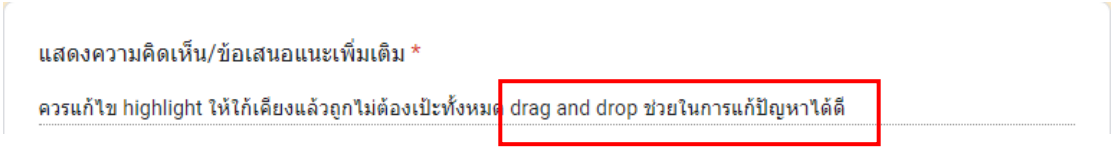

ภาพประกอบ 102 แบบแสดงความคิดเห็นของ D



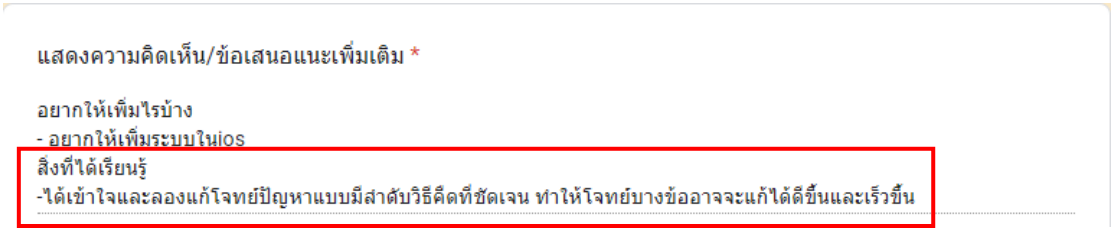

ภาพประกอบ 103 แบบแสดงความคิดเห็นของ E



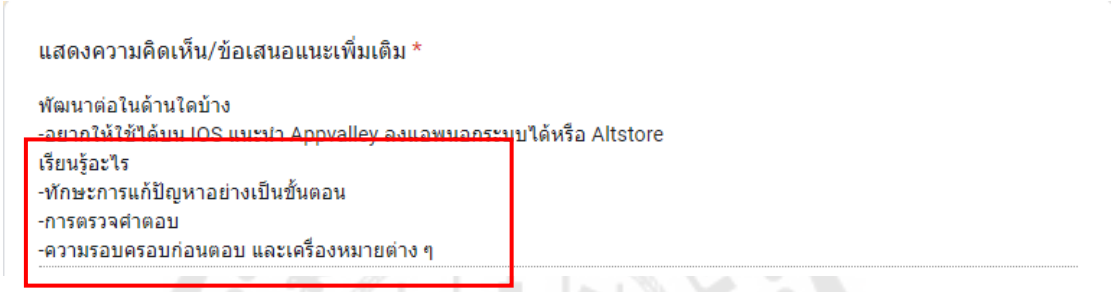

ภาพประกอบ 104 แบบแสดงความคิดเห็นของ F




ภาพประกอบ 105 แบบแสดงความคิดเห็นของ G




ภาพประกอบ 106 แบบแสดงความคิดเห็นของ H




ภาพประกอบ 107 แบบแสดงความคิดเห็นของ I

เมื่อผู้วิจัยได้พิจารณาจากงานเขียนแสดงความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ค่อย ๆ อ่านและทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อตีความและค้นหาสิ่งที่สถานการณ์ปัญหากำหนดมาให้หรือสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการถาม อีกทั้งได้เรียนรู้ถึงการวางแผนหรือแนวคิดที่เป็นระบบมากขึ้นทำให้เข้าใจและเห็นภาพในการที่จะไปแสดงวิธีคิดได้เร็วมากขึ้น และสามารถเห็นแนวทางหรือขั้นตอนในการแสดงวิธีคิดหรือการคำนวณที่เป็นขั้นตอน (Step-by-Step) เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนเกิดความรอบคอบในการคำนวณหรือการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาจากการตรวจสอบคำตอบเพิ่มมากขึ้น

(2) **ผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมาย**เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผลสัมภาษณ์ดังนี้

**ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่าการทำความเข้าใจปัญหาใน** SMATH Application **ช่วยให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้นหรือไม่ อย่างไร**

นร1 : เข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น ไม่ต้องคิดหรืออ่านซ้ำซ้อน เวลาที่ทำผิดพลาดสามารถตรวจสอบได้ว่าผิดพลาดตรงไหน จุดไหน หรือประเด็นไหน

นร2 : เข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น เตือนตัวเองว่าสถานการณ์ปัญหาต้องการถามอะไร มีเงื่อนไขอะไรเพื่อให้ตนเองรอบคอบในการทำโจทย์ อีกทั้งสามารถรู้เท่าทันและสกัดข้อมูลทั้งหมดของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ว่าข้อมูลไหนที่จำเป็นหรือไม่จำเป็นเพื่อให้ทำโจทย์ได้เร็วขึ้น

นร3 : เข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น มีคำถามที่คอยช่วยให้เรียบเรียงและจับประเด็นของสถานการณ์ปัญหาให้เป็นกลุ่มก้อนมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยตีความของสถานการณ์ปัญหาให้ชัดเจนมากขึ้นว่าต้องการถามอะไร เงื่อนไขคืออะไร

นร4 : เข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้นจากการฝึกทำซ้ำเรื่อย ๆ จนตอบคำถามในแต่ละข้อของสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ ได้ถูกต้อง

นร5 : เข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น ช่วยฝึกตีความและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาไปในตัว อีกทั้งสามารถช่วยให้ถอดความหมายของสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้นอีกด้วย

นร6 : เข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้นจากการตอบคำถามซ้ำ ๆ หลากหลายรูปแบบ และหาประเด็นต่าง ๆ ว่าอะไรคือข้อมูลสำคัญและเป็นสิ่งที่ต้องการจากสถานการณ์ปัญหา

**ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่าการวางแผนแก้ปัญหาใน SMATH Application ช่วยให้นักเรียนเห็นส่วนย่อย ๆ หรือ เห็นภาพของขั้นตอนในการแสดงวิธีคิดเพื่อหาคำตอบก่อนที่จะเขียนกระบวนการหรือแนวคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบอย่างไรบ้าง**

นร1 : ช่วยให้คิดสมการได้ง่ายขึ้นจากการฝึกด้วยรูปแบบ Create Pattern และเห็นลำดับของการแสดงวิธีทำที่ชัดเจนมากขึ้นจากการทำ Flow Chart

นร2 : Flow Chart ช่วยให้เห็นหมุดหมายว่าต้องทำอะไรก่อน-หลัง ทำให้คิดเป็นระบบ ไม่หลงทางในการจะหาคำตอบ สำหรับ Create Pattern “ช่วยเยอะมาก!!!” ทำให้รู้ว่าคำตอบที่เราจะได้มาถูกต้องมากน้อยแค่ไหนและนำไปคำนวณต่อได้ง่ายขึ้น

นร3 : ช่วยจัดการความคิดให้เป็นระบบจากส่วนย่อย ๆ เพื่อนำไปสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ (Create Pattern) คิดว่าแบบนี้ง่ายกว่าการที่ให้เราตีความจาก

สถานการณ์ปัญหาแล้วคิดความสัมพันธ์เองทั้งหมด บางครั้งก็ไม่สามารถคิดได้ ขั้นตอนนี้ดีมาก เพราะช่วยให้เราได้เตรียมพร้อมและทำให้ไปเขียนแสดงวิธีทำที่เป็นขั้นตอนได้ง่ายขึ้น

นร4 : "ช่วยได้มากเลย" เพราะจะได้รู้ว่าอะไรมาก่อน-หลัง และนำไปทำตามที่ได้วางแผนไว้ (Drag Drop แบบ Flow Chart) แต่ไม่ค่อยชอบวางแผนเท่าไร ส่วนใหญ่จะลองทำไปเรื่อย ๆ ซึ่งทำให้หลาย ๆ ครั้ง เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย

นร5 : ดีเลย!!! ช่วยให้ทำโจทย์ได้ง่ายขึ้น พอเรา Create Pattern มาแล้ว ก็จะเอา Pattern ที่ได้ ไปคิดต่อได้เร็วขึ้น แต่สำหรับ Flow Chart ไม่ค่อยชอบวางแผนเท่าไร เพราะยังมองภาพของทั้งสถานการณ์ปัญหาไม่ออก ส่วนใหญ่จะคิดไปทำไปมากกว่า

นร6 : เห็นภาพรวมว่าในหนึ่งข้อต้องทำอะไรเพื่อนำไปสู่คำตอบของสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งง่ายต่อการสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เพราะมีการย่อยปัญหามาให้เพื่อให้ได้คิดทีละส่วน ๆ

**ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่าการดำเนินการตามแผนใน SMATH Application ช่วยให้นักเรียนสามารถแสดงกระบวนการหรือแนวคิดและคำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาตามเงื่อนไขที่กำหนดอย่างไรบ้าง**

นร1 : ช่วยให้เราค่อย ๆ ทำหรือคิดทีละขั้นตอน พาไปทีละขั้นตอน และทำให้เห็นภาพในการแสดงวิธีคิดที่เป็นขั้นตอนมากขึ้น ลดความผิดพลาดในการแสดงวิธีคิดให้น้อยลง

นร2 : รูปแบบ Drag Drop มาช่วยให้แสดงวิธีคิดและเห็นขั้นตอนในการแสดงวิธีทำได้ง่ายขึ้น ลำดับความเข้าใจให้เราได้ว่าต้องทำอะไรก่อน-หลัง และยิ่งมีรูปแบบ Short Answer ก็เข้ามาตอกย้ำและทบทวนให้เราแม่นมากขึ้น แต่ถ้าให้เห็นหมุดหมายของการแสดงวิธีคิดในแต่ละขั้นตอนไปพร้อมกับ Flow Chart ที่ได้วางไว้ในขั้นตอนก่อนหน้าจะดีมาก

นร3 : เป็นเหมือนแนวทางให้รู้ว่าต้องทำอะไร 1 2 3 4 และทำให้เราหาคำตอบได้ แต่ที่สำคัญที่เราสามารถแสดงวิธีคิดและหาคำตอบได้มาจากการกระตุ้นของขั้นทำความเข้าใจปัญหาและขั้นวางแผนแก้ปัญหาซึ่งทำให้เราแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น

นร4 : สามารถทำตามขั้นตอนและเข้าใจในแต่ละขั้นตอนได้ดี อีกทั้งยังสามารถแทนที่การที่ครูมาเฉลยในชั้นเรียนได้และเห็นภาพกระบวนการแสดงวิธีคิดจนสามารถทำได้ด้วยตนเอง

นร5 : ช่วยให้ทำโจทย์ได้ง่ายและเร็วขึ้นเพราะมาจาก 2 ขั้นตอนแรกที่คิดไว้แล้ว อีกทั้งทำให้รู้ว่าแผนที่เราได้วางไว้ถูกต้องมากน้อยแค่ไหน สามารถนำมาแก้ปัญหาและหาคำตอบได้หรือไม่

นร6 : ช่วยให้เห็นภาพได้ชัดเจนมากขึ้นจากการวางแผนในขั้นก่อนหน้าและพอนำสิ่งที่วางแผนมาแสดงวิธีคิดก็สามารถทำให้เข้าใจในแต่ละกระบวนการหรือแต่ละขั้นตอนในการแสดงวิธีคิดได้ง่ายขึ้นจนสามารถแก้ปัญหาและได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหา

**ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่าการตรวจสอบผลใน SMATH Application ช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนคำตอบหรือการคำนวณของตนเองอย่างไรบ้าง**

นร1 : ทำให้เราต้องกลับไปมองโจทย์อีกครั้งว่าเป็นอย่างไร โจทย์ต้องการถามอะไร สิ่งที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ต้องการหรือไม่ ต้องแปลงข้อมูลอะไรอีกหรือเปล่าเพื่อให้ได้คำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการ

นร2 : ช่วยตรวจสอบว่าคำตอบที่คิดหรือหน่วยที่ใส่ไปถูกต้องหรือยังช่วยลดการสะเพร่าของตนเองได้มาก

นร3 : ทำให้เราได้ตรวจสอบและมั่นใจมากขึ้นกับคำตอบที่ได้คำนวณมาและการตรวจสอบด้วยกราฟก็มาช่วยตอกย้ำความถูกต้องของเราอีกครั้ง ถ้าไม่มีการตรวจสอบคำตอบเหมือนการแก้ปัญหาและการหาคำตอบออกมา “มันจบดื้อ ๆ” เชื่อมั่นอะไรไม่ได้มาก

นร4 : ช่วยตรวจสอบคำตอบได้ว่าที่คิดมาถูกต้องหรือไม่ เหมือนว่าขั้นตอนนี้ทำให้ต้องกลับไปทบทวนอีกครั้ง และถ้าเจอข้อผิดพลาดก็ทำให้รู้ว่าต้องแก้หรือปรับตรงไหนเพราะกระบวนการก่อนหน้าที่ได้วางไว้มันเป็นระบบที่สามารถกลับไปตรวจสอบได้

นร5 : ถึงจะไม่ค่อยชอบตรวจสอบคำตอบเท่าไร แต่ถือว่าเป็นขั้นตอนที่ช่วยตรวจสอบการคำนวณของเราก่อนที่จะนำไปตอบคำถามจากสถานการณ์ปัญหาที่ต้องการถามได้ดีมากเลยทีเดียว

นร6 : ทำให้ย้อนมองโจทย์และทบทวนโจทย์ว่าสิ่งที่ได้คำตอบตรงกับสิ่งที่โจทย์ต้องการถามหรือไม่ อีกทั้งเป็นการเพิ่มความรอบคอบให้กับตนเองเพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการแสดงวิธีคิด

**ผู้วิจัย : นักเรียนได้เรียนรู้หรือเข้าใจอะไรมากขึ้นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากใช้** SMATH Application

นร1 : เข้าใจลำดับและขั้นตอนของการคิดอย่างเป็นระบบมากขึ้น จัดการลำดับของข้อมูลและค่อย ๆ แก้ไปตามแผนหรือตามหมุดหมายที่ได้วางแผนไว้

นร2 : ทำให้เราคิดเป็นระบบมากขึ้น เห็นภาพในหัวว่าต้องทำอะไรในแต่ละขั้นตอน และแก้ปัญหาอย่างมีหมุดหมายผ่านการเรียนรู้ เรื่อง ฟังก์ชัน โดยการแปลงสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ไปสู่ข้อความหรือสมการทางคณิตศาสตร์

นร3 : การจับประเด็นสำคัญจากสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้เข้าใจปัญหาว่ามีข้อมูลอะไรบ้าง ต้องการถามอะไร มีเงื่อนไขอย่างไร อีกทั้งการตีความของสถานการณ์ปัญหาให้ออกและปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาไปสู่ข้อความทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้โจทย์และหาคำตอบ

นร4 : เข้าใจวิธีการที่จะนำไปสู่การเข้าใจสถานการณ์ปัญหามากขึ้น และ ได้เรียนรู้ถึงการเขียนหรือการแสดงวิธีคิดที่เป็นขั้นตอนและมีประสิทธิภาพที่ทำให้คนอ่านเข้าใจสิ่งที่แสดงออกไป นอกจากนี้ ได้เห็นถึงการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์กับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริงมากขึ้น

นร5 : ได้เห็นความละเอียดของการแสดงวิธีคิดที่เป็นแบบแผนเข้าใจง่าย และเป็นขั้นตอนมากขึ้น

นร6 : อ่านทบทวน วิเคราะห์ประเด็นจากสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ปัญหามากขึ้น รวมถึงการวางแผนในแต่ละขั้นตอนเพื่อแสดงวิธีคิดและหาคำตอบให้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถาม

**ผู้วิจัย : นักเรียนจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้หรือพัฒนาตนเองต่อเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างไร**

นร1 : การตรวจสอบผล ตอนที่ได้คำตอบออกมาจะพยายามย้อนกลับไปคิด/ทบทวนเพื่อตรวจสอบว่าสิ่งที่ได้คำนวณมามีความผิดพลาดหรือไม่ และจะใช้การทำความเข้าใจปัญหาเพื่อตีความและวิเคราะห์ก่อนที่จะแสดงวิธีคิดเพื่อหาคำตอบ

นร2 : จะนำกระบวนการที่ได้ฝึกใน SMATH APPLICATION ไม่ว่าจะเป็นการตีความเพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ปัญหา การวางแผน การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปแก้โจทย์ได้เร็วขึ้น ไปฝึกทำข้อสอบ BMAT

นร3 : การจับจุดหรือประเด็นสำคัญของสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้นและถ้าเราเข้าใจปัญหาได้ดีก็สามารถหาทางออกของปัญหาเหล่านั้นได้โดยง่ายซึ่งสิ่งนี้เป็นรากฐานสำคัญที่จะต่อยอดไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

นร4 : จะพัฒนาในเรื่องของการวางแผนเพื่อให้เห็นภาพรวมหรือลำดับขั้นตอนในการแก้สถานการณ์ปัญหาว่าในแต่ละสถานการณ์ปัญหาจะต้องคำนวณหรือแสดงวิธีคิดไปในทิศทางใด และเขียนแสดงวิธีคิดที่เป็นขั้นตอนมากขึ้น

นร5 : อ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาให้ชัดเจนมากขึ้นว่าโจทย์ต้องการถามอะไรจะได้ไม่ต้องมาอ่านซ้ำอีกครั้ง นอกจากนี้จะนำการคำนวณที่ได้ไปทำการตรวจสอบผลเพื่อลดความผิดพลาดจากการคำนวณให้น้อยลง

นร6 : เวลาที่จะแก้สถานการณ์ปัญหาจะพยายามอ่านและเขียนแจกแจงประเด็นออกมาเพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ปัญหามากขึ้น และจะทบทวนหรือตรวจคำตอบที่ได้ก่อนที่จะตอบเพื่อลดความผิดพลาดของตนเองหรือประเด็นที่ตนเองมองข้าม

จากการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายจำนวน 6 คน หลังจากใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการสัมภาษณ์ทั้งหมด 5 หัวข้อ คือ (1) ด้านทำความเข้าใจปัญหา : นักเรียนคิดว่าการทำความเข้าใจปัญหาใน SMATH Application ช่วยให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้นหรือไม่ อย่างไร พบว่า นักเรียนเป้าหมายทั้งหมดเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้นจากการที่มีคำถามกระตุ้นในแต่ละรูปแบบใน SMATH Application ทำให้ไม่ต้องอ่านซ้ำ ๆ หลาย ๆ รอบ อีกทั้งสกัดเอาข้อมูลที่จำเป็นหรือไม่จำเป็นออกได้ง่ายและช่วยตีความของสถานการณ์ปัญหาให้มีความชัดเจนมากขึ้น (2) ด้านวางแผนแก้ปัญหา : นักเรียนคิดว่าการวางแผนแก้ปัญหาใน SMATH Application ช่วยให้นักเรียนเห็นส่วนย่อย ๆ หรือเห็นภาพของขั้นตอนในการแสดงวิธีคิดเพื่อหาคำตอบก่อนที่จะเขียนกระบวนการหรือแนวคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบอย่างไรบ้าง พบว่า นักเรียนเป้าหมายจำนวน 4 คน พูดถึงรูปแบบ Create Pattern ว่า ช่วยให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์จากประเด็นย่อย ๆ ที่กำหนดมาให้ได้ง่ายและนำไปต่อยอดในการที่จะเขียนแสดงวิธีคิดได้เร็วมากขึ้น ส่วนรูปแบบ Flow Chart นักเรียนเป้าหมายจำนวน 3 คน พูดถึง รูปแบบนี้ว่า ช่วยทำให้เห็น

หมุดหมายและลำดับของการแสดงวิธีคิดว่าจะต้องทำอะไรก่อน-หลังได้ชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งทำให้คิดเป็นระบบมากขึ้นและง่ายต่อการนำไปแสดงวิธีคิดในขั้นตอนถัดไป (3) ด้านดำเนินการตามแผน : นักเรียนคิดว่าการดำเนินการตามแผนใน SMATH Application ช่วยให้นักเรียนสามารถแสดงกระบวนการหรือแนวคิดและคำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างไรบ้าง พบว่า นักเรียนเป้าหมายทั้งหมดได้เรียนรู้การเขียนแสดงวิธีคิดหรือแนวคิดที่เป็นขั้นตอนมากขึ้นจากการค่อย ๆ ฝึกทำไปทีละขั้นตอนของรูปแบบ Drag & Drop และ Short Answer นอกจากนี้นักเรียนยังเห็นภาพในการแสดงวิธีคิดจนสามารถทำได้ด้วยตนเองและลดความผิดพลาดในการแสดงวิธีคิดให้น้อยลง (4) ด้านตรวจสอบผล : นักเรียนคิดว่าการตรวจสอบผลใน SMATH Application ช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนคำตอบหรือการคำนวณของตนเองอย่างไรบ้าง พบว่า นักเรียนเป้าหมายทั้งหมดตระหนักถึงการตรวจสอบผลที่ต้องพาตนเองไปทบทวนหรือกลับไปย้อนมองสิ่งที่ตนเองทำว่ามีข้อผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด อีกทั้งขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนได้มั่นใจมากขึ้นกับการได้มาซึ่งคำตอบว่าถูกต้องหรือไม่ และ (5) SMATH Application เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน : (5.1) นักเรียนได้เรียนรู้หรือเข้าใจอะไรมากขึ้นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากใช้ SMATH Application พบว่า นักเรียนเป้าหมายได้เรียนรู้และเข้าใจถึงการจับประเด็นสำคัญของสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้เข้าใจปัญหามากขึ้น การคิดและวางแผนที่เป็นระบบที่สามารถกลับมาตรวจสอบความถูกต้องได้ อีกทั้งเห็นภาพว่าสถานการณ์ปัญหานี้ต้องทำอะไรบ้างและเขียนแสดงวิธีคิดหรือแนวคิดที่เป็นขั้นตอนอย่างไร และ (5.2) นักเรียนจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้หรือพัฒนาตนเองต่อเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างไร พบว่า นักเรียนเป้าหมายจะนำกระบวนการเรียนรู้นี้ไปพัฒนาต่อในเรื่องของการจับประเด็นสำคัญ ๆ เพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้นโดยการอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาให้ชัดเจนและถี่ถ้วน รวมถึงการเขียนแสดงวิธีคิดให้เป็นขั้นตอนเพื่อที่จะสื่อสารให้เข้าใจได้ง่ายมากขึ้น และการตรวจสอบคำตอบจากการคำนวณเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของตนเองให้น้อยลง

# บทที่ 5
# สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

## ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### สมมติฐานของการวิจัย

1. แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development Design หรือ R&D) โดยผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

**ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

**1.1 การกำหนดกลุ่มทดลอง**

กลุ่มทดลองสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2564 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนรุ่งอรุณ (ทั้งนี้โรงเรียนรุ่งอรุณเป็นโรงเรียนทางเลือกที่มีการจัดการเรียนการสอน 3 ภาคเรียน ใน 1 ปีการศึกษา) และมีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ซึ่งทำการพิจารณาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) เพื่อใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ 3 ครั้ง ดังนี้

1.1.1 **การหาประสิทธิภาพรายบุคคล** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

1.1.2 **การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคล

1.1.3 **การหาประสิทธิภาพภาคสนาม** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 24 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคลและกลุ่มย่อย

**1.2 การกำหนดกรอบแนวคิด**

จากการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และสัมภาษณ์นักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นอุปสรรคหรือข้อติดขัดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มาทำการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) โดยผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากของ Stanford d.school กับ Double Diamond Design Process ของ UK Design Council (ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC], 2560) โดยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ (Analysis) 2) การสร้างความต้องการ (Requirement) 3) การออกแบบ (Design) 4) การทดสอบ (Test) 5) การติดตั้ง (Installation) และ 6) การประเมินผล (Evaluation) และใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya's Problem-Solving Process) เป็นหลักในการออกแบบเพื่อช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อีกทั้งยังทำการศึกษาแนวทางการวัดผลและประเมินผลตามแนวคิดของชาร์ล เลสเทอร์ และโอแดฟเฟอร์ (Charles, Lester & O'Daffer's Concept) เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดของการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้สอดคล้องกัน โดยแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (1) ด้านทำความเข้าใจปัญหา (2) ด้านวางแผนแก้ปัญหา (3) ด้านดำเนินการตามแผน และ (4) ด้านตรวจสอบผล

แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 แผน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนใช้เวลาแผนละ 4 คาบเรียน หรือ 3+1 คาบเรียน โดย 3 คาบเรียนแรกของแต่ละแผนเป็นเวลาที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ใน SMATH Application บนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ 1 คาบเรียนหลังของแต่ละแผนเป็นเวลาที่นักเรียนทำ

แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน รวมเป็นจำนวน 20 คาบเรียน ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนอย่างละ 2 คาบเรียน รวมเป็นจำนวน 4 คาบเรียน และระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application จำนวน 1 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

ในแอปพลิเคชันบนมือถือนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้ถึงกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising the Plan) ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) และขั้นตรวจสอบผล (Looking Back) รวมถึงกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาและประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น ซึ่งในแต่ละขั้นตอนนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาในแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบลากวาง (Drag & Drop) แบบไฮไลต์ (Highlight) แบบตอบสั้น (Short Answer) แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern) แบบลากวาง (Drag & Drop) ที่เป็นแบบ Flow Chart และ แบบกราฟ (Graph)

### 1.3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา 4 ขั้นตอน (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และ ขั้นตรวจสอบผล) และ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนใช้เวลาแผนละ 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ โดยเนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหา เรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (2) เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ประกอบด้วย (2.1) แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีจำนวนทั้งหมด 5 ชุด และ (2.2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน และ (3) เครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเป็นแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งวัดความพึงพอใจทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

นอกจากนี้ผู้วิจัยสร้างแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application จำนวน 5 ข้อ เพื่อวิเคราะห์บทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนเป้าหมาย โดยใช้เวลานอกคาบเรียนปกติ หลังจากคาบสุดท้ายของการจัดการเรียนการสอน

หลังจากสร้างเครื่องมือเสร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์แล้วจึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ ต่อมาผู้วิจัยคัดเลือกสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ในเครื่องมือวิจัยที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้เครื่องมือวิจัยตามที่กำหนด สุดท้ายนำเครื่องมือไปทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพกับนักเรียนกลุ่มทดลอง

### 1.4 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

ในการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลอง โดยแบ่งการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือออกเป็น 3 ครั้ง ดังนี้

(1) **การหาประสิทธิภาพรายบุคคล** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน ซึ่งให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามในแต่ละรูปแบบ และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พร้อมทั้งศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

(2) **การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคล ซึ่งให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามในแต่ละรูปแบบ และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พร้อมทั้งศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

(3) **การหาประสิทธิภาพภาคสนาม** เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้นักเรียนจำนวน 24 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคลและกลุ่มย่อย ซึ่งให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามในแต่ละรูปแบบ และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พร้อมทั้งศึกษาความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ร่วมกับการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้

ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

**ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

**2.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย**

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชัน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนรุ่งอรุณ โดยเป็นกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ซึ่งพิจารณาจากคะแนนในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

นอกจากนี้ผู้วิจัยเลือกนักเรียนเป้าหมาย (Target Students) เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับการกล้าแสดงออกการสื่อสารและการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน และใช้การพิจารณาจากงานเขียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการสะท้อนคิดของนักเรียนจากการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งนักเรียนเป้าหมายนี้ได้จากกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มแล้วนำคะแนนของนักเรียนเหล่านั้นมาเรียงและแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) จากนั้นทำการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 6 คน จากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน โดยผู้วิจัยพิจารณาจากงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) และสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application และกล้องวีดิทัศน์ในการบันทึกรายละเอียดระหว่างการสัมภาษณ์

**2.2 การกำหนดกรอบแนวคิด**

การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยศึกษากรอบแนวคิดการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล เพื่อนำมากำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้ศึกษากรอบแนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจเพื่อมากำหนดแนวทางในการประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์รวมถึงกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) ผ่านแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ซึ่งผู้วิจัยได้วัดความพึงพอใจทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (2) ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ (3) ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

**2.3 การดำเนินการจัดการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล**

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยแบ่งออกเป็น (1) แบบแผนการวิจัย โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยครั้งนี้ใช้แบบวิจัยเชิงทดลองกลุ่มเดียวแบบทดลองซ้ำและวัดซ้ำ (One-Group Repeated Measures Experimental Design) ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยที่ทำการทดลองซ้ำกับกลุ่มทดลองกลุ่มเดิมภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมือนเดิม โดยทำการวัดผลในแต่ละช่วงของลำดับเวลา ซึ่งแต่ละครั้งจะใช้วิธีการทดลองที่ไม่เหมือนกันแต่มีการวัดผลที่เหมือนกัน และมีการให้ตัวแปรอิสระกับกลุ่มเป้าหมายเพื่อศึกษาพัฒนาการของกลุ่มเป้าหมาย จากนั้นพิจารณาผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และ (2) การดำเนินการทดลอง ใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 25 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติของภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ซึ่งแบ่งเป็นเวลาสำหรับการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน จำนวน 2 คาบเรียน เวลา

สำหรับการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน จำนวน 15 คาบเรียน เวลาสำหรับการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 คาบเรียน เวลาสำหรับการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน จำนวน 2 คาบเรียน และเวลาสำหรับการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application จำนวน 1 คาบเรียน

ในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือคอยสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนตลอดการจัดการเรียนการสอน และทำการบันทึกพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นงานเขียนของนักเรียนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละช่วง เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน ผู้วิจัยตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนผ่านแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน และบันทึกพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากงานเขียนของนักเรียน รวมถึงให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application นอกจากนี้ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application และบันทึกวีดิทัศน์เพื่อเก็บรายละเอียดระหว่างการสัมภาษณ์ของนักเรียนเป้าหมาย

### 2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น (1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งแบ่งออกเป็น (1.1) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำคะแนนจากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ คะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละช่วง และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาคิดคะแนนเต็ม 100 คะแนน เพื่อดูความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แล้วทำการหาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน สูงกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไป

ของคะแนนเต็ม จากนั้นหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า “นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด” โดยใช้การทดสอบที (T-Test) และ (1.2) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ของนักเรียนแต่ละคนมาหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) แล้วทำการแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการหาค่าพิสัยและอันตรภาคชั้นจากนั้นนำผลต่างที่ได้มากำหนดเกณฑ์การวัดระดับค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจ และ (2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยนำงานเขียนของนักเรียนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มาวิเคราะห์พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในด้านทำความเข้าใจปัญหา ด้านวางแผนแก้ปัญหา ด้านดำเนินการตามแผน และด้านตรวจสอบผล นอกจากนี้นำงานเขียนจากแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) และการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายผ่านแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application มาวิเคราะห์บทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพตามแนวคิดปรากฏการณ์วิทยาแนวการตีความ (Interpretive Phenomenology) ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (ชาย โพธิสิตา, 2564, น. 248 - 270) ดังนี้ (1) จัดการข้อมูล (Data Management) (2) แสดงข้อมูล (Data Display) และ (3) อธิบายข้อมูล (Data Explanation) นอกจากนี้ยังมีสิ่งที่ควรคำนึงถึงเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ การเขียนบันทึก (Memoing) ระหว่างทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการเขียนรายงานการวิจัย ถ้าไม่ทำการบันทึก สิ่งดี ๆ ที่ผ่านเข้ามาระหว่างทำการวิเคราะห์ข้อมูลก็มีโอกาสที่จะเรียกกลับมาใช้ได้ยาก

**สรุปและอภิปรายผลการวิจัย**

การวิจัย เรื่อง “การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” ผู้วิจัยสรุปและอภิปรายผลการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ตามวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

**ระยะที่ 1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

ผู้วิจัยได้นำ SMATH Application ไปทดลองกับกลุ่มทดลอง จำนวน 3 ครั้ง เพื่อทำการหาประสิทธิภาพรายบุคคล กลุ่มย่อย และภาคสนาม ตามลำดับ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในแต่ละชุด แต่ละระดับ ใน SMATH Application และทำการทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังจากลงมือปฏิบัติในแต่ละชุด แต่ละระดับ มีจำนวนทั้งหมด 5 ชุด หลังจากนั้นทำการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน แล้วนำคะแนนจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน มาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ 70/70 โดย $E_1$ แทน ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ $E_2$ แทน ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน

ผลจากการหาประสิทธิภาพรายบุคคล กลุ่มย่อย และภาคสนาม ผู้วิจัยได้ค้นพบปัญหาและข้อที่ควรปรับปรุงของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับการหาประสิทธิภาพรายบุคคล พบว่า การกรอกชื่อยืนยันคำตอบไม่เห็นตัวอักษรระหว่างที่พิมพ์ในรุ่น Galaxytabs7 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขโค้ดให้ตัวอักษรที่แสดงผลเป็นสีดำ นอกจากนี้ พบว่า การพิมพ์การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น 7x + 15000 กับ 7x+15000 ซึ่งถูกต้องทั้ง 2 แบบ แต่แบบที่เว้นวรรคไม่คำนวณคะแนนในหน้าแสดงผลคะแนน รวมถึงการใช้ค่า $\pi$ ไม่เท่ากันจึงทำให้การคำนวณเกิดความคลาดเคลื่อนในส่วนของทศนิยม โดยผู้วิจัยทำการแก้ไขโค้ดในส่วนของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ให้มีการรองรับคำตอบที่มีการเว้นวรรคและให้ระบบคำนวณคะแนนว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้อง และทำการเพิ่ม Hint โดยการกำหนดค่า $\pi$ เพื่อให้ใช้ค่าที่ตรงกัน สำหรับการหาประสิทธิภาพรายกลุ่มย่อย พบว่า ตัวเลือกของรูปแบบ Drag & Drop เกินออกมาจากกรอบที่ตั้งไว้ ทำให้ไม่สามารถลากมาใส่ในช่อง

คำตอบได้ และไม่สามารถพิมพ์คำตอบจากสิ่งที่ถามของสถานการณ์ปัญหาได้ ผู้วิจัยทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการแก้ไข UI เพื่อให้รองรับขนาดของหน้าจอมือถือที่แตกต่างกัน และแก้ไขโค้ดในฐานข้อมูลของสถานการณ์ปัญหานั้นจาก type : “yesNo” เป็น type : “shortAnswer” เพื่อให้พิมพ์คำตอบได้ สำหรับการหาประสิทธิภาพภาคสนาม พบว่า มีปุ่ม “ยืนยันคำตอบ” เกินขอบจอในรุ่น Galaxy Note 5 และการตอบคำถามในรูปแบบ Highlight ที่ไม่คำนวณคะแนนให้ รวมถึงตอบคำถามในรูปแบบ Multiple Answer เมื่อกดปุ่ม “ยืนยันการส่ง” SMATH Application เด้งหรือปิดออกมา ผู้วิจัยทำการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการแก้ไข UI ที่เกินออกมาและทำการแก้ไขโค้ดทั้งในโปรแกรมของ SMATH Application และฐานข้อมูลเพื่อให้แอปพลิเคชันคำนวณคะแนนได้และให้ระบบมีความเสถียรมากขึ้น

ผลการหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อยของกระบวนการ ($E_1$) มีค่าเท่ากับ 70.63 และผลการหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อยของผลลัพธ์ ($E_2$) มีค่าเท่ากับ 71.30 ผลการหาประสิทธิภาพภาคสนามของกระบวนการ ($E_1$) มีค่าเท่ากับ 78.04 และผลการหาประสิทธิภาพภาคสนามของผลลัพธ์ ($E_2$) มีค่าเท่ากับ 73.98 พบว่า ประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในกลุ่มย่อย คือ 70.63/71.30 และภาคสนาม คือ 78.04/73.98 ซึ่งค่าประสิทธิภาพของทั้ง 2 กลุ่ม สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพภาคสนามของผลลัพธ์ (73.98) จะน้อยกว่าประสิทธิภาพภาคสนามของกระบวนการ (78.04) อยู่ร้อยละ 4.06 เนื่องจากนักเรียนในกลุ่มอ่อน 2 คน และกลุ่มปานกลาง 1 คน มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการทำความเข้าใจปัญหาบางเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ส่งผลให้แสดงวิธีคิดและหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาคลาดเคลื่อนไป แต่จะเห็นว่า ค่า $E_1$ และ $E_2$ ที่คำนวณได้จากการทดสอบประสิทธิภาพมีความใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น. 11) ที่กล่าวถึงความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์หรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ต้องมีค่าต่างกันไม่เกิน .05 หรือ ร้อยละ 5 แสดงให้เห็นว่า แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ได้รับการออกแบบและพัฒนาอย่างดีมีคุณภาพ อีกทั้งยังเป็นตัวบ่งชี้ที่สามารถยืนยันได้ว่าแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) มีประสิทธิภาพในการช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก

1. ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพการเรียนการสอนและสัมภาษณ์เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ ทำให้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสอดคล้องกับสภาพที่แท้จริงของนักเรียนและสามารถเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อิสริยา ปรมัตถากร (2562) ที่มีการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนและครู ทำให้กิจกรรมการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถเสริมสร้างความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนได้

2. แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สร้างตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ทำให้ผู้วิจัยเข้าไปรับฟังถึงปัญหาที่ผ่านมาและความต้องการได้อย่างแท้จริงเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับคำกล่าวของ ดร. สุทัศน์ รงรอง จากวีดิทัศน์สื่อการเรียนการสอนแบบออนไลน์ของ KMITL Online Learning & Teaching Services ว่า กระบวนการคิดเชิงออกแบบจะเข้าไปเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และความต้องการจริง ๆ มิใช่การกำหนดปัญหาแต่ไม่สามารถตอบโจทย์หรือแก้ปัญหากลุ่มเป้าหมายได้

3. แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สร้างตามกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบผล ทำให้นักเรียนเข้าใจและลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นขั้นตอน อีกทั้งนักเรียนสามารถเรียนรู้และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาตามก้าวจังหวะการเรียนรู้ของตนเองโดยไม่มีเงื่อนไขของเวลาและสถานที่ ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] (2555, น. 7) ที่ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาว่า “ครูควรปลูกฝังให้นักเรียนเข้าใจถึงขั้นตอนหรือกระบวนการในการแก้ปัญหา” และยิ่งนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถทำให้เข้าถึงการเรียนรู้ของนักเรียนได้มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ เซเมอซิดิส (Semertzidis, 2013, p. 90) ที่กล่าวไว้ว่า

“การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อการเรียนการสอนสามารถสนับสนุนการเรียนการสอนแบบไร้ข้อจำกัดของพื้นที่การเรียนรู้และทำให้ผู้เรียนมั่นใจในการแสดงออกถึงการเรียนรู้มากขึ้น”

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้เห็นว่า แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ ตอบโจทย์และเป็นไปตามลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ของนักเรียน อีกทั้งช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนของนักเรียนแบบไร้ข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและสถานที่

**ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

ในการศึกษาความสามารถ พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบ่งออกเป็น (1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (2) พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และ (3) ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

**1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้รับการออกแบบตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ทำให้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นเข้ามาช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาจนนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับ สุทัศน์ รงรอง ที่กล่าวว่า กระบวนการคิดเชิงออกแบบจะเข้าไปรับฟังปัญหาและความต้องการจริง ๆ จนสามารถแก้ปัญหาและตอบโจทย์กลุ่มเป้าหมายได้ อีกทั้งผู้วิจัยได้นำกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาเข้ามาร่วมออกแบบกระบวนการเรียนรู้โดยมีรูปแบบต่าง ๆ ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และที่สำคัญนักเรียนสามารถค่อย ๆ ไต่ระดับการเรียนรู้สำหรับการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ตามก้าวจังหวะและความสามารถของตนเองโดยไม่มีเงื่อนไขของเวลาและสถานที่ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม โดย สิริอร วิชชาวุธ (2554, น. 50-53) กล่าวว่า การนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยมด้วยหลัก 3 ประการ คือ การดัดพฤติกรรม การเชื่อมร้อยพฤติกรรม และการให้รู้จักแยกแยะและเปลี่ยนถ่ายสิ่งเร้า สามารถช่วยสร้างพฤติกรรมใหม่ ๆ ได้ นั่นคือความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้นมาทำการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Directed Learning) สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และมีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง (Coaching) ระหว่างการจัดการเรียนการสอน พร้อมกับพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และเครื่องมืออื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด จนทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ กิรณา อึ้งสกุล (2556) ที่นำวิธีการสอนของโพลยาร่วมกับแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์พกพา (Tablet) ทำให้ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 89.20 ซึ่งอยู่ในระดับดี รวมถึงผลงานวิจัยของ ประชาชาติ ไชยพรม และคนอื่น ๆ (2562, น. 69-78) หลังจากที่นักเรียนได้รับการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหา พบว่า 1) ความรู้ความเข้าใจ ด้านการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังฝึกอบรมสูงกว่าก่อนฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดี เมื่อผ่านหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

**2. พฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน**

ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลงานเขียนของกลุ่มเป้าหมายจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน พบว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล โดยมีรายละเอียดของพฤติกรรมแต่ละด้าน ดังนี้

**2.1 พฤติกรรมด้านทำความเข้าใจปัญหา** เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านทำความเข้าใจปัญหา ดังนี้

นักเรียนแสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์ปัญหามากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จนเริ่มเข้าใจและให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์ปัญหามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Yayuk & Husamah (2020, p. 369) ที่กล่าวว่า สิ่งแรกที่นักเรียนต้องเข้าใจ คือ “อะไรคือสิ่งที่รู้” หรือ “สิ่งที่ไม่รู้” จากปัญหา และ อะไรคือสิ่งที่ถามจากปัญหา รวมถึงนักเรียนได้เรียนรู้ว่าการแสดงร่องรอย ขีดเขียน หรือทำสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทั้งบนข้อความหรือเขียนแจกแจงกรณีที่เป็นข้อมูลที่จำเป็นสามารถช่วยให้จำรายละเอียดได้ดีขึ้น และง่ายต่อการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่อไป สอดคล้องกับ ครูลิค และรุดนิค (Krulik และ Rudnick, 1993) ที่กล่าวถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการทำความเข้าใจปัญหาให้เกิดประสิทธิภาพ นั่นคือ การรู้จักเลือกใช้กลยุทธ์เข้ามาช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การขีดเขียนหรือทำไฮไลต์ การเขียนภาพ การจดบันทึกเพื่อแยกประเด็นสำคัญ การเขียนปัญหาใหม่ด้วยความเข้าใจของตนเอง

**2.2 พฤติกรรมด้านวางแผนแก้ปัญหา** เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านวางแผนแก้ปัญหา ดังนี้

2.2.1 นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณในการปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ พร้อมกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จนทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และเลือกใช้วิธีการคำนวณในการปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง พร้อมกับกำหนดตัวแปรได้เหมาะสมกับความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ชญาภา ใจโปร่ง (2554, น. 87) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้หลากหลายและกำหนดตัวแปรได้เหมาะสมมากขึ้น

อีกทั้งในเรื่องของการกำหนดตัวแปรที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัญหาถือว่าเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างสมการหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัญหา สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อิสริยา ปรมัตถากร (2562, น. 167-181) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้นทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และเลือกใช้วิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่ถูกต้อง พร้อมกำหนดตัวแปรได้สอดคล้องและเหมาะสมกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหา

2.2.2 นักเรียนสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จนทำให้นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์พร้อมปรับเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดให้อยู่ในรูปของสมการหรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ เฮนเบอรี่ และเจคอบ (Hensberry & Jacobbe, 2012, pp. 71-80) ที่กล่าวไว้ในส่วนของการสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา พบว่า นักเรียนมีความพยายามในการสร้างสมการให้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ถูกต้องมากขึ้น โดยกว่าที่นักเรียนจะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ นักเรียนต้องวิเคราะห์ข้อมูลจากขั้นตอนก่อนหน้า (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา) เพื่อหาความสัมพันธ์ให้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ธัชพล พลรัตน์ (2561, น. 148) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ปัญหากับเงื่อนไขที่กำหนดส่งผลให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมได้มากขึ้น

2.2.3 นักเรียนวางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหามากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ กับ การค้นหาแนวทางการได้มาซึ่งคำตอบจนสามารถเขียนอธิบายแผนการแก้สถานการณ์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอนเพื่อนำไปสู่การได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Okafor (2019, p. 46) ที่ได้ให้นักเรียนแบ่งปัญหาเป็นหน่วยย่อย ๆ สิ่งนี้จะเป็นการช่วยเลือกและกรองข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งเป็นทางที่นำไปสู่การดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดได้อย่างถูกต้องและตรงประเด็น อีกทั้งสอดคล้องกับ

ผลงานวิจัยของ ธัชพล พลรัตน์ (2561, น. 176) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์มากขึ้น นักเรียนสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์หรือเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหากับบริบทของเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้อย่างเป็นขั้นตอนเพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบได้มากขึ้น

**2.3 พฤติกรรมด้านดำเนินการตามแผน** เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านดำเนินการตามแผน ดังนี้

2.3.1 นักเรียนแสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Hensberry & Jacobbe (2012) ที่กล่าวว่า นักเรียนสามารถเขียนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และแสดงแนวคิดของพวกเขาผ่านการเขียนลงในแบบฟอร์มการแก้ปัญหาได้มากขึ้น ถ้าหากนักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหามากขึ้นหรือมีเวลามากขึ้นจะช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของพวกเขาให้ดีขึ้น โดยระยะเวลาในการเรียนรู้และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาก็เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับ สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1991, p. 57) ที่กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า “เมื่อผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาอยู่เสมอ ย่อมมีโอกาสที่จะพบปัญหาต่าง ๆ หลายรูปแบบ ทั้งที่มีโครงสร้างของปัญหาคล้ายคลึงหรือแตกต่าง การเผชิญกับปัญหาที่แปลกใหม่ การเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมจะเป็นการสั่งสมประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทำให้สามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม” ดังนั้นการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้ SMATH Application จึงทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และฝึกฝนตามความต้องการของตนเองโดยไม่มีเงื่อนไขของเวลาและสถานที่ส่งผลให้นักเรียนสามารถแสดงกระบวนการแก้ปัญหาหรือแนวคิดในการค้นหาคำตอบได้ถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอนมากขึ้น

2.3.2 นักเรียนคำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องมีจำนวนมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนเกิดความรอบคอบในการคิดคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่ง

คำตอบของสถานการณ์ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ธัชพล พลรัตน์ (2561, น. 221) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์มากขึ้นทำให้นักเรียนทำงานได้อย่างละเอียดรอบคอบมากขึ้น สามารถตระหนักหรือเห็นความสำคัญในการหาความสมเหตุสมผลของคำตอบและสามารถประเมินของตนเองในกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมดได้

2.4 **พฤติกรรมด้านตรวจสอบผล** เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านตรวจสอบผล ดังนี้

2.4.1 นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างเป็นขั้นตอนถูกต้อง ส่งผลให้การเขียนอธิบายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบมีความชัดเจนและเป็นลำดับขั้นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พศุตม์ ชูศักดิ์ และ ญานิน กองทิพย์ (2561, น. 80) กล่าวคือ นักเรียนมีประสบการณ์ในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบเพิ่มมากขึ้น และมีความเข้าใจความสำคัญของการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ อีกทั้งผลงานวิจัยของ อิสริยา ปรมัตถากร (2562, น. 195) กล่าวว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้ใจความและชัดเจนมากขึ้นนั้น เนื่องมาจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการเขียนอธิบายเพื่อแสดงกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งได้มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างสมาชิกในกลุ่มและนำเสนอจากเพื่อนต่างกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ส่งผลให้การเขียนอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้ใจความและชัดเจนขึ้นตามลำดับ

2.4.2 นักเรียนเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องตรงตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดมีจำนวนมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้จนสำเร็จและได้คำตอบของปัญหาที่ถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนเขียนสรุปคำตอบได้ถูกต้องตรงตามสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดมากขึ้น สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อิสริยา ปรมัตถากร

(2562, น. 199) ที่นักเรียนสามารถปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้นนั้น เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นหนึ่งในการเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบกับนักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดจากสมาชิกในกลุ่มและการนำเสนอจากเพื่อนต่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ตรงตามความมุ่งหมายที่กำหนด อีกทั้งได้คำตอบที่ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา ส่งผลให้การปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง กล่าวคือ นักเรียนสามารถเขียนอธิบายคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้นรวมถึงสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการหาของปัญหาในชีวิตจริง

**3. ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

การวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้ทำการประเมินหลังจากที่ดำเนินการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้และทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เสร็จสิ้นแล้ว โดยผู้วิจัยได้ทำการวัดความพึงพอใจทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ด้านที่ 2 ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ในด้านที่ 1 ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือ ผลเฉลี่ยด้านที่ 1 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.66 อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก ด้านที่ 2 ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือ ผลเฉลี่ยด้านที่ 2 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.51 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.70 อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก และ ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันบนมือถือ ผลเฉลี่ยด้านที่ 3 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.29 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.69 อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก โดยภาพรวมทั้งหมดของนักเรียน

กลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ผลเฉลี่ยรวมทุกด้าน มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.76 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.68 อยู่ในระดับ พึงพอใจมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ นุชจิรา แดงวันสี และคนอื่น ๆ (2561, น. 61-73) ที่นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เฉลี่ยเท่ากับ 4.58 อยู่ในระดับมากที่สุด หลังจากจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง ตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยี (SMATH Application) เข้ามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ได้มากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งตรงตามทฤษฎีของมาสโลว์ (Maslow, 1970, p. 170) ที่กล่าวว่า “ความต้องการทางพฤติกรรมเมื่อได้รับการตอบสนองจะนำไปสู่ความพึงพอใจ” อีกทั้งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อนุสา แก้วสมทอง และ อนุรักษ์ อุดมเวช (2560, น. 234) ที่พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบแอนดรอยด์เพื่อการเรียนรู้ เรื่อง โมเมนต์ของแรง เห็นได้ว่า นักเรียนมีส่วนร่วม สนุกสนานและมีความกระตือรือร้นอย่างมากในการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่า แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ถูกออกแบบได้ตรงตามกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนโดยนักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาด้วยตนเองและเกิดการทำซ้ำได้โดยไม่มีเงื่อนไขของเวลาและสถานที่จนสามารถพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปตามก้าวจังหวะของตนเองได้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ วิชญ์ บุญรอด (2562, น. 204-219) ที่กล่าวว่า แอปพลิเคชันบนมือถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำไปใช้ร่วมกับการเรียนการสอนในชั้นเรียน ดังนั้น แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น นอกจากจะเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แล้วยังเสริมสร้างศักยภาพในด้านอื่น ๆ ตามก้าวจังหวะการเรียนรู้ของนักเรียนให้เพิ่มมากขึ้นโดยไม่มีเงื่อนไขในเรื่องของเวลาและสถานที่ นอกจากนี้ เครื่องมือดังกล่าวมีส่วนช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียนจึงส่งผลให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

นอกจากนี้ผู้วิจัยเลือกนักเรียนเป้าหมาย (Target Students) เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับการกล้าแสดงออกการสื่อสารและการนำเสนอแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน และใช้การพิจารณาจากงานเขียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการสะท้อนคิดของนักเรียนจากการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (SMATH Application) ซึ่งนักเรียนเป้าหมายนี้ได้จากกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มแล้วนำคะแนนของนักเรียนเหล่านั้นมาเรียงและแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน) จากนั้นทำการเลือกแบบเจาะจงจำนวน 6 คน จากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน โดยผู้วิจัยพิจารณาจากงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายในการทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) และสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application และกล้องวีดิทัศน์ในการบันทึกรายละเอียดระหว่างการสัมภาษณ์

การนำเสนอผลการวิเคราะห์บทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยอธิบายจาก **(1) ผลงานเขียนแสดงความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ** เกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application (ส่วนที่ 3) ของนักเรียนทั้งชั้นเรียน และ **(2) ผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมาย** จำนวน 6 คน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. **ผลงานเขียนแสดงความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ** เกี่ยวกับการใช้แอปพลิชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ค่อย ๆ อ่านและทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อตีความและค้นหาสิ่งที่สถานการณ์ปัญหากำหนดมาให้หรือสิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการถาม อีกทั้งได้เรียนรู้ถึงการวางแผนหรือแนวคิดที่เป็นระบบมากขึ้นทำให้เข้าใจและเห็นภาพในการที่จะไปแสดงวิธีคิดได้เร็วมากขึ้น และสามารถเห็นแนวทางหรือขั้นตอนในการแสดงวิธีคิดหรือการคำนวณที่เป็นขั้นตอน (Step by Step) เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนเกิดความรอบคอบในการคำนวณหรือการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาจากการตรวจสอบคำตอบเพิ่มมากขึ้น

2. **ผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมาย** จำนวน 6 คน หลังจากใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการสัมภาษณ์ทั้งหมด 5 หัวข้อ พบว่า (1) นักเรียนเป้าหมายทั้งหมดเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้นจากการที่มี

คำถามกระตุ้นในแต่ละรูปแบบใน SMATH Application ทำให้ไม่ต้องอ่านซ้ำ ๆ หลาย ๆ รอบ อีกทั้งสกัดเอาข้อมูลที่จำเป็นหรือไม่จำเป็นออกได้ง่ายและช่วยตีความของสถานการณ์ปัญหาให้มีความชัดเจนมากขึ้น (2) นักเรียนเป้าหมายจำนวน 4 คน พูดถึงรูปแบบ Create Pattern ว่า ช่วยให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์จากประเด็นย่อย ๆ ที่กำหนดมาให้ได้ง่ายและนำไปต่อยอดในการที่จะเขียนแสดงวิธีคิดได้เร็วมากขึ้น ส่วนรูปแบบ Flow Chart นักเรียนเป้าหมายจำนวน 3 คน พูดถึง รูปแบบนี้ว่า ช่วยทำให้เห็นหมุดหมายและลำดับของการแสดงวิธีคิดว่าจะต้องทำอะไรก่อน-หลังได้ชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งทำให้คิดเป็นระบบมากขึ้นและง่ายต่อการนำไปแสดงวิธีคิดในขั้นตอนถัดไป (3) นักเรียนเป้าหมายทั้งหมดได้เรียนรู้การเขียนแสดงวิธีคิดหรือแนวคิดที่เป็นขั้นตอนมากขึ้นจากการค่อย ๆ ฝึกทำไปทีละขั้นตอนของรูปแบบ Drag & Drop และ Short Answer นอกจากนี้นักเรียนยังเห็นภาพในการแสดงวิธีคิดจนสามารถทำได้ด้วยตนเองและลดความผิดพลาดในการแสดงวิธีคิดให้น้อยลง (4) นักเรียนเป้าหมายทั้งหมดตระหนักถึงการตรวจสอบผลที่ต้องพาตนเองไปทบทวนหรือกลับไปย้อนมองสิ่งที่ตนเองทำว่ามีข้อผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด อีกทั้งขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนได้มั่นใจมากขึ้นกับการได้มาซึ่งคำตอบว่าถูกต้องหรือไม่ และ (5) นักเรียนเป้าหมายได้เรียนรู้และเข้าใจถึงการจับประเด็นสำคัญของสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้เข้าใจปัญหามากขึ้น การคิดและวางแผนที่เป็นระบบที่สามารถกลับมาตรวจสอบความถูกต้องได้ เห็นภาพว่าสถานการณ์ปัญหานี้ต้องทำอะไรบ้างและเขียนแสดงวิธีคิดหรือแนวคิดที่เป็นขั้นตอนอย่างไร นอกจากนี้นักเรียนเป้าหมายนำกระบวนการเรียนรู้นี้ไปพัฒนาต่อในเรื่องของการจับประเด็นสำคัญ ๆ เพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้นโดยการอ่านและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาให้ชัดเจนและถี่ถ้วน รวมถึงการเขียนแสดงวิธีคิดให้เป็นขั้นตอนเพื่อที่จะสื่อสารให้เข้าใจได้ง่ายมากขึ้น และ การตรวจสอบคำตอบจากการคำนวณเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของตนเองให้น้อยลง

**ข้อเสนอแนะ**

**1. ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนการสอน**

1.1 ครูควรให้เวลานักเรียนกำหนดเป้าหมายและวางแผนการเรียนรู้ของตนเองให้ชัดเจนก่อนที่จะเริ่มลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.2 ครูควรอธิบายและแสดงตัวอย่างให้นักเรียนเห็นถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของ SMATH Application ในรูปแบบของ Highlight

1.3 ครูควรย้ำนักเรียนเรื่องของการพิมพ์ตอบใน SMATH Application ที่มีคำตอบเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้พิมพ์ตอบได้ตรงตามรูปแบบของแอปพลิเคชันที่กำหนดไว้

1.4 ครูควรให้เวลานักเรียนในช่วงท้ายคาบเพื่อทำการเขียนสะท้อนคิดของตนเองให้เสร็จภายในคาบเรียนของแต่ละช่วงของการจัดการเรียนการสอน

**2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป**

2.1 แอปพลิเคชัน SMATH รองรับการใช้งานในระบบปฏิบัติการ Android เท่านั้น ผู้วิจัยควรพัฒนาให้สามารถรองรับการใช้งานในระบบปฏิบัติการ iOS และอื่น ๆ เพื่อรองรับอุปกรณ์ของผู้ใช้งานได้ทุกรูปแบบ

2.2 ผู้วิจัยควรมีวีดิทัศน์ในแต่ละเรื่องย่อย ๆ ของฟังก์ชันเพื่อให้นักเรียนสามารถทบทวนความรู้พื้นฐานก่อนทำการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และวีดิทัศน์สำหรับการสอนในแต่ละสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้แนวคิดของสถานการณ์ปัญหาในข้อนั้นได้ด้วยตนเอง

2.3 ผู้วิจัยควรทำแป้นพิมพ์สำหรับพิมพ์การดำเนินการทางคณิตศาสตร์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน

2.4 ผู้วิจัยควรเฉลยคำตอบในแต่ละรูปแบบของสถานการณ์ปัญหาให้มีความหลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น

2.5 ผู้วิจัยควรทำระบบ Login เพื่อที่จะได้ไม่ต้องกรอกชื่อทุกครั้งที่เข้าไปแก้สถานการณ์ปัญหาในแต่ละรูปแบบก่อนทำการยืนยันการส่ง

2.6 ผู้วิจัยควรทำระบบยืนยันก่อนออกจากการทำในแต่ละสถานการณ์ปัญหาของแต่ละรูปแบบเพื่อป้องกันการกดไปโดนปุ่มอื่น ๆ โดยที่ไม่ได้ตั้งใจหรือข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้

2.7 ผู้วิจัยควรมีระบบประเมินผลเพื่อนักเรียนสามารถเห็นภาพรวมของคะแนนในแต่ละสถานการณ์ปัญหาและตรวจสอบผลคะแนนของตนเองได้

# บรรณานุกรม


Aday, L. A., & Andersen, R. (1975). *Development of Indices of Access to Medical Care*. Ann Arbor: Health Administration Press.

Bandura, A., & Walters, R. H. (1963). *Social Learning and Personality Development*: New York: Holt, Rinehart and Winston.

Baroody, A. J. (1993). *Problem Solving, Reasoning, and Communicating, K-8 : Helping Children Think Mathematically*. New York: Merrill.

Baroody, A. J., & Dowker, A. (2003). *The Development of Arithmetic Concepts and Skills: Constructing Adaptive Expertise*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

BBC NEWS ไทย. (2560). ประเทศที่การศึกษาดีที่สุดในโลก 10 อันดับ. สืบค้นจาก https://www.bbc.com/thai/international-39599359

Bell, F. H. (1978). *Teaching and Learning Mathematics (in Secondary Schools)*. Dubuque, Iowa: W.C. Brown Co.

Best, J. W. (1977). *Research in Education* (Third Edition). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Bitter, G. G., Hatfield, M. M., & Edwards, N. T. (1989). *Mathematics Methods for the Elementary and Middle school : A Comprehensive Approach*. Boston: Allyn and Bacon.

Bower, G. H., & Hilgard, E. R. (1981). *Theories of Learning (fifth edition)*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.

Bringula, R. P., Rayala, K. J., Pascual, B. A., Leon, J. S. D., & Sendino, K. (2016). *Effects of Different Types of Feedback of a Mobile Assisted Learning Application on Linear Equations on Students' Mathematics Performance*. Paper presented at the Proceedings of the 14th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multi Media.

Cates, B. B. (2000). *The Effects of Calculator-based Laboratory Activities on College Algebra Students' Understanding of the Function Concept and Graphing.* (Doctoral Dissertation, North Carolina State University, United States). Retrieved

from https://www.proquest.com/openview/c981e68c3141480fdd4a4516b7bf8e7f/1?cbl=18750&diss=y&pq-origsite=gscholar

Chance, P. (2003). *Learning and Behavior* (Fifth Edition). Belmont, California: Wadsworth.

Chao, W., Yang, C., & Chang, R. (2018). *A Study of the Interactive Mathematics Mobile Application Development.* Paper presented at the 1st IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII) 2018.

Charles, R., & Lester, F. (1982). *Teaching Problem Solving: What Why and How*. Palo Alto, California: Dale Seymour Pubn.

Charles, R., Lester, F., & O'Daffer, P. (1987). *How to Evaluate Progress in Problem Solving*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests. *Psychometrika,* 16, 297-334.

Dawson, K. (2012). Using Action Research Projects to Examine Teacher Technology Integration Practices. *Journal of Digital Learning in Teacher Education,* 28(3), 117-124.

Ebel, R. L. (1972). Why is a longer test usually a more reliable test?. *Educational and Psychological Measurement,* 32, 249-253.

Etcuban, J. O., & Pantinople, L. D. (2018). The Effects of Mobile Application in Teaching High School Mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education,* 13(3), 249-259.

Glover, J. A., & Bruning, R. H. (1990). *Educational Psychology : Principles and Applications* (Third Edition). Glenview, Illinois: Scott, Foresman/Little Brown Higher Education.

Good, C. V., Merkel, W. R., & Kappa, P. D. (1973). *Dictionary of Education : Prepared Under the Auspices of Phi Delta Kappa* (Third Edition). New York: McGraw-Hill.

Hatfield, L. L., & Bradbard, D. A. (1978). *Mathematical Problem Solving: Papers from a Research Workshop*. The Ohio State University: https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED156446.pdf

Hensberry, K. K. R., & Jacobbe, T. (2012). The Effects of Polya's Heuristic and Diary Writing on Children's Problem Solving. *Mathematics Education Research Journal,* 24(1), 59-85.

Hergenhahn, B. R. (1988). *An Introduction to Theories of Learning* (Third Edition). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Hsu, P., & Sharma, P. (2008). A Case Study of Enabling Factors in the Technology Integration Change Process Educational. *Educational Technology and Society,* 11(4), 213-228.

Janjaruporn, R. (2005). *The Development of a Problem-Solving Instructional Program to Develop Preservice Teachers' Competence in Solving Mathematical Problems and their Beliefs Related to Problem Solving.* (Mathematics Education). Srinakharinwirot University, Bangkok. http://thesis.swu.ac.th:/swudis/Math_Ed/Rungfa_J.pdf

Jordaan, D. B., Laubscher, D. J., & Blignaut, A. S. (2017). Design of a Prototype Mobile Application to Make Mathematics Education More Realistic. *International Conference on Mobile Learning (*13*th, Budapest, Hungary, Apr* 10-12*,* 2017), 3-10.

Keller, F. S. (1968). "Goodbye, Teacher...". *Journal of Applied Behavioral Analysis,* 1, 79-89.

Kelly, K. T. (2001). Learning Theory and Epistemology. Retrieved Apr 30, 2021, from http://www.hss.cmu.edu/philosophy/Kelly/papers/learnreview.pdf

Kennedy, L. M., & Tipps, S. (1997). *Guiding Children's Learning of Mathematic* (8th ed.). Belmont, California: Wadsworth.

Kohler, W. (1973). *The Mentality of Apes* (2nd ed.). New York: Liverright.

Kotler, P. (2003). *Marketing Management: An Asian Perspective* (Third Edition). Singapore: Prentice Hall.

Krulik, S., & Reys, R. E. (1980). *Problem Solving in School Mathematics*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1987). *Problem Solving: A Handbook for Teachers* (Second

Edition). Boston London Sydney Toronto: Allyn and Bacon.

Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1993). *Reasoning and Problem Solving: A Handbook for Elementary School Teachers*. Boston: Allyn and Bacon.

Lester, F. K. (1977). Ideas About Problem Solving: A Look At Some Psychological Research. *The Arithmetic Teacher,* 25(2), 12-14.

Lindgren, H. C. (1980). *Educational Psychology in the Classroom* (6th ed.). New York: Oxford University Press.

Marquis, D. P. (1941). Learning in the Neonate: The Modification of Behavior Under Three Feeding Schedules. *Journal of Experimental Psychology: General,* 29(4), 263-282.

Maslow, A. H. (1970). *Motivation and Personality* (Second Edition). New York: Harper & Row.

McShane, S. L., & Von Glinow, M. A. (2010). *Organizational Behavior: Emerging Knowledge and Practice for the Real World* (Fifth Edition). New York: McGraw-Hill/Irwin.

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

National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (1991). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: NCTM.

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

Nunnally, J. C., & Bearden, I. H. (1994). *Psychometric Theory* (3rd ed.). New York: McGraw-Hell.

O'Callaghan, B. R. (1998). Computer-Intensive Algebra and Students' Conceptual Knowledge of Functions. *Journal for Research in Mathematics Education,* 29(1), 21-40.

Okafor, T. U. (2019). Effect of Polya's Problem Solving Technique on the Academic Achievement of Senior Secondary School Student in Physics. *European Journal of Physics Education,* 10(1), 38-48.

Perdikaris, S. C. (1993). Applications of Ergodic Chains to Problem Solving. *International*

*Journal of Mathematical Education in Science and Technology,* 24(3), 423-427.

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

Polya, G. (1980). *On Solving Mathematics Problems in High School.* Problem Solving in School Mathematics: 1980 Yearbook. Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.

Posamentier, A. S., & Krulik, S. (1998). *Problem-Solving Strategies for Efficient and Elegant Solutions: A Resource for the Mathematics Teacher*. Thousand Oaks, California Corwin Press.

Quick, J. C., & Nelson, D. L. (2009). *Principles of Organizational Behavior: Realities and Challenges*. South-Western: Cengage Learning.

Reys, R. E., Lindquist, M. M., Lambdin, D. V., Smith, N. L., & Suydam, M. N. (2004). *Helping children learn mathematics* (Seventh Edition). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Rider, R. (2007). Shifting from Traditional to Nontraditional Teaching Practices Using Multiple Representations. *The Mathematics teacher,* 100(7), 494-500.

Salavati, S. (2016). *Use of Digital Technologies in Education: The Complexity of Teachers' Everyday Practice.* (Doctoral Dissertation). Linnaeus University, Vaxjo.

Semertzidis, K. (2013). *Mobile Application Development to Enhance Higher Education Lectures.* (MSc in Computing). The University of York.

Sheffield, L. J., & Cruikshank, D. E. (2000). *Teaching and Learning Elementary and Middle School Mathematics* (Fourth Edition). New York, USA: John Wiley & Sons.

Sternberg, R. J. (1986). *Intelligence Applied: Understanding and Increasing Your Intellectual Skills*. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich.

Sukoriyanto, Nusantara, T., Subanji, & Chandra, T. D. (2016). Students's Errors in Solving the Permutation and Combination Problems Based on Problem Solving Steps of Polya. *International Education Studies,* 9(2), 11-16.

Swanepoel, C. H., & Gebrekal, Z. M. (2010). The Use of Computers in the Teaching and Learning of Function in School Mathematics in Eritrea. *Africa Education Review,* 7(2), 402-416.

Szetela, W., & Nicol, C. (1992). Evaluating Problem Solving in Mathematics. *Educational Leadership,* 49(8), 42-45.

Wallas, G. (1973). A Systematic Introduction to the Psychology of Thinking. *Australian Psychologist,* 8(3), 215-247.

Wilson, J. W., Fernandez, M. L., & Hadaway, N. (1993). *Mathematical Problem Solving.* In Research Ideas for the Classroom: High School Mathematics. New York: Macmillian Publishing Company.

Wolman, B. B. (1989). *Dictionary of Behavioral Science* (Second Editon). San Diego: Academic Press.

Yayuk, E., & Husamah, H. (2020). The Difficulties of Prospective Elementary School Teachers in Item Problem Solving for Mathematics: Polya's Steps. *Journal for the education of gifted young scientists,* 8(1), 361-378.

กรรณิการ์ วงศ์เสน. (2555). การจัดการเรียนรู้สำหรับเด็กที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ในโรงเรียนชุมชนบ้านเมืองปอน อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน. (ปริญญานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. (การศึกษาพิเศษ).

กาญจนา อรุณสุขรุจี. (2546). จิตวิทยาทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

กิติมา ปรีดีดิลก. (2532). การบริหารและการนิเทศการศึกษาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.

กิรณา อึ้งสกุล. (2556). การสร้างวิธีการสอนของโพลยาร่วมกับแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์พกพา (*Tablet)* เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 โรงเรียนบ้านท่าเสาเภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร. (เทคโนโลยีการเรียนรู้และสื่อสารมวลชน).

เกวลิน เสน่หา. (2556). กิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องฟังก์ชั่น โดยใช้โปรแกรม *C.a.R.* สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (คณิตศาสตร์).

เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีระ. (2561). วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC). สืบค้นจาก https://iok2u.com/index.php/article/information-technology/469-system-development-life-cycle-sdlc-1-4

ขจรศักดิ์ สังข์เจริญ. (2556). คู่มือเขียน *iPhone Apps* สำหรับผู้เริ่มต้น (พิมพ์ครั้งที่ 1..). กรุงเทพฯ:

โปรวิชั่น.

ขวัญหทัย พิกุลทอง, และ ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์. (2560). การจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนไทยในยุคการศึกษา 4.0. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21(3), 342-355.

ครูประถมดอทคอม. (2560). จิตวิทยาการศึกษา: ทฤษฎีความต้องการของมาสโลว์. สืบค้นจาก https://www.krupatom.com/จิตวิทยาการศึกษา/education_330

จ๊อบส์ดีบี ประเทศไทย. (2557). 5 เหตุผล ทำไมนักพัฒนาเลือก Android. สืบค้นจาก https://th.jobsdb.com/th-th/articles/นักพัฒนาเลือก-android

จันทิรา แซ่เตียว. (2559). พฤติกรรมการเลือกใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่สมาร์ทโฟนสำหรับวัยกลางคน. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (วิชาเอกระบบสารสนเทศ)). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

จิตติมา ชอบเอียด. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสถิติผ่านการแก้ปัญหาของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (คณิตศาสตร์). http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/handle/123456789/434

จิระนันท์ สุขบรรจง. (2559). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแอปพลิเคชัน. สืบค้นจาก https://sites.google.com/site/jiranunsuk571031217/khwam-ru-thawpi-keiyw-kab-exeph-phli-khechan

ชญาภา ใจโปร่ง. (2554). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (คณิตศาสตร์).

ชะเอิ้น พิศาลวัชรินทร์. (2553). ความพึงพอใจของนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ที่มีต่อการให้บริการงานกิจการนักศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ชัยพร สุวรรณประสพ. (2561). การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันวีดิทัศน์ปฏิสัมพันธ์เพื่อการเรียนรู้สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (เทคโนโลยีการศึกษา).

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 7-20.

ชาย โพธิสิตา. (2564). ศาสตร์และศิลป์การวิจัยเชิงคุณภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2561). การสร้างเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐพนธ์ อนุสรณ์ทรางกูร. (2555). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้พื้นฐานการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างงานออกแบบของผู้เรียนที่มีพื้นฐานด้านการเรียนที่แตกต่างกัน. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา: กรุงเทพฯ:

ทิศนา แขมมณี. (2545). กระบวนการเรียนรู้: ความหมาย แนวทางการพัฒนาและปัญหาข้องใจ. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

ธนิษฐา เพ็ชร์ช้าง, และ สุภาพร สุขเจริญ. (2558). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา. Paper presented at the การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15.

ธัชพล พลรัตน์. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง เรื่อง การประยุกต์ของแคลคูลัส สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (คณิตศาสตร์). http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/handle/123456789/273

ธีรเชษฐ์ เรืองสุขอนันต์. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ผ่านการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (คณิตศาสตร์).

นุชจิรา แดงวันสี, ปริญวรรณ สุนทรักษ์, สนธิ พลชัยยา, และ กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือกับแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องตารางธาตุ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 1(1), 61-73.

ประชาชาติ ไชยพรม, วันเพ็ญ นันทะศรี, และ วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2562). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนโรงเรียนบ้านโนนแต้ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่

การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 3. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, 13(1), 69-78.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เอกสารการสอนชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ปรียาพร วงค์อนุตรโรจน์. (2546). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์, และ สุกัญญา พาเสน่ห์. (2563). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบห้องเรียนกลับด้าน โดยใช้ชุดการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 14(1), 145-153.

พชรพรรณ สมบัติ. (2558). แนวทางการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน *THAI MOBILE* สำหรับผู้ใช้บริการสายการบิน บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน). (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต). สถาบันการบินพลเรือน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, ประจวบคีรีขันธ์. (การจัดการการบิน).

พรทิพย์ วงศ์สินอุดม. (2558). การพัฒนาแอปพลิเคชันบทเรียนบนคอมพิวเตอร์พกพา ร่วมกับการเรียนแบบเพื่อนช่วยเพื่อนที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดเพชรบุรี. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม. (เทคโนโลยีการศึกษา).

พรพิมล คงฉิม. (2554). การศึกษาความพึงพอใจและความต้องการของลูกค้าที่ได้รับบริการจากบริษัท เอ็ม.เอช.อี. - ดีแมก (ที) จำกัด. (สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (จิตวิทยาการแนะแนว).

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 7 (ฉบับปรับปรุงใหม่ล่าสุด).). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

พศุตม์ ชูศักดิ์, และ ญานิน กองทิพย์. (2561). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผ่านการจัดกิจกรรมการตั้งปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 17(2), 75-82.

เพ็ญพิไล ฤทธาคณานนท์. (2536). จิตวิทยาการเรียนรู้ของเด็ก. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ไพบูลย์ เทวรักษ์. (2540). จิตวิทยาการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: เอส ดี เพรส.

ภนิดา ชัยปัญญา. (2541). แนวคิดความพึงพอใจ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภาณุเดช เพียรความสุข และคณะ. (2558). ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการให้บริการของ

สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ภาณุวัฒน์ วรพิทย์เบญจา, จำรัส กลิ่นหนู, และ ณรงค์ศักดิ์ ศรีสม. (2558). การพัฒนาแอปพลิเคชันการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริงบนอุปกรณ์เคลื่อนที่. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 8(2), 58-67.

ภาสกร เรืองรอง, ประหยัด จิระวงพงศ์, วณิชชา แม่นยำ, วิลาวัลย์ สมยาโรน, ศรันยู หมื่นเดช, และ ชไมพร ศรีสุราช. (2557). เทคโนโลยีการศึกษากับครูไทยในศตวรรษที่ 21. วารสารปัญญาภิวัฒน์, 5(3), 195-207.

ภูริทัต สิงหเสม. (2556). จิตวิทยาในชีวิตประจำวัน (พิมพ์ครั้งที่ 1). สงขลา: บริษัท นำศิลป์ โฆษณา จำกัด.

มณฑกาญจน์ วิจิตรสกลธ์. (2552). ทัศนคติด้านผลิตภัณฑ์ ความพึงพอใจ และแนวโน้มพฤติกรรมการบริโภคนมเปรี้ยวของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. (สารนิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (การจัดการ).

มัณฑนา พรมรักษ์. (2556). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. (การศึกษาคณิตศาสตร์).

มานาคอมพิวเตอร์. (2555). แอพ (App) คืออะไร ต่างจากโปรแกรมอย่างไร? สืบค้นจาก https://www.manacomputers.com/what-is-app-how-different-software

มายพีเอชพี. (2561). Application แอปพลิเคชัน คืออะไร. สืบค้นจาก https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/3647-application-แอปพลิเคชัน-คืออะไร.html

มาลินี จุฑะรพ. (2537). จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.

รัตนา เครือวัลย์. (2559). กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง การประยุกต์ของฟังก์ชันตรีโกณมิติ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (คณิตศาสตร์).

วรรณพร เลิศอาวาส. (2554). การศึกษาพฤติกรรมด้านความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น เรื่อง จำนวน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผ่านกิจกรรมการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาทาง

คณิตศาสตร์. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (คณิตศาสตร์).

วศิน เพชรข้อง, และ สัณหวัช อภิบาลวงศ์สกุล. (2558). การรับรู้ของประชาชนที่มาใช้บริการของสำนักงานประปาสาขาภาษีเจริญที่มีต่อ *Application MWA on Mobile* ของการประปานครหลวง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.

วันวิสาข์ อยู่เปี่ยม. (2552). ความพึงพอใจในการใช้บริการโรงอาหารในมหาวิทยาลัยของนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิจารณ์ พานิช, และ ประเสริฐ ผลิตผลการพิมพ์. (2555). ICT: เทคโนโลยีกับการศึกษาไทย. สืบค้นจาก http://58207147-ict.blogspot.com/2016/10/ict.html

วิชญ์ บุญรอด. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันแบบฝึกทักษะการฟังคอร์ดขั้นพื้นฐานสำหรับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 22(1), 204-219.

วิรัติ เนตรสว่าง. (2559). ทฤษฎีการเรียนรู้พฤติกรรมนิยม. สืบค้นจาก http://pws.npru.ac.th/wiratn/system/20151230163451_ad7cd03405bf945510c70e6779a411d1.pdf

วิรัลยุพา คงภักดี, ญานิน กองทิพย์, ณหัย ฤกษ์ฤทัยรัตน์, และ เสริมศรี ไทยแท้. (2561). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 11(2), 86-101.

ศิรดล ศรีดาเดช, ดิเรก ธีระภูธร, และ ปิยมนัส วรวิทย์รัตนกุล. (2561). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสริมสร้างทักษะการฟังกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ วิชาพม่าเพื่อการสื่อสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(4), 206-218.

ศิริบูรณ์ สายโกสุม. (2542). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 3 (ปรับปรุงใหม่)). กรุงเทพฯ: ภาควิชาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ศูนย์สร้างสรรค์งานออกแบบ [TCDC]. (2560). การคิดเชิงออกแบบ: เรียนรู้ด้วยการลงมือทำ. สืบค้นจาก http://resource.tcdc.or.th/ebook/Design.Thingking.Learning.by.Doing.pdf

สงวน สุทธิเลิศอรุณ. (2532). จิตวิทยาการศึกษา (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.]. (2555). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: บริษัท 3 คิวมีเดีย จำกัด.

สมชาย รัตนทองคำ. (2550). ทฤษฎีการเรียนรู้พื้นฐาน. สืบค้นจาก

https://ams.kku.ac.th/aalearn/resource/edoc/tech/3learntheory.pdf

สมหมาย เปียถนอม. (2551). ความพึงพอใจของนักศึกษาในการได้รับการบริการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. นครปฐม: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

สามารถ พะยอมหอม. (2550). การใช้ *CAS* ในการอธิบายมโนทัศน์ของการหาปริพันธ์และการประยุกต์ในรูปแบบเชิงขั้ว. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. (การสอนคณิตศาสตร์).

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2562). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติมฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545 ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2553 และฉบับที่ 4 พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

สินีนาถ ชะตะกาญจน์. (2551). เทคโนโลยีกับการศึกษาในปัจจุบัน. สืบค้นจาก http://blogwongsa.blogspot.com/2014/06/blog-post.html

สิริพร ทิพย์คง. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สิริอร วิชชาวุธ. (2554). จิตวิทยาการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุชา จันทร์เอม. (2544). จิตวิทยาทั่วไป (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนพานิช.

สุชาดา พลาชัยภิรมย์ศิล. (2554). แนวโน้มการใช้โมบายแอพพลิเคชั่น. วารสารนักบริหาร 4, 110-115.

สุทธิพงศ์ สุวรรณเดชากุล. (2560). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับสนับสนุนการปฏิบัติงานของช่างไฟฟ้าการประปาส่วนภูมิภาคเขต 5. (สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. (การจัดการอุตสาหกรรม).

สุนีย์ คล้ายนิล. (2558). การศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนไทย การพัฒนา-ผลกระทบ-ภาวะถดถอยในปัจจุบัน. สืบค้นจาก https://pisathailand.ipst.ac.th/ipst-958/

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2552). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 8 (ฉบับปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม)). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุสา แก้วสมทอง, และ อนุรักษ์ อุดมเวช. (2560). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบแอนดรอยด์เพื่อการเรียนรู้เรื่องโมเมนต์ของแรง สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 20(3), 228-235.

อรรถพล ปลัดพรหม, นงลักษณ์ วิริยะพงษ์, และ มนชยา เจียงประดิษฐ์. (2562). การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD โดยเน้นการใช้ตัวแทนเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Veridian E-Journal,* 12(4), 936-949.

อัชรา เอิบสุขสิริ. (2556). จิตวิทยาสำหรับครู (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาพร มณีนิล, คุณอานันท์ นิรมล, และ กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์. (2559). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชัน เรื่องระบบเลขฐาน วิชาคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ. วารสารครุพิบูล, 3(1), 22-33.

อารี พันธ์มณี. (2534). จิตวิทยาการเรียนการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

อิสริยา ปรมัตถากร. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (คณิตศาสตร์).

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก
# การหาคุณภาพเครื่องมือและประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือที่ใช้ในการวิจัย

**การหาคุณภาพของเครื่องมือ**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (2) เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ (3) เครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. **เครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

เครื่องมือสำหรับเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 คือ แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา 4 ขั้นตอน (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และ ขั้นตรวจสอบผล) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยนักเรียนจะได้ลงมือแก้ปัญหาผ่านรูปแบบดังนี้ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice) แบบลากวาง (Drag & Drop) แบบไฮไลต์ (Highlight) แบบตอบสั้น (Short Answer) แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern) และ แบบกราฟ (Graph) โดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

1.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของคำถาม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

1.1.1 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| คะแนน | +1 | สอดคล้อง |
| คะแนน | 0 | ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องหรือไม่ |
| คะแนน | -1 | ไม่สอดคล้อง |

1.1.2 คำนวณค่า IOC ของแต่ละสถานการณ์ปัญหาในแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วเลือกสถานการณ์ปัญหาที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยใช้สูตรการคำนวณ IOC คือ

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{N}$$

โดยที่ $IOC$ แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา

$R_i$ แทน คะแนนความคิดเห็นที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i

$\sum_{i=1}^{n} R_i$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i

$N$ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| **สถานการณ์ปัญหา** | **ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ** ($R_i$) | | | **รวม** $\sum_{i=1}^{n} R_i$ | IOC | **แปลผล** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **คนที่** 1 | **คนที่** 2 | **คนที่** 3 | | | |
| **ชุดที่** 1 Level 1 **(แผนการจัดการเรียนรู้ที่** 1) | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ชุดที่** 2 Level 1 **(แผนการจัดการเรียนรู้ที่** 2) | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |

ตาราง 17 (ต่อ)

| สถานการณ์ปัญหา | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ($R_i$) | | | รวม $\sum_{i=1}^{n} R_i$ | IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ชุดที่ 3 Level 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3)** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ชุดที่ 3 Level 2 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4)** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ชุดที่ 3 Level 3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5)** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |

1.2 วิเคราะห์คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อดูความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

1.2.1 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อวิเคราะห์ในแต่ละด้านของแผนการจัดการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็น องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ รวมถึงแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| ระดับมากที่สุด | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 5 คะแนน |
| ระดับมาก | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 4 คะแนน |
| ระดับปานกลาง | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 3 คะแนน |
| ระดับน้อย | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 2 คะแนน |
| ระดับน้อยที่สุด | เกณฑ์การให้คะแนนเท่ากับ | 1 คะแนน |

และ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่มจากการนำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน มาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนและแปลความหมายค่าเฉลี่ยของกลุ่มโดยเกณฑ์ความหมายของค่าเฉลี่ยได้จากการหาค่าพิสัยและอันตรภาคชั้น แล้วนำผลต่างที่ได้มากำหนดเกณฑ์การวัดระดับค่าเฉลี่ย (Best, 1977, p. 174)

สูตรการกำหนดช่วงคะแนน

$$\text{ช่วงคะแนน (I)} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนช่วง}}$$

$$I = \frac{5 - 1}{5} = 0.8$$

จะได้ช่วงคะแนนเฉลี่ยและระดับความพึงพอใจ ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 4.21 – 5.00 | หมายความว่า | พึงพอใจมากที่สุด |
| 3.41 – 4.20 | หมายความว่า | พึงพอใจมาก |
| 2.61 – 3.40 | หมายความว่า | พึงพอใจปานกลาง |
| 1.81 – 2.60 | หมายความว่า | พึงพอใจน้อย |
| 1.00 – 1.80 | หมายความว่า | พึงพอใจน้อยที่สุด |

1.2.2 คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) จากแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้และแบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือในแต่ละด้าน โดยใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

โดยที่ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum_{i=1}^{n} X_i$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i

$n$ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ตาราง 18 ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| ข้อที่ | รายการประเมิน | คะแนนเฉลี่ยผู้เชี่ยวชาญท่านที่ | | | คะแนนเฉลี่ยรายข้อ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| **ด้านที่ 1 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้** | | | | | |
| 1. | แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนสัมพันธ์กัน | 5 | 4 | 5 | 4.67 |
| 2. | แผนการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ | 4 | 5 | 5 | 4.67 |
| 3. | เนื้อหาสาระการเรียนรู้มีความถูกต้อง | 5 | 4 | 5 | 4.67 |
| 4. | กำหนดเนื้อหาสาระการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาในแต่ละคาบเรียน | 5 | 4 | 4 | 4.33 |
| 5. | ความสอดคล้องของเนื้อหาสาระการเรียนรู้เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ | 4 | 5 | 5 | 4.67 |
| 6. | จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจน | 4 | 5 | 5 | 4.67 |
| 7. | จุดประสงค์การเรียนรู้สามารถประเมินผลได้ | 4 | 5 | 4 | 4.33 |
| **ด้านที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้** | | | | | |
| 1. | กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5 | 5 | 4 | 4.67 |
| 2. | กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และระดับชั้นเรียน | 5 | 4 | 4 | 4.33 |
| 3. | กิจกรรมการเรียนรู้เรียงลำดับได้เหมาะสม | 5 | 4 | 4 | 4.33 |
| 4. | กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลา | 5 | 4 | 4 | 4.33 |
| 5. | กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติจริง | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6. | กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาในโลกของความจริงได้ด้วยตนเอง | 5 | 5 | 5 | 5 |

ตาราง 18 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน | คะแนนเฉลี่ยผู้เชี่ยวชาญท่านที่ | | | คะแนนเฉลี่ยรายข้อ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| **ด้านที่ 3 สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้** | | | | | |
| 1. | สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2. | สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3. | สื่อการเรียนรู้สื่อความหมายได้ชัดเจน และสามารถประเมินผลได้ | 5 | 4 | 5 | 4.67 |
| 4. | สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ | 5 | 5 | 4 | 4.67 |
| 5. | สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลายของปัญหา | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6. | สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียน | 5 | 5 | 4 | 4.67 |
| **ด้านที่ 4 การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้** | | | | | |
| 1. | การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ระบุเครื่องมือวัดและประเมินผลไว้อย่างชัดเจน | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 2. | การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ | 4 | 5 | 5 | 4.67 |
| 3. | วิธีการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้มีความเหมาะสม | 4 | 5 | 5 | 4.67 |
| **ผลรวมของคะแนน** | | 103 | 102 | 101 | 102 |
| **คะแนนเฉลี่ยรวม** | | 4.68 | 4.64 | 4.59 | 4.64 |

คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) เท่ากับ 4.64 กล่าวคือ เครื่องมือดังกล่าวมีความเหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 19 ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| ข้อที่ | รายการประเมิน | คะแนนเฉลี่ยผู้เชี่ยวชาญท่านที่ | | | คะแนนเฉลี่ยรายข้อ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| **ด้านที่ 1 ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | |
| 1. | เสริมสร้างความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 5 | 4 | 5 | 4.67 |
| 2. | เสริมสร้างความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 5 | 4 | 5 | 4.67 |
| 3. | เสริมสร้างความสามารถในการดำเนินการตามแผน | 5 | 4 | 4 | 4.33 |
| 4. | เสริมสร้างความสามารถในการตรวจสอบผล | 5 | 4 | 4 | 4.33 |
| 5. | เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 5 | 4 | 5 | 4.67 |
| **ด้านที่ 2 ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | |
| 1. | ระบบการตอบคำถามด้วย Multiple Choice | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 2. | ระบบการตอบคำถามด้วย Drag & Drop | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 3. | ระบบการตอบคำถามด้วย Short Answer | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 4. | ระบบการตอบคำถามด้วย Highlight | 5 | 5 | 4 | 4.67 |
| 5. | ระบบการตรวจสอบคำตอบด้วย Graph | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6. | ระบบ Navigation Bar (ปุ่มแถบด้านล่าง) | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 7. | ระบบการระบุคะแนนภายหลังการตอบคำถามแต่ละรูปแบบ | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 8. | การปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้งาน | 5 | 4 | 4 | 4.33 |
| 9. | มีความครอบคลุมกับการใช้งานจริงในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | 5 | 4 | 5 | 4.67 |

ตาราง 19 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการประเมิน | คะแนนเฉลี่ยผู้เชี่ยวชาญท่านที่ | | | คะแนนเฉลี่ยรายข้อ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| **ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | |
| 1. | การใช้ชนิด ขนาด สีของตัวอักษรบนแอปพลิเคชันบนมือถือ | 5 | 5 | 4 | 4.67 |
| 2. | การใช้ภาษาที่สามารถสื่อสารให้เข้าใจได้ง่าย | 5 | 4 | 4 | 4.33 |
| 3. | การใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมายได้ชัดเจน | 5 | 5 | 4 | 4.67 |
| 4. | การจัดวางตำแหน่งของส่วนประกอบของเมนูต่าง ๆ ในแอปพลิเคชันบนมือถือมีความสะดวกต่อการใช้งาน | 5 | 5 | 4 | 4.67 |
| 5. | การจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการใช้งาน | 5 | 5 | 4 | 4.67 |
| **ผลรวมของคะแนน** | | **100** | **87** | **86** | **91** |
| **คะแนนเฉลี่ยรวม** | | **5.00** | **4.58** | **4.53** | **4.79** |

คุณภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของไลเคิร์ท (Likert) เท่ากับ 4.79 กล่าวคือ เครื่องมือดังกล่าวมีความเหมาะสมมากที่สุด

**2. เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

เครื่องมือสำหรับวัดผลและประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้สำหรับ

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของคำถาม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

2.1.1 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| คะแนน | +1 | สอดคล้อง |
| คะแนน | 0 | ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องหรือไม่ |
| คะแนน | -1 | ไม่สอดคล้อง |

2.1.2 คำนวณค่า IOC ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วเลือกแบบทดสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยใช้สูตรการคำนวณ IOC คือ

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{N}$$

โดยที่ $IOC$ แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา

$R_i$ แทน คะแนนความคิดเห็นที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i

$\sum_{i=1}^{n} R_i$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i

$N$ แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ตาราง 20 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบและแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| ข้อที่ | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ($R_i$) | | | รวม $\sum_{i=1}^{n} R_i$ | IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| **แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 1 Level 1)** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 2 Level 1)** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 3 Level 1)** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |

ตาราง 20 (ต่อ)

| ข้อที่ | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ($R_i$) | | | รวม $\sum_{i=1}^{n} R_i$ | IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 3 Level 2)** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ชุดที่ 3 Level 3)** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |

2.2 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.2.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

2.2.2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคล

2.2.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม เพื่อตรวจสอบชุดภาษาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในด้านต่าง ๆ รวมถึงหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ใช้นักเรียนจำนวน 24 คน ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคลและกลุ่มย่อย

2.3 นำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ $E_1/E_2$ แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการทดลองภาคสนามอีกครั้ง ซึ่งสูตรการคำนวณหาประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, น. 10) คือ

$$E_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{nA} \times 100 \qquad E_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{nB} \times 100$$

โดยที่ $E_1$ แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$E_2$ แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$x_i$ แทน คะแนนการทำแบบทดสอบย่อยของนักเรียนคนที่ i

$y_i$ แทน คะแนนการทำแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนคนที่ i

$n$ แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

$A$ แทน คะแนนเต็มการทำแบบทดสอบย่อย

$B$ แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

ตาราง 21 คะแนนการหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| ครั้งที่ | การหาประสิทธิภาพ | $E_1$ | $E_2$ | $E_1/E_2$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | รายบุคคล | 63.10 | 66.67 | 63.10/66.67 |
| 2 | กลุ่มย่อย | 70.63 | 71.30 | 70.63/71.30 |
| 3 | ภาคสนาม | 78.04 | 73.98 | 78.04/73.98 |

2.4 วิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละช่วง และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน เป็นรายข้อ โดยใช้ดัชนีความยากง่าย (Difficulty index: $P_E$) และ ดัชนีอำนาจจำแนก (Discrimination index: D หรือ r) ของแบบทดสอบ ซึ่งใช้เกณฑ์ในการแปลผลค่าความยากง่าย ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 0.00 – 0.19 | หมายถึง | ยาก |
| 0.20 – 0.39 | หมายถึง | ค่อนข้างยาก |
| 0.40 – 0.60 | หมายถึง | ยากปานกลาง |
| 0.61 – 0.80 | หมายถึง | ค่อนข้างง่าย |
| 0.81 – 1.00 | หมายถึง | ง่าย |

สำหรับการแปลผลค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ใช้เกณฑ์ในการแปลผลค่าอำนาจจำแนก ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| $\geq$ 0.40 | หมายถึง | จำแนกได้ดีมาก |
| 0.30 – 0.39 | หมายถึง | จำแนกได้ดี |
| 0.20 – 0.29 | หมายถึง | จำแนกได้พอใช้ |
| 0.04 – 0.19 | หมายถึง | จำแนกได้ต่ำ |
| $\leq$ 0.00 | หมายถึง | จำแนกไม่ได้ |

2.5 ดำเนินการโดยการนำแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนภาคสนามมาคำนวณค่าดัชนีความยากง่ายและค่าดัชนีอำนาจจำแนก แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80

และมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป จำนวน 14 ข้อย่อย โดยใช้สูตรการคำนวณ คือ (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2561, น. 85-90)

ดัชนีความยากง่าย

$$p = \frac{S_u + S_l}{I(N_H + N_L)}$$

โดยที่ $p$ แทน ดัชนีความยากง่าย

$S_u$ แทน ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก

$S_l$ แทน ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

$I$ แทน คะแนนเต็มในการทดสอบครั้งนั้น

$N_H$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

$N_L$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

ดัชนีอำนาจจำแนก

$$r = \frac{S_u - S_l}{I \times \frac{(N_H + N_L)}{2}}$$

โดยที่ $r$ แทน ดัชนีอำนาจจำแนก

$S_u$ แทน ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก

$S_l$ แทน ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

$I$ แทน คะแนนเต็มในการทดสอบครั้งนั้น

$N_H$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

$N_L$ แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

ตาราง 22 ค่าความยากง่าย (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

| สถานการณ์ปัญหาที่ | p | แปลผล | r | แปลผล |
|---|---|---|---|---|
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 Level 1** | | | | |
| 1 | 0.76 | ค่อนข้างง่าย | 0.48 | จำแนกได้ดีมาก |
| 2 | 0.79 | ค่อนข้างง่าย | 0.42 | จำแนกได้ดีมาก |
| 3 | 0.79 | ค่อนข้างง่าย | 0.42 | จำแนกได้ดีมาก |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 Level 1** | | | | |
| 1 | 0.72 | ค่อนข้างง่าย | 0.36 | จำแนกได้ดี |
| 2 | 0.71 | ค่อนข้างง่าย | 0.31 | จำแนกได้ดี |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 1** | | | | |
| 1 | 0.67 | ค่อนข้างง่าย | 0.38 | จำแนกได้ดี |
| 2 | 0.69 | ค่อนข้างง่าย | 0.37 | จำแนกได้ดี |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 2** | | | | |
| 1 | 0.68 | ค่อนข้างง่าย | 0.42 | จำแนกได้ดีมาก |
| 2 | 0.67 | ค่อนข้างง่าย | 0.43 | จำแนกได้ดีมาก |
| **แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 Level 3** | | | | |
| 1 | 0.63 | ค่อนข้างง่าย | 0.59 | จำแนกได้ดีมาก |
| 2 | 0.64 | ค่อนข้างง่าย | 0.52 | จำแนกได้ดีมาก |
| **แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน** | | | | |
| 1 | 0.75 | ค่อนข้างง่าย | 0.35 | จำแนกได้ดี |
| 2 | 0.69 | ค่อนข้างง่าย | 0.41 | จำแนกได้ดีมาก |
| 3 | 0.66 | ค่อนข้างง่าย | 0.53 | จำแนกได้ดีมาก |

2.6 วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นหรือความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละช่วงและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ด้วยรูปแบบความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) โดยวิธีการคำนวณแอลฟาของ

ครอนบาค (Cronbach's Alpha Method) ซึ่งใช้เกณฑ์ในการแปลผลค่าความเชื่อมั่น (Ebel, 1972) ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 0.01 – 0.40 | หมายถึง | ค่าความเชื่อมั่นมีค่าระดับต่ำ |
| 0.41 – 0.70 | หมายถึง | ค่าความเชื่อมั่นมีค่าระดับปานกลาง |
| 0.71 – 0.90 | หมายถึง | ค่าความเชื่อมั่นมีค่าระดับสูง |
| 0.91 – 1.00 | หมายถึง | ค่าความเชื่อมั่นมีค่าระดับสูงมาก |

สำหรับค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละช่วงและแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ควรมีค่าความเชื่อมั่นอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 0.70 จึงมีความเหมาะสมที่นำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Nunnally & Bearden, 1994) โดยคำนวณด้วยวิธีแอลฟาของครอนบาค (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2561, น. 107-112) ซึ่งใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach, 1951) ดังนี้

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| โดยที่ | ${S_i}^2$ | แทน | ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานยกกำลังสองรายข้อหรือความแปรปรวนรายข้อ |
| | ${S_t}^2$ | แทน | ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมยกกำลังสองหรือความแปรปรวนคะแนนรวม |
| | $k$ | แทน | จำนวนข้อคำถาม |

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละช่วงคำนวณโดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.974 กล่าวคือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน อยู่ในระดับสูงมาก

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน คำนวณโดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.965 กล่าวคือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน อยู่ในระดับสูงมาก

**3. เครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

เครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนแต่ละคนเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งวัดความพึงพอใจในแต่ละด้าน คือ 1) ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ 3) ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือสำหรับศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อใช้ในการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน

โดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือสำหรับวัดความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ เครื่องมือสำหรับศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

3.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของคำถาม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน และแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

3.1.1 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| คะแนน | +1 | สอดคล้อง |
| คะแนน | 0 | ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องหรือไม่ |
| คะแนน | -1 | ไม่สอดคล้อง |

3.1.2 คำนวณค่า IOC ของคำถามในแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน และแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application โดยใช้สูตรการคำนวณ IOC คือ

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{N}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| โดยที่ | IOC | แทน | ค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา |
| | $R_i$ | แทน | คะแนนความคิดเห็นที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i |
| | $\sum_{i=1}^{n} R_i$ | แทน | ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญคนที่ i |
| | N | แทน | จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด |

ตาราง 23 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| ข้อที่ | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ($R_i$) | | | รวม $\sum_{i=1}^{n} R_i$ | IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| **ด้านที่ 1 ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |

ตาราง 23 (ต่อ)

| ข้อที่ | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ($R_i$) | | | รวม $\sum_{i=1}^{n} R_i$ | IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| **ด้านที่ 2 ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 6 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 7 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 8 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 9 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| **ด้านที่ 3 ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 6 | 0 | +1 | +1 | 2 | 0.67 | สอดคล้อง |

ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application

| ข้อที่ | ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ $R_i$ | | | รวม $\sum_{i=1}^{n} R_i$ | IOC | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| 1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 3 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 4 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5.1 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |
| 5.2 | +1 | +1 | +1 | 3 | 1.00 | สอดคล้อง |

3.2 เลือกข้อคำถามที่แน่ใจว่าสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ กล่าวคือ ข้อคำถามในแต่ละข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

# ภาคผนวก ข
# ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย และการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

ตาราง 25 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจาก SMATH Application

| คนที่ | คะแนนจาก SMATH Application | | | | | รวมคะแนน (50) | คิดเป็น 20% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดที่ 1 Level 1 (10) | ชุดที่ 2 Level 1 (10) | ชุดที่ 3 Level 1 (10) | ชุดที่ 3 Level 2 (10) | ชุดที่ 3 Level 3 (10) | | |
| 1 | 9 | 8 | 8 | 7 | 6 | 38 | 15.4 |
| 2 | 9 | 10 | 9 | 8 | 8 | 44 | 17.5 |
| 3 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 38 | 15.3 |
| 4 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 46 | 18.2 |
| 5 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 44 | 17.7 |
| 6 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 43 | 17.2 |
| 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 6 | 41 | 16.5 |
| 8 | 10 | 9 | 10 | 9 | 8 | 45 | 18.1 |
| 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 46 | 18.3 |
| 10 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 | 32 | 12.7 |
| 11 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 | 39 | 15.6 |
| 12 | 8 | 8 | 8 | 8 | 6 | 38 | 15 |
| 13 | 8 | 9 | 8 | 7 | 6 | 38 | 15 |
| 14 | 9 | 9 | 9 | 10 | 9 | 45 | 18.2 |
| 15 | 7 | 8 | 8 | 7 | 7 | 37 | 14.9 |
| 16 | 8 | 8 | 8 | 7 | 6 | 37 | 14.7 |
| 17 | 8 | 8 | 8 | 8 | 6 | 38 | 15.1 |
| 18 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 45 | 17.8 |
| 19 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 39 | 15.7 |
| 20 | 10 | 10 | 9 | 9 | 7 | 44 | 17.6 |
| 21 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 40 | 15.9 |
| 22 | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 | 46 | 18.4 |
| 23 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 45 | 18.1 |

ตาราง 25 (ต่อ)

| คนที่ | คะแนนจาก SMATH Application | | | | | รวมคะแนน (50) | คิดเป็น 20% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ชุดที่ 1 Level 1 (10) | ชุดที่ 2 Level 1 (10) | ชุดที่ 3 Level 1 (10) | ชุดที่ 3 Level 2 (10) | ชุดที่ 3 Level 3 (10) | | |
| 24 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 43 | 17.2 |
| 25 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 44 | 17.6 |
| 26 | 7 | 8 | 7 | 9 | 8 | 40 | 15.8 |
| 27 | 8 | 9 | 9 | 8 | 7 | 41 | 16.3 |
| 28 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 42 | 16.9 |
| 29 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 43 | 17.2 |
| 30 | 7 | 7 | 6 | 7 | 6 | 33 | 13.1 |

ตาราง 26 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

| คนที่ | คะแนนแบบทดสอบย่อย | | | | | รวมคะแนน (126) | คิดเป็น 40% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 (12) | ครั้งที่ 2 (24) | ครั้งที่ 3 (30) | ครั้งที่ 4 (30) | ครั้งที่ 5 (30) | | |
| 1 | 10 | 15.4 | 22 | 20.5 | 17.5 | 88 | 27.9 |
| 2 | 11.5 | 19.5 | 26.5 | 24 | 21 | 102.5 | 32.5 |
| 3 | 9 | 19 | 21 | 26.5 | 27 | 102.5 | 32.5 |
| 4 | 9 | 20 | 24 | 19 | 19.5 | 91.5 | 29.0 |
| 5 | 9.5 | 20 | 20 | 20.5 | 15 | 85 | 27.0 |
| 6 | 11 | 20.5 | 26 | 25 | 28 | 110.5 | 35.1 |
| 7 | 10.5 | 18 | 20 | 22 | 14 | 84.5 | 26.8 |
| 8 | 11 | 20.5 | 20.5 | 26 | 20 | 98 | 31.1 |
| 9 | 10.5 | 17 | 27 | 22 | 25 | 101.5 | 32.2 |
| 10 | 9 | 14.5 | 17.5 | 23 | 26 | 90 | 28.6 |

ตาราง 26 (ต่อ)

| คนที่ | คะแนนแบบทดสอบย่อย | | | | | รวมคะแนน (126) | คิดเป็น 40% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ครั้งที่ 1 (12) | ครั้งที่ 2 (24) | ครั้งที่ 3 (30) | ครั้งที่ 4 (30) | ครั้งที่ 5 (30) | | |
| 11 | 9 | 19.5 | 18 | 22.5 | 19 | 88 | 27.9 |
| 12 | 8 | 18 | 20 | 22.5 | 18.5 | 87 | 27.6 |
| 13 | 8.5 | 17.5 | 24 | 20.5 | 18 | 88.5 | 28.1 |
| 14 | 11 | 20.5 | 26.5 | 26 | 28 | 112 | 35.6 |
| 15 | 10.5 | 21 | 19.5 | 19 | 16 | 86 | 27.3 |
| 16 | 10.5 | 18 | 26 | 20 | 18 | 92.5 | 29.4 |
| 17 | 11.5 | 20 | 24.5 | 26 | 21 | 103 | 32.7 |
| 18 | 9 | 20 | 20.5 | 27 | 26.5 | 103 | 32.7 |
| 19 | 10 | 18.5 | 20 | 23 | 21 | 92.5 | 29.4 |
| 20 | 10 | 19.5 | 25.5 | 21 | 17 | 93 | 29.5 |
| 21 | 11.5 | 18.5 | 26 | 23.5 | 17.5 | 97 | 30.8 |
| 22 | 10 | 18.5 | 25 | 24 | 23 | 100.5 | 31.9 |
| 23 | 12 | 19.5 | 22.5 | 25 | 26.5 | 105.5 | 33.5 |
| 24 | 12 | 18.5 | 22.5 | 25 | 26 | 104 | 33.0 |
| 25 | 12 | 19.5 | 21.5 | 25 | 26 | 104 | 33.0 |
| 26 | 12 | 19.5 | 21 | 25 | 26 | 103.5 | 32.9 |
| 27 | 7.5 | 18.5 | 20 | 21 | 19 | 86 | 27.3 |
| 28 | 11 | 19 | 18.5 | 22 | 20.5 | 91 | 28.9 |
| 29 | 12 | 19 | 20.5 | 18 | 18.5 | 88 | 27.9 |
| 30 | 11.5 | 17.5 | 22.5 | 21 | 21.5 | 94 | 29.8 |

ตาราง 27 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่เรียนโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| คนที่ | คะแนนจาก SMATH Application (20%) | คะแนนจากแบบทดสอบย่อย (40%) | คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน | | รวม (100%) | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | คะแนนเต็ม (45 คะแนน) | คิดเป็น (40%) | | |
| 1 | 15.4 | 27.9 | 31 | 27.6 | 70.9 | ผ่าน |
| 2 | 17.5 | 32.5 | 42 | 37.3 | 87.3 | ผ่าน |
| 3 | 15.3 | 32.5 | 38 | 33.8 | 81.6 | ผ่าน |
| 4 | 18.2 | 29.0 | 27 | 24 | 71.3 | ผ่าน |
| 5 | 17.7 | 27.0 | 28.5 | 25.3 | 70.0 | ไม่ผ่าน |
| 6 | 17.2 | 35.1 | 35 | 31.1 | 83.4 | ผ่าน |
| 7 | 16.5 | 26.8 | 37 | 32.9 | 76.2 | ผ่าน |
| 8 | 18.1 | 31.1 | 30 | 26.7 | 75.8 | ผ่าน |
| 9 | 18.3 | 32.2 | 42 | 37.3 | 87.8 | ผ่าน |
| 10 | 12.7 | 28.6 | 35.5 | 31.6 | 72.8 | ผ่าน |
| 11 | 15.6 | 27.9 | 32 | 28.4 | 72.0 | ผ่าน |
| 12 | 15 | 27.6 | 29 | 25.8 | 68.4 | ไม่ผ่าน |
| 13 | 15 | 28.1 | 29.5 | 26.2 | 69.3 | ไม่ผ่าน |
| 14 | 18.2 | 35.6 | 42 | 37.3 | 91.1 | ผ่าน |
| 15 | 14.9 | 27.3 | 32.5 | 28.9 | 71.1 | ผ่าน |
| 16 | 14.7 | 29.4 | 28.5 | 25.3 | 69.4 | ไม่ผ่าน |
| 17 | 15.1 | 32.7 | 38 | 33.8 | 81.6 | ผ่าน |
| 18 | 17.8 | 32.7 | 36 | 32 | 82.5 | ผ่าน |
| 19 | 15.7 | 29.4 | 28.5 | 25.3 | 70.4 | ผ่าน |
| 20 | 17.6 | 29.5 | 27 | 24 | 71.1 | ผ่าน |
| 21 | 15.9 | 30.8 | 30.5 | 27.1 | 73.8 | ผ่าน |

ตาราง 27 (ต่อ)

| คนที่ | คะแนนจาก SMATH Application (20%) | คะแนนจากแบบทดสอบย่อย (40%) | คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน | | รวม (100%) | แปลผล |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | คะแนนเต็ม (45 คะแนน) | คิดเป็น (40%) | | |
| 22 | 18.4 | 31.9 | 32.5 | 28.9 | 79.2 | ผ่าน |
| 23 | 18.1 | 33.5 | 33.5 | 29.8 | 81.4 | ผ่าน |
| 24 | 17.2 | 33.0 | 34 | 30.2 | 80.5 | ผ่าน |
| 25 | 17.6 | 33.0 | 33.5 | 29.8 | 80.4 | ผ่าน |
| 26 | 15.8 | 32.9 | 37 | 32.9 | 81.6 | ผ่าน |
| 27 | 16.3 | 27.3 | 34 | 30.2 | 73.8 | ผ่าน |
| 28 | 16.9 | 28.9 | 33.5 | 29.8 | 75.5 | ผ่าน |
| 29 | 17.2 | 27.9 | 39.5 | 35.1 | 80.2 | ผ่าน |
| 30 | 13.1 | 29.8 | 30 | 26.7 | 69.6 | ไม่ผ่าน |

# ภาคผนวก ค
# ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

**แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **รายวิชา** | คณิตศาสตร์พื้นฐานและเพิ่มเติม | | ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 |
| **หน่วยการเรียนรู้** | ฟังก์ชัน | | |
| **หัวข้อเรื่อง** | ช่วงที่ 3 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) / Level 1 | | |
| **ปีการศึกษา** | 2564 / ภาคเรียนที่ 3 | จำนวน 4 คาบเรียน | คาบเรียนละ 50 นาที |

การใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (SMATH Application) ในชุดที่ 3 (Level 1) เป็นการฝึกให้นักเรียนได้ลงมือทำความเข้าใจปัญหาที่กำหนด จากนั้นวางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผลซึ่งเป็นขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาผ่านรูปแบบในแต่ละขั้น ดังนี้

- ขั้นทำความเข้าใจปัญหา : Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight และ Short Answer
- ขั้นวางแผนแก้ปัญหา : Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop
- ขั้นดำเนินการตามแผน : Drag & Drop และ Short Answer
- ขั้นตรวจสอบผล : Multiple Answer และ Graph

การฝึกขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล นักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ วางแผนการเรียนรู้ ดำเนินการตามแผน และแสดงผลการเรียนรู้ของตนเองได้จากการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จากนั้นทำการสะท้อนคิดที่ได้จากการฝึกกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล)

## 1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 เพื่อให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน จากนั้นตรวจสอบผลของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในชุดที่ 3 (Level 1) ด้วย SMATH Application ผ่านรูปแบบ Multiple Answer และ Graph

1.2 เพื่อให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้

## 2. สาระการเรียนรู้

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 1</u>**

บัวและเพื่อน ๆ ของบัวอีก 4 คน ได้มาเจอกันหลังจากที่สถานการณ์โควิดเริ่มดีขึ้น และตั้งใจจะไปเที่ยวที่สยามเพื่อเจอกันก่อนที่เพื่อนคนหนึ่งจะไปเรียนแลกเปลี่ยนที่ประเทศอังกฤษ กิจกรรมที่เพื่อน ๆ สนใจจะทำกันในวันนี้ คือ ร้องคาราโอเกะ และจำนวนคนที่เรามากันวันนี้ก็เหมาะกับห้อง Size M พอดี ซึ่งราคาห้องปกติอยู่ที่ ชั่วโมงละ 100 บาท แต่ มีการจัดโปรโมชันในทุกวันพุธและวันศุกร์ของค่าห้องคาราโอเกะ ดังนี้

>>> ไม่เกิน 40 นาทีแรก ราคา 150 บาท

>>> ไม่เกิน 1 ชั่วโมง ราคา 200 บาท

>>> เกิน 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 3 ชั่วโมง ราคา 300 บาท

>>> เกิน 3 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 5 ชั่วโมง ราคา 350 บาท

>>> มากกว่า 5 ชั่วโมง ราคา 399 บาท

อยากทราบว่า ถ้าบัวและเพื่อน ๆ ต้องการร้องคาราโอเกะเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ บัวและเพื่อน ๆ จะต้องจ่ายค่าห้องคาราโอเกะคนละกี่บาท

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 2</u>**

พ่อขับรถจากกรุงเทพฯไปทำงานที่จันทบุรี ในการขับรถช่วงแรกขับได้หนึ่งในสามของระยะทางทั้งหมดจึงหยุดพัก โดยแวะปั๊มปตท. เพื่อเข้าห้องน้ำและซื้อของที่ 7-11 ประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นขับรถต่อในช่วงที่ 2 ได้ระยะทางห้าในแปดของระยะทางที่เหลือ แล้วจึงหยุดพักข้างทาง หลังจากหยุดพักพ่อขับรถต่ออีก 80 กิโลเมตร จึงถึงที่ทำงาน อยากทราบว่า ระยะทางจากกรุงเทพฯถึงที่ทำงานของพ่อมีระยะทางทั้งหมดกี่กิโลเมตร

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 3</u>**

บ้านสวนเป็นครอบครัวใหญ่ พ่อและแม่มักพาลูก ๆ หลาน ๆ ไปว่ายน้ำที่คอนโดอยู่บ่อย ๆ แต่ด้วยระยะทางที่ต้องขับไป ๆ มา ๆ พ่อจึงตัดสินใจสร้าง สระว่ายน้ำรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากเต็มพื้นที่ข้างตัวบ้าน โดยทำสระว่ายน้ำระบบเกลือ ขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 12 เมตร ลึก 1.07 เมตร รวมถึงทำพื้นที่ขอบสระว่ายน้ำให้เป็นระแนงไม้เพื่อไว้เดินโดยมีความกว้างของขอบสระเท่ากันตลอด ถ้าพื้นที่ข้างบ้านตัวบ้าน มีพื้นที่ 192 ตารางเมตร ขอบสระว่ายน้ำที่ทำระแนงไม้มีความกว้างเท่าไร

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 4</u>**

หลังจากที่เชฐเรียนคอร์ส Bakery จากสถาบันแห่งหนึ่งจบ เขาตัดสินใจที่จะเปิดร้านขายคุกกี้บน Central ทุกสาขา โดยมีเงินทุนอยู่ที่ 500,000 บาท การตัดสินใจของเขาในวันนั้นทำให้ร้านเขาเป็นที่รู้จักกันอย่างมาก และ คุกกี้ที่ขายดี เป็นที่นิยมในหมู่วัยรุ่น คือ "คุกกี้ไจแอนท์หน้าไหม้" ราคาขายของคุกกี้อยู่ที่ชิ้นละ 60 บาท ซึ่งต้นทุนตกชิ้นละ 20 บาท สำหรับในช่วงเทศกาลต้อนรับปีใหม่ เชฐได้จัด Promotion ตอบแทนลูกค้าของเขาโดยการ "ลดราคาคุกกี้ไจแอนท์หน้าไหม้แต่ละชิ้นให้เท่ากับจำนวนชิ้นที่ผลิตและขายได้" อยากทราบว่า ในช่วงปีใหม่ เชฐต้องขายคุกกี้กี่ชิ้น ถึงจะได้กำไรมากที่สุด

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 5</u>**

ในช่วงสถานการณ์ COVID-19 เลาะได้ทำการขายผลไม้ต่าง ๆ โดยเฉพาะ มังคุด กิโลกรัมละ 90 บาท แต่ในสถานการณ์ดังกล่าวทำให้ขายมังคุดไม่ออกเลย จึงทำให้ เลาะลดราคามังคุดเหลือ กิโลกรัมละ 60 บาท ซึ่ง ต้นทุนการปลูกมังคุด 1 เดือน อยู่ที่ 20 บาท เลาะตั้งเป้าไว้ว่า ทุกครั้งที่ขายมังคุดได้ จะหักเงิน

3

ออก 10% ของกำไรในแต่ละเดือน เพื่อเก็บเงินซื้อ รถไฟฟ้าในราคา 20,000 บาท ไว้ขับมาขายผลไม้ที่ตลาด และ จะขายมังคุด ให้ได้ภายใน 4 เดือน อยากทราบว่า เราะต้องขายมังคุดให้ได้กี่กิโลกรัมเป็นอย่างน้อย เพื่อเก็บเงินซื้อรถไฟฟ้า ถ้าในแต่ละเดือนขายมังคุดได้เดือนละเท่า ๆ กัน

ในแต่ละสถานการณ์ปัญหานักเรียนจะได้ฝึกกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) ผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH) ดังนี้

>>> ทำความเข้าใจปัญหา ทั้งหมด 4 รูปแบบ

- แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)
- แบบลากวาง (Drag & Drop)
- แบบไฮไลต์ (Highlight)
- แบบตอบสั้น (Short Answer)

>>> วางแผนแก้ปัญหา ทั้งหมด 3 รูปแบบ

- แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)
- แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern)
- แบบลากวาง (Drag & Drop)

>>> ดำเนินการตามแผน ทั้งหมด 2 รูปแบบ

- แบบลากวาง (Drag & Drop)
- แบบตอบสั้น (Short Answer)

>>> ตรวจสอบผล ทั้งหมด 2 รูปแบบ

- แบบตอบหลากหลาย (Multiple Answer)
- แบบกราฟ (Graph)

**ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ 3 ในแอปพลิเคชันบนมือถือ**

**<u>>>> ทำความเข้าใจปัญหา</u>**

➢ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

คำชี้แจง : เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดคือใจความสำคัญของสถานการณ์ปัญหานี้

ก. ว่ายน้ำที่คอนโด

ข. ครอบครัวใหญ่

**ค. พื้นที่ข้างตัวบ้าน**

ง. ระบบเกลือ

2. ข้อใดต่อไปนี้คือสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหา

ก. ปริมาตรน้ำในสระ

**ข. ความกว้างของขอบสระ**

ค. ความลึกของสระ

ง. ความยาวของสระ

4

3. จากสถานการณ์ปัญหาได้กำหนดข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นต่อการแก้ปัญหายกเว้นข้อใด

ก. ความกว้างของสระ

**ข. ความลึกของสระ**

ค. ความยาวของสระ

ง. พื้นที่ข้างตัวบ้าน

4. ข้อมูลต่อไปนี้เป็นสิ่งที่ไม่รู้หรือสิ่งที่ต้องหาก่อนเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหายกเว้นข้อใด

**ก. ปริมาตรของสระ**

ข. ฟังก์ชันพื้นที่ข้างตัวบ้าน

ค. ความกว้างของสระรวมกับขอบสระ

ง. ความยาวของสระรวมกับขอบสระ

5. ข้อใดคือส่วนของเงื่อนไขในสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

ก. ทำระแนงไม้

ข. ระบบเกลือ

ค. ความกว้างขอบสระที่เท่ากัน

**ง. พื้นที่ข้างตัวบ้าน**

➢ แบบลากวาง (Drag & Drop)

คำชี้แจง : ลากกล่องข้อความที่กำหนดให้ลงในกล่องคำตอบของแต่ละคำถาม

>>> กล่องข้อความที่กำหนดให้

- ความกว้างของสระ
- ความลึกของสระ
- ฟังก์ชันพื้นที่ข้างตัวบ้าน
- ความกว้างของขอบสระ
- ความยาวของไม้ระแนง
- พื้นที่ข้างตัวบ้าน

>>> คำถามและคำตอบในแต่ละข้อ

1. สิ่งที่ “ต้องการถาม” จากสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ตอบ **ความกว้างของขอบสระ**

2. “เงื่อนไข” จากสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ตอบ **พื้นที่ข้างตัวบ้าน**

3. สิ่งที่ “กำหนดมาให้ (ข้อมูลที่จำเป็น)” จากสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ตอบ **ความกว้างของสระ**

5

4. สิ่งที่ “ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้” จากสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ตอบ **ฟังก์ชันพื้นที่ข้างตัวบ้าน**

➢ แบบไฮไลต์ (Highlight)

คำชี้แจง : ไฮไลต์ประโยคที่เป็นคำตอบของข้อคำถามในแต่ละข้อ (1 สี ต่อ 1 คำตอบ)

>>> คำถามและคำตอบในแต่ละข้อ

1. สิ่งที่ “ต้องการถาม” จากสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ตอบ **ขอบสระว่ายน้ำที่ทำระแนงไม้มีความกว้างเท่าไร**

2. “เงื่อนไข” จากสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ตอบ **ถ้าพื้นที่ข้างบ้านตัวบ้าน มีพื้นที่ 192 ตารางเมตร**

3. สิ่งที่ “กำหนดมาให้ (ข้อมูลที่จำเป็น)” จากสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ตอบ **- สระว่ายน้ำรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากเต็มพื้นที่ข้างตัวบ้าน**

**- ขนาดกว้าง 8 เมตร**

**- ยาว 12 เมตร**

**- โดยมีความกว้างของขอบสระเท่ากันตลอด**

4. สิ่งที่ “ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้” จากสถานการณ์ปัญหานี้ คืออะไร

ตอบ **ลึก 1.07 เมตร**

➢ แบบตอบสั้น (Short Answer)

คำชี้แจง : ตอบคำถามในแต่ละข้อต่อไปนี้

1. พ่อต้องการสร้างสระว่ายน้ำเป็นรูปอะไร

ตอบ **สี่เหลี่ยมมุมฉาก**

2. พ่อต้องการสร้างสระว่ายน้ำโดยมีความกว้างของสระอยู่ที่กี่เมตร

ตอบ **8** เมตร

3. พ่อต้องการสร้างสระว่ายน้ำโดยมีความยาวของสระอยู่ที่กี่เมตร

ตอบ **12** เมตร

4. พื้นที่ข้างตัวบ้านมีพื้นที่กี่ตารางเมตร

ตอบ **192** ตารางเมตร

5. จากข้อมูล "ความลึก" เกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้

ตอบ **ไม่เกี่ยวข้อง**

6

**>>> วางแผนแก้ปัญหา**

➢ แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

คำชี้แจง : เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. "เคยเห็น" ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่

**O เคย** **O ไม่เคย**

2. "เคยแก้" ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่

**O เคย** **O ไม่เคย**

3. ความรู้ทางคณิตศาสตร์ข้อใดที่นำมาใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้

ก. พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ข. การแก้สมการกำลังสอง

ค. การแยกตัวประกอบพหุนาม

**ง. ถูกทุกข้อ**

4. "สมการ" ข้อใดแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

กำหนดให้ a แทน ความกว้างของของพื้นที่ข้างตัวบ้าน

b แทน ความยาวของพื้นที่ข้างตัวบ้าน

f(x) แทน พื้นที่ข้างตัวบ้าน

ก. $f(x) = ab$

**ข. $a = 8 - 2x$**

ค. $b = 12 + 2x$

ง. $a = 8 + 2x$

5. "ตัวแปร" ต่อไปนี้มีความเกี่ยวข้องกับการแก้สถานการณ์ปัญหายกเว้นข้อใด

ก. ความกว้างของสระว่ายน้ำ

ข. ความยาวของพื้นที่ข้างตัวบ้าน

ค. พื้นที่ข้างตัวบ้าน

**ง. ความลึกของสระว่ายน้ำ**

6. ข้อใดคือ "ขอบเขต/ความเป็นไปได้" ของคำตอบจากสถานการณ์ปัญหานี้

ก. ความกว้างของขอบสระไม่เกิน 1

**ข. ความกว้างของขอบสระไม่เกิน 2**

ค. ความกว้างของขอบสระไม่เกิน 3

ง. ความกว้างของขอบสระไม่เกิน 5

7

➢ แบบสร้างรูปแบบ (Create Pattern)

คำชี้แจง : เติมคำตอบที่ถูกต้องลงในแต่ช่องว่างที่กำหนดให้

| จากสถานการณ์ปัญหา "ขนาดของสระว่ายน้ำ กว้าง 8 เมตร ยาว 12 เมตร และ ทำพื้นที่ขอบสระว่ายน้ำให้เป็นระแนงไม้เพื่อไว้เดินโดยมีความกว้างของขอบสระเท่ากันตลอด" | |
|---|---|
| **ความกว้างของขอบสระว่ายน้ำ** | **ความกว้างของพื้นที่ข้างตัวบ้าน** |
| 1 | **10** |
| 2 | **12** |
| 3 | **14** |
| ⋮ | ⋮ |
| 10 | **28** |
| ⋮ | ⋮ |
| x | **2x + 8** |

| จากสถานการณ์ปัญหา "ขนาดของสระว่ายน้ำ กว้าง 8 เมตร ยาว 12 เมตร และ ทำพื้นที่ขอบสระว่ายน้ำให้เป็นระแนงไม้เพื่อไว้เดินโดยมีความกว้างของขอบสระเท่ากันตลอด" | |
|---|---|
| **ความกว้างของขอบสระว่ายน้ำ** | **ความยาวของพื้นที่ข้างตัวบ้าน** |
| 1 | **14** |
| 2 | **16** |
| 3 | **18** |
| ⋮ | ⋮ |
| 10 | **32** |
| ⋮ | ⋮ |
| x | **2x + 12** |

➢ แบบลากวาง (Drag & Drop)

คำชี้แจง : จงวางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

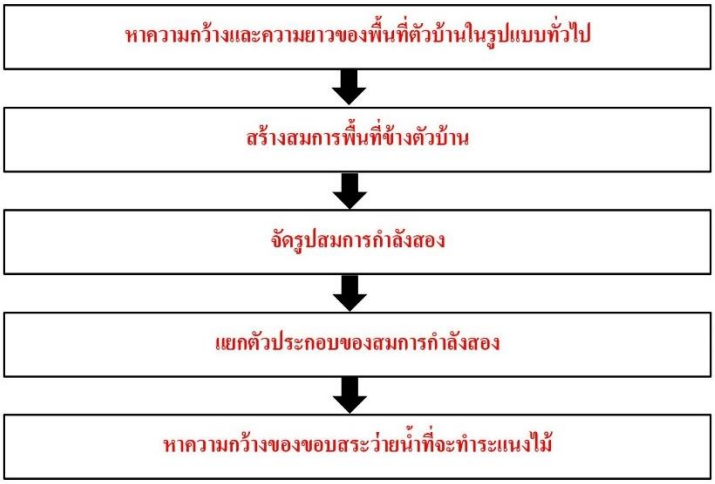
>>> กล่องข้อความที่กำหนดให้

- สร้างสมการพื้นที่ข้างตัวบ้าน
- หาความกว้างของขอบสระว่ายน้ำที่จะทำระแนงไม้

8

- แยกตัวประกอบของสมการกำลังสอง
- จัดรูปสมการกำลังสอง
- หาความกว้างและความยาวของพื้นที่ตัวบ้านในรูปแบบทั่วไป

>>> คำตอบในแต่ละข้อ




**>>> ดำเนินการตามแผน**

➢ แบบลากวาง (Drag & Drop)

คำชี้แจง : ลากกล่องข้อความที่กำหนดให้ลงในกล่องคำตอบของการแสดงวิธีทำในแต่ละขั้นตอน

ให้ x แทน ความกว้างของขอบสระว่ายน้ำที่ทำไม้ระแนง หน่วยเป็น เมตร

y แทน พื้นที่ข้างตัวบ้านรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก หน่วยเป็น ตารางเมตร

>>> กล่องข้อความที่กำหนดให้

(- 2x + 8)(- 2x + 12)

(- 2x + 8)(2x + 12)

(2x + 8)(- 2x + 12)

(2x + 8)(2x + 12)

จาก พื้นที่ข้างตัวบ้าน มีพื้นที่ 192 ตารางเมตร และ สระว่ายน้ำมีขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 12 เมตร

จะได้ y = ความกว้าง × ความยาว

192 = .....**(2x + 8)(2x + 12)**.....

9

>>> กล่องข้อความที่กำหนดให้

| | |
|---|---|
| $4x^2 - 40x + 96$ | $-4x^2 - 8x + 96$ |
| $-4x^2 + 8x + 96$ | $4x^2 + 40x + 96$ |

192 = .....**$4x^2 + 40x + 96$**.....

>>> กล่องข้อความที่กำหนดให้

| | |
|---|---|
| $4x^2 - 40x - 96$ | $-4x^2 - 8x - 96$ |
| $4x^2 + 8x - 96$ | $4x^2 + 40x - 96$ |

.....**$4x^2 + 40x - 96$**..... = 0

>>> กล่องข้อความที่กำหนดให้

| | |
|---|---|
| -12, -2 | -12, 2 |
| 12, -2 | 12, 2 |

ดังนั้น x = .....**-12, 2**.....

➢ แบบตอบสั้น (Short Answer)

คำชี้แจง : เติมคำตอบที่ถูกต้องลงในแต่ช่องว่างของการแสดงวิธีทำในแต่ละขั้นตอน

ให้ x แทน ความกว้างของขอบสระว่ายน้ำที่ทำไม้ระแนง หน่วยเป็น เมตร

y แทน พื้นที่ข้างตัวบ้านรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก หน่วยเป็น ตารางเมตร

จาก พื้นที่ข้างตัวบ้าน มีพื้นที่ 192 ตารางเมตร และ สระว่ายน้ำมีขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 12 เมตร

จะได้ y = ความกว้าง × ความยาว

192 = .....**$(2x + 8)(2x + 12)$**.....

192 = .....**$4x^2 + 40x + 96$**.....

.....**$4x^2 + 40x - 96$**..... = 0

ดังนั้น x = .....**-12, 2**.....

10

**>>> ตรวจสอบผล**

➢ แบบตอบหลากหลาย (Multiple Answer)

คำชี้แจง : ตอบคำถามในแต่ละข้อต่อไปนี้

1. คำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหานี้หรือไม่

**O เคย** **O ไม่เคย**

2. คำตอบที่ได้อยู่ใน ขอบเขต/ความเป็นไปได้ ของคำตอบที่วางไว้ในขั้นวางแผนแก้ปัญหาหรือไม่

**O อยู่** **O ไม่อยู่**

3. จากความสัมพันธ์ในสถานการณ์ปัญหานี้เป็นฟังก์ชันหรือไม่เป็นฟังก์ชัน

**O เป็นฟังก์ชัน** O ไม่เป็นฟังก์ชัน

4. x = -12 เป็นความกว้างของขอบสระว่ายน้ำที่ทำไม้ระแนงหรือไม่

O เป็น **O ไม่เป็น**

5. x = -12 ไม่เป็นความกว้างของขอบสระว่ายน้ำเพราเหตุใด

**ก. เมื่อแทน x = -12 ในความกว้างหรือความยาวทำให้ได้ค่าติดลบ**

ข. เมื่อแทน x = -12 ในความกว้างหรือความยาวทำให้ได้พื้นที่เท่ากับ 192

6. ถ้า x = 2 จะได้ ความกว้างของพื้นที่แปลงนี้กี่เมตร

ตอบ **12** เมตร

7. ถ้า x = 2 จะได้ ความยาวของพื้นที่แปลงนี้กี่เมตร

ตอบ **16** เมตร

8. จากข้อ 6 และ 7 จะได้ ความกว้าง x ความยาว = พื้นที่แปลงนี้ ซึ่งเท่ากับกี่ตารางเมตร

ตอบ **192** ตารางเมตร

9. ดังนั้น x = 2 เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาในข้อนี้ใช่หรือไม่

**O ใช่** O ไม่ใช่

10. "คำตอบ" ของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้คืออะไร

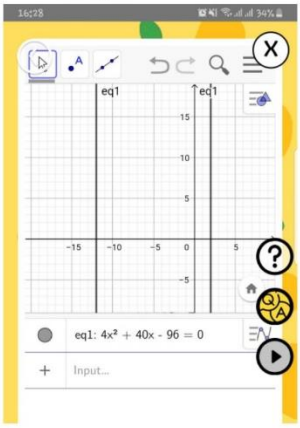
ก. พื้นที่ข้างตัวบ้านมีพื้นที่เท่ากับ 192 ตารางเมตร

**ข. ความกว้างของขอบสระที่ทำไม้ระแนงกว้าง 2 เมตร**

ค. ความกว้างของขอบสระที่ทำไม้ระแนงกว้าง 8 เมตร

ง. ความยาวของขอบสระที่ทำไม้ระแนงยาว 12 เมตร

➢ แบบกราฟ (Graph)




ตัวอย่างการแสดงผลของกราฟจากโปรแกรม GeoGebra บน SMATH Application ซึ่งนักเรียนสามารถกดแสดงกราฟและพิมพ์สมการที่ต้องการเพื่อใช้ในการตรวจสอบผลได้

คำชี้แจง : ตอบคำถามในแต่ละข้อต่อไปนี้

1. จากความสัมพันธ์ $4x^2 + 40x - 96 = 0$ กราฟที่ได้เป็นรูปพาราโบลาใช่หรือไม่

○ ใช่ **○ ไม่ใช่**

2. กราฟที่ได้จากความสัมพันธ์ $4x^2 + 40x - 96 = 0$ เป็นกราฟรูปอะไร

ตอบ เส้นตรง

3. ข้อใดไม่ใช่จุดตัดแกน x ที่ได้จากความสัมพันธ์

ก. (12, 0) **ข. (-2, 0)** ค. (2, 0)

4. "คำตอบ" ของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้คืออะไร

ก. พื้นที่ข้างตัวบ้านมีพื้นที่เท่ากับ 192 ตารางเมตร

**ข. ความกว้างของขอบสระที่ทำไม้ระแนงกว้าง 2 เมตร**

ค. ความกว้างของขอบสระที่ทำไม้ระแนงกว้าง 8 เมตร

ง. ความยาวของขอบสระที่ทำไม้ระแนงยาว 12 เมตร

## 3. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

3.1 แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (SMATH Application)

3.2 ห้องเรียนออนไลน์ SMATH ผ่าน Google Classroom

3.3 เอกสารแนะแนวทางที่ 3

3.4 แบบฟอร์มกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้และวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง (คาบเรียนที่ 11-13)

3.5 แบบฟอร์มสะท้อนคิดของตนเอง (คาบเรียนที่ 11-13)

3.6 แบบทดสอบย่อย ช่วงที่ 3 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล

**4. กิจกรรมการเรียนรู้**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เป็นคาบเรียนที่ 11 – 14 ของช่วงที่ 3 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ คาบเรียนที่ 11 – 13 เป็นการจัดการเรียนรู้ซึ่งในแต่ละครั้งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำ ขั้นปฏิบัติ และขั้นสรุปโดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ทั้งนี้ผู้วิจัยมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือคอยสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ และคาบเรียนที่ 14 เป็นการทดสอบย่อย ช่วงที่ 3 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล มีรายละเอียดของแต่ละคาบเรียน ดังนี้

**<u>คาบเรียนที่ 11 - 13</u>**

**ขั้นนำ** (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ครูให้นักเรียนดาวน์โหลดเอกสารแนะแนวทางที่ 3 บน Google Classroom (SMATH) ใน Classwork ของ ช่วงที่ 3

2. ครูให้นักเรียนศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ของคาบเรียนนี้ในเอกสารแนะแนวทางที่ 3

3. ครูให้นักเรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเองพร้อมกับวางแผนการเรียนรู้ผ่าน Google Forms ที่ได้แนบไว้บน Google Classroom ใน Classwork ของ ช่วงที่ 3 ทั้งนี้ครูอาจจะแจ้งนักเรียนว่าจะมีการประเมินผลในสถานการณ์ปัญหาที่ 1-3 เพื่อให้นักเรียนได้เลือกและลงมือแก้ปัญหาหรือหากนักเรียนมีข้อสงสัย ครูสามารถให้คำแนะนำในรายละเอียดต่าง ๆ ได้

**ขั้นปฏิบัติ** (ใช้เวลาประมาณ 120 นาที) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4. นักเรียนเปิดแอปพลิเคชัน SMATH

5. ครูให้นักเรียนเลือก “Level 1” และ “ชุดที่ 3” ในหน้าหลักของแอปพลิเคชัน

6. ครูให้นักเรียนเลือก 1 สถานการณ์ปัญหา จากสถานการณ์ทั้งหมด

7. ครูให้นักเรียนเลือก “ขั้นทำความเข้าใจปัญหา” และ เลือกรูปแบบใดก็ได้หรือเลือกทั้งหมด (Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight หรือ Short Answer) พร้อมลงมือแก้สถานการณ์ปัญหานั้นจนเสร็จหรือเป็นที่พึงพอใจในการทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ จากนั้นกด “ยืนยันคำตอบ” และ ใส่ชื่อของนักเรียน แล้วกด “โอเค” เพื่อส่งคำตอบและผลคะแนน

8. ครูให้นักเรียน เลือก “ขั้นวางแผนแก้ปัญหา” และ เลือกรูปแบบ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop ตามลำดับ พร้อมลงมือทำสถานการณ์ปัญหานั้นจนเสร็จหรือเป็นที่พึงพอใจครบทุกรูปแบบของขั้นวางแผนแก้ปัญหา จากนั้นกด “ยืนยันคำตอบ” และ ใส่ชื่อของนักเรียน แล้วกด “โอเค” เพื่อส่งคำตอบและผลคะแนน

9. ครูให้นักเรียน เลือก “ขั้นดำเนินการตามแผน” และ เลือกรูปแบบใดก็ได้หรือเลือกทั้งหมด (Drag & Drop หรือ Short Answer) พร้อมลงมือทำสถานการณ์ปัญหานั้นจนเสร็จหรือเป็นที่พึงพอใจ จากนั้นกด “ยืนยันคำตอบ” และ ใส่ชื่อของนักเรียน แล้วกด “โอเค” เพื่อส่งคำตอบและผลคะแนน

10. ครูให้นักเรียน เลือก “ขั้นตรวจสอบผล” และ เลือกรูปแบบ Multiple Answer และ Graph ตามลำดับ พร้อมลงมือตรวจสอบผลของคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานั้นจนเสร็จหรือเป็นที่พึงพอใจ จากนั้นกด “ยืนยันคำตอบ” และ ใส่ชื่อของนักเรียน แล้วกด “โอเค” เพื่อส่งคำตอบและผลคะแนน

11. ครูให้นักเรียนเลือกสถานการณ์ปัญหาข้ออื่น ๆ และลงมือแก้สถานการณ์ปัญหานั้นตามขั้นตอนในข้อที่ 7 – 10 เพื่อให้ครบตามเป้าหมายที่วางไว้

**ขั้นสรุป** (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

13. ครูสุ่มนักเรียน 4 – 5 คน เพื่อสะท้อนคิดในชั้นเรียนเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง โดยมีประเด็นคำถาม ดังนี้

- การเรียนรู้ของตนเองในครั้งนี้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ อย่างไร
- เวลาที่ใช้ในการฝึกเป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่ อย่างไร
- ผลคะแนนที่ได้เป็นไปตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ อย่างไร
- ครั้งหน้าจะปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองอย่างไร
- ประเด็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของตนเอง

14. ครูให้นักเรียนเขียนสรุปประเด็นจากการสะท้อนคิดของตนเองผ่าน Google Forms ที่ได้แนบไว้บน Google Classroom ใน Classwork ของ ช่วงที่ 3

**<u>คาบเรียนที่ 14</u>**

1. ครูให้นักเรียนดาวน์โหลดเอกสารแบบทดสอบย่อย ช่วงที่ 3 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล บน Google Classroom ใน Classwork ของ ช่วงที่ 3

2. ครูชี้แจงรายละเอียดของการทดสอบย่อย ช่วงที่ 3 ในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล โดยมีประเด็นดังต่อไปนี้

- การทำแบบทดสอบย่อย
- เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ (ใช้เวลาประมาณ 50 นาที)
- การส่งข้อสอบ เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จให้นักเรียนถ่ายรูปและส่งบน Google Classroom ใน Classwork ของ ช่วงที่ 3

## 5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

| จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดผลและประเมินผล | การวัดผล | การประเมินผล |
|---|---|---|
| 1.1 เพื่อให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน จากนั้นตรวจสอบผลของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในชุดที่ 3 (Level 1) ด้วย SMATH Application ผ่านรูปแบบ Multiple Answer และ Graph | **<u>วิธีวัดผล</u> :**<br>พิจารณาจากความถูกต้องในขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผลของแต่ละสถานการณ์ปัญหาใน SMATH Application<br><br>**<u>เครื่องมือวัดผล</u> :**<br>สถานการณ์ปัญหาที่ 1 – 3 มีจำนวนทั้งหมด 188 ข้อ ใน SMATH Application | **<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u> :**<br>ถ้า นักเรียน **ตอบ<u>ได้</u>ถูกต้อง**<br>จะได้ คะแนน 1 คะแนน<br>ถ้า นักเรียน **ตอบผิด**<br>จะได้ คะแนน 0 คะแนน<br><br>**<u>เกณฑ์การประเมินผล</u> :**<br>ถ้า นักเรียน ได้คะแนน<br>**ตั้งแต่ 113 คะแนนขึ้นไป**<br>ถือว่า ผ่าน |
| 1.2 เพื่อให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ | **<u>วิธีวัดผล</u> :**<br>พิจารณาจากการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ การวางแผนการเรียนรู้ และการสะท้อนคิดของตนเอง<br><br>**<u>เครื่องมือวัดผล</u> :**<br>- แบบฟอร์มกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้และวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง<br>- แบบฟอร์มสะท้อนคิดของตนเอง | **<u>เกณฑ์การให้คะแนน</u> :**<br>ถ้า นักเรียน **ทำงานของตนเองให้สำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้**<br>จะได้ คะแนน 2 คะแนน<br>ถ้า นักเรียน **ทำงานของตนเองให้สำเร็จบางส่วน**<br>จะได้ คะแนน 1 คะแนน<br>ถ้า นักเรียน **ไม่ทำงานของตนเองตามเป้าหมายที่วางไว้**<br>จะได้ คะแนน 0 คะแนน<br><br>**<u>เกณฑ์การประเมินผล</u> :**<br>ถ้า นักเรียน ได้คะแนน<br>**ตั้งแต่ 1 คะแนนขึ้นไป**<br>ถือว่า ผ่าน |

15

## 6. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

### 6.1 ด้านนักเรียน

(ระบุ ความรู้ / ทักษะและกระบวนการ / คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนที่พบ)

### 6.2 ด้านครูผู้สอน

(ระบุ ปัญหาหรือผลการจัดการเรียนรู้ / ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป)

### 6.3 ด้านอื่น ๆ (ถ้ามี)

16

**ตัวอย่างของสื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**
**ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3**

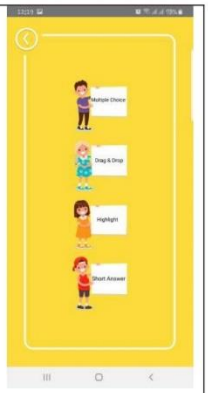
➢ **แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (SMATH Application)**

หน้าหลัก

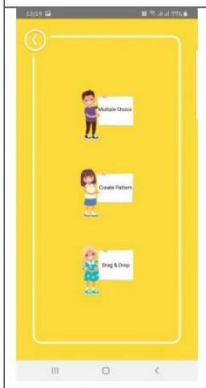
เลือก Level 1 ชุดที่ 3

สถานการณ์ปัญหา

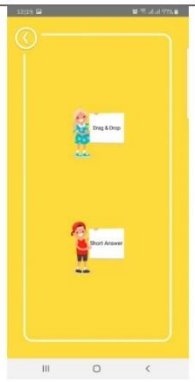
กระบวนการแก้ปัญหา



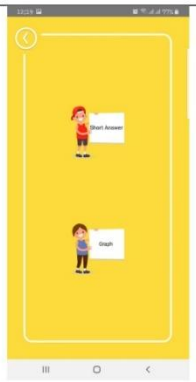
รูปแบบของ
ทำความเข้าใจปัญหา



รูปแบบของ
วางแผนแก้ปัญหา



รูปแบบของ
ดำเนินการตามแผน



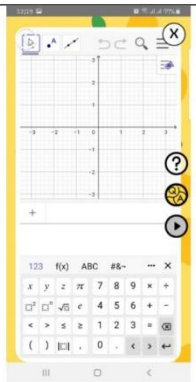
รูปแบบของ
ตรวจสอบผล

หน้าคำถามในรูปแบบ
Multiple Answer

หน้าคำถามในรูปแบบ
Multiple Answer

หน้าคำถามในรูปแบบ
Multiple Answer

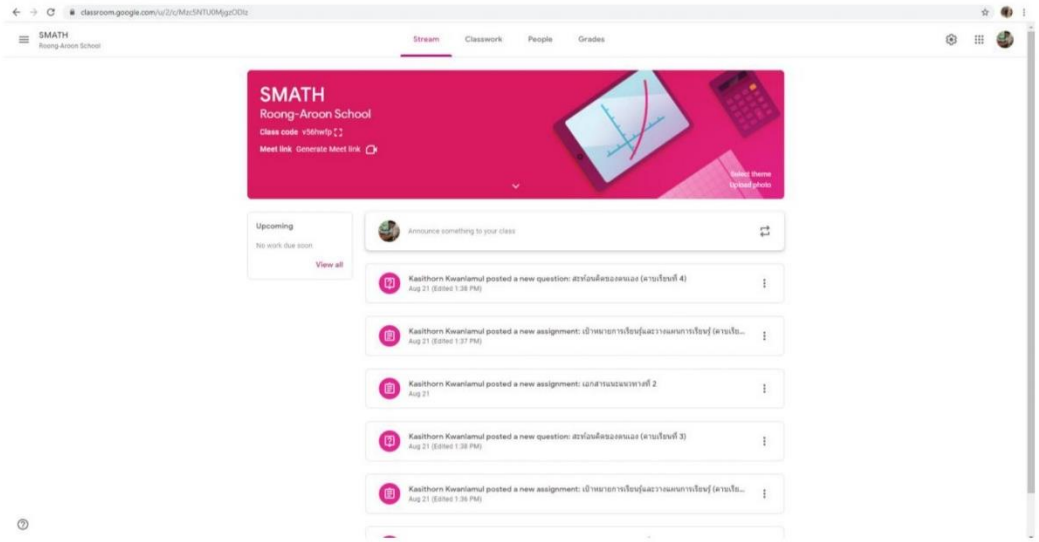
หน้าคำถามในรูปแบบ
Graph

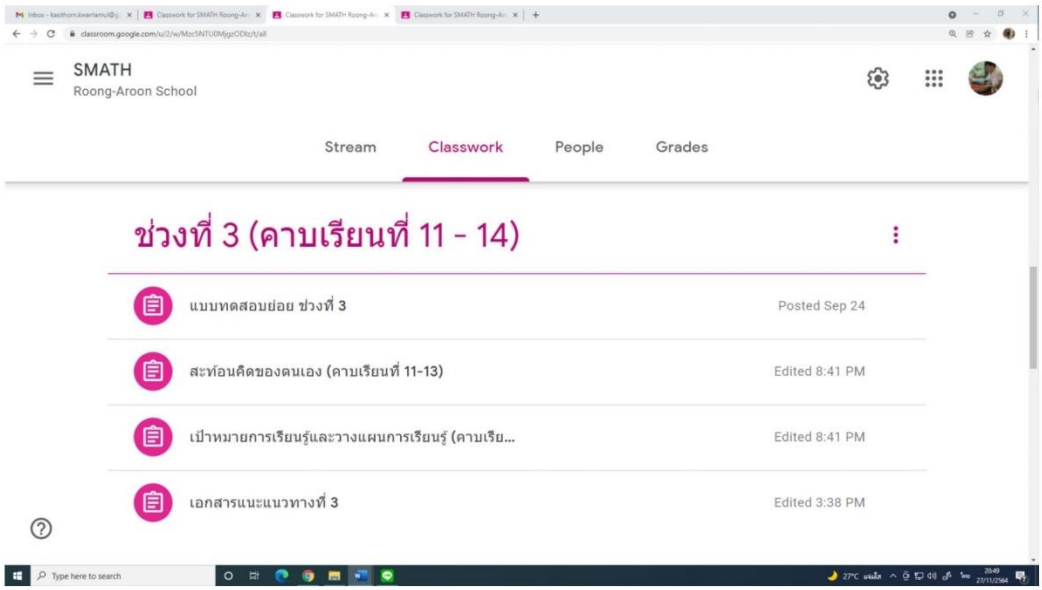


หน้าแสดงกราฟ

➤ **ห้องเรียนออนไลน์ SMATH บน Google Classroom**

| | |
|---|---|
| Invite Link : | https://classroom.google.com/c/Mzc5NTU0MjgzODIz?cjc=v56hwfp |
| Class code : | v56hwfp |



# เอกสารแนะแนวทางที่ 3

ช่วงที่ 3 (ขั้นทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล)

**จุดประสงค์การเรียนรู้ :** นักเรียนสามารถ

1. ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน จากนั้นตรวจสอบผลของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในชุดที่ 3 (Level 1) ผ่านรูปแบบ Multiple Answer และ Graph อย่างน้อย 3 สถานการณ์ปัญหาได้

**กิจกรรมการเรียนรู้ :**

**ขั้นนำ** (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที)

1. นักเรียนศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ของคาบเรียนนี้ในเอกสารแนะแนวทางที่ 3

2. นักเรียนกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเองพร้อมกับวางแผนการเรียนรู้นั้นผ่าน Google Forms ที่ได้แนบไว้บน Google Classroom ใน Classwork ของ ช่วงที่ 3

**ขั้นปฏิบัติ** (ใช้เวลาประมาณ 120 นาที)

3. นักเรียนเปิดแอปพลิเคชัน SMATH

4. นักเรียนเลือก "Level 1" และ "ชุดที่ 3" ในหน้าหลักของแอปพลิเคชัน

5. นักเรียนเลือก 1 สถานการณ์ปัญหาจากทั้งหมด

6. นักเรียนเลือก "ขั้นทำความเข้าใจปัญหา" และ เลือกรูปแบบใดก็ได้ หรือเลือกทั้งหมด (Multiple Choice, Drag & Drop, Highlight หรือ Short Answer) พร้อมลงมือทำสถานการณ์ปัญหานั้น

7. นักเรียนเลือก "ขั้นวางแผนแก้ปัญหา" และเลือกรูปแบบ Multiple Choice, Create Pattern และ Drag & Drop ตามลำดับ พร้อมลงมือแก้สถานการณ์ปัญหานั้นให้ครบทุกรูปแบบ

8. นักเรียนเลือก "ขั้นดำเนินการตามแผน" และเลือกรูปแบบใดก็ได้หรือเลือกทั้งหมด (Drag & Drop หรือ Short Answer) พร้อมลงมือแก้สถานการณ์ปัญหานั้นจนเสร็จหรือเป็นที่พึงพอใจ

9. นักเรียนเลือก "ขั้นตรวจสอบผล" และ เลือกรูปแบบ Multiple Answer และ Graph ตามลำดับ พร้อมลงมือตรวจสอบผลของคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานั้นจนเสร็จหรือเป็นที่พึงพอใจ

10. นักเรียนเลือกสถานการณ์ปัญหา ข้ออื่น ๆ และลงมือแก้สถานการณ์ปัญหานั้นตามขั้นตอนในข้อที่ 6 – 9 เพื่อให้ครบตามเป้าหมายที่วางไว้

**หมายเหตุ** สำหรับในข้อ 6 – 9 เมื่อนักเรียนแก้สถานการณ์ปัญหาในแต่ละรูปแบบของแต่ละขั้นเสร็จเป็นที่พึงพอใจแล้ว จากนั้นให้นักเรียน กด "ยืนยันคำตอบ" และ ใส่ชื่อของนักเรียน แล้วกด "โอเค" เพื่อส่งคำตอบและผลคะแนน

**ขั้นสรุป** (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)

11. นักเรียนทำการสะท้อนคิดผ่านการแลกเปลี่ยนในชั้นเรียน

12. เขียนสรุปประเด็นจากการสะท้อนคิดของตนเองผ่าน Google Forms ที่ได้แนบไว้ใน Google Classroom ในหัวข้อ ช่วงที่ 3

20

**แบบฟอร์มกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้และวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง**

**หัวข้อการวิจัย :** การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ..... **คาบเรียนที่ 11-13**

**จุดประสงค์การเรียนรู้ :**

1. นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน จากนั้นตรวจสอบผลของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในชุดที่ 3 (Level 1) ผ่านรูปแบบ Multiple Answer และ Graph อย่างน้อย 3 สถานการณ์ปัญหาได้

**ส่วนที่ 1 กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง**

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องหน้าข้อความ

1. นักเรียนตั้งใจจะลงมือทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผนในชุดที่ 3 (Level 1) จากนั้นตรวจสอบผล ผ่านรูปแบบ Multiple Answer และ Graph อย่างน้อยกี่สถานการณ์ปัญหา

○ 3 ○ 4 ○ 5

**ส่วนที่ 2 วางแผนการเรียนรู้ของตนเอง**

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องหน้าข้อความ

1. นักเรียนตั้งใจจะลงมือทำความเข้าใจปัญหา ในชุดที่ 3 (Level 1) ผ่านรูปแบบใดบ้าง

☐ Multiple Choice ☐ Drag & Drop ☐ Highlight
☐ Short Answer

2. นักเรียนตั้งใจจะลงมือวางแผนแก้ปัญหา ในชุดที่ 3 (Level 1) ผ่านรูปแบบใดบ้าง

☐ Multiple Choice ☐ Create Pattern ☐ Drag & Drop

3. นักเรียนตั้งใจจะลงมือดำเนินการตามแผน ในชุดที่ 3 (Level 1) ผ่านรูปแบบใดบ้าง

☐ Drag & Drop ☐ Short Answer

4. นักเรียนตั้งใจจะลงมือตรวจสอบผล ในชุดที่ 3 (Level 1) ผ่านรูปแบบใดบ้าง

☐ Multiple Answer ☐ Graph

21

5. ในแต่ละสถานการณ์ปัญหา นักเรียนคาดว่าจะใช้เวลาประมาณกี่นาที

○ 5 ○ 10 ○ 15 ○ 20

○ อื่น ๆ โปรดระบุ .....

6. ในแต่ละสถานการณ์ปัญหา นักเรียนคาดหวังคะแนนประมาณเท่าไหร่

○ มากกว่าร้อยละ 80

○ มากกว่าร้อยละ 70 แต่ไม่เกินร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม

○ มากกว่าร้อยละ 60 แต่ไม่เกินร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

○ มากกว่าร้อยละ 50 แต่ไม่เกินร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

○ น้อยกว่าร้อยละ 50

7. ถ้าในแต่ละสถานการณ์ปัญหาของแต่ละรูปแบบ นักเรียนได้คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 50 หรือได้ไม่ถึงตามที่คาดหวังไว้ นักเรียนจะลงมือฝึกใหม่อีกครั้งหรือไม่

○ ทำใหม่จนกว่าจะได้คะแนนตามที่คาดหวัง

○ ไม่ทำ

8. นักเรียนคิดว่าต้องการความช่วยเหลือหรือไม่

○ ต้องการ (โปรดระบุความต้องการ)

.....

.....

.....

.....

.....

○ ไม่ต้องการ

22

**แบบฟอร์มสะท้อนคิดของตนเอง**

**หัวข้อการวิจัย :** การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ..... **คาบเรียนที่ 11-13**

**จุดประสงค์การเรียนรู้ :**

1. นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา และดำเนินการตามแผน จากนั้นตรวจสอบผลของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดในชุดที่ 3 (Level 1) ผ่านรูปแบบ Multiple Answer และ Graph อย่างน้อย 3 สถานการณ์ปัญหาได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนสะท้อนคิดหรือตอบคำถามในแต่ละข้อต่อไปนี้

1. การเรียนรู้ของตนเองในครั้งนี้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

2. เวลาที่ใช้ในการฝึกทั้งหมดเป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

3. ผลคะแนนที่ได้เป็นไปตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

4. ในคาบเรียนถัดไปจะพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างไร

.....

.....

.....

5. อธิบายประเด็นอื่น ๆ เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของตนเอง

.....

.....

.....

# แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

**คำชี้แจง :** **1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 2 สถานการณ์ปัญหา รวม 30 คะแนน**

**2. ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดอย่างเป็นขั้นตอนโดยละเอียดลงในกระดาษคำตอบ**

**********

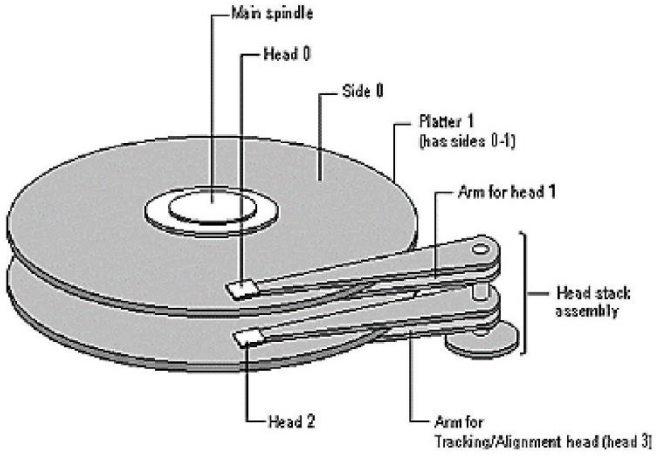
**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 1 :</u>**

## ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive: HDD)

คือ ฮาร์ดแวร์ชิ้นหนึ่งที่ใช้ในการจัดเก็บเนื้อหาดิจิทัลและข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย ดิสก์แม่เหล็กหรือที่เรียกว่า แพลตเตอร์ ซึ่งหมุนอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไป ความเร็วในการหมุนจะอยู่ที่ระหว่าง 5,400 ถึง 15,000 รอบต่อนาที

โดยนายเซ้นท์ต้องการย้ายข้อมูลจาก HDD เก่าไป HDD ใหม่ เนื่องจาก HDD อันเก่าของนายเซ้นท์ มีที่เก็บไม่พอ นายเซ้นท์จึงย้ายไฟล์ขนาด 15.32 GB โดยมีความเร็วในการย้ายไฟล์อยู่ที่ 64 MB/s

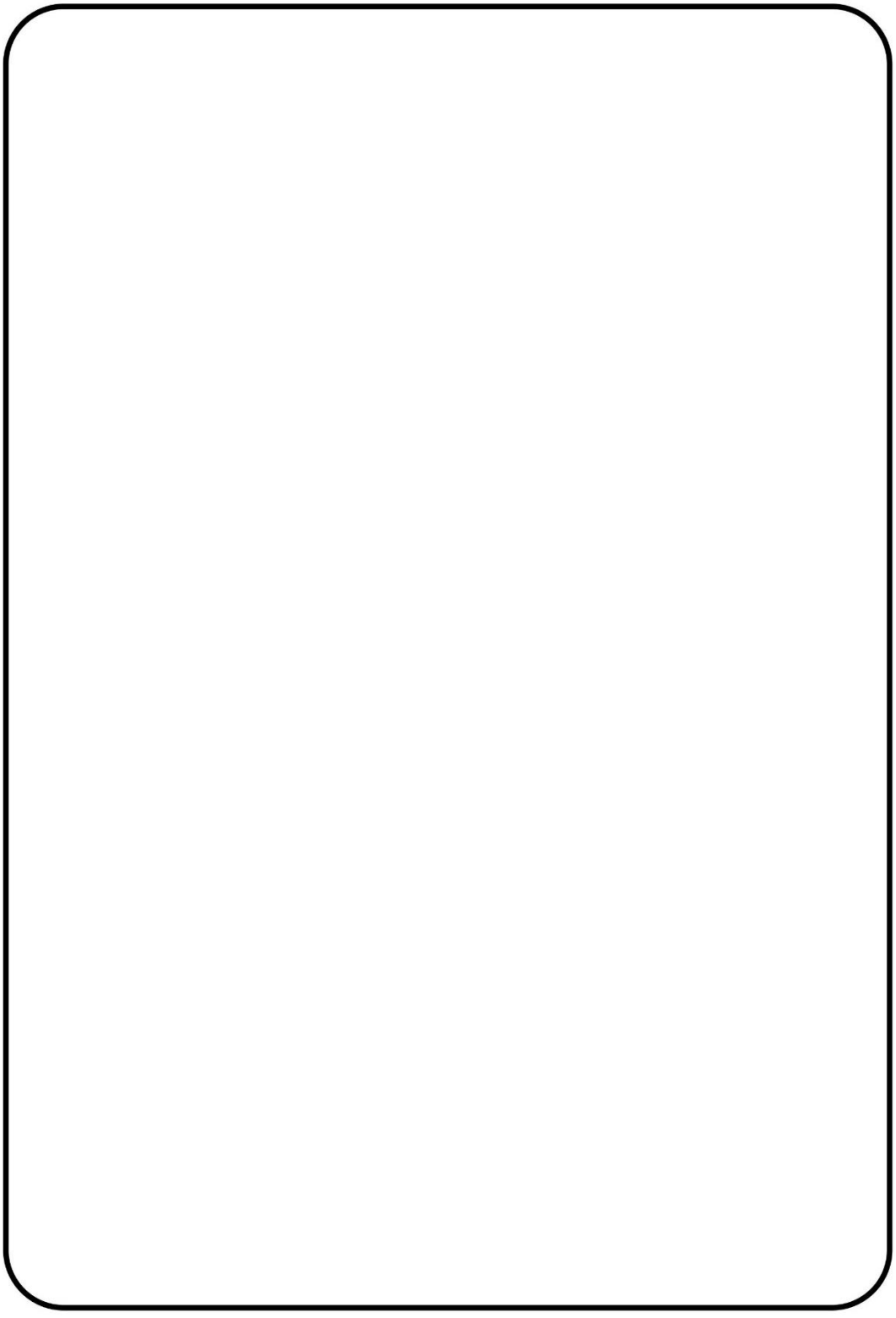
ถ้านายเซ้นท์เริ่มย้ายไฟล์ตอน 7:00 น. อยากทราบว่า นายเซ้นท์จะย้ายไฟล์เสร็จตอนกี่นาฬิกา (1024 MB = 1 GB)




แหล่งข้อมูล : https://www.ntfs.com/hard-disk-basics.htm

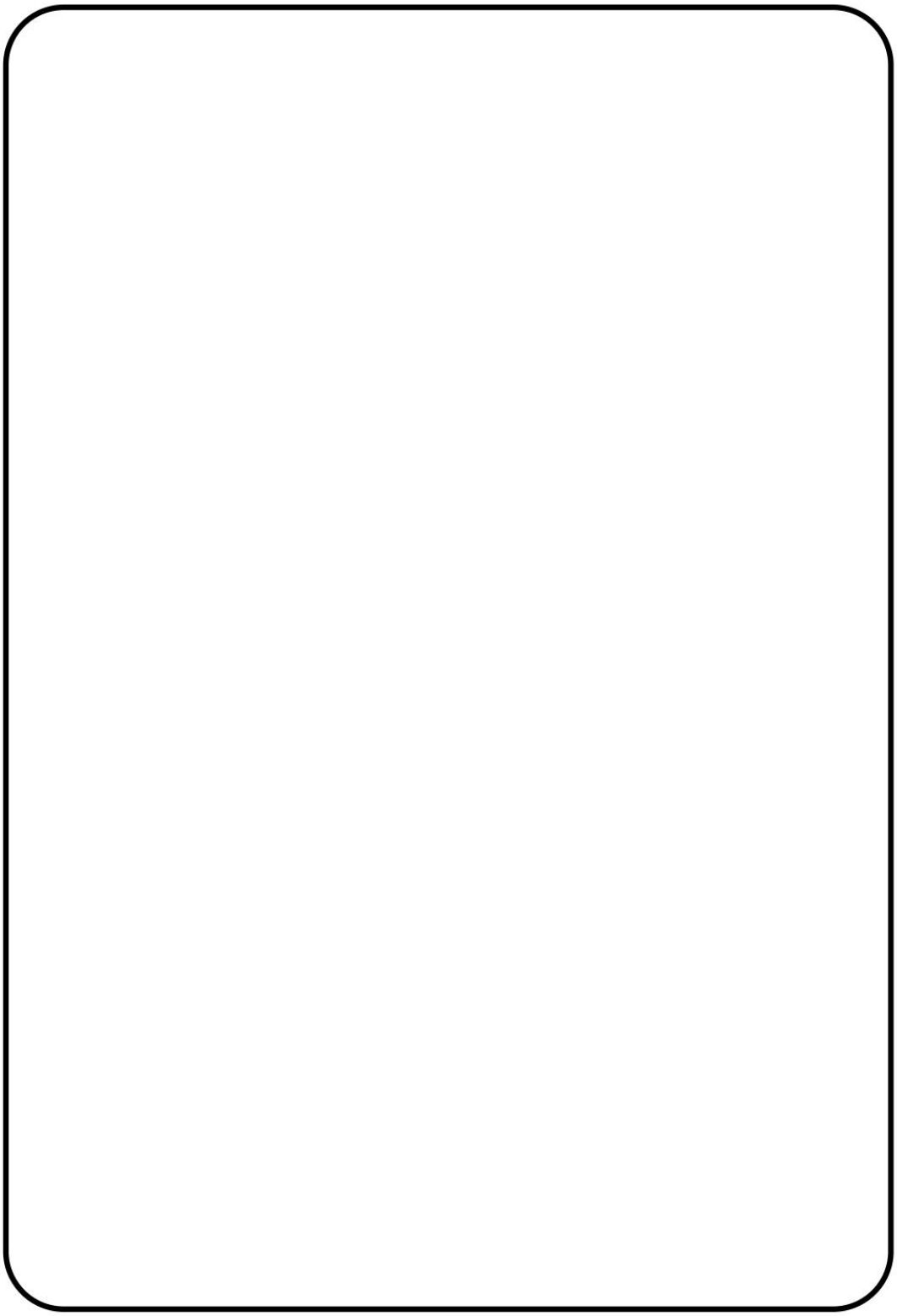
24

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....



25

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....



# เฉลยแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

## สถานการณ์ปัญหาที่ 2

### >>> ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่ **"ต้องการถามและเงื่อนไข"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) ถ้านายเซ้นท์เริ่มย้ายไฟล์ตอน 7:00 น. นายเซ้นท์จะย้ายไฟล์เสร็จตอนกี่นาฬิกา

   2) 1024 MB = 1 GB

2. สิ่งที่ **"กำหนดมาให้ (ข้อมูล)"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) นายเซ้นท์จึงย้ายไฟล์ขนาด 15.32 GB

   2) มีความเร็วในการย้ายไฟล์อยู่ที่ 64 MB/s

3. สิ่งที่ **"ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   - สูตรความเร็วในการย้ายไฟล์
   - 15.32 GB เท่ากับกี่ MB

### >>> วางแผนแก้ปัญหา

4. **"สมการ"** แสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

   $v = \frac{s}{t}$

5. **"ตัวแปร"** ที่เกิดขึ้นจากสมการข้างต้น (ข้อ 4) ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   t แทน เวลาที่ใช้ในการย้ายไฟล์

   s แทน ขนาดของไฟล์

   v แทน ความเร็วในการย้ายไฟล์

6. **"ขอบเขต/ความเป็นไปได้"** ของคำตอบจากตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $s > 1024$ และ $t > 0$

7. วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

   เปลี่ยน 15.32 GB เป็น MB >>> แทนค่าในสูตร $v = \frac{s}{t}$ >>> คำนวณหาค่า t >>> แปลงหน่วยจากวินาทีเป็นนาที >>> คำนวณหาเวลาตอนย้ายไฟล์เสร็จ

**>>> ดำเนินการตามแผน**

ให้ t แทน เวลาที่ใช้ในการย้ายไฟล์ หน่วยเป็น วินาที

s แทน ขนาดของไฟล์ หน่วยเป็น MB

v แทน ความเร็วในการย้ายไฟล์ หน่วยเป็น MB/s

จาก ความเร็ว $= \frac{\text{ขนาด}}{\text{เวลา}}$ หรือ $v = \frac{s}{t}$

จาก 1GB = 1024 MB

จะได้ 15.32 GB = $1024 \times 15.32 = 15{,}687.68$ MB

จาก ความเร็วในการย้ายไฟล์ อยู่ที่ 64 MB/s

จะได้ $t = \frac{15{,}687.68}{64} = 245.12$

คิดวินาทีเป็นนาที จะได้ $\frac{245.12}{60} = 4\frac{5.12}{60}$

**>>> ตรวจสอบผล**

9. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

จาก ความเร็วในการย้ายไฟล์ อยู่ที่ 64 MB/s

และ ใช้เวลา 1 นาที = 60 วินาที ในการย้ายไฟล์

ดังนั้น ขนาดของไฟล์จะเท่ากับ $60 \times 64 = 3{,}840$ MB = 3.75 GB

จาก ขนาดของไฟล์ที่โจทย์กำหนด เท่ากับ 15.32 GB

ดังนั้น ใช้เวลาในการย้ายไฟล์ ประมาณ 4 นาที เป็นจริง

10. สรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

ถ้านายเซ้นท์เริ่มย้ายไฟล์ตอน 7:00 น. นายเซ้นท์จะย้ายไฟล์เสร็จตอน 7:04 นาที กับอีก 5.12 วินาที

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 2 :</u>**

ถ้าพูดถึงสนามฟุตบอลที่สวยที่สุดในประเทศไทย คงหนีไม่พ้น >>> **PTT Stadium**

ที่ตั้งอยู่ที่ ตำบลห้วยโป่ง อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง มีความกว้าง 75 เมตร และ ความยาว 110 เมตร ซึ่งมีขนาดตามมาตรฐานที่ใช้ในการจัดแข่งขันระดับทีมชาติ สามารถจุแฟนบอลได้ราว 16,000 คน

โดยล่าสุดได้มีการปรับปรุงและเทปูนขัดมัน พร้อมทาสีน้ำตาลรอบขอบสนามฟุตบอลที่มีความกว้างเท่ากันตลอดทั้งสนามซึ่งมีพื้นที่ถึง 756 ตารางเมตร และเมื่อเศรษฐกิจดีขึ้นคาดว่าจะกลับมาเปิดใช้สนามเพื่อจัดแข่งขันกีฬาฟุตบอลอีกครั้ง

อยากทราบว่า ขอบสนามฟุตบอล PTT Stadium มีความกว้างกี่เมตร

แหล่งข้อมูล : makesfield.com/2021/09/23/ptt-stadium/

29

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

30

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

# เฉลยแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

## สถานการณ์ปัญหาที่ 2

### >>> ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่ **"ต้องการถามและเงื่อนไข"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) ขอบสนามฟุตบอล PTT Stadium มีความกว้างกี่เมตร

2. สิ่งที่ **"กำหนดมาให้ (ข้อมูล)"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) ขนาดของสนามฟุตบอล มีความกว้าง 75 เมตร และ ความยาว 110 เมตร

   2) ขอบสนามฟุตบอลที่มีความกว้างเท่ากันตลอดทั้งสนาม

   3) พื้นที่ขอบสนามฟุตบอล เท่ากับ 756 ตารางเมตร

3. สิ่งที่ **"ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   - ความกว้างของสนามฟุตบอลรวมขอบ
   - ความยาวของสนามฟุตบอลรวมขอบ
   - ความสัมพันธ์ของพื้นที่สนามฟุตบอลรวมขอบสนามฟุตบอล

### >>> วางแผนแก้ปัญหา

4. **"สมการ"** แสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

   $(75 + 2x)(110 + 2x) = (75 \times 110) + 756$

5. **"ตัวแปร"** ที่เกิดขึ้นจากสมการข้างต้น (ข้อ 4) ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   x แทน ความกว้างของถนนที่จะเทปูน

6. **"ขอบเขต/ความเป็นไปได้"** ของคำตอบจากตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $x > 0$

7. วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

   หาความสัมพันธ์ความกว้างทั้งสนามฟุตบอล >>> หาความสัมพันธ์ความยาวทั้งสนามฟุตบอล >>> ความสัมพันธ์ของพื้นที่สนามฟุตบอลรวมขอบสนามฟุตบอล >>> คำนวณหาความกว้างของขอบสนามฟุตบอล

**>>> ดำเนินการตามแผน**

ให้ x แทน ความกว้างของขอบสนามฟุตบอลที่จะเทปูน หน่วยเป็น เมตร

จาก ความกว้างของสนามฟุตบอลเท่ากับ 75 เมตร

จะได้ ความกว้างทั้งสนาม (รวมขอบสนามฟุตบอล) $= 75 + 2x$

จาก ความยาวของสนามฟุตบอลเท่ากับ 110 เมตร

จะได้ ความยาวทั้งสนาม (รวมขอบสนามฟุตบอล) $= 110 + 2x$

จาก พื้นที่ขอบสนามฟุตบอลมีพื้นที่ถึง 756 ตารางเมตร

จะได้ $(75 + 2x)(110 + 2x) = (75 \times 110) + 756$

$8{,}250 + 370x + 4x^2 = 9{,}006$

$4x^2 + 370x - 756 = 0$

$x^2 + 92.5x - 189 = 0$

$(x + 94.5)(x - 2) = 0$

$x = -94.5, 2$

**>>> ตรวจสอบผล**

9. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

กรณี $x = 2$

จาก สนามฟุตบอล กว้าง 75 เมตร และ ความยาว 110 เมตร

จะได้ ความกว้างทั้งสนาม $75 + 2 + 2 = 79$ เมตร

และ ความยาวทั้งสนาม $110 + 2 + 2 = 114$ เมตร

ดังนั้น พื้นที่ขอบสนาม เท่ากับ $(79 \times 2 \times 2 + 114 \times 2 \times 2) - 16 = 756$ เป็นจริง

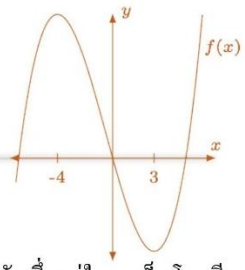
10. สรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

ขอบสนามฟุตบอล PTT Stadium มีความกว้าง 2 เมตร

# ภาคผนวก ง
## ใบความรู้ เรื่อง ฟังก์ชัน (Function)

# ใบความรู้

## เรื่อง ฟังก์ชัน (Function)




➢ **คู่อันดับ**

คู่อันดับประกอบด้วยสมาชิก 2 ตัว คือ สมาชิกตัวหน้าและสมาชิกตัวหลัง ซึ่งอยู่ในวงเล็บโดยมีเครื่องหมายจุลภาคเป็นตัวคั่นระหว่าง 2 สมาชิกนั้น

เช่น คู่อันดับ (a, b) อ่านว่า คู่อันดับเอบี

โดยมี a เป็นสมาชิกตัวหน้าของคู่อันดับ (a, b)

b เป็นสมาชิกตัวหลังของคู่อันดับ (a, b)

> กำหนด (a, b) และ (c, d) เป็นคู่อันดับ โดยที่ a, b, c, d เป็นจำนวนจริงใด ๆ
> (a, b) = (c, d) ก็ต่อเมื่อ a = c และ b = d

จากข้อความข้างต้น คู่อันดับสองคู่ใด ๆ จะเท่ากันก็ต่อเมื่อ สมาชิกตัวหน้าเท่ากัน และ สมาชิกตัวหลังเท่ากันเรียกเซตของคู่อันดับ (a, b) โดยที่ a และ b มีความเกี่ยวข้องกันบางประการว่า ความสัมพันธ์ (Relation)

**ตัวอย่างที่ 1** ถ้า (a, 18) = (3, 6a) แล้ว a มีค่าเท่าใด

**วิธีทำ** จาก (a, 18) = (3, 6a)

ดังนั้น a = 3 ■

**ตัวอย่างที่ 2** ถ้า $(2x, y+8) = (x+5, -3y)$ แล้ว $(x+y, x-y)$ มีค่าเท่าใด

**วิธีทำ** จาก $(2x, y+8) = (x+5, -3y)$ จะได้ $2x = x+5$ และ $y+8 = -3y$

ดังนั้น $2x - x = 5$ และ $y + 3y = -8$

นั่นคือ $x = 5$ และ $y = -2$

จะได้ $(x+y, x-y) = (5+(-2), 5-(-2)) = (3, 7)$ ■

➢ **ความสัมพันธ์**

> สำหรับเซต A และ B ใด ๆ $r$ เป็นความสัมพันธ์จาก A ไป B ก็ต่อเมื่อ $r$ เป็นสับเซตของ A×B

เนื่องจากความสัมพันธ์ คือ เซตของคู่อันดับ (a, b) โดยที่ a เป็นสมาชิกตัวหน้า(จากเซต A) และ b เป็นสมาชิกตัวหลัง(จากเซต B) มีความเกี่ยวข้องกันบางประการ จึงอาจกล่าวได้ว่า ความสัมพันธ์เป็นสับเซตของผลคูณคาร์ทีเซียนของเซต A และ เซต B หรือเขียนได้ว่า $r \subset A \times B$ และเรียก $r$ ว่า **ความสัมพันธ์จาก A ไป B**

นอกจากนี้ยังมีอีก 1 กรณี คือ ถ้า $r \subset A \times A$ แล้ว เรียก $r$ ว่า **ความสัมพันธ์บนเซต A**

**หมายเหตุ** กรณีที่ A และ B เป็นเซตของจำนวนจริง อาจละการเขียน $(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R}$ ไว้ในฐานที่เข้าใจว่า $r$ เป็นความสัมพันธ์บนเซตของจำนวนจริง เช่น

$r = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid x^2 + y^2 = 1\}$ อาจเขียนเป็น $r = \{(x, y) \mid x^2 + y^2 = 1\}$

หรือ เขียนเฉพาะเงื่อนไขซึ่งบรรยายลักษณะของความสัมพันธ์ เช่น $x^2 + y^2 = 1$

**ตัวอย่างที่ 3** กำหนดให้ A = {3, 5, 7, 9} และ B = {2, 6, 9}

**วิธีทำ** A×B = {(3, 2), (3, 6), (3, 9), (5, 2), (5, 6), (5, 9), (7, 2), (7, 6), (7, 9), (9, 2), (9, 6), (9, 9)}

ถ้า $r_1$ เป็นความสัมพันธ์ “น้อยกว่า” จาก A ไป B

จะได้ว่า $r_1 = \{(x, y) \in A \times B \mid x < y\}$

หรือ $r_1 = \{(3, 6), (3, 9), (5, 6), (5, 9), (7, 9)\}$ ■

ถ้า $r_2$ เป็นความสัมพันธ์ “เท่ากับ” จาก A ไป B

จะได้ว่า $r_2 = \{(x, y) \in A \times B \mid x = y\}$

หรือ $r_2 = \{(9, 9)\}$ ■

ถ้า $r_3$ เป็นความสัมพันธ์ “เป็นรากที่สอง” จาก A ไป B

จะได้ว่า $r_3 = \{(x, y) \in A \times B \mid x = \sqrt{y}\}$

หรือ $r_3 = \{(3, 9)\}$ ■

ถ้า $r_4$ เป็นความสัมพันธ์ “เป็นครึ่งหนึ่ง” จาก A ไป B

จะได้ว่า $r_4 = \{(x, y) \in A \times B \mid x = \frac{y}{2}\}$

หรือ $r_4 = \{(3, 6)\}$ ■

➢ **โดเมนและเรนจ์**

ให้ $r$ เป็นความสัมพันธ์จาก A ไป B

โดเมนของ $r$ คือ เซตของสมาชิกตัวหน้าของคู่อันดับทั้งหมดใน r

เรนจ์ของ $r$ คือ เซตของสมาชิกตัวหลังของคู่อันดับทั้งหมดใน r

โดเมนของ $r$ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $D_r$ โดยที่ $D_r = \{x|(x,y) \in r\}$

เรนจ์ของ $r$ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $R_r$ โดยที่ $R_r = \{y|(x,y) \in r\}$

**ตัวอย่างที่ 4** กำหนดให้ $r = \{(1, 2), (3, 4), (5, 6)\}$

จงหาโดเมนและเรนจ์ของ $r$

**วิธีทำ** สมาชิกตัวหน้าของคู่อันดับใน $r$ ได้แก่ 1, 3, 5

ถ้าโดเมนของความสัมพันธ์ $r$ คือ $D_r$

ดังนั้น $D_r = \{1, 3, 5\}$ ■

สมาชิกตัวหลังของคู่อันดับใน $r$ ได้แก่ 2, 4, 6

ถ้าเรนจ์ของความสัมพันธ์ $r$ คือ $R_r$

ดังนั้น $R_r = \{2, 4, 6\}$ ■

**ตัวอย่างที่ 5** กำหนดให้ $r = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y = \sqrt{9 - x^2}\}$

จงหาโดเมนและเรนจ์ของ $r$

**วิธีทำ** พิจารณา $\sqrt{9 - x^2}$ จะเห็นว่า $9 - x^2$ ต้องไม่เป็นจำนวนลบ เพราะรากที่สองของจำนวนลบไม่เป็นจำนวนจริง

นั่นคือ $9 - x^2 \geq 0$ ซึ่งอสมการมีเซตคำตอบ คือ $\{x| -3 \leq x \leq 3\}$

ดังนั้น $D_r = \{x| -3 \leq x \leq 3\}$ หรือ [-3, 3] ■

เนื่องจาก $\sqrt{9 - x^2}$ ไม่เป็นจำนวนลบ และเมื่อแทน $x$ ด้วย 0 จะได้ค่ามากที่สุดเป็น 3

ดังนั้น $R_r = \{y| 0 \leq y \leq 3\}$ หรือ [0, 3] ■

4

## ➢ ฟังก์ชัน

ฟังก์ชันมีความเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ กล่าวคือ ความสัมพันธ์บางความสัมพันธ์มีสมาชิกตัวหน้าซ้ำกัน บางความสัมพันธ์มีสมาชิกตัวหลังซ้ำกัน หรือบางความสัมพันธ์อาจจะไม่มีสมาชิกตัวหน้าและสมาชิกตัวหลังซ้ำกันเลย จึงได้มีการนำความสัมพันธ์ที่ไม่มีการใช้สมาชิกตัวหน้าซ้ำกันมานิยามเป็นบทนิยามของฟังก์ชัน ดังนี้

> ฟังก์ชัน คือ ความสัมพันธ์ $r$ ใด ๆ ซึ่ง สมาชิกแต่ละตัวในโดเมนมีความสัมพันธ์กับสมาชิกในเรนจ์เพียงตัวเดียวเท่านั้น

จากบทนิยาม กล่าวได้ว่า ฟังก์ชัน คือ ความสัมพันธ์โดยที่สำหรับ $x, y$ และ $z$ ใด ๆ ถ้า $(x, y) \in r$ และ $(x, z) \in r$ แล้ว $y = z$

**หมายเหตุ** ความสัมพันธ์ที่เป็นฟังก์ชันจะเขียนแทนด้วย $f$ บางครั้งใช้ $g$ หรือ $h$ หรืออักษรตัวอื่น

**ตัวอย่างที่ 6** กำหนดความสัมพันธ์ต่อไปนี้ จงตรวจสอบว่าความสัมพันธ์ใดเป็นฟังก์ชัน

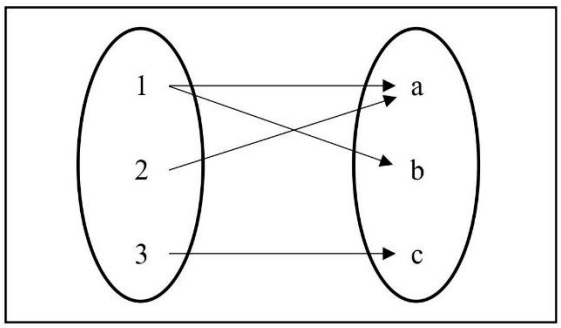
$f = \{(1, a), (1, b), (2, a), (3, c)\}$

$g = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y = x^2 + 1\}$

$h = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y^2 = x\}$

**วิธีทำ** จาก $f = \{(1, a), (1, b), (2, a), (3, c)\}$

เขียนแผนภาพแสดงการจับคู่ระหว่างสมาชิกของโดเมนกับสมาชิกของเรนจ์ของ $f$ ได้ดังนี้




จะได้ว่า $f$ **ไม่เป็นฟังก์ชัน** เพราะ มีคู่อันดับที่มีสมาชิกตัวหน้าเหมือนกันแต่สมาชิกตัวหลังต่างกัน คือ (1, a) และ (1, b) ■

5

จาก $g = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y = x^2 + 1\}$

ให้ $x, y$ และ $z$ เป็นจำนวนจริงใด ๆ ซึ่ง $(x, y) \in g$ และ $(x, z) \in g$

จะได้ว่า $y = x^2 + 1$ และ $z = x^2 + 1$

ดังนั้น $y = z$

เพราะฉะนั้น $g$ **เป็นฟังก์ชัน** ■

จาก $h = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y^2 = x\}$

เนื่องจาก $(4, 2) \in h$

และ $(4, -2) \in h$

แต่ $2 \neq -2$

ดังนั้น $h$ **ไม่เป็นฟังก์ชัน** ■

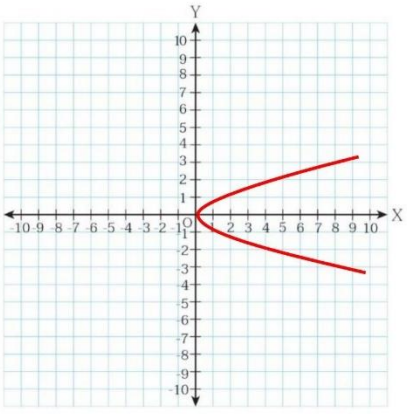
**<u>การพิจารณาความสัมพันธ์ว่าเป็นฟังก์ชันหรือไม่โดยใช้กราฟ</u>**

การพิจารณาว่า ความสัมพันธ์บนเซตของจำนวนจริงเป็นฟังก์ชันหรือไม่ อาจพิจารณาได้จากกราฟของความสัมพันธ์ โดยการลากเส้นขนานกับแกน Y ถ้าไม่มีเส้นขนานกับแกน Y เส้นใดตัดกราฟของความสัมพันธ์ที่กำหนดให้มากกว่า 1 จุด แต่ถ้ามีเส้นขนานกับแกน Y แม้เพียงเส้นเดียว ตัดกราฟมากกว่า 1 จุดแล้ว ความสัมพันธ์นั้นจะไม่เป็นฟังก์ชัน

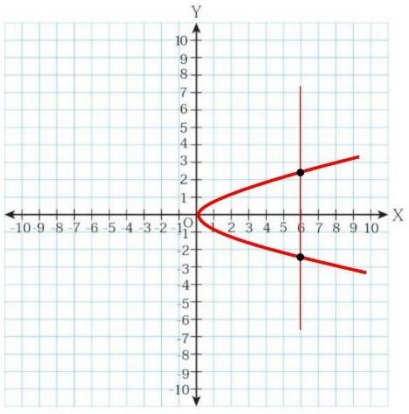
**ตัวอย่างที่ 7** กำหนดความสัมพันธ์ $r = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y^2 = x\}$

จงพิจารณาว่า $r$ เป็นฟังก์ชันหรือไม่

**<u>วิธีทำ</u>** จากความสัมพันธ์ สามารถเขียนกราฟของ $r$ ได้ดังนี้




รูปที่ 1




รูปที่ 2

6

จากกราฟในรูปที่ 1 จะเห็นว่า แต่ละค่าของ $x$ ที่ $x > 0$ เมื่อลากเส้นขนานกับแกน Y ผ่านค่า $x$ เหล่านี้ จะตัดกราฟ 2 จุด คือ $(x, \sqrt{x})$ และ $(x, -\sqrt{x})$ ดังรูปที่ 2

ดังนั้น $r$ **ไม่เป็นฟังก์ชัน** ■

**หมายเหตุ** ในกรณีที่ความสัมพันธ์ $f$ เป็นฟังก์ชัน จะเขียน $y = f(x)$ แทน $(x, y) \in f$ และเรียก $f(x)$ ว่าเป็น ค่าของฟังก์ชัน $f$ ที่ $x$ อ่านว่า “เอฟของเอกซ์” หรือ “เอฟเอกซ์” เพื่อความสะดวก บางครั้งจะกล่าวถึง “ฟังก์ชัน $f(x)$” โดยละไว้ในฐานที่เข้าใจว่ากำลังกล่าวถึงฟังก์ชัน $f$ ที่มีค่าของฟังก์ชันที่ $x$ เป็น $f(x)$

## ➢ ฟังก์ชันเพิ่ม/ฟังก์ชันลด

ให้ $f$ เป็นฟังก์ชันซึ่งมีโดเมนและเรนจ์เป็นสับเซตของเซตของจำนวนจริง และ A เป็นสับเซตของโดเมน

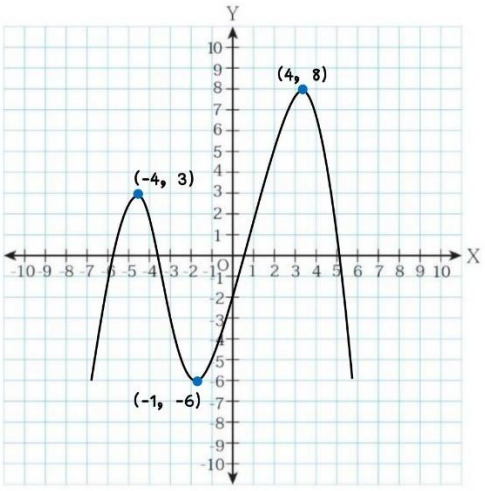
1. $f$ เป็น **ฟังก์ชันเพิ่ม (increasing function)** บนเซต A ก็ต่อเมื่อ สำหรับ $x_1$ และ $x_2$ ใด ๆ ใน A

ถ้า $x_1 < x_2$ แล้ว $f(x_1) < f(x_2)$

2. $f$ เป็น **ฟังก์ชันลด (decreasing function)** บนเซต A ก็ต่อเมื่อ สำหรับ $x_1$ และ $x_2$ ใด ๆ ใน A

ถ้า $x_1 < x_2$ แล้ว $f(x_1) > f(x_2)$

**ตัวอย่างที่ 8** ให้ $f$ เป็นฟังก์ชันที่มีกราฟดังรูป จงระบุช่วงที่ $f$ เป็นฟังก์ชันเพิ่มและช่วงที่ $f$ เป็นฟังก์ชันลด



**วิธีทำ** พิจารณา $x \in (-\infty, -4]$ และ $x \in [-1, 4]$

จะเห็นว่า $x_1 < x_2$ และ $f(x_1) < f(x_2)$

ดังนั้น ฟังก์ชัน $f$ เป็น **ฟังก์ชันเพิ่ม** บนช่วง $(-\infty, -4]$ และช่วง $[-1, 4]$ ■

พิจารณา $x \in [-4, -1]$ และ $x \in [4, \infty)$

จะเห็นว่า $x_1 < x_2$ และ $f(x_1) > f(x_2)$

ดังนั้น ฟังก์ชัน $f$ เป็น **ฟังก์ชันลด** บนช่วง $[-4, -1]$ และช่วง $[4, \infty)$ ■

## ➢ ตัวผกผันของฟังก์ชัน

กำหนด $f = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R} \mid y = f(x)\}$ เป็นฟังก์ชัน เมื่อสลับที่ ระหว่างสมาชิกตัวหน้ากับสมาชิกตัวหลังในคู่อันดับเดียวกันทุกอันดันใน ฟังก์ชัน ความสัมพันธ์ที่ได้เรียกว่า ตัวผกผันของฟังก์ชัน ใช้สัญลักษณ์ $f^{-1}$ และถ้า $f^{-1}$ เป็นฟังก์ชันจะเรียก $f^{-1}$ ว่า ฟังก์ชันผกผัน (Inverse Function)

เนื่องจากฟังก์ชันเป็นความสัมพันธ์ ดังนั้นจึงมีตัวผกผันของฟังก์ชันซึ่งเป็นความสัมพันธ์ แต่ตัวผกผันของฟังก์ชันไม่จำเป็นต้องเป็นฟังก์ชันเสมอไป เช่น

| | | |
|---|---|---|
| สำหรับ | $f = \{(1,2), (2,3), (3,4)\}$ | เป็นฟังก์ชัน |
| และ | $f^{-1} = \{(2,1), (3,2), (4,3)\}$ | เป็นฟังก์ชัน |
| สำหรับ | $g = \{(1,2), (3,2), (2,3)\}$ | เป็นฟังก์ชัน |
| และ | $g^{-1} = \{(2,1), (2,3), (3,2)\}$ | ไม่เป็นฟังก์ชัน |

**ทฤษฎีบท** ให้ $f$ เป็นฟังก์ชัน $f^{-1}$ เป็นฟังก์ชันผกผันก็ต่อเมื่อ $f$ เป็น 1 - 1 (นั่นคือ $f^{-1}$ เป็นฟังก์ชัน)

1. $D_f = R_{f^{-1}}$ และ $D_{f^{-1}} = R_f$
2. กราฟของ $f$ และ $f^{-1}$ จะสมมาตรกันเมื่อเทียบกับเส้นตรง $y = x$

**ตัวอย่างที่ 9** กำหนด $f = \{(x, y) \mid y = 2x - 4\}$

จงหา $f^{-1}$

**วิธีทำ** จาก $f = \{(x, y) \mid y = 2x - 4\}$

เมื่อสลับที่ระหว่างสมาชิกตัวหน้า $(x)$ กับ สมาชิกตัวหลัง $(y)$

จะได้ $f^{-1} = \{(x, y) \mid x = 2y - 4\}$

หรือ $f^{-1} = \{(x, y) \mid y = \frac{x+4}{2}\}$ ■

8

**ตัวอย่างที่ 10** กำหนด $f(x) = x^2$

จงหา $f^{-1}$ และพิจารณาว่า $f^{-1}$ เป็นฟังก์ชันหรือไม่

**วิธีทำ** จาก $f(x) = x^2$

หรือ $f = \{(x, y) \mid y = x^2\}$

เมื่อสลับที่ระหว่างสมาชิกตัวหน้า $(x)$ กับ สมาชิกตัวหลัง $(y)$

จะได้ $f^{-1} = \{(x, y) \mid x = y^2\}$

หรือ $f^{-1} = \{(x, y) \mid y = \pm\sqrt{x}\}$

เนื่องจาก $x = 1$ จะได้ $y = -1$ และ $1$

จะเห็นว่า $(1, -1)$ และ $(1, 1) \in f^{-1}$

ดังนั้น $f^{-1}$ **ไม่เป็นฟังก์ชัน** ■

## ➢ การดำเนินการของฟังก์ชัน

### 1. ผลบวก ผลต่าง ผลคูณ และผลหารของฟังก์ชัน

ให้ $f$ และ $g$ เป็นฟังก์ชันที่มีโดเมนและเรนจ์เป็นสับเซตของ $\mathbb{R}$ ผลบวก (sum) ผลต่าง (difference) ผลคูณ (product) และผลหาร (quotient) ของ $f$ และ $g$ เขียนแทนด้วย $f + g$, $f - g$, $fg$ และ $\frac{f}{g}$ ตามลำดับ เป็นฟังก์ชันซึ่งกำหนดโดย

$$(f + g)(x) = f(x) + g(x)$$

$$(f - g)(x) = f(x) - g(x)$$

$$(fg)(x) = f(x)g(x)$$

$$\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)} \quad , g(x) \neq 0$$

โดเมนของ $f + g$ , $f - g$ และ $fg$ คือ เซตของจำนวนจริงทั้งหมดที่อยู่ทั้งในโดเมนของ $f$ และโดเมนของ $g$ ซึ่งก็คือ $D_f \cap D_g$

สำหรับโดเมนของ $\frac{f}{g}$ คือ เซตของจำนวนจริงทั้งหมดที่อยู่ทั้งในโดเมนของ $f$ และโดเมนของ $g$ โดยที่ $g(x)$ ต้องไม่เท่ากับ $0$ ด้วย ซึ่งก็คือ $D_f \cap D_g - \{x \in D_g | g(x) = 0\}$

9

**ตัวอย่างที่ 11** ให้ $f = \{(1, 2), (3, 4), (2, 7), (8, 5)\}$ จงหาค่าของ

1) $f(3)$

2) $f(f(1))$

3) ถ้า $f(x) = 5$ แล้ว $x$ มีค่าเป็นเท่าใด

**วิธีทำ** จาก $f = \{(1, 2), (3, 4), (2, 7), (8, 5)\}$

1) พิจารณา $f(3)$

เมื่อ $x = 3$ จะได้ $y = 4$

ดังนั้น $f(3) = 4$ ■

2) พิจารณา $f(f(1))$

จะเห็นว่า ต้องหาค่า $f(1)$

เมื่อ $x = 1$ จะได้ $y = 2$

หรือ $f(1) = 2$

และ $f(f(1)) = f(2)$

เมื่อ $x = 2$ จะได้ $y = 7$

ดังนั้น $f(f(1)) = 7$ ■

3) พิจารณา $f(x) = 5$

นั่นคือ $y = 5$

เมื่อ $y = 5$ จะได้ $x = 8$

ดังนั้น $x = 8$ ■

**ตัวอย่างที่ 12** ให้ $f(x) = x^3 + 1$ และ $g(x) = \sqrt{x}$

1) จงหา $f + g$ , $f - g$ , $fg$ และ $\frac{f}{g}$ พร้อมทั้งหาโดเมนของแต่ละฟังก์ชัน

2) จงหา $(f + g)(1)$ , $(f - g)(1)$ , $(fg)(2)$ และ $\left(\frac{f}{g}\right)(2)$

**วิธีทำ** 1) เนื่องจากโดเมนของ $f$ คือ $\mathbb{R}$ และ โดเมนของ $g$ คือ $[0, \infty)$

จะได้โดเมนของ $f + g$ , $f - g$ และ $fg$ คือ $D_f \cap D_g = [0, \infty)$

และ โดเมนของ $\frac{f}{g}$ คือ $D_f \cap D_g - \{x \in D_g | g(x) = 0\} = (0, \infty)$

$(f + g)(x) = f(x) + g(x) = x^3 + 1 + \sqrt{x}$

$(f - g)(x) = f(x) - g(x) = x^3 + 1 - \sqrt{x}$

$(fg)(x) = f(x)g(x) = (x^3 + 1)(\sqrt{x})$

$\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{x^3+1}{\sqrt{x}}$ ■

10

2) $(f+g)(1) = f(1)+g(1) = 1^3+1+\sqrt{1} = 3$

$(f-g)(1) = f(1)-g(1) = 1^3+1-\sqrt{1} = 1$

$(fg)(2) = f(2)g(2) = (2^3+1)(\sqrt{2}) = 9\sqrt{2}$

$\left(\frac{f}{g}\right)(2) = \frac{f(2)}{g(2)} = \frac{2^3+1}{\sqrt{2}} = \frac{9}{\sqrt{2}}$ ■

**2. ฟังก์ชันประกอบ (Composite Function)**

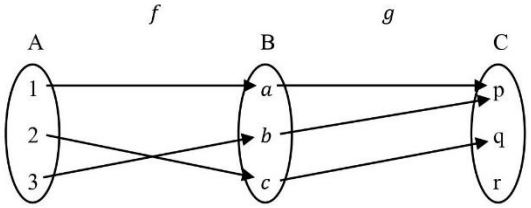
ให้ $f$ และ $g$ เป็นฟังก์ชัน และ $R_f \cap D_g \neq \emptyset$

ฟังก์ชันประกอบของ $f$ และ $g$ เขียนแทนด้วย $g \circ f$ คือ ฟังก์ชันที่โดเมน คือ

$$D_{g\circ f} = \{x \in D_f \mid f(x) \in D_g\}$$

และกำหนด $g \circ f$ โดย $g \circ f(x) = g(f(x))$ สำหรับทุก $x$ ใน $D_{g\circ f}$

ให้ $f$ และ $g$ เป็นฟังก์ชัน ดังแสดงในแผนภาพ




จากแผนภาพจะได้ $f(1) = a$ , $f(2) = c$ , $f(3) = b$

$g(a) = \text{p}$ , $g(b) = \text{p}$ , $g(c) = \text{q}$

จาก $f$ และ $g$ ที่กำหนดให้ จะได้ $g(f(1)) = g(a) = \text{p}$

$g(f(2)) = g(c) = \text{q}$

$g(f(3)) = g(b) = \text{p}$

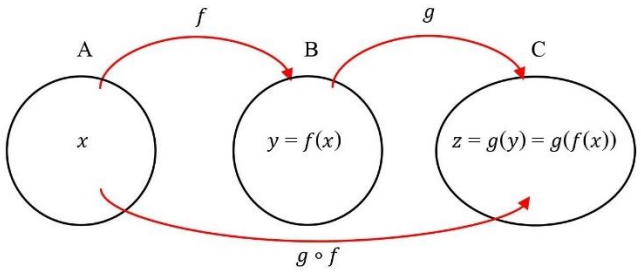
จะเห็นว่าฟังก์ชันที่สร้างขึ้นใหม่เป็นฟังก์ชันจากเซต A ไปเซต B เขียนแทนฟังก์ชันนี้ด้วย $g \circ f$ (อ่านว่า จีโอเอฟ) และเรียกว่า ฟังก์ชันประกอบ (Composite Function) ของ $f$ และ $g$ โดย

$g \circ f(1) = g(f(1)) = \text{p}$

$g \circ f(2) = g(f(2)) = \text{q}$

$g \circ f(3) = g(f(3)) = \text{p}$

นั่นคือ $g \circ f = \{(1, p), (2, q), (3, p)\}$




จากแผนภาพ สำหรับแต่ละ $x$ ในเซต A ถ้ามี $y = f(x)$ ในเซต B และมี $z = g(y)$ ในเซต C จะหา $g(f(x))$ ได้ ซึ่งเท่ากับ $z$ สถานการณ์ข้างต้นทำให้เกิดฟังก์ชันประกอบ $g \circ f$

เพราะฉะนั้นการเกิด $g \circ f$ มีเงื่อนไขสำคัญคือ ต้องมี $y$ อยู่ใน $R_f$ และ $D_g$ พร้อมกัน นั่นคือ $R_f \cap D_g$ ต้องไม่ใช่เซตว่าง

**ตัวอย่างที่ 13** ให้ $f(x) = x^2 - 3$ และ $g(x) = x + 2$
จงหาฟังก์ชัน $g \circ f$ และ $f \circ g$ พร้อมทั้งโดเมน

**<u>วิธีทำ</u>** จาก $f(x) = x^2 - 3$

จะได้ $D_f = \mathbb{R}$ และ $R_f = [-3, \infty)$

จาก $g(x) = x + 2$

จะได้ $D_g = \mathbb{R}$ และ $R_g = \mathbb{R}$

เนื่องจาก $R_f \cap D_g = [-3, \infty)$ ซึ่งไม่ใช่เซตว่าง จึงมี $g \circ f$ โดยที่

$$\begin{aligned} D_{g \circ f} &= \{x \in D_f \mid f(x) \in D_g\} \\ &= \{x \in \mathbb{R} \mid x^2 - 3 \in \mathbb{R}\} \\ &= \mathbb{R} \end{aligned}$$

สำหรับ $x \in D_{g \circ f}$ จะได้

$$\begin{aligned} g \circ f(x) &= g(f(x))) \\ &= g(x^2 - 3) \\ &= (x^2 - 3) + 2 \\ &= x^2 - 1 \end{aligned}$$

ดังนั้น $g \circ f(x) = x^2 - 1$ โดยที่ $D_{g \circ f} = \mathbb{R}$ ■

เนื่องจาก $R_g \cap D_f = \mathbb{R}$ ซึ่งไม่ใช่เซตว่าง จึงมี $f \circ g$ โดยที่

$$\begin{aligned} D_{f\circ g} &= \{x \in D_g \mid g(x) \in D_f\} \\ &= \{x \in \mathbb{R} \mid x+2 \in \mathbb{R}\} \\ &= \mathbb{R} \end{aligned}$$

สำหรับ $x \in D_{f\circ g}$ จะได้

$$\begin{aligned} f \circ g(x) &= f(g(x)) \\ &= f(x+2) \\ &= (x+2)^2 - 3 \\ &= x^2 + 4x + 1 \end{aligned}$$

ดังนั้น $f \circ g(x) = x^2 + 4x + 1$ โดยที่ $D_{f\circ g} = \mathbb{R}$ ■

**หมายเหตุ** จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นได้ว่า $g \circ f(x) \neq f \circ g(x)$

# ภาคผนวก จ
# แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

# แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

โรงเรียน.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2564

ชื่อ-นามสกุล.....ชื่อเล่น.....ชั้น.....เลขที่.....

## เรื่อง ฟังก์ชัน (Function)

**<u>คำชี้แจง</u> :**

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา รวม 45 คะแนน
2. ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดอย่างเป็นขั้นตอนโดยละเอียดลงในกระดาษคำตอบ
3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 100 นาที
4. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิดในการทำแบบทดสอบ
5. ใช้ปากกา/ดินสอในการเขียนตอบและแสดงร่องรอยในการคำนวณให้ชัดเจน

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 1 :</u>**

รถเมล์ใหม่สีฟ้าที่นำเข้ามาประจำการจนครบ 489 คัน ค่าโดยสารรถเมล์ **ขสมก.** ได้มีการออกมาปรับราคาจ่ายเพิ่มขึ้น 2 ถึง 7 บาท ตั้งแต่วันที่ 21 ม.ค. 62 โดยคิดราคาค่าโดยสารตามระยะทาง (กม.) ดังนี้

| ระยะทาง (กม.) | ราคาเดิม (บาท) | ราคาใหม่ (บาท) |
|---|---|---|
| 0 – 4 กิโลเมตรแรก | 11 | 15 |
| 4 – 8 | 13 | 20 |
| 8 – 12 | 15 | 20 |
| 12 – 16 | 17 | 20 |
| 16 – 20 | 19 | 25 |
| 20 – 24 | 21 | 25 |
| 24 – 28 | 23 | 25 |
| 28 – 32 | 23 | 25 |
| 32 กิโลเมตรขึ้นไป | 23 | 25 |

ถ้าเชียร์ใช้บริการรถเมล์ ขสมก. สาย 140 ทุกวันเพื่อเดินทางไปทำงานในตอนเช้าและตอนเย็น โดยตอนเช้าจะขึ้นจากป้ายรถเมล์วัดสนแล้วไปลงป้ายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ซึ่งระยะทาง 18 กิโลเมตร ส่วนตอนเย็นระยะทางจะมากกว่าตอนเช้าอยู่ 10 กิโลเมตร เนื่องจากเชียร์จะต้องไปลงที่ป้ายเซนทรัลพระราม 2 เพื่อซื้อกับข้าวก่อนจะเข้าบ้าน

อยากทราบว่า ก่อนและหลังวันที่ 21 ม.ค. 62 เชียร์ต้องจ่ายค่าโดยสารรถเมล์ภายใน 1 วัน เป็นจำนวนเงินกี่บาท และมีส่วนต่างของราคาอยู่ที่เท่าใด

แหล่งข้อมูล : https://www.facebook.com/RotMaeThai/photos/ค่าโดยสารรถเมล์-ขสมก-รุ่นใหม่ขึ้นราคา-จ่ายเพิ่มขึ้น-2-7-บาท-เริ่ม-21-มค-นี้-จากข/2431965686874375/

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

# เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

## สถานการณ์ปัญหาที่ 1

### >>> ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่ **"ต้องการถามและเงื่อนไข"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) ก่อนและหลังวันที่ 21 ม.ค. 62 เชียร์ต้องจ่ายค่าโดยสารรถเมล์ภายใน 1 วัน เป็นจำนวนเงินกี่บาท

   2) มีส่วนต่างของราคาอยู่ที่เท่าใด

2. สิ่งที่ **"กำหนดมาให้ (ข้อมูล)"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) ราคาค่าโดยสารตามระยะทาง (กม.)

   2) เชียร์ใช้บริการรถเมล์ ขสมก. สาย 140 ทุกวันเพื่อเดินทางไปทำงานในตอนเช้าและตอนเย็น โดยตอนเช้าจะขึ้นจากป้ายรถเมล์วัดสนแล้วไปลงป้ายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ซึ่งระยะทางอยู่ที่ 18 กิโลเมตร ส่วนตอนเย็นระยะทางจะมากกว่าตอนเช้าอยู่ 10 กิโลเมตร

3. สิ่งที่ **"ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) ราคาค่าโดยสารเดิม ที่ระยะทาง 18 กม. และ 28 กม.

   2) ราคาค่าโดยสารใหม่ ที่ระยะทาง 18 กม. และ 28 กม.

### >>> วางแผนแก้ปัญหา

4. **"สมการ"** แสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

   $x$ = ราคาค่าโดยสารตอนเช้า + ราคาค่าโดยสารตอนเย็น

   $y$ = ราคาค่าโดยสารตอนเช้า + ราคาค่าโดยสารตอนเย็น

5. **"ตัวแปร"** ที่เกิดขึ้นจากสมการข้างต้น (ข้อ 4) ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $x$ แทน ราคาค่าโดยสารเดิมภายใน 1 วัน

   $y$ แทน ราคาค่าโดยสารใหม่ภายใน 1 วัน

6. **"ขอบเขต/ความเป็นไปได้"** ของคำตอบจากตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $x < 46$ และ $y < 50$

7. วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

   หาราคาค่าโดยสารเดิมในตอนเช้าและตอนเย็น >>> คำนวณหาค่าโดยสารเดิมภายใน 1 วัน >>> หาราคาค่าโดยสารใหม่ในตอนเช้าและตอนเย็น >>> คำนวณหาค่าโดยสารใหม่ภายใน 1 วัน >>> คำนวณหาส่วนต่างของราคาค่าโดยสารเดิมกับค่าโดยสารใหม่

**>>> ดำเนินการตามแผน**

8. แสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาคำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นเป็นตอน

ให้ $x$ แทน ราคาค่าโดยสารเดิมภายใน 1 วัน หน่วยเป็น บาท

$y$ แทน ราคาค่าโดยสารใหม่ภายใน 1 วัน หน่วยเป็น บาท

จาก ตอนเช้าจะขึ้นจากป้ายรถเมล์วัดสนแล้วไปลงป้ายอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ซึ่งระยะทางอยู่ที่ 18 กิโลเมตร

จะได้ ราคาค่าโดยสารเดิมในตอนเช้า เท่ากับ 19 บาท

และ ราคาค่าโดยสารใหม่ในตอนเช้า เท่ากับ 25 บาท

จาก ตอนเย็นระยะทางจะมากกว่าตอนเช้าอยู่ 10 กิโลเมตร

นั่นคือ ระยะทางตอนเย็น จะเท่ากับ 28 กิโลเมตร

จะได้ ราคาค่าโดยสารเดิมในตอนเย็น เท่ากับ 23 บาท

และ ราคาค่าโดยสารใหม่ในตอนเย็น เท่ากับ 25 บาท

ดังนั้น $x = 19 + 23 = 42$

$y = 25 + 25 = 50$

และ ส่วนต่างของราคาใหม่กับราคาเดิม จะเท่ากับ $y - x = 50 - 42 = 8$

**>>> ตรวจสอบผล**

9. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

จาก ส่วนต่างของราคาใหม่กับราคาเดิม จะเท่ากับ $y - x = 50 - 42 = 8$

ซึ่งเป็นราคาที่คิดจากตอนเช้าและตอนเย็น

ดังนั้น ราคาส่วนต่างต่อรอบ จะเท่ากับ $\frac{8}{2} = 4$

ซึ่งตรงกับสถานการณ์ปัญหาที่ให้มา ว่า “ราคาจ่ายเพิ่มขึ้น 2 ถึง 7 บาท” เป็นจริง

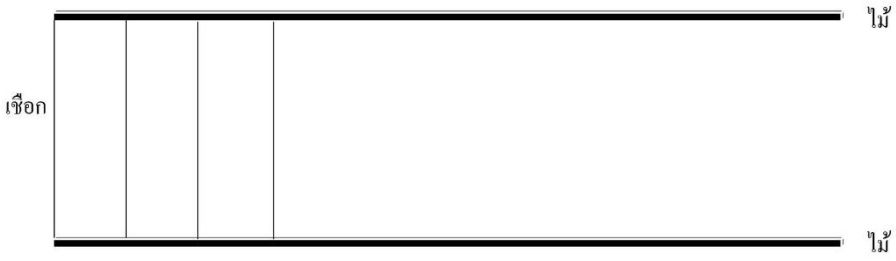
10. สรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

1) ก่อนวันที่ 21 ม.ค. 62 เชียร์ต้องจ่ายค่าโดยสารรถเมล์ภายใน 1 วัน เป็นจำนวนเงิน 42 บาท และหลังวันที่ 21 ม.ค. 62 เชียร์ต้องจ่ายค่าโดยสารรถเมล์ภายใน 1 วัน เป็นจำนวนเงิน 50 บาท

2) ทั้ง 2 ราคาที่เชียร์ต้องจ่ายมีส่วนต่างของราคาอยู่ที่ 8 บาท

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 2 :</u>**

**“เสื่อ”** เป็นเครื่องใช้ที่ผูกพันกับวิถีชีวิตของคนไทยมาอย่างยาวนาน แต่กว่าจะได้เสื่อมาแต่ละผืนต้องใช้เวลาและความประณีตในการทอเป็นอย่างมาก โดยเริ่มจากนำไม้ 2 ไม้ มายึดเชือกไนลอนหัวท้าย แบ่งความยาวของไม้ออกเป็น 10 ส่วน ยึดเชือกไนลอนสีแดงเอาไว้ให้ตึง และทำเช่นเดียวกันอีกครั้งแต่แบ่งไม้เดิมออกเป็น 11 ส่วน แล้วใช้เชือกไนลอนสีดำยึดเอาไว้ ดังรูป




จากนั้นชาวบ้านก็ช่วยกันทำเสื่อโดยคนหนึ่งสอดเส้นกก อีกคนหนึ่งควบคุมฟืมคอยตำให้เส้นกกเข้าหากันทีละเส้น ซึ่งเสื่อ 1 ผืน อาจจะต้องใช้เวลาในการทอนานถึง 3 – 4 วัน

จากการยึดเชือกไนลอนทั้ง 2 สี ถ้าระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างเส้นเชือกสีแดงกับเส้นเชือกสีดำที่ยึดอยู่บนไม้คานเท่ากับ 2 เซนติเมตร

อยากทราบว่า ความยาวของไม้คานที่ยึดเส้นเชือกไนลอนเท่ากับกี่เซนติเมตร และระหว่างเชือกไนลอนสีแดงแต่ละเส้นห่างกันกี่เซนติเมตร

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

## เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

**สถานการณ์ปัญหาที่ 2**

**>>> ทำความเข้าใจปัญหา**

1. สิ่งที่ **"ต้องการถามและเงื่อนไข"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) ความยาวของไม้คานที่ยึดเส้นเชือกไนลอนเท่ากับกี่เซนติเมตร

   2) ระหว่างเชือกไนลอนสีแดงแต่ละเส้นห่างกันกี่เซนติเมตร

2. สิ่งที่ **"กำหนดมาให้ (ข้อมูล)"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) นำไม้ 2 ไม้ มายึดเชือกไนลอนหัวท้าย แบ่งความยาวของไม้ออกเป็น 10 ส่วน ยึดเชือกไนลอนสีแดงเอาไว้ให้ตึง

   2) ทำเช่นเดียวกันอีกครั้งแต่แบ่งไม้เดิมออกเป็น 11 ส่วน แล้วใช้เชือกไนลอนสีดำยึดเอาไว้

   3) ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างเส้นเชือกสีแดงกับเส้นเชือกสีดำที่ยึดอยู่บนไม้คานเท่ากับ 2 เซนติเมตร

3. สิ่งที่ **"ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   - ความสัมพันธ์ของไม้คานที่แบ่งความยาวของไม้ออกเป็น 10 ส่วน และยึดเชือกไนลอนสีแดง
   - ความสัมพันธ์ของไม้คานที่แบ่งความยาวของไม้ออกเป็น 11 ส่วน และยึดเชือกไนลอนสีดำ

**>>> วางแผนแก้ปัญหา**

4. **"สมการ"** แสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

   $\frac{x}{10} - \frac{x}{11} = 2$

5. **"ตัวแปร"** ที่เกิดขึ้นจากสมการข้างต้น (ข้อ 4) ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $x$ แทน ความยาวของไม้คานที่ยึดเส้นเชือกไนลอน

6. **"ขอบเขต/ความเป็นไปได้"** ของคำตอบจากตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $x > 0$

7. วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

   เปลี่ยนสถานการณ์ปัญหามาเป็นข้อความทางคณิตศาสตร์ >>> สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา >>> แก้สมการเชิงเส้นเพื่อคำนวณหาค่า $x$

**>>> ดำเนินการตามแผน**

8. แสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาคำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นเป็นตอน

ให้ $x$ แทน ความยาวของไม้คานที่ยึดเส้นเชือกไนลอน หน่วยเป็น เซนติเมตร

จาก แบ่งความยาวของไม้ออกเป็น 10 ส่วน (เส้นเชือกไนลอนสีแดง)

นั่นคือ $\frac{x}{10}$

จาก แบ่งไม้เดิมออกเป็น 11 ส่วน (เส้นเชือกไนลอนสีดำ)

นั่นคือ $\frac{x}{11}$

จาก ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างเส้นเชือกสีแดงกับเส้นเชือกสีดำที่ยึดอยู่บนไม้คานเท่ากับ 2 เซนติเมตร

จะได้ $\frac{x}{10} - \frac{x}{11} = 2$

$\frac{11x-10x}{(10)(11)} = 2$

$x = 2(10)(11) = 220$

**>>> ตรวจสอบผล**

9. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

จาก ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างเส้นเชือกสีแดงกับเส้นเชือกสีดำที่ยึดอยู่บนไม้คานเท่ากับ 2 เซนติเมตร

แทน $x = 220$

จะได้ $\frac{220}{10} - \frac{220}{11} = 22 - 20 = 2$ เป็นจริง

10. สรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

1) ความยาวของไม้คานที่ยึดเส้นเชือกไนลอนเท่ากับ 220 เซนติเมตร

2) ระหว่างเชือกไนลอนสีแดงแต่ละเส้นห่างกัน $\frac{220}{10} = 22$ เซนติเมตร

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 3 :</u>**

**“บ้าน ไป วัดพุทธ”**

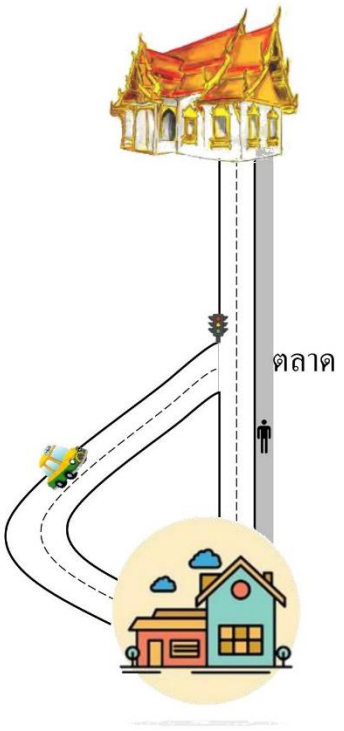
นิคเดินทางจากบ้านไปทางทิศเหนือเพื่อไปตลาดและเดินตรงต่อไปที่วัดพุทธ เขาใช้เวลาในการเดินทางทั้งหมด 25 นาที และเดินด้วยความเร็ว 4.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

แต่ถ้านิคนั่ง Taxi รถจะต้องขับอ้อมไปอีกเส้นทางหนึ่งซึ่งใช้เวลาในการเดินทาง 10 นาที และรถ Taxi ขับด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจนถึงตลาด จากนั้นขับไปเส้นทางเดียวกับที่นิคเดินไปวัดพุทธ

โดยตลาดอยู่ห่างจากบ้านของนิคเป็นระยะทาง $\frac{2}{5}$ ของระยะทางจากบ้านถึงวัดพุทธ

ถ้าวันหนึ่งนิคเดินทางจากบ้านจนถึงตลาดแล้วรถ Taxi มาพอดี
จึงขึ้นรถ Taxi จากตลาดไปวัดพุทธ

อยากทราบว่า นิคจะใช้เวลาเดินทางจากบ้านไปวัดพุทธทั้งหมดกี่นาที



ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

## เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

**สถานการณ์ปัญหาที่ 3**

**>>> ทำความเข้าใจปัญหา**

1. สิ่งที่ **"ต้องการถามและเงื่อนไข"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

ถ้าวันหนึ่งนิคเดินทางจากบ้านจนถึงตลาดแล้วรถ Taxi มาพอดี จึงขึ้นรถ Taxi จากตลาดไปวัดพุทธ นิคจะใช้เวลาเดินทางจากบ้านไปวัดพุทธทั้งหมดกี่นาที

2. สิ่งที่ **"กำหนดมาให้ (ข้อมูล)"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

1) นิคเดินทางจากบ้านไปทางทิศเหนือเพื่อไปตลาดและเดินตรงต่อไปที่วัดพุทธ เขาใช้เวลาในการเดินทางทั้งหมด 25 นาที และเดินด้วยความเร็ว 4.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

2) แต่ถ้านิคนั่ง Taxi รถจะต้องขับอ้อมไปอีกเส้นทางหนึ่งซึ่งใช้เวลาในการเดินทาง 10 นาที และ รถ Taxi ขับด้วยความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจนถึงตลาด จากนั้นขับไปเส้นทางเดียวกับที่นิคเดินไปวัดพุทธ

3. สิ่งที่ **"ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

- ระยะทางจากบ้านถึงวัดพุทธ บ้านถึงตลาด และ ตลาดถึงวัดพุทธ
- หน่วยเวลาจากชั่วโมงเป็นนาที

**>>> วางแผนแก้ปัญหา**

4. **"สมการ"** แสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

$v = \frac{s}{t}$

5. **"ตัวแปร"** ที่เกิดขึ้นจากสมการข้างต้น (ข้อ 4) ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

$v$ แทน ความเร็วในการเดิน/ขับรถ

$s$ แทน ระยะทาง

$t$ แทน เวลาที่ใช้ในการเดิน/ขับรถ

6. **"ขอบเขต/ความเป็นไปได้"** ของคำตอบจากตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

$0 < t < 25$ และ $s > 0$

7. วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

หาระยะทางจากบ้านถึงวัดพุทธ >>> หาระยะทางจากบ้านถึงตลาด >>> คำนวณหาเวลาที่เดินจากบ้านไปตลาด >>> หาระยะทางจากตลาดถึงวัดพุทธ >>> คำนวณหาเวลาที่ขับรถจากตลาดไปวัดพุทธ >>> แปลงหน่วยเวลาจากชั่วโมงเป็นนาที >>> คำนวณหาเวลาที่ใช้ทั้งหมดจากบ้านถึงวัดพุทธ

**>>> ดำเนินการตามแผน**

8. แสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาคำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นเป็นตอน

ให้ $v$ แทน ความเร็วในการเดิน/ขับรถ หน่วยเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง

$s$ แทน ระยะทาง หน่วยเป็น กิโลเมตร

$t$ แทน เวลาที่ใช้ในการเดิน/ขับรถ หน่วยเป็น ชั่วโมง

จาก $v = \frac{s}{t}$

และ ระยะทางจากบ้านถึงวัดพุทธ ใช้เวลา 25 นาที ด้วยความเร็ว 4.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จะได้ $s = \frac{4.2 \times 25}{60} = 1.75$

จาก ระยะทางจากบ้านถึงตลาด เท่ากับ $\frac{2}{5}$ ของระยะทางจากบ้านถึงวัดพุทธ

นั่นคือ $\frac{2}{5} \times 1.75 = 0.7$

จะได้ $t = \frac{0.7}{4.2} = \frac{1}{6}$ .....(เวลาจากบ้านถึงตลาด)

จาก 1 ชั่วโมง เท่ากับ 60 นาที

$\frac{1}{6}$ ชั่วโมง เท่ากับ $\frac{1}{6} \times 60 = 10$ นาที

ดังนั้น ระยะทางจากตลาดถึงวัดพุทธ เท่ากับ $1.75 - 0.7 = 1.05$ กิโลเมตร

จาก ความเร็วของรถ Taxi เท่ากับ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จะได้ $t = \frac{1.05}{30} = 0.035$ .....(เวลาจากตลาดถึงวัดพุทธ)

จาก 1 ชั่วโมง เท่ากับ 60 นาที

0.035 ชั่วโมง เท่ากับ $0.035 \times 60 = 2.1$ นาที

**>>> ตรวจสอบผล**

9. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

จาก เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากบ้านถึงตลาด เท่ากับ 10 นาที

และ เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากตลาดถึงวัดพุทธ เท่ากับ 2.1 นาที

ดังนั้น เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางจากบ้านถึงวัดพุทธ เท่ากับ $10 + 2.1 = 12.1$ นาที

ซึ่งเวลาที่ได้น้อยกว่า เวลาที่นิคใช้เดินทางจากบ้านถึงวัดพุทธ นั่นคือ $12.1 < 25$ เป็นจริง

10. สรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

ถ้าวันหนึ่งนิคเดินทางจากบ้านจนถึงตลาดแล้วรถ Taxi มาพอดี จึงขึ้นรถ Taxi จากตลาดไปวัดพุทธ นิคจะใช้เวลาเดินทางทั้งหมด $10 + 2.1 = 12.1$ นาที

# แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

โรงเรียน.....

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2564

ชื่อ-นามสกุล.....ชื่อเล่น.....ชั้น.....เลขที่.....

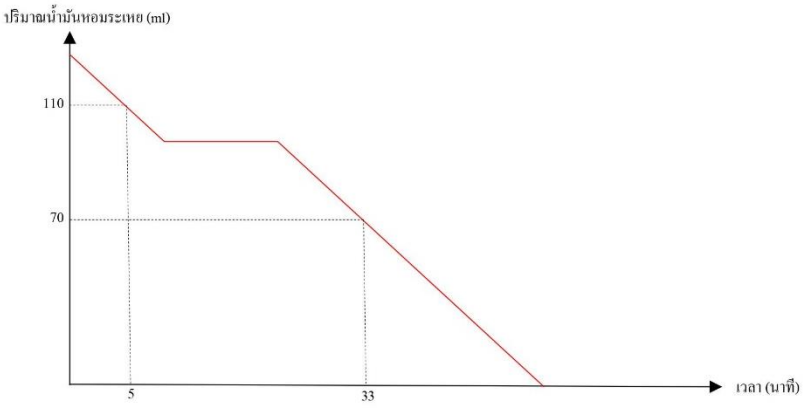
## เรื่อง ฟังก์ชัน (Function)

**<u>คำชี้แจง</u> :**

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 3 สถานการณ์ปัญหา รวม 45 คะแนน
2. ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดอย่างเป็นขั้นตอนโดยละเอียดลงในกระดาษคำตอบ
3. เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ 100 นาที
4. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิดในการทำแบบทดสอบ
5. ใช้ปากกา/ดินสอในการเขียนตอบและแสดงร่องรอยในการคำนวณให้ชัดเจน

**สถานการณ์ปัญหาที่ 1 :**

**“สตูดิโอนวัตกรรมสุขภาพองค์รวม”** ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นน้ำมันสกัดที่ได้จากพืชธรรมชาติ 100% ไม่ว่าจะส่วนดอก ใบ ผล หรือลำต้น ช่วยในการรักษาสมดุลทางอารมณ์ บรรเทาอาการซึมเศร้า นอนไม่หลับ คลายเครียด และไมเกรน เป็นต้น อีกทั้งยังช่วยลดอาการแห้งแตกของผิวได้ด้วย อาร์มซึ่งเป็นนักเรียนในสตูดิโอนี้ ได้ทำการสกัดเอาน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดหนึ่งออกมาแล้วลองมาทำการทดลอง โดยการนำน้ำมันหอมระเหยมาใส่ที่เตาแล้วทำการจุดไฟ อาร์มเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยเริ่มลดลงในอัตราคงที่ และหลังจากจับเวลาได้ 8 นาที มีสายโทรศัพท์โทรเข้าจาก Bestics จึงทำให้อาร์มหยุดพักการทดสอบและดับไฟจากเตาน้ำมันหอมระเหย เป็นเวลา 8 นาที (ในระหว่างที่ดับไฟ ความร้อนที่ยังคงเหลืออยู่ไม่สามารถทำให้น้ำมันหอมระเหยลดลงได้) จากนั้นกลับมาทำการทดลองต่อจนน้ำมันหอมระเหยหมดจากเตาน้ำมันหอมระเหย โดยมีผลดังนี้




อยากทราบว่า 1) เมื่อเวลา 22 นาที หลังจากเริ่มจุดไฟที่เตาน้ำมันหอมระเหยครั้งแรก ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับกี่มิลลิลิตร

2) ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 90 มิลลิลิตร เมื่อเวลากี่นาที

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

# เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

## สถานการณ์ปัญหาที่ 1

### >>> ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่ **"ต้องการถามและเงื่อนไข"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) เมื่อเวลา 22 นาที หลังจากเริ่มจุดไฟที่เตาน้ำมันหอมระเหยครั้งแรก ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับกี่มิลลิลิตร

   2) ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 90 มิลลิลิตร เมื่อเวลากี่นาที

2. สิ่งที่ **"กำหนดมาให้ (ข้อมูล)"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) น้ำมันหอมระเหยเริ่มลดลงในอัตราคงที่

   2) หลังจากจับเวลาได้ 8 นาที มีสายโทรศัพท์โทรเข้า จาก Besties จึงทำให้อาร์มหยุดพักการทดสอบและดับไฟจากเตาน้ำมันหอมระเหย เป็นเวลา 8 นาที

   3) กราฟแสดงผลการทดลองระหว่างเวลา (นาที) กับปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ml)

3. สิ่งที่ **"ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) เวลาที่ใช้ในการทดลองจริง

   2) ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ลดลง

### >>> วางแผนแก้ปัญหา

4. **"สมการ"** แสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

   $x = 33 - 5 - 8 = 20$

   $y = 110 - 70 = 40$

5. **"ตัวแปร"** ที่เกิดขึ้นจากสมการข้างต้น (ข้อ 4) ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $x$ แทน เวลาที่ใช้ในการทดลองจริง

   $y$ แทน ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ลดลง

6. **"ขอบเขต/ความเป็นไปได้"** ของคำตอบจากตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $x > 0$ และ $y < 120$

7. วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

   หาข้อมูลจากกราฟ >>> หาเวลาที่ใช้ในการทดลองจริง >>> หาปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ลดลง >>> เทียบบัญญัติไตรยางค์ >>> คำนวณหาคำตอบจากสิ่งที่ต้องการถามจากสถานการณ์ปัญหาโดยใช้ตารางหรือสร้างสมการเส้นตรง

**>>> ดำเนินการตามแผน**

8. แสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาคำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นเป็นตอน

ให้ $x$ แทน เวลาที่ใช้ในการทดลองจริง หน่วยเป็น นาที

$y$ แทน ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ลดลง หน่วยเป็น มิลลิลิตร

จาก กราฟแสดงผลการทดลอง จากนาทีที่ 5 ถึง นาทีที่ 33 และหักเวลาที่อาร์มไปคุยโทรศัพท์กับ Besties อีก 8 นาที

จะได้ $x = 33 - 5 - 8 = 20$

จาก กราฟแสดงผลการทดลอง จากปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ 110 ml ลดลงมาที่ 70 ml

จะได้ $y = 110 - 70 = 40$

จะเห็นว่า น้ำมันหอมระเหยลดลง 40 ml ใช้เวลาในการทดลอง 20 นาที

น้ำมันหอมระเหยลดลง 1 ml ใช้เวลาในการทดลอง $\frac{20}{40} = 0.5$ นาที

หรือ น้ำมันหอมระเหยลดลง 2 ml ใช้เวลาในการทดลอง $\frac{2 \times 20}{40} = 1$ นาที

สร้างสมการเส้นตรงจาก จุด 2 จุด คือ (16, 104) และ (33, 70)

จะได้ ความชัน เท่ากับ $\frac{104-70}{16-33} = \frac{34}{-17} = -2$

จาก สมการเส้นตรง $y = mx + c$

จะได้ $y = -2x + 136$

เมื่อเวลา 22 นาที นั่นคือ x = 22

จะได้ $y = -2(22) + 136 = 92$

และ ถ้าปริมาณน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 0 นั่นคือ $y = 0$

จะได้ $0 = -2x + 136$

$x = 68$

**>>> ตรวจสอบผล**

9. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

จะเห็นว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น 1 นาที ปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลง 2 ml

และ เมื่อเวลาที่ 33 นาที ปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ที่ 70 ml ดังกราฟ เป็นจริง

แสดงปริมาณน้ำมันหอมระเหยในแต่ละเวลา โดยใช้ตาราง

| เวลา | 8 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | ... | 68 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ปริมาณน้ำมันหอมระเหย | 104 | 104 | 100 | 96 | 92 | 88 | 84 | ... | 0 |

10. สรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

1) เมื่อเวลา 22 นาที หลังจากเริ่มจุดไฟที่เตาน้ำมันหอมระเหยครั้งแรก ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 92 มิลลิลิตร

2) ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยเท่ากับ 90 มิลลิลิตร เมื่อเวลา 68 นาที

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 2 :</u>**

**“โครงการประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์”** ได้รับพระราชทานพระราชดำริจากพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหิตลาธิเบศรรามาธิบดี จักรีนฤบดินทรสยามมินทราธิราช บรมนาถบพิตร “ให้พิจารณาใช้ >>> คลองลัดโพธิ์ ที่อยู่ในบริเวณ **พื้นที่กระเพาะหมู**

ตำบลบางกระเจ้า อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เป็นทางลัดระบายน้ำเหนือ ซึ่งจะทำให้ช่วยระบายน้ำได้เร็วเพราะระยะทางสั้นเพียง 600 เมตร” สามารถช่วยร่นระยะทางการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาจาก 18 กิโลเมตร เหลือ 600 เมตร ซึ่งลดเวลาในการระบายน้ำได้ถึง 96.67% และมีประสิทธิภาพการระบายน้ำสูงสุดเฉลี่ย 45-50 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน

อยากทราบว่า ถ้าอัตราการไหลของน้ำคงที่ที่ 40 เมตรต่อนาที จะช่วยลดเวลาการไหลจากเดิมกี่นาที เหลือเพียงกี่นาที

แหล่งที่มาของข้อมูล : http://www.rdpb.go.th/TH/Recommend/ข้อมูลแนะนำทั่วไป-c267/โครงการประตูระบายน้ำคลองลัดโพธิ์อันเนื่องมาจากพระร-v7834

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

## เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

**สถานการณ์ปัญหาที่ 2**

### >>> ทำความเข้าใจปัญหา

1. สิ่งที่ **"ต้องการถามและเงื่อนไข"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) ถ้าอัตราการไหลของน้ำคงที่ที่ 40 เมตรต่อนาที จะช่วยลดเวลาการไหลจากเดิมกี่นาที เหลือเพียงกี่นาที

2. สิ่งที่ **"กำหนดมาให้ (ข้อมูล)"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) สามารถช่วยร่นระยะทางการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาจาก 18 กิโลเมตร เหลือ 600 เมตร

3. สิ่งที่ **"ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   - 18 กิโลเมตร แปลงเป็น เมตร

### >>> วางแผนแก้ปัญหา

4. **"สมการ"** แสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

   อัตราการไหลของน้ำ $= \frac{s}{t}$

5. **"ตัวแปร"** ที่เกิดขึ้นจากสมการข้างต้น (ข้อ 4) ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $s$ แทน ระยะทาง

   $t$ แทน เวลา

6. **"ขอบเขต/ความเป็นไปได้"** ของคำตอบจากตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $t > 0$

7. วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

   แปลงระยะทางจากกิโลเมตรให้เป็นเมตร >>> หาเวลาจากระยะทางเดิม >>> หาเวลาจากระยะทางใหม่

**>>> ดำเนินการตามแผน**

8. แสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาคำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นเป็นตอน

ให้ $s$ แทน ระยะทาง หน่วยเป็น เมตร

$t$ แทน เวลา หน่วยเป็น นาที

จาก ระยะทาง 18 กิโลเมตร

จะได้ ระยะทาง 1 กิโลเมตร เท่ากับ 1,000 เมตร

ถ้าระยะทาง 18 กิโลเมตร เท่ากับ 18,000 เมตร

จาก อัตราการไหลของน้ำ $= \frac{s}{t}$

และ อัตราการไหลของน้ำเท่ากันอยู่ที่ 40 เมตรต่อนาที ด้วยระยะทาง 18 กิโลเมตร

จะได้ $40 = \frac{18,000}{t}$

$t = \frac{18,000}{40} = 450$

จาก ระยะทาง 600 เมตร

จะได้ $40 = \frac{600}{t}$

$t = \frac{600}{40} = 15$

**>>> ตรวจสอบผล**

9. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

จากโจทย์ ลดเวลาในการระบายน้ำได้ถึง 96.67%

ดังนั้น เวลาที่ได้จากการคำนวณต่างกันอยู่ $450 - 15 = 435$ นาที

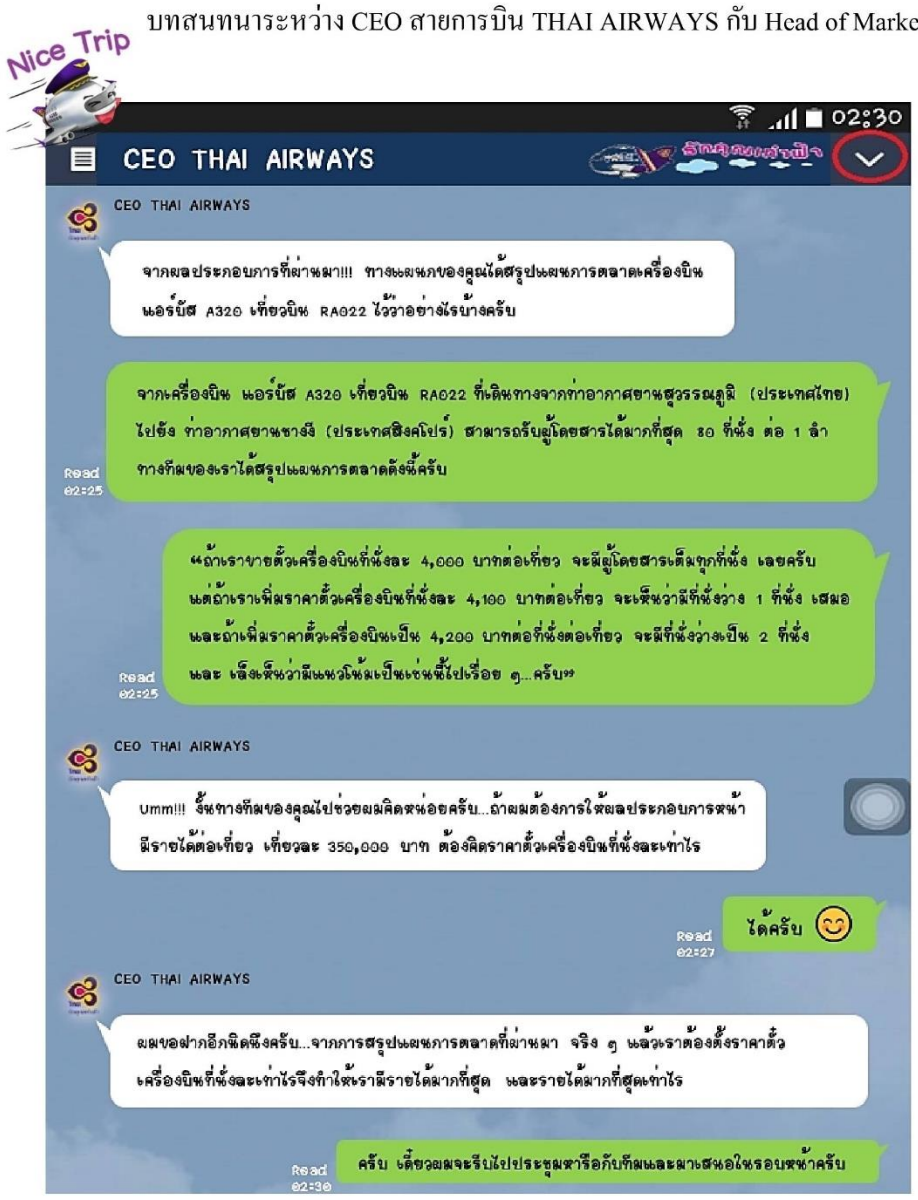
คิดเป็น $\frac{435 \times 100}{450} = 96.67\%$ เป็นจริง

10. สรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

ถ้าอัตราการไหลของน้ำเท่ากันอยู่ที่ 40 เมตรต่อนาที จะช่วยลดเวลาการไหลจากเดิม 450 นาที เหลือเพียง 15 นาที

**<u>สถานการณ์ปัญหาที่ 3 :</u>**

บทสนทนาระหว่าง CEO สายการบิน THAI AIRWAYS กับ Head of Marketing




ถ้านักเรียนเป็นคนหนึ่งในทีมการตลาดของสายการบิน THAI AIRWAYS นักเรียนจะมีแนวคิด/วิธีคิดเพื่อตอบคำถาม CEO อย่างไร

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

ชื่อ.....นามสกุล.....โรงเรียน.....ชั้น.....

## เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

**สถานการณ์ปัญหาที่ 3**

**>>> ทำความเข้าใจปัญหา**

1. สิ่งที่ **"ต้องการถามและเงื่อนไข"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) รายได้ต่อเที่ยวเที่ยวละ 350,000 บาท ต้องคิดราคาตั๋วเครื่องบินที่นั่งละเท่าไร

   2) ต้องตั้งราคาตั๋วเครื่องบินที่นั่งละเท่าไรจึงทำให้รายได้มากที่สุด

   3) รายได้มากที่สุดเท่าไร

2. สิ่งที่ **"กำหนดมาให้ (ข้อมูล)"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   1) รับผู้โดยสารได้มากที่สุด 80 ที่นั่ง ต่อ 1 ลำ

   2) ขายตั๋วเครื่องบินที่นั่งละ 4,000 บาทต่อเที่ยว จะมีผู้โดยสารเต็มทุกที่นั่ง

   3) ถ้าเพิ่มราคาตั๋วเครื่องบินที่นั่งละ 4,100 บาทต่อเที่ยว จะมีที่นั่งว่าง 1 ที่นั่ง

   4) ถ้าเพิ่มราคาตั๋วเครื่องบินที่นั่งละ 4,200 บาทต่อเที่ยว จะมีที่นั่งว่าง 2 ที่นั่ง

3. สิ่งที่ **"ต้องหา/สิ่งที่ไม่รู้"** จากสถานการณ์ปัญหานี้

   - จำนวนที่นั่ง
   - ราคาตั๋ว

**>>> วางแผนแก้ปัญหา**

4. **"สมการ"** แสดงความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหานี้

   รายได้ = จำนวนที่นั่ง × ราคาตั๋วเครื่องบิน

5. **"ตัวแปร"** ที่เกิดขึ้นจากสมการข้างต้น (ข้อ 4) ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $x$ แทน จำนวนที่นั่งว่าง

   $y$ แทน รายได้จากการซื้อตั๋วเครื่องบิน

6. **"ขอบเขต/ความเป็นไปได้"** ของคำตอบจากตัวแปรแต่ละตัวที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

   $0 < x < 80$ และ $y > 0$

7. วางแผนในการแก้สถานการณ์ปัญหานี้อย่างเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา

   หาความสัมพันธ์ของจำนวนที่นั่งว่าง จำนวนที่นั่งที่เหลือ และราคาตั๋ว >>> สร้างสมการรายได้ >>> คำนวณหาจำนวนที่นั่งว่างที่ทำให้รายได้ 350,000 >>> หาราคาตั๋วที่ทำให้รายได้มากที่สุด

จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดข้อมูลมาให้ แสดงดังตาราง

| จำนวนที่นั่งว่าง | จำนวนที่นั่ง | ราคาตั๋ว |
|---|---|---|
| 0 | 80 | 4,000 |
| 1 | 79 | 4,100 |
| 2 | 78 | 4,200 |
| 3 | 77 | 4,300 |
| 4 | 76 | 4,400 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 10 | 70 | 5,000 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| $x$ | $80 - x$ | $4,000 + 100x$ |

**>>> ดำเนินการตามแผน**

8. แสดงวิธีการคำนวณเพื่อหาคำตอบอย่างละเอียดและเป็นขั้นเป็นตอน

ให้ $x$ แทน จำนวนที่นั่งว่าง หน่วยเป็น ที่นั่ง

$y$ แทน รายได้จากการซื้อตั๋วเครื่องบิน หน่วยเป็น บาท

จาก รายได้ = จำนวนที่นั่ง × ราคาตั๋วเครื่องบิน

จะได้ $y = (80 - x)(4,000 + 100x)$

หรือ $y = 320,000 + 4,000x - 100x^2$ .....(1)

จาก ต้องการให้รายได้ 350,000 บาท

นั่นคือ $350,000 = (80 - x)(4,000 + 100x)$

$350,000 = 320,000 + 4,000x - 100x^2$

$100x^2 - 4,000x + 30,000 = 0$

$x^2 - 40x + 300 = 0$

$(x - 10)(x - 30) = 0$

$x = 10, 30$

จาก (1) หากำไรสูงสุดได้จาก $x = -\frac{b}{2a}$

เมื่อ $a = -100$ และ $b = 4,000$

จะได้ $x = -\frac{4,000}{2(-100)} = 20$

แทน $x = 20$ ใน (1)

จะได้ $y = (80 - 20)(4,000 + 100(20)) = (60)(6,000) = 360,000$

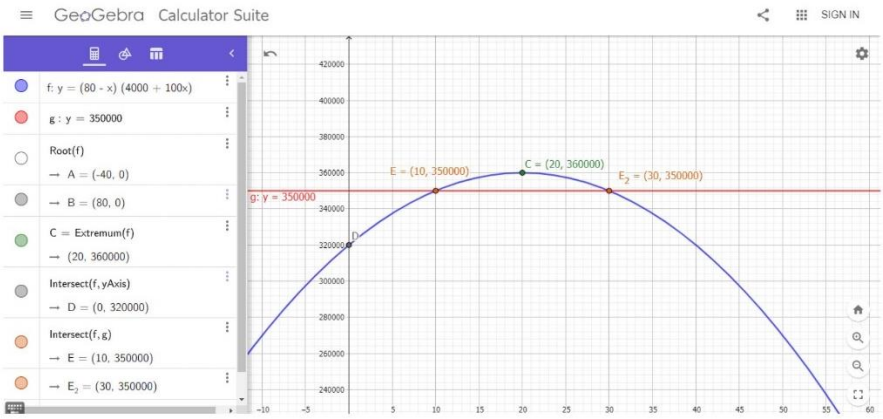
**>>> ตรวจสอบผล**

9. ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากสถานการณ์ปัญหานี้

- ตรวจสอบผลโดยใช้ตาราง

| จำนวนที่นั่งว่าง | จำนวนที่นั่ง | ราคาตั๋ว | รายได้ |
|---|---|---|---|
| 0 | 80 | 4000 | 320000 |
| 1 | 79 | 4100 | 323900 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 18 | 62 | 5800 | 359600 |
| 19 | 61 | 5900 | 359900 |
| 20 | 60 | 6000 | 360000 |
| 21 | 59 | 6100 | 359900 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 79 | 1 | 11,900 | 11,900 |

- ตรวจสอบผลโดยใช้กราฟ




10. สรุปคำตอบของคำถามจากสถานการณ์ปัญหานี้

1) รายได้ต่อเที่ยวเที่ยวละ 350,000 บาท ต้องคิดราคาตั๋วเครื่องบิน ดังนี้

กรณี $x = 10$ ; จำนวนที่นั่งว่าง 10 ที่นั่ง

แสดงว่า จำนวนที่นั่งที่ขายได้ คือ 80 – 10 = 70 ที่นั่ง

ทำให้ได้ราคาตั๋วอยู่ที่ 4,000 + 100(10) = 5,000 บาท

กรณี $x = 30$ ; จำนวนที่นั่งว่าง 30 ที่นั่ง

แสดงว่า จำนวนที่นั่งที่ขายได้ คือ 80 – 30 = 50 ที่นั่ง

ทำให้ได้ราคาตั๋วอยู่ที่ 4,000 + 100(30) = 7,000 บาท

2) ต้องตั้งราคาตั๋วเครื่องบินที่นั่งละ 6,000 บาท จึงทำให้รายได้มากที่สุด

3) รายได้มากที่สุดอยู่ที่ 360,000 บาท

# ภาคผนวก ฉ
# แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน

**แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH APPLICATION**

**หัวข้อการวิจัย :** การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....

**คำชี้แจง :** แบบสอบถามนี้ใช้เพื่อสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนต่อคุณภาพการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (SMATH Application) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ข้อมูลจากการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนจะนำไปประมวลผลเพื่อการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (SMATH Application)
2. แบบสำรวจมีทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านความสามารถของแอปพลิเคชัน ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน และด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชัน

ส่วนที่ 3 แสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม**

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องหน้าข้อความ

1. เพศ ○ ชาย ○ หญิง
2. โรงเรียน ○ เพลินพัฒนา ○ รุ่งอรุณ
3. ห้องเรียน ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4
4. ความถี่ในการใช้งาน “SMATH Application” นอกชั้นเรียน
   - ○ 1 – 3 ครั้ง/สัปดาห์
   - ○ 4 – 6 ครั้ง/สัปดาห์
   - ○ 7 – 9 ครั้ง/สัปดาห์
   - ○ มากกว่า 9 ครั้ง/สัปดาห์
   - ○ ไม่ใช้ เพราะ (โปรดระบุ) .....

   .....

   **หมายเหตุ** ถ้าตอบ **ไม่ใช้** ให้ข้ามไปทำส่วนที่ 2
5. ช่วงเวลาส่วนมากที่ใช้งาน “SMATH Application” นอกชั้นเรียน (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)
   - ☐ 06:00 – 08:00 น.
   - ☐ 08:00 – 10:00 น.
   - ☐ 10:00 – 12:00 น.
   - ☐ 12:00 – 13:00 น.
   - ☐ 13:00 – 15:00 น.
   - ☐ 15:00 – 17:00 น.
   - ☐ 17:00 – 19:00 น.
   - ☐ 19:00 – 21:00 น.
   - ☐ 21:00 – 23:00 น.
   - ☐ หลังเวลา 23:00 น.

**ส่วนที่ 2 ระดับความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจของท่านมากที่สุด

| รายการ | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| **1. ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | |
| 1.1 เสริมสร้างความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 1.2 เสริมสร้างความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | | | | | |
| 1.3 เสริมสร้างความสามารถในการดำเนินการตามแผน | | | | | |
| 1.4 เสริมสร้างความสามารถในการตรวจสอบผล | | | | | |
| 1.5 เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | | | | | |
| **2. ด้านการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | |
| 2.1 ระบบการตอบคำถามด้วย Multiple Choice | | | | | |
| 2.2 ระบบการตอบคำถามด้วย Drag & Drop | | | | | |
| 2.3 ระบบการตอบคำถามด้วย Short Answer | | | | | |
| 2.4 ระบบการตอบคำถามด้วย Highlight | | | | | |
| 2.5 ระบบการตรวจสอบคำตอบด้วย Graph | | | | | |
| 2.6 ระบบ Navigation Bar (ปุ่มแถบด้านล่าง) | | | | | |
| 2.7 ระบบการระบุคะแนนภายหลังการตอบคำถามแต่ละรูปแบบ | | | | | |
| 2.8 การปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้งาน | | | | | |
| 2.9 มีความครอบคลุมกับการใช้งานจริงในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ | | | | | |
| **3. ด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งานแอปพลิเคชันบนมือถือ** | | | | | |
| 3.1 การเลือกใช้ชนิด ขนาด สีของตัวอักษรบนแอปพลิเคชันบนมือถือ | | | | | |
| 3.2 การใช้ภาษาที่สามารถสื่อสารให้เข้าใจได้ง่าย | | | | | |
| 3.3 การใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมายได้ชัดเจน | | | | | |
| 3.4 การจัดวางตำแหน่งของส่วนประกอบของเมนูต่าง ๆ ในแอปพลิเคชันบนมือถือมีความสะดวกต่อการใช้งาน | | | | | |
| 3.5 การจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการใช้งาน | | | | | |

สรุปความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

○ มากที่สุด ○ มาก ○ ปานกลาง ○ น้อย ○ น้อยที่สุด

**ส่วนที่ 3 แสดงความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่มีต่อการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# ภาคผนวก ช
# คู่มือการใช้งาน SMATH Application

**ขั้นตอนการติดตั้ง SMATH Application**

- ใช้ Android

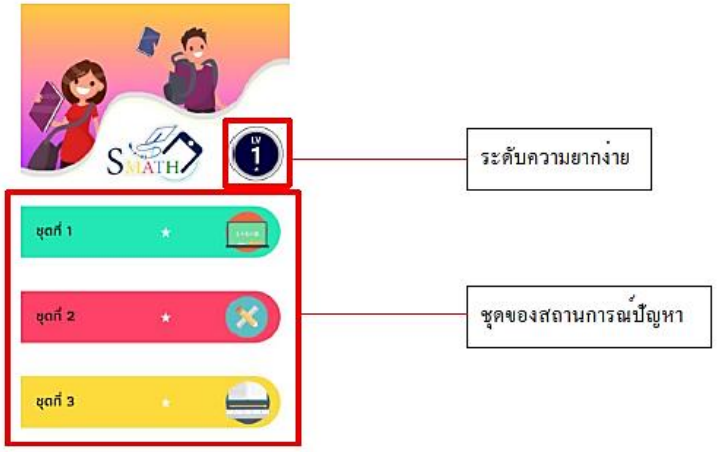
1. เปิด Google Play Store ในโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. ค้นหาและเลือกแอปพลิเคชัน “SMATH”
3. กด “ติดตั้ง”

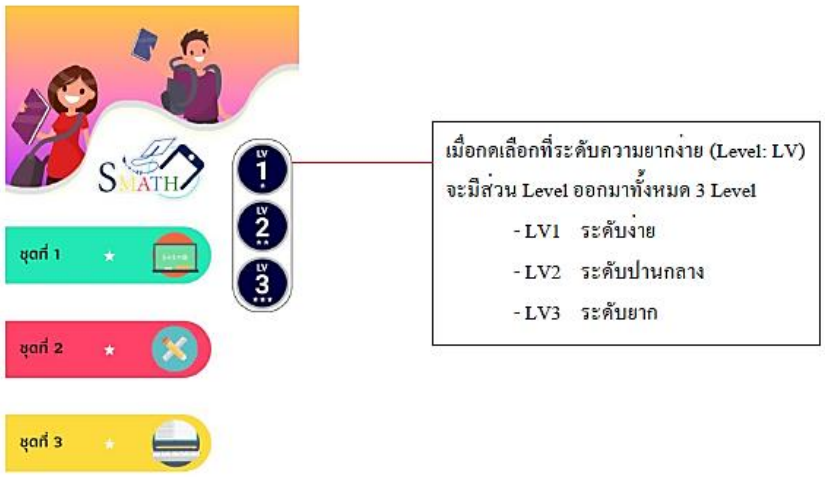
- ไม่ได้ใช้ Android

1. ดาวโหลด Bluestack ลงเครื่อง PC / Notebook (https://www.bluestacks.com/bluestacks-x.html)
2. ดาวโหลดไฟล์ apk ลงเครื่อง
(https://drive.google.com/file/d/1NzsKIveM2cjIMuLtiaazqVP73XlJhPcF/view?usp=drivesdk)
3. เปิดโปรแกรม Bluestack และลากไฟล์ apk ลงในหน้าจอของ Bluestack
4. ปรับสัดส่วนของจอ

**วิธีการใช้งาน SMATH Application**

1. หน้าหลักมีให้เลือก 2 อย่าง คือ ชุดของสถานการณ์ปัญหา (ชุดที่ 1 - 3) และ ระดับความยากง่าย (Level 1 – 3)



3

2. เมื่อทำการเลือก Level และชุดของสถานการณ์ปัญหาเรียบร้อยแล้ว หน้าถัดไปจะเป็นหน้าแสดงสถานการณ์ปัญหา ซึ่งจะมี 5 สถานการณ์ปัญหา ของแต่ละ Level และ แต่ละชุด

3. เมื่อเลือกปัญหาที่ต้องการเป็นที่เรียบร้อยแล้ว หน้าถัดไปจะเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหา โดยในแต่ละปัญหาจะมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล ทั้งนี้ได้แบ่งกระบวนการในการแก้ปัญหาของแต่ละชุดเพื่อแก้ปัญหาในแอปพลิเคชันตามทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มพฤติกรรมนิยม ดังนี้

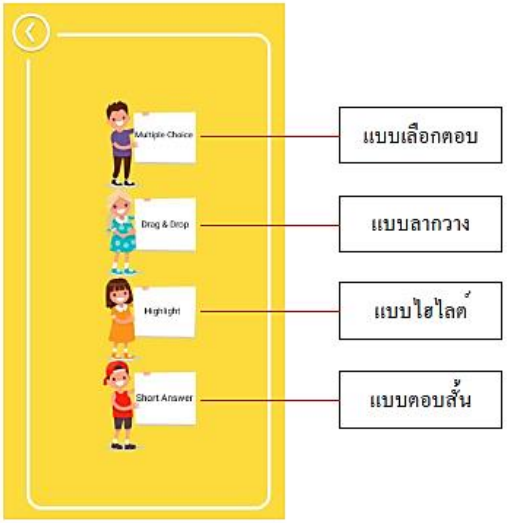
- ชุดที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา
- ชุดที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ไขปัญหา และดำเนินการตามแผน
- ชุดที่ 3 ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ไขปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล

4

ชุดที่1 ชุดที่2 ชุดที่3

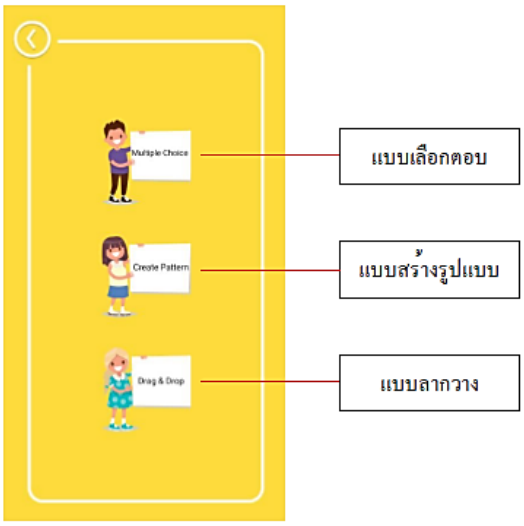
4. เมื่อทำการเลือกขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาแล้ว หน้าถัดไปจะแสดงผลหน้าจอโดยให้เลือกรูปแบบในการแก้ปัญหา ดังนี้

- ทำความเข้าใจปัญหา จะมีทั้งหมด 4 รูปแบบได้แก่ Multiple Choice , Drag & Drop , Highlight และ Short Answer

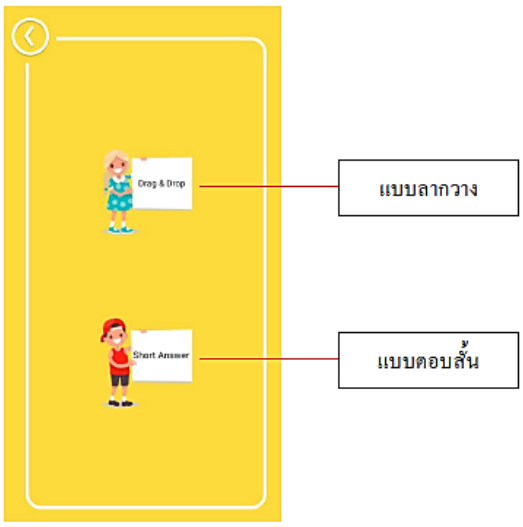


5

- วางแผนแก้ไขปัญหา จะมีทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ Multiple Choice , Create Pattern และ Drag & Drop

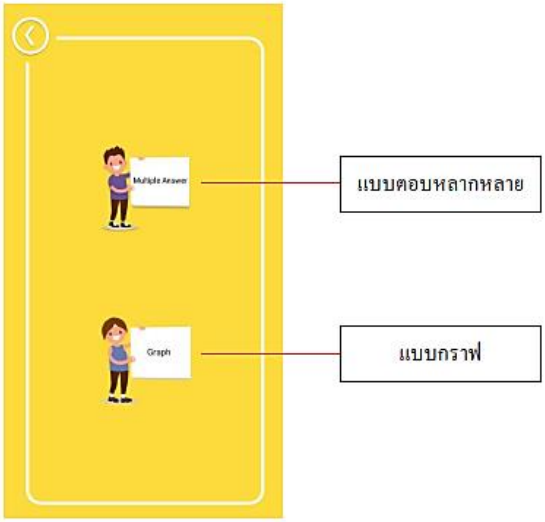



- ดำเนินการตามแผน จะมีทั้งหมด 2 รูปแบบ ได้แก่ Drag & Drop และ Short Answer

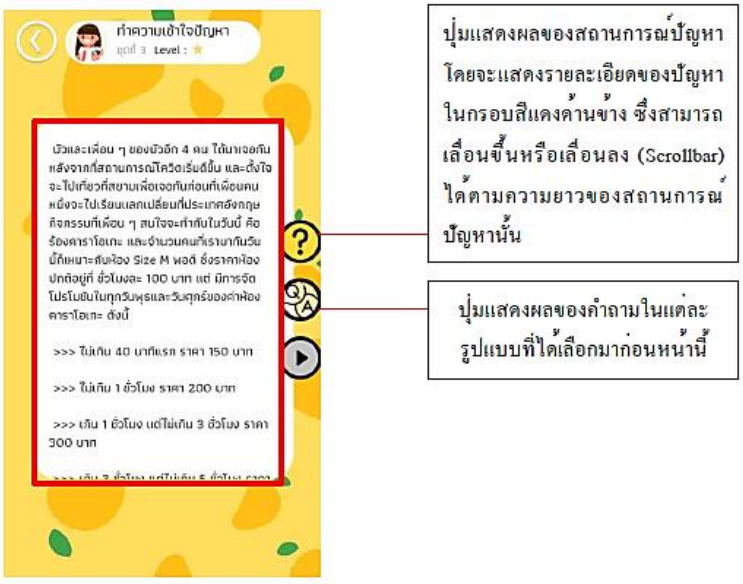


6

- ตรวจสอบผล จะมีทั้งหมด 2 รูปแบบ ได้แก่ Multiple Answer และ Graph




5. เมื่อทำการเลือกรูปแบบที่ต้องการฝึกแล้ว จะแสดงผลหน้าจอ ดังนี้



สำหรับปุ่มแสดงผลของคำถามจะมีความแตกต่างกันไปตามรูปแบบที่ได้เลือกมา โดยมีขั้นตอนและวิธีทำในแต่ละรูปแบบ ดังนี้

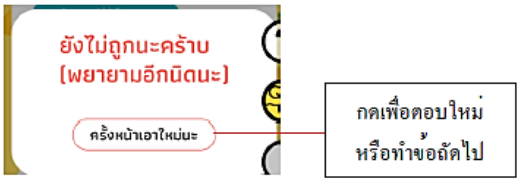
- Multiple Choice (แบบเลือกตอบ)

เป็นรูปแบบที่มีตัวเลือกให้ 4 ตัวเลือก โดยสามารถเลือกตอบได้เพียง 1 ตัวเลือกเท่านั้น

- Drag Drop (แบบลากวาง)

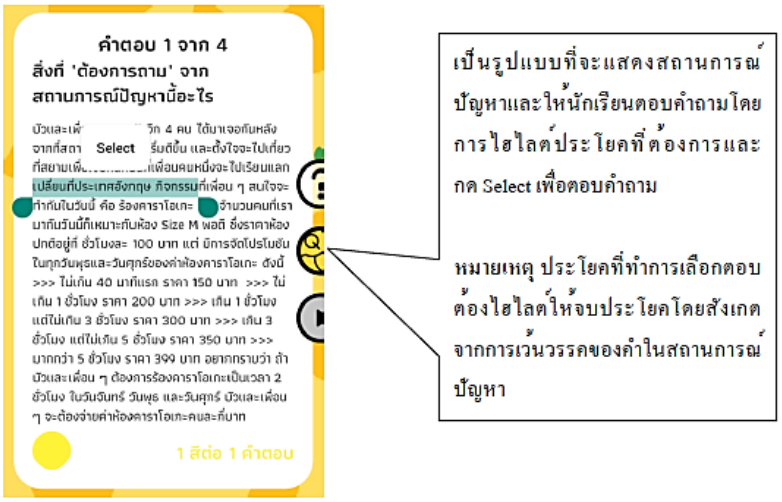
เป็นรูปแบบที่จะแสดงกล่องข้อความซึ่งเป็นตัวเลือกไว้ด้านบน นักเรียนสามารถลากตัวเลือกมาวางในกล่องคำตอบของแต่ละคำถาม

>>> หากนักเรียนเลือกตัวเลือก “ผิด” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้




>>> แต่หากนักเรียนเลือกตัวเลือก “ถูกต้อง” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้

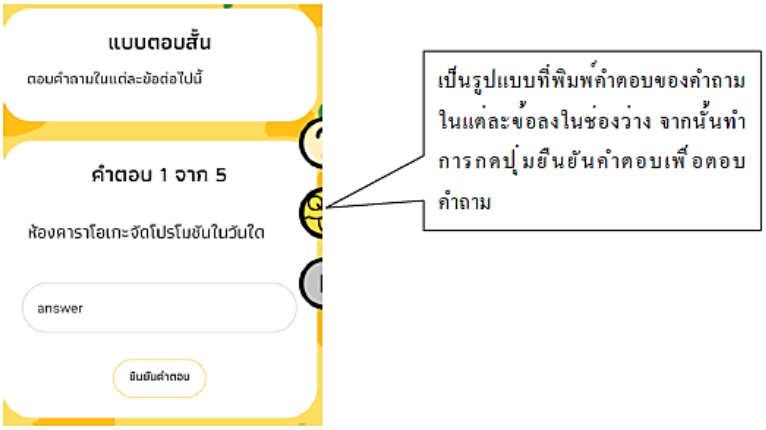
- Highlight (แบบไฮไลต์)



>>> หากนักเรียนเลือกประโยค “ผิด” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้

>>> แต่หากนักเรียนเลือกประโยค “ถูกต้อง” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้

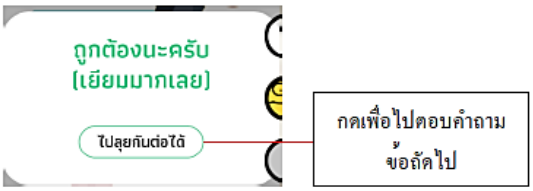
- Short Answer (แบบตอบสั้น)



10

>>> หากนักเรียนตอบคำถาม “ผิด” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้

>>> แต่หากนักเรียนตอบคำถาม “ถูกต้อง” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้



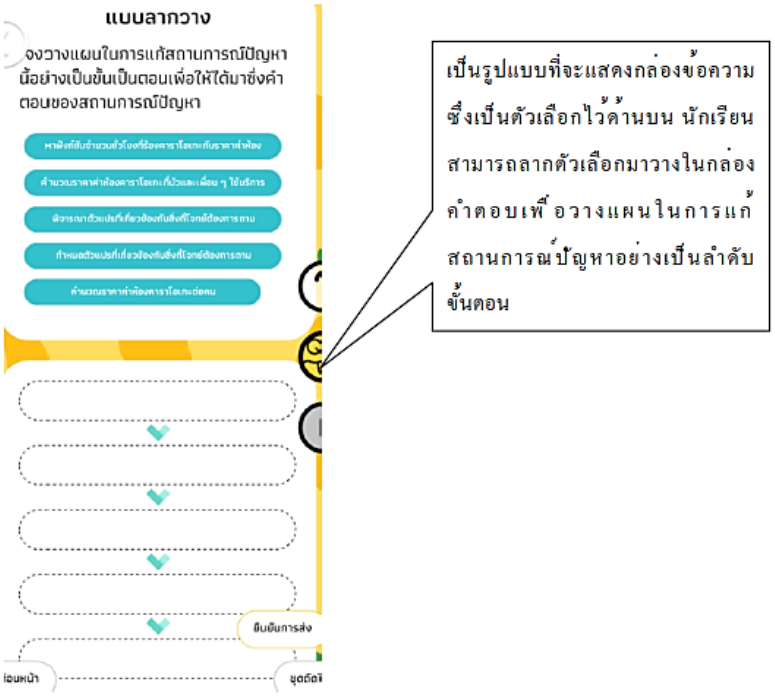

➢ สำหรับการพิมพ์ตอบที่มีคำตอบเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ต้องพิมพ์ตอบตามรูปแบบ ดังนี้

| รายละเอียด | สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ | พิมพ์ตอบใน SMATH APP |
|---|---|---|
| 1. การดำเนินการสำหรับการบวกและการลบ | a + b<br>a - b | a + b<br>a - b |
| 2. การดำเนินการสำหรับการคูณ | a × b | ab |
| 3. การดำเนินการสำหรับการหาร | $\frac{a}{b}$ | {a} / {b} |
| 4. การยกกำลัง | $a^2$ | a ^ 2 |
| 5. ค่าพาย | $\pi$ | pi |
| 6. เครื่องหมายมากกว่าเท่ากับ | $\geq$ | >= |
| 7. เครื่องหมายน้อยกว่าเท่ากับ | $\leq$ | <= |

หมายเหตุ ทุกสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการพิมพ์ตอบใน SMATH APP จะเว้นวรรค 1 วรรค ทั้งด้านหน้าและด้านหลังเสมอ

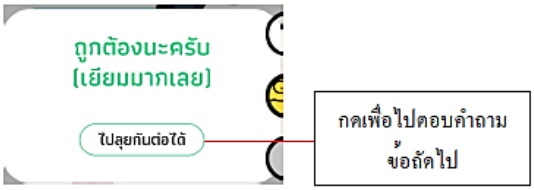
11

- Drag & Drop (แบบลากวาง)




>>> หากนักเรียนลากตัวเลือก “ผิด” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้

>>> แต่หากนักเรียนลากตัวเลือก “ถูกต้อง” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้



12

- Create Pattern (แบบสร้างรูปแบบ)

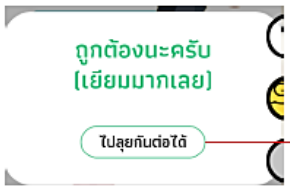
เป็นรูปแบบที่พิมพ์คำตอบลงในช่องว่าง

หลังจากที่พิมพ์คำตอบในแต่ละช่อง สามารถตรวจสอบคำตอบของตนเองได้ว่า ถูกต้องหรือไม่ โดยการกดปุ่ม

>>> หากนักเรียนพิมพ์ตอบ “ผิด” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้

กดเพื่อตอบใหม่ หรือทำข้อถัดไป

>>> แต่หากนักเรียนพิมพ์ตอบ “ถูกต้อง” แอปพลิเคชันจะแสดงกล่องข้อความขึ้นมา ดังนี้



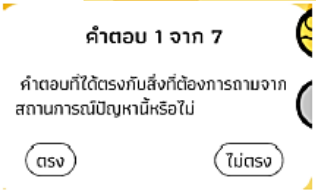

กดเพื่อไปตอบคำถามข้อถัดไป

13

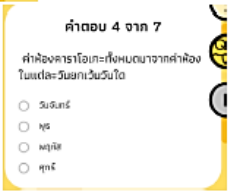
- Multiple Answer (แบบตอบหลากหลาย)

เป็นรูปแบบที่รวบรวมรูปแบบของคำถามเพื่อตอบคำถามไว้ทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้

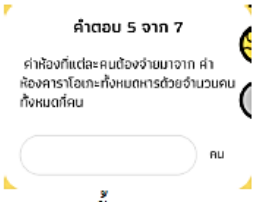
- แบบ ใช่/ไม่ใช่ (Yes/No Question)
- แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)
- แบบตอบสั้น (Short Answer)




แบบ ใช่/ไม่ใช่ (Yes/No Question)




แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)



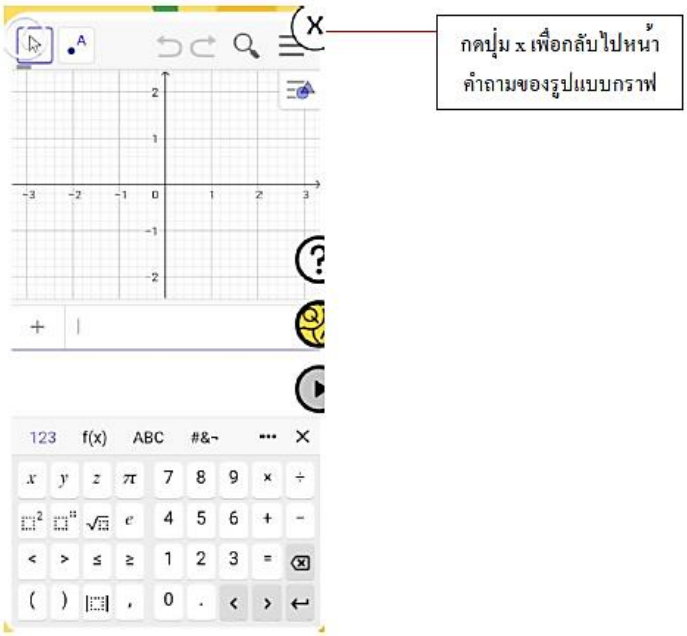

แบบตอบสั้น (Short Answer)

- Graph (แบบกราฟ)

เป็นรูปแบบที่สามารถตรวจสอบผลผ่านกราฟด้วยโปรแกรม GeoGebra และใช้รูปแบบของคำถามของ Multiple Answer เพื่อตอบคำถามในแต่ละข้อ

14

สำหรับการกดปุ่มเพื่อแสดงกราฟ กดเพื่อแสดงกราฟ เมื่อกดปุ่มแล้วจะแสดงโปรแกรม GeoGebra ขึ้นมา นักเรียนสามารถใส่สมการเพื่อแสดงกราฟได้ ดังรูป




6. เมื่อนักเรียนตอบคำถามในแต่ละรูปแบบของแต่ละสถานการณ์ปัญหาจนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนกดปุ่ม “ยืนยันการส่ง” หลังจากนั้น จะมีหน้าต่างขึ้นมาให้นักเรียนได้ใส่ชื่อเพื่อเก็บข้อมูลจากการตอบคำถามและผลคะแนนของนักเรียน

7. หากกรอกชื่อของนักเรียนเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม “โอเค” จะแสดงหน้าผลคะแนน ซึ่งมีทั้งหมด 2 ส่วน ดังนี้

- SA (Summative Assessment) คือ คะแนนที่ได้จากคะแนนทั้งหมดของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกต้องครั้งแรกในแต่ละข้อของคำถามที่กำหนดให้

- FM (Formative Assessment) คือ คะแนนที่ได้จากคะแนนทั้งหมดของนักเรียนที่ตอบคำถามถูกต้องในแต่ละข้อของคำถามที่กำหนดให้

กดปุ่มนี้เพื่อกลับหน้าหลัก

กดปุ่มนี้เพื่อดูเฉลยในแต่ละคำถามของสถานการณ์ปัญหานั้น

# ภาคผนวก ญ
## แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH Application

**แบบสัมภาษณ์การใช้ SMATH APPLICATION**

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....

**คำชี้แจง :** แบบสัมภาษณ์นี้ใช้เพื่อศึกษาบทบาทของแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (SMATH APPLICATION) ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

| ประเด็นที่สัมภาษณ์ | บันทึกคำตอบของนักเรียน |
|---|---|
| **1. ด้านทำความเข้าใจปัญหา** | |
| นักเรียนคิดว่าการทำความเข้าใจปัญหาใน SMATH APPLICATION ช่วยให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้นหรือไม่ อย่างไร | |
| **2. ด้านวางแผนแก้ปัญหา** | |
| นักเรียนคิดว่าการวางแผนแก้ปัญหาใน SMATH APPLICATION ช่วยให้นักเรียนเห็นส่วนย่อย ๆ หรือเห็นภาพของขั้นตอนในการแสดงวิธีคิดเพื่อหาคำตอบก่อนที่จะเขียนกระบวนการหรือแนวคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบอย่างไรบ้าง | |
| **3. ด้านดำเนินการตามแผน** | |
| นักเรียนคิดว่าการดำเนินการตามแผนใน SMATH APPLICATION ช่วยให้นักเรียนสามารถแสดงกระบวนการหรือแนวคิดและคำนวณคำตอบของสถานการณ์ปัญหาตามเงื่อนไขที่กำหนดได้อย่างไรบ้าง | |
| **4. ด้านตรวจสอบผล** | |
| นักเรียนคิดว่าการตรวจสอบผลใน SMATH APPLICATION ช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนคำตอบหรือการคำนวณของตนเองอย่างไรบ้าง | |

| **5. SMATH APPLICATION เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน** | |
|---|---|
| 5.1 นักเรียนได้เรียนรู้หรือเข้าใจอะไรมากขึ้นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากใช้ SMATH APPLICATION | |
| 5.2 นักเรียนจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้หรือพัฒนาตนเองต่อเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างไร | |

# ภาคผนวก ฏ
# รายนามผู้เชี่ยวชาญ

**รายนามผู้เชี่ยวชาญ**

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งได้แก่

(1) แอปพลิเคชันบนมือถือ (SMATH Application) ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

(2) คู่มือการใช้งาน SMATH Application

(3) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน แผนละ 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

(4) แบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

(5) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน

(6) แบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ SMATH Application ที่เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน

มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณภร ศิริพละ
   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
2. ดร.ธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์
   คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. นายปิยสิทธิ์ เมินแก้ว
   ครูคณิตศาสตร์ และครูใหญ่ฝ่ายมัธยมศึกษาของโรงเรียนรุ่งอรุณ

ที่ อว 8718/2485

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

15 พฤศจิกายน 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

เนื่องด้วย นายกษิตธร ขวัญละมูล นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสาและ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณภร ศิริพละ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับบุคลากรของท่านแล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายกษิตธร ขวัญละมูล และขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0 2649 5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 098 272 0202

ที่ อว 8718/2485

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

15 พฤศจิกายน 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนรุ่งอรุณ

เนื่องด้วย นายกษิตธร ขวัญละมูล นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสาและ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายปิยสิทธิ์ เมินแก้ว เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับบุคลากรของท่านแล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายกษิตธร ขวัญละมูล และขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0 2649 5064
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 098 272 0202

# บันทึกข้อความ

**ส่วนงาน** งานบริหารและธุรการ บัณฑิตวิทยาลัย โทร. 15644

**ที่** อว 8718.1/2486 **วันที่** 15 พฤศจิกายน 2564

**เรื่อง** ขอความอนุเคราะห์บุคลากรในสังกัดเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นายกษิตธร ขวัญละมูล นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสาและ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ ดร.ธีรศักดิ์ ฉลาดการณ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตได้ติดต่อประสานงานเบื้องต้นกับบุคลากรของท่านแล้ว และจะประสานงานในรายละเอียดดังกล่าวต่อไป สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ โทร. 098 272 0202

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายกษิตธร ขวัญละมูล และขอขอบพระคุณ มา ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

# ประวัติผู้เขียน