



การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถ  
ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง  
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

THE DEVELOPMENT OF INSTRUCTIONAL ACTIVITIES TO ENHANCE  
THE ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS TO APPLY

อิสริยา ปรมัตถากร



การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถ  
ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง  
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2562  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE DEVELOPMENT OF INSTRUCTIONAL ACTIVITIES TO ENHANCE  
THE ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS TO APPLY  
MATHEMATICAL MODELS FOR REAL-WORLD PROBLEMS SOLVING



ISARIYA PARAMUTTHAKORN

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION  
(Mathematics)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถ  
ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง  
สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ของ

อิสริยา ปรมัตถการ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุฎิบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ..... ประธาน  
(อาจารย์ ดร.รุ่งฟ้า จันทร์จารุภรณ์) (รองศาสตราจารย์ ดร.พงศัศม์ เพ็ญฟู)

..... ที่ปรึกษาร่วม ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล) (อาจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
ผู้วิจัย	อิสริยา ปรมัตถการ
ปริญญา	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ คือ (1) เพื่อศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนและครู (2) เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 60/60 (3) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน และ (4) เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนและครูระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า (1) สภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (1.1) คะแนนเฉลี่ยของความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนและครูอยู่ในระดับมาก (1.2) เมื่อให้แก้ปัญหาในชีวิตจริง พบว่า นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (1.3) ครูมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมีประสบการณ์น้อยในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (2) กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 67.22/64.38 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 60/60 (3) นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (4) เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ การใช้คณิตศาสตร์ และการอธิบายคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์

คำสำคัญ : กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์, การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์, ปัญหาในชีวิตจริง, การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Title	THE DEVELOPMENT OF INSTRUCTIONAL ACTIVITIES TO ENHANCE THE ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS TO APPLY MATHEMATICAL MODELS FOR REAL-WORLD PROBLEMS SOLVING
Author	ISARIYA PARAMUTTHAKORN
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Lecturer Dr. Rungfa Janjaruporn
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Pisuttawan Sripirom Sirininlakul

The purposes of this research are as follows: (1) to study the teaching and learning conditions related to mathematical modeling for resolving the real-world problems of students and teachers; (2) to develop instructional activities that enhanced their mathematical modeling ability for resolving real-world problems of students. The development of instructional activities for students needed to be effective and based on a criteria of 60/60; (3) to study the ability of mathematical modeling for resolving the real-world problems of students; (4) to study the behavior of mathematical modeling for resolving real-world problems. The target group were students and teachers at the lower secondary school level at Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (Secondary) and Ramkhamhaeng University Demonstration School (Secondary), and selected by purposive sampling. The results of the research indicated the following: (1) the teaching and learning conditions related to mathematical modeling to resolve real-world problems: (1.1) the average score of beliefs relating to mathematical modeling for resolving real-world problems of students and teachers was at a high level; (1.2) when the target group were assigned to solve real-world problems or if the students misunderstood mathematical modeling for resolving real-world problems; (1.3) the teachers had misunderstandings and less experience in designing teaching activities related to mathematical modeling for resolving real-world problems; (2) teaching and learning activities that enhanced the ability of mathematical modeling for resolving real-world problems for students with an efficiency of 67.22/64.38, which met the 60/60 criteria; (3) the students who were taught with teaching and learning activities that enhanced the ability of mathematical modeling for resolving real-world problems had higher abilities than the criteria for a total of 60% of the full score, with more than 60% of the total number of students and at the significance level of 0.05; (4) when the students had gained experience in mathematical modeling for resolving real-world problems, they could develop their ability to understand the task, searching for and using mathematics and explaining the results of real-world problems correctly in accordance with actual situations

Keyword : Mathematics Instructional Activities, Mathematical modeling, Real-world problems, Mathematical problem solving

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ได้ด้วยความเมตตาอย่างสูงยิ่งจาก อาจารย์ ดร.รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาดูแลเอาใจใส่ ให้แนวคิดและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำปริญญาานิพนธ์นี้จนมีความสมบูรณ์ พร้อมทั้งให้ประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีค่าแก่ผู้วิจัยตั้งแต่ต้นจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พงศ์รัศมี เฟื่องฟู และ อาจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์ ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบปากเปล่า รวมทั้งคณาจารย์สาขาคณิตศาสตร์ทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จนเป็นเครื่องมือที่สมบูรณ์เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือ และเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.รัชพล พลรัตน์ อาจารย์ ดร.ธีรเชษฐ เรืองสุขอนันต์ อาจารย์ ดร.จิตติมา ชอบเอียด อาจารย์ ดร.นันทชัย นวลสะอาด และอาจารย์จิราวรรณ เทพจินดา ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และให้คำปรึกษาในการทำวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วุฒิพงษ์ ปรมัตถากร (บิดา) คุณอารี ปรมัตถากร (มารดา) คุณวงศกร ปรมัตถากร (พี่ชาย) และคุณเนติ ปรมัตถากร (พี่ชาย) เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความรัก ความห่วงใย เป็นทั้งกำลังใจและกำลังทรัพย์สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด คุณค่าและประโยชน์ทั้งหลายอันเกิดจากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาคุณบิดา มารดา ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และอบรมสั่งสอนผู้วิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

อิสริยา ปรมัตถากร

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญรูปภาพ .....	ฒ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง .....	1
คำถามการวิจัย.....	5
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	5
ความสำคัญของการวิจัย .....	6
ขอบเขตของการวิจัย .....	6
1. กลุ่มเป้าหมาย.....	6
ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิง คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู .....	6
ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน ที่เสริมสร้าง ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน.....	7
ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบ เชิง คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน.....	8
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	8
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย .....	9

4. ตัวแปรที่ศึกษา .....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
สมมติฐานของการวิจัย.....	12
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	12
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	14
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ .....	16
1.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	16
1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ .....	17
1.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	19
1.4 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ .....	20
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ .....	23
2.1 ความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	23
2.2 ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	27
2.3 ประเภทของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ .....	30
2.4 ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ .....	32
2.5 กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ .....	34
ตอนที่ 3 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง.....	48
3.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.....	48
3.2 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนผ่านการแก้ปัญหา .....	53
3.3 บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการ สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง .....	57
3.4 การวัดและประเมินผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง.....	59
3.5 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอน .....	67

ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	72
4.1 งานวิจัยในประเทศ.....	72
4.2 งานวิจัยต่างประเทศ.....	76
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	81
ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู.....	83
1.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย.....	83
1.2 การกำหนดกรอบแนวคิด .....	83
1.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....	84
1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	87
1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล .....	88
ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน .....	88
2.1 การกำหนดกลุ่มทดลองนำร่อง .....	88
2.2 การกำหนดกรอบแนวคิด .....	89
2.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....	97
2.4 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน.....	103
ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อ แก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน.....	104
3.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย.....	104
3.2 การกำหนดกรอบแนวคิด .....	104
3.3 การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล .....	106
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน .....	107

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	109
ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู .....	110
ตอนที่ 1 ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู .....	110
ตอนที่ 2 ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน .....	118
ตอนที่ 3 สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู	125
ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน .....	128
ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล .....	128
ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย .....	130
ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม .....	131
ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อ แก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน .....	133
ตอนที่ 1 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา ในชีวิตจริง ..	133
ตอนที่ 2 พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง .....	135
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	200
ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการวิจัยโดยสังเขป .....	200
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	200
สมมติฐานของการวิจัย .....	200
วิธีดำเนินการวิจัย .....	201
ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิง คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู .....	201

ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน ที่เสริมสร้าง ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน.....	204
ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบ เชิง คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน.....	207
สรุปและอภิปรายผลการวิจัย .....	210
ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบ เชิง คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู.....	210
ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน ที่เสริมสร้าง ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับ นักเรียน.....	212
ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อ แก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน .....	214
ข้อเสนอแนะ .....	222
1. ข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนการสอน.....	222
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป .....	222
บรรณานุกรม .....	223
ภาคผนวก.....	231
ภาคผนวก ก การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและ ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการ สอน .....	232
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย และการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย .....	241
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้.....	244
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อ แก้ปัญหาในชีวิตจริง.....	374
ภาคผนวก จ รายงานผู้เชี่ยวชาญ.....	421



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 บทบาทครูและนักเรียนในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน .....	52
ตาราง 2 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา	59
ตาราง 3 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของชาร์ล และเลสเตอร์ .....	60
ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบวิเคราะห์ ของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี .....	61
ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ .....	66
ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม .....	66
ตาราง 7 กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน .....	92
ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น .....	98
ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความเชื่อ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน .	111
ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความเชื่อ ที่ เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู .....	114
ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพรายบุคคลของกิจกรรมการเรียนรู้การสอน ที่ เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับ นักเรียน .....	129
ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้การสอน ที่ เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับ นักเรียน .....	130
ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพคสนามของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้าง ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน ....	132

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล ที่ 1-3 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังการทดลอง ของ นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย.....	134
ตาราง 15 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย .....	135
ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนและครู .....	234
ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน .....	235
ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง .....	236
ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง .....	237
ตาราง 20 คะแนนการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง.....	238
ตาราง 21 ค่าความยากง่าย ( $P_e$ ) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง.....	240
ตาราง 22 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้าง ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง.....	242

## สารบัญรูปร่างภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	13
ภาพประกอบ 2 กระบวนการแก้ปัญหาเป็นแนวเส้นตรง .....	21
ภาพประกอบ 3 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ .....	22
ภาพประกอบ 4 แบบจำลองการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทางปฏิบัติ .....	26
ภาพประกอบ 5 การแบ่งชนิดของตัวแบบ ของจิอออร์ดาโน เวียร์ และฟอกซ์ .....	31
ภาพประกอบ 6 การพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในลักษณะการทำซ้ำเป็นวงจรของเมเยอร์ ...	35
ภาพประกอบ 7 กระบวนการของการศึกษาศถานการณ์จริงด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของโลวิทท์.....	36
ภาพประกอบ 8 กระบวนการของการศึกษาศถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของสเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ .....	37
ภาพประกอบ 9 กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของเพรสตัน .....	38
ภาพประกอบ 10 กระบวนการของการศึกษาศถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของจิอออร์ดาโน เวียร์ และฟอกซ์ .....	39
ภาพประกอบ 11 กระบวนการศึกษาศถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดของมากิ และเคอร์ จูเนียร์ .....	41
ภาพประกอบ 12 กระบวนการศึกษาศถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในชั้นเรียน ตามแนวคิดของดอสซี่ .....	42
ภาพประกอบ 13 กระบวนการศึกษาศถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดของคอมเบอร์ .....	43
ภาพประกอบ 14 การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของหลักสูตรแกนกลาง CCSSM ของประเทศสหรัฐอเมริกา .....	45
ภาพประกอบ 15 การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของบล์มและไลซ์ .....	45

ภาพประกอบ 16 การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ ซูโคโลว์ โคว์เตอร์ และบล์ม .....	46
ภาพประกอบ 17 กระบวนการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับในชั้นเรียนตามแนวคิดของ สุรสาธิต ผาสุข .....	47
ภาพประกอบ 18 วงจรการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของบล์ม .....	79
ภาพประกอบ 19 Solution Plan .....	79
ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย .....	82
ภาพประกอบ 21 กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในกิจกรรมการเรียนการสอน ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง .....	90
ภาพประกอบ 22 ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาใน ชีวิตจริง .....	96
ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างการเขียนวิธีการคำนวณและสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทันที โดยไม่มี การเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิต จริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี” .....	121
ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างการเขียนวิธีการคำนวณและสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทันที โดยไม่มี การเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิต จริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี” .....	122
ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างการเขียนแต่คำตอบเพียงอย่างเดียว และไม่มีเขียนทั้งแนวคิดและ วิธีการคำนวณ ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี” .....	122
ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างการเขียนคำอธิบายแนวคิดที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถนำไปสู่การค้นหาค่า ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี” .....	123
ภาพประกอบ 27 ร่องรอยการขีดฆ่า หรือลบคำตอบของเพชร ในใบกิจกรรมเรื่อง “รักษโลกด้วย ไฮบริด” ข้อ 1 .....	138
ภาพประกอบ 28 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ในส่วนที่เป็น สถานการณ์และคำถามของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” .....	140
ภาพประกอบ 29 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ในส่วนที่เป็น สถานการณ์และคำถามของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” .....	141

ภาพประกอบ 30 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ในส่วนที่เป็น สถานการณ์และคำถามของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”.....	142
ภาพประกอบ 31 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ในส่วนที่เป็น สถานการณ์และคำถามของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” .....	143
ภาพประกอบ 32 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ในส่วนที่เป็น สถานการณ์และคำถามของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” .....	144
ภาพประกอบ 33 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของเพชร ใน ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 1 และ 2.....	151
ภาพประกอบ 34 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 1 และ 2.....	152
ภาพประกอบ 35 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของไข่มุก ใน ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 1 และ 2.....	152
ภาพประกอบ 36 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2 .....	153
ภาพประกอบ 37 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของเพชร ใน ใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2 .....	154
ภาพประกอบ 38 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2 .....	154
ภาพประกอบ 39 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2 .....	155
ภาพประกอบ 40 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2 .....	156
ภาพประกอบ 41 ร่องรอยการอธิบายข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมของเพชร ในใบ กิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 3 (กิจกรรมช่วงที่ 1).....	159
ภาพประกอบ 42 ร่องรอยการอธิบายข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมของเพชร ในใบ กิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 3 (กิจกรรมช่วงที่ 2).....	160

ภาพประกอบ 43 ร่องรอยการอธิบายข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 3 (กิจกรรมช่วงที่ 3).....	161
ภาพประกอบ 44 ร่องรอยการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของเพชร ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 4 .....	162
ภาพประกอบ 45 ร่องรอยการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของพลอย ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 4 .....	162
ภาพประกอบ 46 ร่องรอยการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของไข่มุก ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 4 .....	162
ภาพประกอบ 47 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 4 .....	163
ภาพประกอบ 48 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 4 .....	164
ภาพประกอบ 49 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 4 .....	165
ภาพประกอบ 50 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 4 .....	166
ภาพประกอบ 51 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 4 .....	166
ภาพประกอบ 52 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 5 .....	168
ภาพประกอบ 53 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 5 .....	169
ภาพประกอบ 54 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 5 .....	170
ภาพประกอบ 55 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 5 .....	171

ภาพประกอบ 56 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้  
เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 5 172

ภาพประกอบ 57 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้  
เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 5.. 173

ภาพประกอบ 58 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง ให้อยู่  
ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด”  
ข้อ 6..... 175

ภาพประกอบ 59 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง ให้อยู่  
ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วย  
ไฮบริด” ข้อ 6 ..... 175

ภาพประกอบ 60 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง ให้อยู่  
ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด”  
ข้อ 6..... 176

ภาพประกอบ 61 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง ให้อยู่  
ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”  
ข้อ 6..... 177

ภาพประกอบ 62 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง ให้อยู่  
ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”  
ข้อ 6..... 177

ภาพประกอบ 63 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง ให้อยู่  
ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้  
พลังงาน” ข้อ 6..... 178

ภาพประกอบ 64 ร่องรอยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรมเรื่อง “รักษโลก  
ด้วยไฮบริด” ข้อ 7 ..... 179

ภาพประกอบ 65 ร่องรอยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุน  
ค่าเสียโอกาส” ข้อ 7..... 180

ภาพประกอบ 66 ร่องรอยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของทับทิม ในใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 7.....	180
ภาพประกอบ 67 ร่องรอยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรมเรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 7 .....	181
ภาพประกอบ 68 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 8 .....	183
ภาพประกอบ 69 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 8 .....	184
ภาพประกอบ 70 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 8.....	185
ภาพประกอบ 71 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 8.....	186
ภาพประกอบ 72 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 8 .....	187
ภาพประกอบ 73 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 9 .....	188
ภาพประกอบ 74 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 9 .....	188
ภาพประกอบ 75 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 9.....	189
ภาพประกอบ 76 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 9.....	189

ภาพประกอบ 77 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 9..... 190

ภาพประกอบ 78 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความ สมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10..... 191

ภาพประกอบ 79 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความ สมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10..... 192

ภาพประกอบ 80 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความ สมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10..... 192

ภาพประกอบ 81 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความ สมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10..... 193

ภาพประกอบ 82 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความ สมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10..... 193

ภาพประกอบ 83 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความ สมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10..... 194

ภาพประกอบ 84 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความ สมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 10..... 194

ภาพประกอบ 85 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ของ เพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10 ..... 196

ภาพประกอบ 86 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ของ ทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษั้โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10 ..... 196

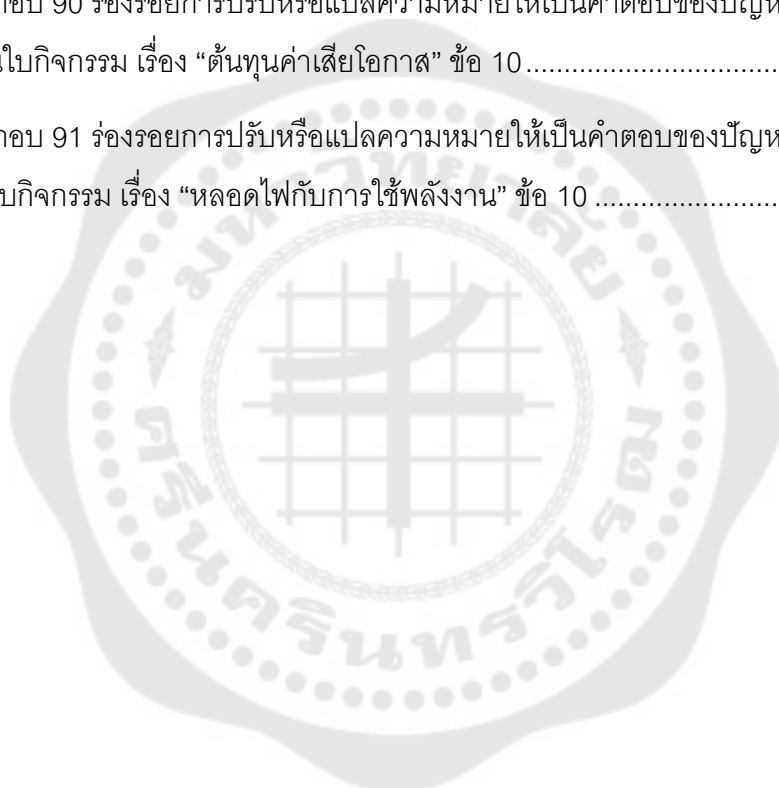
ภาพประกอบ 87 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ของ พลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษ์โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10..... 196

ภาพประกอบ 88 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ของ เพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10 ..... 197

ภาพประกอบ 89 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ของ ไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10 ..... 197

ภาพประกอบ 90 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ของ ทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10..... 198

ภาพประกอบ 91 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ของ เพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 10 ..... 198



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ในบรรดามวลประสบการณ์ที่จัดให้นักเรียนได้เรียนรู้ นั่น คณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งในกลุ่มทักษะที่มีความสำคัญมาก เพราะคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือของการเรียนรู้และเป็นรากฐานของการเรียนรู้ในระดับสูง อย่างไรก็ตามในความรู้สึกของคนทั่วไป คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยตัวเลขและการคำนวณ และมักคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก เนื่องจากมีทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามมากมาย และไม่มีสื่อรูปธรรมที่ชี้แทนได้ชัดเจน ดังที่ อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 1) ได้ยกตัวอย่างไว้ว่า “เมื่อกล่าวถึง 3 อาจหมายถึง ปากกา 3 ด้าม หมอน 3 ใบ กระจาด 3 แพน จึงไม่มีสื่อรูปธรรมเฉพาะที่ชี้แทน 3 และเมื่อกล่าวถึงยิ่งหาสื่อที่เป็นรูปธรรมแทนได้ยาก” ความรู้ทางคณิตศาสตร์จึงเป็นความรู้ที่ดูเหมือนจะอยู่ห่างไกลมนุษย์ แต่แท้จริงแล้ว มนุษย์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงเสมอ ทั้งโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ ทั้งโดยรู้ตัวและไม่รู้ตัว โดยเฉพาะกับการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ตัวอย่างเช่น เรื่องของการจับจ่ายใช้สอยในชีวิตประจำวันที่ต้องมีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับราคาของสินค้า เพื่อช่วยในการประมาณค่าใช้จ่าย การตัดสินใจเลือกโปรแกรมรูปแบบต่าง ๆ หรือการเลือกส่วนลดที่คุ้มค่าที่สุด เรื่องของการเดินทางที่ต้องมีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาระยะทางที่สั้นที่สุด หรือการหาเส้นทางที่สามารถไปส่งสินค้าหรือทำธุระหลาย ๆ แห่ง แล้วใช้เวลาและค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เป็นต้น ตัวอย่างเหล่านี้เป็นสถานการณ์ที่แสดงให้เห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวและมีประโยชน์ต่อชีวิตมนุษย์ และความรู้ทางคณิตศาสตร์ช่วยให้การแก้ปัญหาในชีวิตจริงทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น ดังที่ ราจาราแมน (Rajaraman, 2005, p. 360) ได้กล่าวว่า “สิ่งที่มีเสน่ห์ที่สุดในการพัฒนาปัญญาของมนุษย์ก็คือ คณิตศาสตร์ ที่ไม่ได้เป็นเพียงแค่ศาสตร์หนึ่งในการศึกษา แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่มีพลังสำหรับความสามารถในการเข้าใจโลกภายนอกและการดำรงชีวิตได้” สอดคล้องกับโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ที่ได้กล่าวถึง **ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์** (Mathematical literacy) ว่า “ช่วยให้รู้และเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีในโลกทำให้สามารถตัดสินใจบนพื้นฐานความรู้ที่เข้มแข็ง เพื่อจะเป็นพลเมืองที่มีความคิด มีความหวังใจ และสร้างสรรค์สังคม” (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2557, น. 2)

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนจึงมีความสำคัญ และควรนำการแก้ปัญหามาเป็นจุดเน้นของหลักสูตรคณิตศาสตร์ และ

เป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ รวมถึงเป็นส่วนที่บูรณาการกิจกรรมทั้งหมดทางคณิตศาสตร์ ดังที่ สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teacher of Mathematics หรือ NCTM) ที่ได้กำหนดให้ การแก้ปัญหาเป็นมาตรฐานหนึ่งในทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง และกำหนดให้การแก้ปัญหาเป็นจุดมุ่งหมายและกระบวนการสำคัญในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน (National Council of Teacher of Mathematics, 2000, p. 52) มาตรฐานนี้ เป็นการเน้นย้ำถึงบทบาทของการแก้ปัญหาในหลักสูตรคณิตศาสตร์ในโรงเรียนแทบทุกประเทศทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยด้วย โดยในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของไทยได้กำหนดให้ **การแก้ปัญหา** (Problem solving) เป็นหนึ่งในห้าของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนควรมี ซึ่งทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์นี้เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาไว้ตอนหนึ่งว่า “การแก้ปัญหาคือกระบวนการที่ผู้เรียนควรจะเรียนรู้ ผูกพัน และพัฒนาให้เกิดทักษะขึ้นในตนเองเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ และเพื่อให้ผู้เรียนมีแนวทางในการคิดที่หลากหลาย รู้จักประยุกต์และปรับเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสม รู้จักตรวจสอบและสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหา มีนิสัยกระตือรือร้นไม่ย่อท้อ รวมถึงมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน” (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2560, น. 123)

การเสริมสร้างทักษะ **การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** (Mathematical problem solving) ให้กับนักเรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง และหากต้องการให้นักเรียนเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ที่มีต่อชีวิตจริง รวมถึงสามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ให้เป็นประโยชน์เมื่อต้องการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ ปัญหาที่ครูนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรเป็น **ปัญหาในชีวิตจริง** (Real-world problems) สอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่า การแก้ปัญหานั้นแท้จริงแล้วเน้นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน (Real life problems) ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่คุ้นเคย และแตกต่างจากปัญหาที่เป็นตัวอย่างในห้องเรียน ซึ่งจะทำให้เกิดประสบการณ์ที่มีค่าในการแก้ปัญหา และสามารถนำประสบการณ์เหล่านี้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ (อัมพร ม้าคนอง, 2559, น. 48) นอกจากนี้ การใช้ปัญหาในชีวิตจริงยังเป็นการเน้นให้นักเรียนเห็นถึงการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยง และประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียน

เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ (ศันสนีย์ เณรเทียน, 2560, น. 240)

จากการศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของไทย (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่า หลักสูตรให้ความสำคัญกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยมีการกำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง เพื่อให้นักเรียนเกิดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ทั้งหมด 5 ข้อด้วยกัน และหนึ่งในนั้นคือ “การมองเห็นว่าสามารถใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้” (สสวท., 2560, น.15) แต่เมื่อพิจารณาลักษณะของปัญหาที่นักเรียนได้พบเจอจากการเรียนการสอนในห้องเรียนและในหนังสือเรียน พบว่า มีการใช้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง แต่เป็นลักษณะของการปรับบริบทให้เหมาะสมเพื่อเอื้อให้อ่านและทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ชัดเจนเกินไป จนไม่เห็นความเป็นจริงของชีวิต ทำให้นักเรียนขาดตัวอย่างของปัญหาในชีวิตจริงที่ไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปช่วยหาคำตอบให้ถูกต้องโดยตรง (ศันสนีย์ เณรเทียน, 2560, น. 244) ประกอบกับผลสรุปการประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในโครงการ PISA ซึ่งเป็นโครงการประเมินความสามารถในการใช้ความรู้ และทักษะของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ จัดโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) บ่งชี้เช่นกันว่าการประเมินผลในระยะที่ 2 ของ PISA 2003 และ PISA 2012 ซึ่งเน้นด้านคณิตศาสตร์ (น้ำหนักข้อสอบด้านคณิตศาสตร์ 60% ด้านการอ่าน และวิทยาศาสตร์ อย่างละ 20%) นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD ทั้งในปี ค.ศ. 2003 และ ค.ศ. 2012 (สสวท., 2560, น. 6) โดยในปี ค.ศ. 2003 คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย คือ 432 คะแนน (ค่าเฉลี่ยของ OECD คือ 500 คะแนน) และปี ค.ศ. 2012 คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย คือ 427 คะแนน (ค่าเฉลี่ยของ OECD คือ 494 คะแนน) ซึ่งกรอบการประเมินผลของ PISA จะเน้นที่การประเมินว่า นักเรียนสามารถนำฐานความรู้คณิตศาสตร์มาใช้และเผชิญหน้ากับปัญหาในโลกจริงได้เพียงใด การที่ PISA ใช้คำว่า “ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์” เพื่อเน้นให้ความชัดเจนว่าการประเมินความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ของ PISA เน้นการนำคณิตศาสตร์ที่เรียนมาใช้ในการสถานการณ์ของชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนจะต้องสามารถขยายความรู้จากที่เรียนมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในบริบทต่าง ๆ ที่หลากหลาย PISA จึงให้ความสำคัญกับปัญหาในชีวิตจริง (สสวท., 2560, น. 35)

จากลักษณะของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนพบในห้องเรียนและในหนังสือเรียน ประกอบกับผลการประเมินของ PISA ดังกล่าวข้างต้น สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของไทยว่า ยังเตรียมความพร้อมในด้านทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงให้กับนักเรียนไม่เพียงพอ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญและสนใจเพิ่มมากขึ้นต่อการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ของชีวิตจริง สิ่งหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างสำหรับปัญหาที่เป็นปัญหาในชีวิตจริงกับปัญหาประเภทอื่น ๆ ก็คือ กระบวนการที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยเลือกที่จะใช้ **ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model)** เช่น สมการ อสมการ ฟังก์ชัน ตัวแปร กราฟ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) มาใช้เป็นกระบวนการในการแก้ปัญหา ด้วยเหตุผลว่า การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ ด้วยการจำลองปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ และใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ และนำคำตอบที่ได้ไปตอบปัญหาในชีวิตจริง (คันสนีย์ เณรเทียน, 2560, น. 244) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงระหว่าง **โลกที่เป็นจริง (Real world)** กับ **โลกของคณิตศาสตร์ (World of mathematics)** ด้วยการแทนสถานการณ์จริงของโลกในเชิงคณิตศาสตร์นั่นเอง (Hodgson, 1995, pp. 351-358) สอดคล้องกับ เชน (Cheng, 2001) ที่ได้กล่าวถึงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ป็นนามธรรมหรือความเรียบง่ายมากขึ้นจากปัญหาเดิมในโลกแห่งความจริงที่ซับซ้อน และถูกแปลงมาเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากนั้นสามารถหาคำตอบได้โดยการใช้เทคนิคและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถตีความกลับไปสู่การแก้ปัญหาในโลกแห่งความจริงได้”

หากพิจารณากรอบโครงสร้างการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของ PISA จะพบว่า แบบทดสอบของ PISA เน้นกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เช่นกัน (สุชาติ ปัทมวิภาต, 2557, น. 35-39) นอกจากนี้ หลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศที่มีผลการประเมิน PISA อยู่ในอันดับต้น ๆ ได้มีการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาบรรจุในหลักสูตร เช่น ประเทศสิงคโปร์ ซึ่งเป็นประเทศที่มีผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์สูงสุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก จากการจัดอันดับของ PISA 2015 เห็นได้ชัดว่ากรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนของประเทศสิงคโปร์ ที่ออกโดยกระทรวงศึกษาธิการ (Ministry of Education, 2013, pp. 14-17) เป็นหลักสูตรที่เน้นการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical problem solving) อยู่ใจกลางของกรอบแนวคิดรูปห้าเหลี่ยม โดยมีห้าองค์ประกอบรายล้อมอยู่ได้แก่ แนวคิด

(Concepts) ทักษะ (Skill) กระบวนการ (Process) การรู้คิด (Metacognition) และเจตคติ (Attitudes) องค์ประกอบทั้งห้านี้คือสิ่งที่ทำให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประสบความสำเร็จ และพบว่า การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ปรากฏอยู่ในองค์ประกอบด้านกระบวนการ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยพัฒนานักเรียนไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริง จึงเห็นได้ว่าหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสิงคโปร์เป็นหลักสูตรที่ให้ความสำคัญต่อการนำการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้กับนักเรียน

จากเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พร้อมทั้งศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

### คำถามการวิจัย

1. สภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู เป็นอย่างไร
2. กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน ควรเป็นอย่างไร
3. ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นอย่างไร
4. พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นอย่างไร

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู
2. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

3. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

4. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

### ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้ทราบถึงสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู

2. ได้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน

3. ได้แนวทางสำหรับครูในการพัฒนาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน

4. ได้แนวทางสำหรับครูและนักวิจัยในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง หรือเรื่องอื่น ๆ สำหรับนักเรียน

### ขอบเขตของการวิจัย

#### 1. กลุ่มเป้าหมาย

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนและครู ประกอบด้วย

1.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 36 คน (โรงเรียนละ 18 คน) โดยเลือกแบบเจาะจง

1.2 ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 6 คน (โรงเรียนละ 3 คน) โดยเลือกแบบเจาะจง

## **ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน**

กลุ่มเป้าหมายสำหรับทดลองนำร่องของการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 21 คน โดยเลือกแบบเจาะจง และใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ ทำการพิจารณาคะแนนดิบของนักเรียน ในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แล้วแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม ตามระดับคะแนน คือ กลุ่มที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยแบ่งนักเรียนเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ 3 ครั้ง ดังนี้

2.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

2.2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน และเป็นนักเรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มรายบุคคล

2.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 12 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มรายบุคคลและกลุ่มย่อย

### ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 16 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง และใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ ทำการพิจารณาคะแนนดิบของนักเรียนในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แล้วแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ 1 คน

จากนั้นผู้วิจัยเลือกนักเรียนที่กล้าแสดงออก มีความสามารถในการสื่อสารและนำเสนอแนวคิดของตนเองได้ดี เป็นนักเรียนเป้าหมาย (Target student) จำนวน 4 คน ซึ่งได้จากการสอบถามและสัมภาษณ์ครูประจำชั้นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย และพิจารณาจากงานเขียน การสัมภาษณ์ แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงจากช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน โดยนักเรียนเป้าหมายประกอบด้วย นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ 1 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยผู้วิจัยจะใช้กล้องวิดีโอช่วยในการบันทึกรายละเอียดของพฤติกรรมขณะลงมือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังสิ้นสุดคาบเรียนแต่ละครั้ง

#### 2. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู เวลาที่ใช้ศึกษาในการวิจัยระยะที่ 1 คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน เวลาที่ใช้ศึกษาในการวิจัยระยะที่ 2 คือภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน เวลาที่ใช้ศึกษาในการวิจัยระยะที่ 3 คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

### 3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ไม่เกินชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

### 4. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ตัวแปรตาม ได้แก่

4.1 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน

4.2 พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปัญหาในชีวิตจริง (Real-world problems) หมายถึง ปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นหรือพบได้ในชีวิตจริง ที่ต้องมีการจำลองสถานการณ์ปัญหาและสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และนำคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปปรับให้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง

2. ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นมาจากแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และเป็นสื่อที่ใช้สำหรับอธิบายลักษณะของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษาในรูปแบบของคณิตศาสตร์ ซึ่งตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้มีหลากหลายแตกต่างกัน เช่น สูตร สัญลักษณ์ สมการ นิพจน์ กราฟ ตาราง รูปเรขาคณิต แผนภาพต้นไม้ สถานการณ์จำลอง และการทดลอง เป็นต้น

3. การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เป็นพลวัต ด้วยการนำเสนอหรืออธิบายปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปของปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์แล้วกำหนดเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ นำไปสู่การค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังจากนั้นนำคำตอบ

ของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ในงานวิจัยนี้ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

3.1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the task) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่ต้องการให้นักเรียนคิด และตัดสินใจว่าอะไรคือสิ่งที่ปัญหาต้องการหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง

3.2 ขั้นค้นหาข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (Searching mathematics) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนปรับปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องพิจารณาว่าข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้มานั้น เพียงพอต่อการหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์หรือไม่ หากยังไม่เพียงพอ นักเรียนต้องศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก แล้วนำข้อมูลและเงื่อนไขทั้งหมดไปหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์และสร้างเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงนั้น

3.3 ขั้นใช้คณิตศาสตร์ (Using mathematics) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนกระทั่งสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ พร้อมกับตรวจสอบและสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.4 ขั้นอธิบายคำตอบ (Explaining results) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนเปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ก่อนทำการปรับ/แปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง

4. กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่นักเรียนจะได้ฝึกฝน และมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เกินเนื้อหาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (2) ขั้นค้นหาข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) ขั้นใช้คณิตศาสตร์ และ (4) ขั้นอธิบายคำตอบ การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้จะใช้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา (Problem solving approach) นักเรียนจะมีส่วนร่วมในการเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative learning) รับผิดชอบในการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม และนำเสนอผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ทั้งของตนเองและของกลุ่ม ตลอดจนมีส่วนร่วมในการอภิปรายผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน

5. ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการใช้คณิตศาสตร์ และด้านการอธิบายคำตอบ โดยพิจารณาจาก

5.1 คะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล (การทดสอบย่อย) ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ซึ่งประกอบด้วย

5.1.1 คะแนนจากใบกิจกรรมที่ 1 ร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม

5.1.2 คะแนนจากใบกิจกรรมที่ 2 ร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม

5.1.3 คะแนนจากใบกิจกรรมที่ 3 ร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม

5.2 คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (หลังการทดลอง) ร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

6. พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง หมายถึง การแสดงออกของนักเรียน ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

6.1 ด้านการทำความเข้าใจปัญหา โดยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียน ในการระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และการระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง

6.2 ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียนในการระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่มีความจำเป็นต้องค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก การอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ การแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงนั้น

6.3 ด้านการใช้คณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียน ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พร้อมกับตรวจสอบและสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

6.4 ด้านการอธิบายคำตอบ โดยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียน ในการเปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง และการปรับ/แปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง

7. ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอน หมายถึง คุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เมื่อนำไปใช้ในชั้นเรียนแล้วทำให้นักเรียนสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ ในการวิจัยนี้ใช้สูตร  $E_1/E_2$  โดยคิดค่า  $E_1$  เป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำใบกิจกรรมรายบุคคล และ  $E_2$  เป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังการทดลอง โดยมีเกณฑ์ตัดสิน  $E_1/E_2$  เป็น 60/60 สำหรับการพิจารณาตรวจสอบ

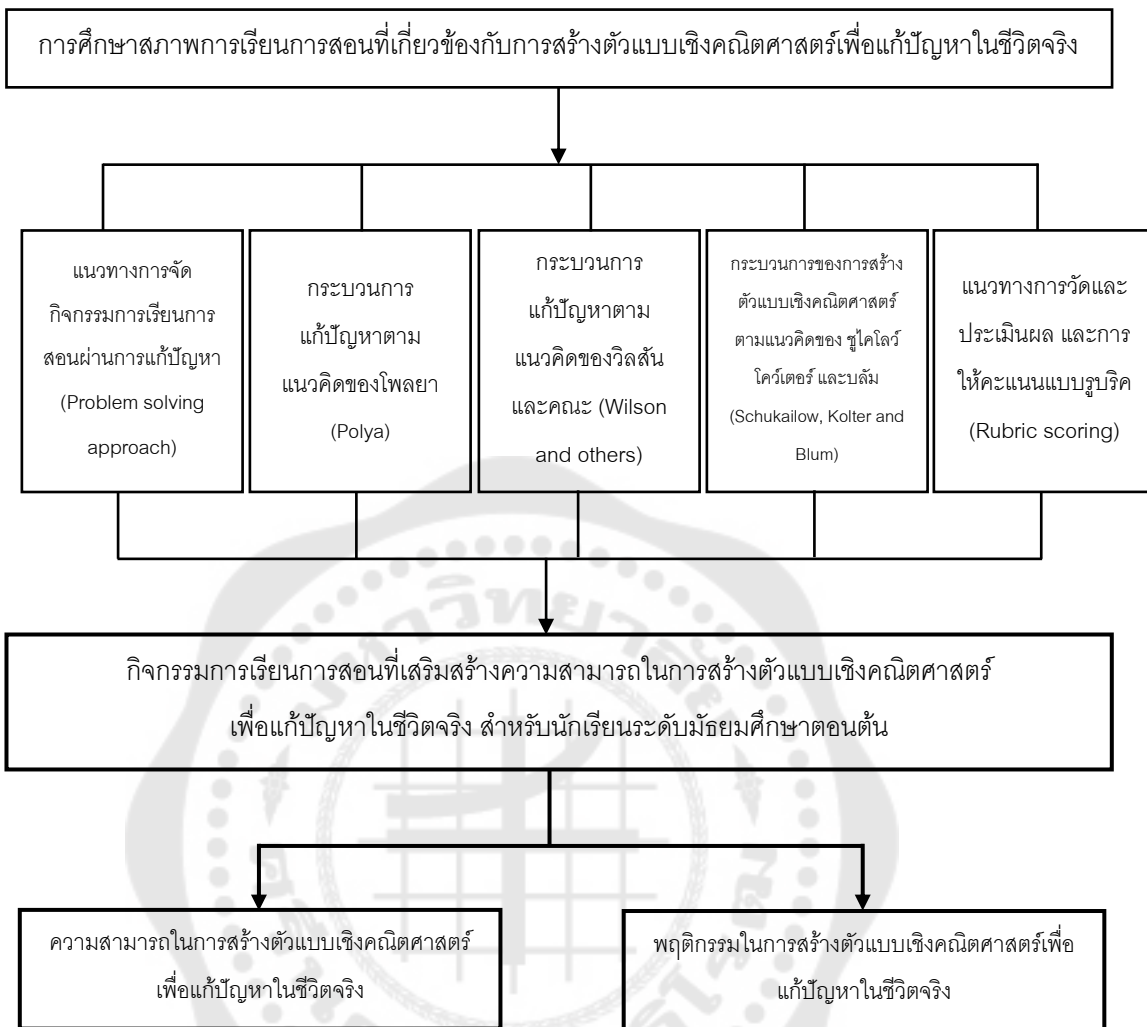
### สมมติฐานของการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนด

2. นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” ผู้วิจัยมีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งประเด็นของการศึกษาออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

#### ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

- 1.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 1.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 1.4 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

#### ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

- 2.1 ความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- 2.2 ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- 2.3 ประเภทของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- 2.4 ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- 2.5 กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

#### ตอนที่ 3 แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

- 3.1 แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
- 3.2 แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหา
- 3.3 บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- 3.4 การวัดและประเมินผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง
- 3.5 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน

#### ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

4.1 งานวิจัยในประเทศ

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ซึ่งแต่ละหัวข้อมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้



## ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

### 1.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

“ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ไม่ได้หมายความว่าเกี่ยวข้องกับจำนวนเท่านั้น ปัญหาทางคณิตศาสตร์บางปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพหรือเหตุผลทางตรรกศาสตร์โดยไม่เกี่ยวข้องกับจำนวนก็ได้” (Cruikshank; & Sheffield, 1992, p. 37)

ข้อความดังกล่าวข้างต้น เป็นการกล่าวถึงลักษณะของปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของครูลีกแซงก์ และเซฟฟิลด์ และยังได้กล่าวเพิ่มเติมอีกว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นคำถามหรือสถานการณ์ที่ทำให้หัง ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันที หรือรู้วิธีหาคำตอบโดยทันที สอดคล้องกับครูลิค และรูดนิค (Krulik; & Rudnick, 1993, p. 6) ที่กล่าวว่า “ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เป็นประโยคภาษาและคำตอบจะเกี่ยวข้องกับปริมาณ ซึ่งปัญหานั้นไม่ได้รับวิธีการหรือการดำเนินการในการแก้ปัญหาไว้อย่างชัดเจน ผู้แก้ปัญหาจะต้องค้นหาว่าจะใช้วิธีการใดในการหาคำตอบของปัญหา ซึ่งก็คือการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา”

สำหรับนักการศึกษาคณิตศาสตร์ของไทยอย่าง ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537, น. 62) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปไว้ดังนี้

1. เป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการหาคำตอบ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูป ปริมาณหรือจำนวน หรือคำอธิบายให้เหตุผล
2. เป็นสถานการณ์ที่ผู้แก้ปัญหาไม่คุ้นเคยมาก่อน ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันทีทันใด ต้องใช้ทักษะความรู้และประสบการณ์หลาย ๆ อย่างประมวลเข้าด้วยกันจึงจะหาคำตอบได้
3. สถานการณ์ใดจะเป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับผู้แก้ปัญหา และสถานการณ์หนึ่งอาจเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่ง แต่อาจไม่ใช่ปัญหาสำหรับอีกบุคคลหนึ่งก็ได้ และสถานการณ์ที่เคยเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่งในอดีต อาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลนั้นแล้วในปัจจุบัน

สอดคล้องกับ รุ่งฟ้า จันท์จากรุภรณ์ (Janjaruporn, 2005, p. 5) และ สสวท. (2555, น. 7) ที่ได้กล่าวไว้ในทำนองเดียวกันว่า “ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้ขั้นตอนวิธีการที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นโดยทันที ในขณะที่ อเนก จันทรจรรูญ (2545, น. 6) กล่าวว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง คำถามหรือสถานการณ์ที่ต้องการคำตอบ โดยที่ผู้แก้ปัญหามีส่วนใหญ่

ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ช่วยหาคำตอบของคำถามหรือสถานการณ์นั้น ๆ

จากความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่ต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้ขั้นตอนหรือวิธีการที่จะได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้นโดยทันที ต้องใช้ความรู้ และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนยุทธวิธีวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ช่วยค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหานั้น

## 1.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาคณิตศาสตร์ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ต่อไปนี้

เรย์ (Rey; et al, 2004, pp. 115-117) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากผู้แก้ปัญหา สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่คุ้นเคย (Routine problems) เป็นปัญหาที่พบเห็นได้บ่อย ๆ ในหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ทั่ว ๆ ไป ปัญหามักเกี่ยวข้องกับการประยุกต์การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ มักอยู่ในรูปโจทย์ปัญหาที่เป็นถ้อยคำหรือเป็นเรื่องราว เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างของปัญหาไม่ซับซ้อนมากนัก และคล้ายกับตัวอย่างหรือปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามีประสบการณ์ในการแก้มาแล้ว

2. ปัญหาที่ไม่คุ้นเคย (Non-routine problems) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน และแปลกใหม่สำหรับผู้แก้ปัญหา ในการแก้ปัญหาผู้แก้ปัญหามust ใช้ความรู้ ทักษะ กระบวนการต่าง ๆ และประสบการณ์หลายอย่างประมวลเข้าด้วยกันเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา

โพลยา (Polya, 1957, pp. 23-29) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากจุดมุ่งหมายของปัญหา สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาให้ค้นหา (Problems to find an answer) เป็นปัญหาที่ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาค้นหาคำตอบซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณ วิธีการ หรือคำอธิบายให้เหตุผล

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problems to prove) เป็นปัญหาให้แสดงการให้เหตุผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริง หรือข้อความที่กำหนดให้เป็นเท็จ

เมื่อพิจารณาจาก “ลักษณะเฉพาะของปัญหา” แบ่งได้เป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาขั้นตอนเดียว (One-step problems) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามust เปลี่ยนสถานการณ์ที่เป็นเรื่องราวให้เป็นประโยคทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ

หรือการหาร ปัญหาประเภทนี้มักพบในการเรียนการสอนตามปกติ ยุทธวิธีพื้นฐานที่ใช้ในปัญหาขั้นตอนเดียวนี้คือ การเลือกการดำเนินการ (Charles; Lester; & O'Daffer, 1987, pp. 11)

2. ปัญหาหลายขั้นตอน (Multiple-step problems) เป็นปัญหาที่จำนวนของการดำเนินการที่จำเป็นในการหาคำตอบมีมากกว่าหนึ่งตัว ยุทธวิธีพื้นฐานที่ใช้ในปัญหาหลายขั้นตอนคือ การเลือกการดำเนินการ (Charles; Lester; & O'Daffer, 1987, p. 11)

3. ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problems) เป็นปัญหาที่สร้างขึ้นให้มีคำตอบเปิดกว้าง หรือมีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบ หรือมีวิธีการหรือแนวทางหาคำตอบได้หลายวิธี เรามักพบปัญหาปลายเปิดได้โดยทั่วไปในการสอนในชั้นเรียนตามปกติ เมื่อผู้สอนใช้ถามนักเรียนโดยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาความหลากหลายของวิธีการหรือแนวทางเข้าสู่การหาคำตอบของปัญหาที่กำหนด (NCTM, 1989, p. 210)

4. ปัญหากระบวนการ (Process problems) เป็นปัญหาที่ไม่สามารถแปลงเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์โดยการเลือกการดำเนินการได้ทันที แต่ต้องใช้กระบวนการต่าง ๆ ช่วย เช่น การทำปัญหาให้ง่ายลง การแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย ๆ การเขียนภาพ หรือแผนภาพ การเขียนตัวแบบหรือกราฟแทนปัญหา เป็นต้น การแก้ปัญหาลักษณะนี้ต้องใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ เช่น การประมาณคำตอบ การเดาและการตรวจสอบ การสร้างตาราง การค้นหาแบบรูป การทำย้อนกลับ เป็นต้น ซึ่งปัญหากระบวนการปัญหาหนึ่งอาจใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาคำตอบได้หลายแบบ (Charles; Lester; & O'Daffer, 1987, p. 12)

5. ปัญหาเชิงประยุกต์ (Applied problems) หรือบางครั้งเรียกว่าปัญหาเชิงสถานการณ์ (Situational problems) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ปัญหาคงต้องใช้ทักษะ ความรู้ มโนคติ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาก็เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ซึ่งต้องใช้วิธีการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ เช่น การรวบรวมข้อมูลทั้งที่กำหนดในปัญหาและอยู่นอกปัญหา การจัดกระทำกับข้อมูล เป็นต้น ปัญหาประเภทนี้เป็นปัญหาที่สามารถทำให้ผู้แก้ปัญหามองเห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ได้ (Charles; Lester; & O'Daffer, 1987, p. 12)

6. ปัญหาปริศนา (Puzzle problems) มีลักษณะเป็นปัญหาที่ซ่อนสมมติฐานบางอย่างไว้ หรือมีลักษณะเป็นลูกเล่นหรือกลอุบาย ซึ่งสามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้โดยไม่จำเป็นต้องเน้นไปที่เนื้อหาทางคณิตศาสตร์เสมอไป บ่อยครั้งที่คำตอบต่าง ๆ ของปัญหาปริศนาต้องการให้นักเรียนมีมุมมองที่แตกต่างออกไปจากแบบอื่น ๆ (Billstein; Libeskind; & Lott, 1997, p. 36)

หากจำแนกประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามระดับความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงตามแนวคิดของ นิส บลัม และเกลเบรท (Niss; Blum; & Galbraith, 2007) จะแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาภายในคณิตศาสตร์ (Intra-mathematical problems) หมายถึง โจทย์คณิตศาสตร์ที่ไม่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ ขั้นตอนหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2. ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ (“Dress Up” Word problems) หมายถึง ปัญหาที่เป็นเรื่องราวในชีวิตจริง หรือมีบริบทเสมือนจริง ที่สถานการณ์ปัญหาจะสอดคล้องข้อมูลที่จำเป็น และเพียงพอที่จะเลือกความรู้ วิธีการ หรือกลวิธีทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาจนนำไปสู่คำตอบของปัญหาได้

3. ปัญหาแบบจำลอง (Modeling problems) หมายถึง ปัญหาในชีวิตจริงที่ต้องการมีการจำลองสถานการณ์ปัญหาให้สามารถใช้ความรู้คณิตศาสตร์ และสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เช่น สมการ อสมการ ฟังก์ชัน กราฟ ในการแก้ปัญหาและนำคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปปรับให้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะจำแนกประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามระดับความเชื่อมโยงกับชีวิตจริงตามแนวคิดของ นิส บลัม และเกลเบรท (Niss; Blum; & Galbraith, 2007) และให้ความหมายของปัญหาในชีวิตจริงตามความหมายของปัญหาแบบจำลอง ดังนี้

**ปัญหาในชีวิตจริง** หมายถึง ปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นหรือพบได้ในชีวิตจริง ที่ต้องการจำลองสถานการณ์ปัญหาและสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และนำคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปปรับให้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง

### 1.3 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สำหรับความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โพลยา (Polya, 1980, p.1) กล่าวว่า “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการหาวิธีการที่จะนำสิ่งที่ยุ่งยากออกไปหาวิธีการที่จะชนะอุปสรรคที่เผชิญอยู่ เพื่อจะให้ได้ข้อลงเอยหรือคำตอบที่ชัดเจน แต่ว่าสิ่งเหล่านั้นไม่ได้เกิดขึ้นทันทีทันใด”

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) กล่าวว่า “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ การทำงานที่ยังไม่รู้วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบในทันที ซึ่งการหาคำตอบของนักเรียน ต้องนำความรู้ที่มีอยู่ไปเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหา ทำให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ

การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายเพียงแค่การหาคำตอบ แต่อยู่ที่วิธีการได้มาซึ่งคำตอบ นักเรียนควรได้รับการฝึกฝน ได้แก่ปัญหาที่ซับซ้อน และได้มีการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหาออกมาด้วย”

ในขณะที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 7) กล่าวว่า “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหา คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” นอกจากนี้ รุ่งฟ้า จันทร์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005, p. 5) กล่าวในทำนองเดียวกันว่า “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์”

จากความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในประยุกต์ใช้ความรู้ หรือความคิดทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่เพื่อนำมา กำหนดเป็นวิธีในการหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

#### 1.4 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ และนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (Polya, 1957, pp.5-6) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอนที่เรียกว่า “กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา” ได้แก่

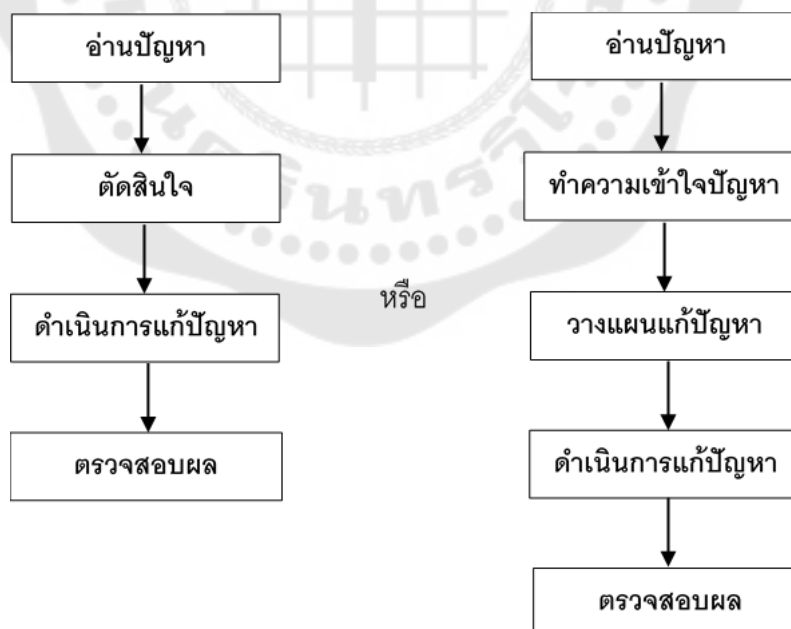
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหา และตัดสินใจว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหา ซึ่งได้แก่ ตัวไม่รู้ค่า ข้อมูลและเงื่อนไขในการทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนอาจพิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาอย่างถี่ถ้วน พิจารณาเข้าไปข้างหน้า พิจารณาในหลากหลายมุมมอง หรืออาจใช้วิธีต่าง ๆ ช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ หรือการเขียนสาระของปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเองก็ได้

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียน ค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมา ผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา และท้ายสุดเลือกยุทธวิธีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนซึ่งวางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ ถ้าแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนต้องค้นหาแผนหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาใหม่อีกครั้ง การค้นหาแผนหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาใหม่ถือเป็นการพัฒนาผู้เรียนที่ดีด้วยเช่นกัน

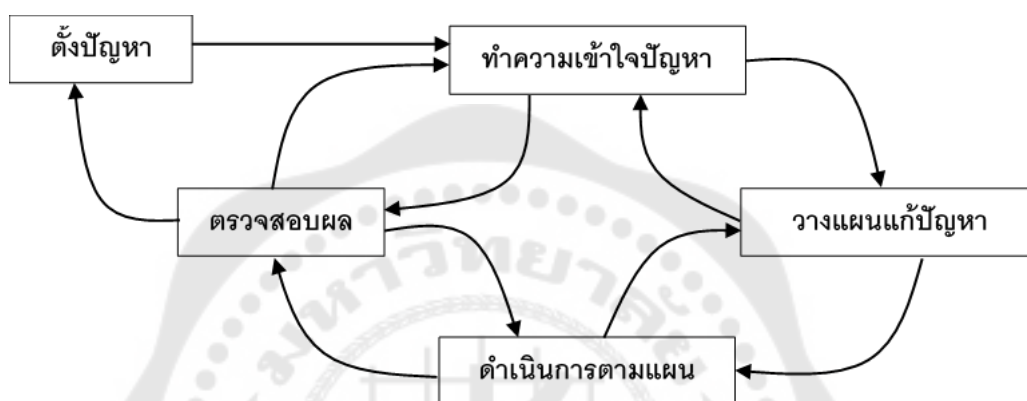
ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล (Looking back) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนมอย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ แล้วพิจารณาว่ามีคำตอบหรือมียุทธวิธีแก้ปัญหาอื่นอีกหรือไม่ สำหรับนักเรียนที่คาดเดาคำตอบก่อนลงมือปฏิบัติก็สามารถเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่คาดเดาและคำตอบจริงในขั้นตอนนี้ได้

เนื่องจากคนส่วนใหญ่มองว่า กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาจะต้องดำเนินการตามขั้นตอนเป็นแนวเส้นตรง โดยไม่มีการกระทำย้อนกลับ ซึ่ง รุ่งฟ้า จันทจักรุภรณ์ ได้แสดงไว้ (Janjaruporn, 2005, p. 14) ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 กระบวนการแก้ปัญหาเป็นแนวเส้นตรง

ต่อมา วิลสันและคณะ (Wilson; et al, 1993, pp. 60-63) ได้เสนอแนะกรอบแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาที่แสดงความเป็นพลวัต (Dynamic problem-solving process) ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่สนับสนุนกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาในรูปแบบที่แสดงความเป็นพลวัต มีลำดับไม่ตายตัว สามารถวนไปเวียนมาได้ โดย รุ่งฟ้า จันทร์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005, p. 15) ได้แสดงไว้ ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ

จากภาพประกอบข้างต้นสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเผชิญปัญหาซึ่งอาจเป็นปัญหาที่ผู้สอนเป็นผู้ตั้งขึ้นหรือนักเรียนเป็นผู้ตั้งขึ้นเองก็ตาม นักเรียนจะต้องเริ่มทำความเข้าใจปัญหาก่อน หลังจากนั้นจึงวางแผนแก้ปัญหา พร้อมทั้งกำหนดยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานั้น แล้วดำเนินการตามแผนที่วางไว้จนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ สุดท้ายพิจารณาความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ และยุทธวิธีที่ใช้แก้ปัญหา

สำหรับทิศทางของลูกศรนั้น เป็นการแสดงการพิจารณาหรือตัดสินใจที่จะเคลื่อนการกระทำจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง หรือพิจารณาย้อนกลับไปขั้นตอนก่อนหน้าเมื่อมีปัญหาหรือข้อสงสัย เช่น เมื่อนักเรียนทำการแก้ปัญหาในขั้นทำความเข้าใจปัญหา และคิดว่ามีความเข้าใจปัญหาดีแล้ว ก็เคลื่อนการกระทำไปสู่ขั้นวางแผนแก้ปัญหา หรือในขณะที่นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในขั้นดำเนินการตามแผน แต่ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ นักเรียนอาจย้อนกลับไปเริ่มวางแผนใหม่ในขั้นวางแผนแก้ปัญหา หรือย้อนไปทบทวนทำความเข้าใจปัญหาใหม่อีกครั้งในขั้นทำความเข้าใจปัญหาก็คือ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา และกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ มาประยุกต์กับกระบวนการ

ของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เนื่องจากทั้งสองกระบวนการเป็นการดำเนินการที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยเฉพาะกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ ซึ่งนักเรียนไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นใหม่ในชั้นทำความเข้าใจปัญหาเสมอไป

## ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

### 2.1 ความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่มีการเชื่อมโยงระหว่างโลกที่เป็นจริงกับโลกของคณิตศาสตร์ ด้วยการแทนสถานการณ์จริงของโลกในเชิงคณิตศาสตร์ (Hodgson, 1995, pp. 351- 358) ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ใช่ของใหม่ แต่ได้มีการให้ความสำคัญมานานแล้ว ดังจะเห็นได้จากคำกล่าวของคอมเบอร์ (Comber, 1999, p. 1) ว่า “เป็นเวลานานมาแล้วที่เรามีการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี ในการออกแบบการก่อสร้างต่าง ๆ เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างสะพาน เครื่องบิน รถยนต์ และอื่น ๆ ต่อมาในปัจจุบันการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ในสาขาวิชาต่าง ๆ เช่น ชีววิทยา การแพทย์ ภูมิศาสตร์ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหาการเพิ่มของจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิต ปัญหาการผลิตอาหาร ปัญหาด้านมลภาวะ ปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า ปัญหาน้ำท่วม และปัญหาการกัดกร่อนของดิน เป็นต้น”

สำหรับการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียน มีผลงานของนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านที่ทำให้ทราบว่า ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ค่อย ๆ มีบทบาทและความสำคัญทางด้านคณิตศาสตร์ศึกษามากขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อาทิเช่น สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Swetz; & Hartzler, 1991, p. 6) กล่าวว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบหนึ่งของการแก้ปัญหาที่มุ่งประเด็นไปที่ การใช้ทักษะคณิตศาสตร์ที่หลากหลายในการหาผลลัพธ์ และการช่วยให้นักเรียนได้มองเห็นการประยุกต์คณิตศาสตร์ในมุมมองกว้าง นอกจากนี้ นักเรียนยังได้ทราบถึงศักยภาพของคณิตศาสตร์ด้วย” ส่วนดอสซี่ (Dossey, 1996, p. 276) ได้กล่าวถึงการที่นักเรียนได้เกี่ยวข้องกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนว่า “จะสามารถช่วยเปลี่ยนมุมมองของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ จากวิชาที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีบทที่แน่นอนไปสู่วิชาที่การสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่มีความหมายและคุณค่า ไปสู่การหาคำตอบของสถานการณ์ที่ไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียว และไปสู่วิชาซึ่งการคิดเป็นสิ่งที่มีความหมายมากกว่าการคำนวณ นอกจากนี้ การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวนักเรียนจากการแยกตัวออกไปทำงานคนเดียวเพื่อจุดบันทึก

ไปสู่การทำงานเป็นกลุ่ม ไปสู่การตัดสินใจวางแผนเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างสมการและการสื่อสารผลลัพธ์ที่ได้” และคอมเบอร์ (Comber, 1999, p. 1) ได้กล่าวถึงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แสดงให้เห็นนักเรียนเห็นว่า คณิตศาสตร์นำไปใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างไร และเห็นตัวอย่างของการใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์จริง”

ด้วยความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ทำให้สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM) ได้จัดทำมาตรฐานและการประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน (Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics) สำหรับนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 โดยกล่าวไว้ในมาตรฐานหนึ่งของการแก้ปัญหาว่า “นักเรียนสามารถใช้กระบวนการของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แทนสถานการณ์ปัญหาในโลกที่เป็นจริงได้” (NCTM, 1989, p. 95) ต่อมาในปี ค.ศ. 2000 สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา ได้กล่าวถึงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ใน “หลักการและมาตรฐานสำหรับคณิตศาสตร์ในโรงเรียน” (Principles and Standards for Mathematics 2000) ซึ่งเพิ่มเติมจากมาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนปี 1989 โดยกล่าวไว้ในมาตรฐานเนื้อหาวิชาพีชคณิตว่า “โปรแกรมการสอนพีชคณิตของนักเรียนตั้งแต่ชั้นเตรียมอนุบาลไปจนถึงนักเรียนเกรด 12 ควรเป็นโปรแกรมที่ทำให้นักเรียนสามารถใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงปริมาณได้ เนื่องจากศักยภาพสูงสุดประการหนึ่งของการใช้คณิตศาสตร์คือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ ดังนั้น นักเรียนในทุกระดับชั้นจึงควรมีโอกาสได้ศึกษาถึงแบบจำลองของปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหลากหลาย ในวิธีการที่เหมาะสมกับระดับชั้นของเขา เช่น ในระดับประถมศึกษาตอนต้น นักเรียนสามารถใช้วัตถุ รูปภาพ และสัญลักษณ์ต่าง ๆ แทนแบบจำลองของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบวก การลบของจำนวนเต็มบวก และศูนย์ได้ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรจะสามารถพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยการใช้ความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ เช่น สถานการณ์จริงสถานการณ์หนึ่ง จะใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้น หรือฟังก์ชันกำลังสองจึงจะดีที่สุดที่จะช่วยให้สามารถสร้างข้อสรุป โดยการวิเคราะห์แบบจำลองได้” (NCTM, 2000, pp. 37-40)

นอกจากนี้ หลักสูตรคณิตศาสตร์ของโรงเรียนในหลาย ๆ ประเทศได้นำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาบรรจุในหลักสูตร เช่น ประเทศสิงคโปร์ได้กำหนดให้การแก้ปัญหายูภายในกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์รูปห้าเหลี่ยม ซึ่งประกอบด้วย แนวคิด (Concepts) ทักษะ (Skills) กระบวนการ (Process) การรู้คิด (Metacognition) และเจตคติ (Attitudes)

(Dindyal, 2009, p. 2) การประยุกต์ใช้และการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ปรากฏอยู่ในองค์ประกอบด้านกระบวนการ ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่ช่วยพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดและความสามารถทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลของผู้เรียนในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย รวมถึงปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานสำหรับคุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์ (รณชัย ปานะโปย, 2559, น.19-24) หรือที่เรียกว่า Standards for Mathematical Practices ซึ่งมีการเผยแพร่ ในปี ค.ศ. 2010 ภายใต้กรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่รู้จักกันในชื่อ Common Core State Standards for Mathematics (CCSSM) กรอบหลักสูตรนี้จัดทำขึ้นโดย Council of Chief State School Officers และ National Governors Association Center for Best Practices และได้มีการบังคับใช้ แต่ให้อยู่ในดุลยพินิจของแต่ละรัฐ คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์นี้เป็นการผนวกแนวคิดด้านกระบวนการและสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical proficiency) เข้าด้วยกัน ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 8 องค์ประกอบ คือ

1. ทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นในการแก้ปัญหาเหล่านั้น (Make sense of problems and persevere in solving them)
2. ให้เหตุผลเชิงนามธรรมและเชิงปริมาณ (Reason abstractly and quantitatively)
3. สร้างข้อความโต้แย้งที่สมเหตุสมผล และวิพากษ์วิจารณ์การให้เหตุผลของผู้อื่น (Construct viable arguments and critique the reasoning of others)
4. สร้างตัวแบบโดยใช้คณิตศาสตร์ (Model with mathematics)
5. ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมอย่างมีกลยุทธ์ (Use appropriate tools strategically)
6. ให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ (Attend to precision)
7. ค้นหาและใช้ประโยชน์จากโครงสร้าง (Look for and make of structure)
8. ค้นหาและบอกลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ (Look for and express regularity in repeated reasoning)

เห็นได้ว่า องค์ประกอบที่ 4 เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนที่มีคุณลักษณะด้านนี้ จะมีพฤติกรรมและความคิดที่ครูสังเกตเห็นได้ เช่น ประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน มีความคล่องแคล่วในการสร้างสมมติฐาน และการประมาณค่าที่ซับซ้อนให้ดูง่ายขึ้น และตระหนักรู้ว่าสมมติฐานอาจต้องมี

การแก้ไขในอนาคต ระบุปริมาณที่สำคัญในสถานการณ์จริง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปริมาณโดยใช้เครื่องมือ เช่น การวาดภาพ ตาราง กราฟ แผนผัง และสูตรต่าง ๆ วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้คณิตศาสตร์แล้วสรุป ดีความของผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ในบริบทของสถานการณ์ และสะท้อนว่าผลลัพธ์นั้นมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ ปรับปรุงตัวแบบในกรณีที่ตัวแบบนั้นไม่สนองตอบจุดประสงค์

จึงเห็นได้ว่า หลักสูตรทั้งของสิงคโปร์และสหรัฐอเมริกา ให้ความสำคัญกับการนำกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และหากพิจารณากรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ของ PISA 2012 และ PISA 2015 จะพบว่า มีโครงสร้างเดียวกับกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (สุชาติ ปัทมวิภาต, 2557, น. 35-39) ดังภาพประกอบ 4

### สิ่งท้าทายในบริบทโลกชีวิตจริง

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์: การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ปริภูมิและรูปทรง ปริมาณ ความไม่แน่นอน และข้อมูล

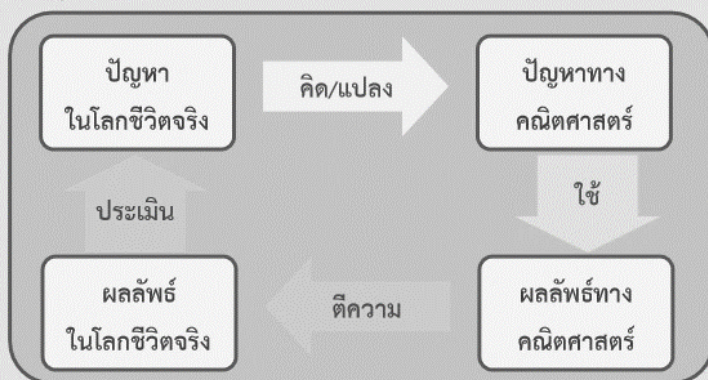
บริบทโลกชีวิตจริง: บริบทส่วนตัว การงานอาชีพ สังคม วิทยาศาสตร์

### ความสามารถในการคิดทางคณิตศาสตร์และลงมือทำ

แนวคิดหลัก ความรู้ และทักษะทางคณิตศาสตร์

ความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์: การสื่อสาร การทำให้เป็นคณิตศาสตร์ การแสดงเครื่องหมายแทน การให้เหตุผลและการสร้างข้อโต้แย้ง การสร้างกลยุทธ์เพื่อแก้ปัญหา การใช้สัญลักษณ์ ภาษาที่เป็นทางการและภาษาเทคนิค และการดำเนินการ การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์

กระบวนการ: คิด ใช้ และตีความ/ประเมิน



ภาพประกอบ 4 แบบจำลองการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทางปฏิบัติ

โดยกระบวนการเริ่มต้นจาก เมื่อเราเผชิญกับปัญหาในโลกชีวิตจริง เราต้องทราบว่า ปัญหาคืออะไร มีอะไรเกี่ยวข้องกับปัญหาบ้าง และรวบรวมเนื้อหารายละเอียดกำหนดปัญหาให้อยู่ในรูปแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากนั้นจะเป็นการใช้เหตุผล ใช้ทักษะความรู้คณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาตีความหมายในแง่ของบริบทโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นอยู่ในบริบทโลกจริง และผลลัพธ์ในบริบทโลกจริงต้องถูกประเมินและตรวจสอบจากข้อมูลจริงว่ามีความแม่นยำหรือไม่ หากผลลัพธ์เหมาะสมก็แสดงว่าเราเข้าใจปัญหา แต่ถ้าหากไม่เหมาะสม เราสามารถที่จะเริ่มต้นทำการแก้ปัญหาที่ขั้นตอนแรกใหม่อีกครั้ง แต่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงจะมีความซับซ้อนมากกว่าแผนภาพที่แสดง (Stacey, 2015, pp. 57-58)

จากความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะพบว่า ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้รับความสนใจและถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมายในหลาย ๆ องค์กร และหน่วยงานต่าง ๆ รวมถึงโรงเรียน เนื่องจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตั้งแต่อดีตเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน มีงานวิจัยของนักการศึกษาหลายท่านที่สนับสนุนว่าการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนจะช่วยให้นักเรียนรู้สึกซาบซึ้งในศักยภาพที่แท้จริงของคณิตศาสตร์ ทำให้เกิดการคิดและนำเอาความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้ามามีส่วนร่วม สามารถเตรียมนักเรียนให้ใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหา ซึ่งเกิดในชีวิตจริงของนักเรียน และช่วยให้นักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

## 2.2 ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีนักวิจัยและนักการศึกษาให้ความหมายไว้มากมาย ส่วนใหญ่จะมีความหมายที่สอดคล้องกัน ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นสองกลุ่มหลักๆ คือ

กลุ่มที่หนึ่ง จะกล่าวถึงความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแง่ของความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น

มากิและเคอร์ จูเนียร์ (Maki; & Kerr, Jr, 1979, p. 2) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น เซต จำนวน รูปทรงเรขาคณิต และฟังก์ชัน รวมไปถึงนิพจน์ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเหล่านั้น เช่น สมการ กราฟ และตารางต่าง ๆ เป็นต้น” ซึ่งสอดคล้องกับเมเยอร์ (Meyer, 1985, p. 2) ที่ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง ตัวแบบ (Model) ที่มีส่วนประกอบบางส่วนอยู่ในรูปของมโนคติ

เชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical concepts) เช่น อยู่ในรูปของตัวแปร ค่าคงที่ ฟังก์ชัน สมการ และอสมการ เป็นต้น”

นอกจากนี้ เดวิทสมิทและลอเรนซ์มอร์ (David; & Lawrence, 1996, p. 12) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่แตกต่างกันที่ได้จากการเขียนกราฟ และเราต้องการอธิบายความสัมพันธ์นั้นด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ผ่านการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาข้อสรุปความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันของสองตัวแปร ในทำนองเดียวกัน เบอริและฮุสตัน (Berry; & Houston, 1995, p. 1) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร หรือมากกว่าที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนด”

กลุ่มที่สอง จะกล่าวถึงความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแง่ของความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับโลกจริง เช่น

จิออร์ดาโนและเวียร์ (Giordano; & Weir, 1985, p. 32) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นการออกแบบ และสร้างสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในการศึกษากรณีเฉพาะของปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เป็นจริง โดยสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ดังกล่าวรวมถึงตัวแบบในรูปของกราฟ ตัวแบบรูปของสัญลักษณ์ สถานการณ์จำลอง และการทำการทดลอง” ซึ่งสอดคล้องกับ สเวทซ์ ฮาร์ทเลอร์ และฮอดสัน ที่ได้ให้ความหมายในลักษณะเดียวกันว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หมายถึง โครงสร้างเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้ในการประมาณลักษณะต่าง ๆ ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ” (Swetz; & Hartzler, 1991, p. 1) และ “เป็นการเชื่อมโยงระหว่างโลกของความจริงกับโลกคณิตศาสตร์ ซึ่งก็คือ การแทนสถานการณ์ที่เป็นจริงของโลกในเชิงคณิตศาสตร์นั่นเอง” (Hodgson, 1995, p. 351) ในทำนองเดียวกัน ไคม์และคลาร์ก (Kime; & Clark, 1998, p. 64) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง สูตรหรือสมการที่ใช้สำหรับอธิบายสถานการณ์ที่เป็นจริง” สอดคล้องกับ พอลลาค (Pollak, 2003, pp. 647 - 671) นักคณิตศาสตร์ชาวอเมริกัน เป็นผู้แนะนำให้มาเรื่อง การประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ บรรจุในหลักสูตรทุกระดับชั้น ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง การนำเสนอสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกของความเป็นจริงด้วยคณิตศาสตร์”

นอกจากนี้ กรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนของประเทศสิงคโปร์ ที่ออกโดยกระทรวงศึกษาธิการ (Ministry of Education, 2013, pp.15-16) ได้ให้ความหมายของ

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นการแทนทางคณิตศาสตร์ หรือความเป็นนามธรรมของสถานการณ์จริงเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยอาศัยมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาสถานการณ์จริง โดยสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ดังกล่าว รวมถึงไดอะแกรม สูตร ตาราง กราฟ ตัวแปร นิพจน์ สมการ อสมการ ฟังก์ชัน สัญลักษณ์ สถานการณ์จำลอง และการทดลอง เป็นต้น”

สำหรับนักการศึกษาไทย สุรสาล ผาสูข (2546, น. 11) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นสิ่งที่ใช้เชื่อมโยงความจริงของโลกกับคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบที่หลากหลายแตกต่างกัน เช่น สัญลักษณ์ ฟังก์ชัน สูตร สมการ นิพจน์ ตาราง สถานการณ์จำลอง และการทดลอง” สอดคล้องกับ งานวิจัยของนักการศึกษาไทยอีกหลายท่าน เช่น พรพิศ ศรีษาคำ (2548, น. 12) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นการออกแบบและสร้างสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์โดยอาศัยแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาสถานการณ์จริง ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของ ตาราง กราฟ นิพจน์ สมการ อสมการ ฟังก์ชัน สัญลักษณ์ สถานการณ์จำลอง และการทดลอง เป็นต้น” ขณะที่เบญจมินทร์ อรัญเพิ่ม (2548, น.10) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นการออกแบบและสร้างสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือสถานการณ์จริงที่ต้องการศึกษา โดยอาศัยมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ สัญลักษณ์ ตาราง ฟังก์ชัน สมการและอสมการ สูตร เป็นต้น” ต่อมา เทพสุดา เกตุทอง (2551, น. 15) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นการออกแบบหรือการสร้างสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยอาศัยมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อช่วยแก้ปัญหาสถานการณ์จริง โดยสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ดังกล่าวรวมถึง ไดอะแกรม สูตร ตาราง กราฟ ตัวแปร นิพจน์ สมการ อสมการ ฟังก์ชัน สัญลักษณ์ สถานการณ์จำลอง และการทดลอง เป็นต้น”

ในส่วนของ พจนานุกรมคณิตศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2553 ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นสิ่งที่ได้จากการสร้างเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งออกแบบเพื่อศึกษาปรากฏการณ์จริง การสร้างนี้รวมถึงการใช้แผนภาพ การสร้างหรือใช้สูตร สมการ อสมการ การจำลอง การทดลอง เป็นต้น” นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 271) ได้ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายลักษณะบางอย่างของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา ซึ่งอาจกล่าวง่าย ๆ ว่า เป็นสื่อที่ใช้อธิบายสมมติฐานต่าง ๆ และผลที่ปรากฏในสถานการณ์หรือ

ปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา ในรูปแบบของคณิตศาสตร์ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีหลากหลาย เช่น สมการ อสมการ กราฟ รูปเรขาคณิต ข่ายงาน และแผนภาพต้นไม้”

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

**ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์** หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นมาจากแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และเป็นสื่อที่ใช้สำหรับอธิบายลักษณะของสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษาในรูปแบบของคณิตศาสตร์ ซึ่งตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้มีหลากหลายแตกต่างกัน เช่น สูตร สัญลักษณ์ สมการ นิพจน์ กราฟ ตาราง รูปเรขาคณิต แผนภาพต้นไม้ สถานการณ์จำลอง และการทดลอง เป็นต้น

### 2.3 ประเภทของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

จิออร์ดาโน เวียร์ และฟอกซ์ (Giordano; Weir; & Fox, 2003, pp. 54 - 55) ได้จำแนกตัวแบบ ออกเป็น 4 ชนิด สองชนิดแรกเป็นตัวแบบที่มีโครงสร้างเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในรูปของสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม ส่วนอีกสองชนิดเป็นตัวแบบซึ่งเป็นรูปธรรมที่สามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ของสถานการณ์จริงได้ ได้แก่

1. ตัวแบบที่สร้างขึ้นโดยอาศัยแนวคิดทางคณิตศาสตร์ภายใต้เงื่อนไขและข้อมูลของสถานการณ์จริง
2. ตัวแบบที่ได้จากการเลือกจากสูตร ฟังก์ชัน หรือสมการต่างๆ ที่มีอยู่แล้ว เช่น สมการเส้นตรง สมการควอดราติก ฯลฯ ที่เหมาะกับสถานการณ์จริง
3. ตัวแบบที่มีการทดลอง
4. ตัวแบบที่อยู่ในรูปของสถานการณ์จำลอง



ภาพประกอบ 5 การแบ่งชนิดของตัวแบบ ของจิออร์ดาโน เวียร์ และฟอกซ์

เมสัน และเดวิส (Dindyall, 2009, p. 5; อ้างอิงจาก Manson; & Davis, 1991) ได้จำแนกประเภทของตัวแบบออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ตัวแบบเชิงกายภาพ (Physical models) ตัวแบบเชิงกายภาพช่วยให้เห็นลักษณะของวัตถุ และส่วนที่แตกต่างกันของวัตถุว่ามีลักษณะอย่างไร การศึกษาตัวแบบเชิงกายภาพอาจจะทำให้ได้แนวคิดที่ดีเกี่ยวกับผลกระทบของวัตถุต้นแบบ

2. ตัวแบบเชิงประจักษ์ (Empirical models) เป็นตัวแบบที่ได้ข้อมูลจากการวัดและสัมผัสกับสถานการณ์จำลอง ซึ่งมีความแตกต่างจากตัวแบบเชิงทฤษฎี ตัวอย่างเช่น การหาว่านักเรียนชายหรือนักเรียนหญิงในชั้นเรียนอนุบาลมีความยาวของช่วงมือเท่ากันหรือไม่ สถานการณ์นี้ต้องใช้การวัดช่วงมือของนักเรียนเพื่อให้ได้ข้อมูล

3. ตัวแบบเชิงทฤษฎี (Theoretical models) เป็นตัวแบบที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีที่มีอยู่แล้ว ซึ่งไม่เป็นตัวแบบเชิงกายภาพหรือตัวแบบเชิงประจักษ์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง ความเร็วและเวลา จะอยู่ในรูประยะทางเท่ากับความเร็วคูณเวลา ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ครึ่งหนึ่งของฐานและความสูง จะอยู่ในรูปพื้นที่เท่ากับครึ่งหนึ่งของฐานคูณความสูง ตัวแบบนี้จะอยู่ในขั้นตอนของการสร้างตัวแบบ ตัวแบบเชิงทฤษฎีหรือตัวแบบเชิงสัญลักษณ์จะเชื่อมโยงสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ สมการหรืออสมการ เข้าด้วยกัน

4. ตัวแบบเชิงเปรียบเทียบหรือตัวแบบสถานการณ์จำลองทางคอมพิวเตอร์ (Analogic models or Computer simulation models) ตัวแบบเชิงเปรียบเทียบเป็นตัวแบบที่อาจมองได้ว่าเป็นการขยายแนวคิดมาจากตัวแบบเชิงกายภาพ แต่จะถูกสร้างมาจากการจำลองทางระบบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น นักบินเรียนรู้เรื่องการบิน จากการจำลองทางระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำให้นักบินเรียนรู้เรื่องการบินในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้เสมือนจริง

อัง (Ang, 2009, pp. 2-7) กล่าวว่า มีวิธีที่แตกต่างกันในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แต่ละวิธีให้ผลลัพธ์ของตัวแบบที่แตกต่างกัน และเป็นไปได้ที่จะใช้เทคนิคการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันในกระบวนการหาคำตอบ อังได้แบ่งตัวแบบออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1. ตัวแบบเชิงประจักษ์ (Empirical models) ในการสร้างตัวแบบเชิงประจักษ์มีลักษณะหลักก็คือ การใช้ข้อมูล ในวิธีการนี้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาควรจะได้และใช้ในการสร้างตัวแบบ แนวคิดที่สำคัญของการสร้างตัวแบบชนิดนี้คือ การสร้างความสัมพันธ์ในรูปแบบของสูตรหรือสมการซึ่งสูตรหรือสมการที่ได้ควรที่จะเหมาะสมกับข้อมูลให้มากที่สุด

ตัวแบบเชิงประจักษ์เป็นวิธีการที่ง่ายและสามารถถูกนำไปใช้อย่างง่ายดาย อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็มีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ ข้อเสียที่สำคัญของวิธีการนี้คือความไม่แน่นอนของตัวแบบ เพราะตัวแบบนี้ถูกสร้างมาจากข้อมูลที่จำกัด ถ้าข้อมูลอยู่นอกเหนือจากข้อมูลที่กำหนด ตัวแบบจะยังคงใช้ได้หรือไม่ ดังนั้นตัวแบบชนิดนี้อาจจะไม่มีประโยชน์สำหรับการทำนาย

2. ตัวแบบจำลอง (Simulation models) ตัวแบบชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือทางเทคโนโลยีเพื่อสร้างสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประเภท ตัวแบบเชิงประจักษ์เพื่อให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ไม่เกินชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

## 2.4 ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยของนักการศึกษาและนักคณิตศาสตร์ศึกษาหลายท่าน พบว่าการตีความและให้ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะแตกต่างกันไปตามมุมมองของนักวิจัย หรือทิศทางของงานวิจัยที่ได้รับการเสนอและใช้ หรือสายงานที่ทำ (Blum, 1993) ซึ่งผู้วิจัยจะแบ่งความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ออกเป็นสองกลุ่มหลัก คือ

กลุ่มแรก เป็นการให้ความหมายในบริบทของการเรียนการสอนในชั้นเรียน เช่น สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NTCM, 2016, p. 8) ได้ให้ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่ใช้

คณิตศาสตร์เพื่อแสดงการวิเคราะห์ ทำนายหรือให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง นิยามที่เราพบว่าเน้นเรื่องสำคัญที่สุดคือความสัมพันธ์ระหว่างการสร้างตัวแบบกับโลกรอบตัวเรา ใช้ภาษาของคณิตศาสตร์เพื่อหาจำนวนปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงและวิเคราะห์พฤติกรรม ใช้คณิตศาสตร์เพื่อสำรวจและพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง กระบวนการแก้ปัญหาแบบวนซ้ำซึ่งใช้คณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบและพัฒนาความเข้าใจที่ลึกซึ้ง” ซึ่งสอดคล้องกับ กระทรวงศึกษาของประเทศสิงคโปร์ (Ministry of Education, 2006a, p. 8; 2006b, p. 4) ที่ได้ให้ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการกำหนดและปรับปรุงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อที่จะนำเสนอและแก้ปัญหาในชีวิตจริง นักเรียนจะได้เรียนรู้ถึงรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่หลากหลาย การเลือกและการประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม และเครื่องมือสำหรับการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้ควรเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ในทุกระดับ”

กลุ่มที่สองเป็นการให้ความหมายในบริบททั่วไป เช่น ครีอช และ มอสคาดีนิ (Cross; & Moscardini, p.1985) และบาสเซนเนโซ (Bassanezi, 1994, pp. 31–35) ได้ให้ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการของการทำความเข้าใจให้ง่ายขึ้นและ แก้ปัญหาสถานการณ์จริงโดยใช้คณิตศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหา สอดคล้องกับอัง (Ang, 2009, p. 159) ที่ได้ให้ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการของการเป็นตัวแทนหรือการอธิบายปัญหาของสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง อยู่ในรูปแบบคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบของปัญหา หรือเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหาให้ดีขึ้น และเป็นศิลปะของการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์กับปัญหาโลกแห่งความเป็นจริง” ในขณะที่สเวทซ์ และฮาร์ทเลอร์ (Swetz; & Hartzler, 1991) ได้ให้ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “คือกระบวนการที่มีระบบที่ใช้ทักษะที่หลากหลาย และใช้กระบวนการคิดเกี่ยวกับการตีความหรือแปลความ การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ ซึ่งยานากิโมโต (Yanagimoto, 2005, p.1-13) ยังได้กล่าวเพิ่มเติมว่า “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ไม่ใช่แค่กระบวนการแก้ปัญหาโลกแห่งความเป็นจริงด้วยการใช้คณิตศาสตร์ แต่มันต้องเกี่ยวข้องกับการใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ผลเป็นประโยชน์ในสังคม”

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยให้ความหมายของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในบริบทของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน ดังนี้

**การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์** หมายถึง กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เป็นพลวัต ด้วยการนำเสนอหรืออธิบายปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปของปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์แล้วกำหนดเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ นำไปสู่การค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ หลังจากนั้นนำคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง

## 2.5 กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

### 2.5.1 กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในกรณีทั่วไป

เมเยอร์ (Meyer, 1985, p. 2) แบ่งกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1. การพัฒนาเพื่อให้ได้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

1.1 เริ่มต้นด้วยการถามคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมที่สนใจในสถานการณ์จริง คำถามดังกล่าวนี้ถ้ายังไม่ชัดเจนควรทำให้ชัดเจน ถ้ากว้างเกินไปควรแบ่งให้แคบลงแต่ต้องสามารถหาคำตอบได้

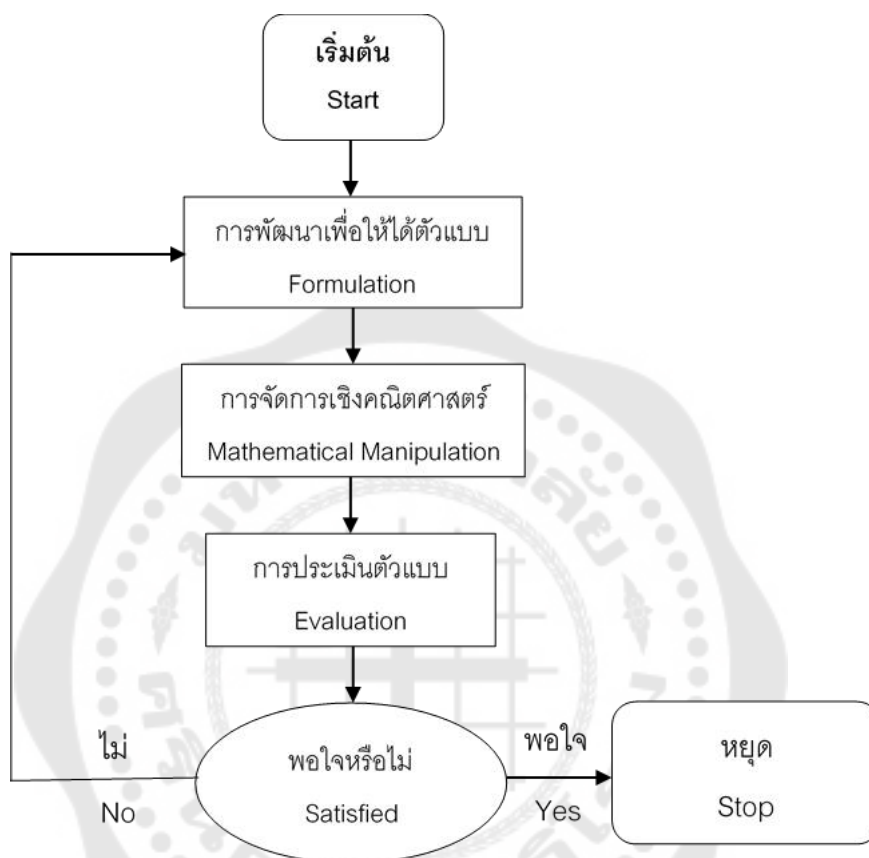
1.2 ระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ได้แก่ ปริมาณต่าง ๆ ตลอดจนความสัมพันธ์ทั้งที่สำคัญและไม่สำคัญ

1.3 ให้นิยามในเชิงคณิตศาสตร์ โดยการแทนปริมาณที่สำคัญด้วยตัวแปร ฟังก์ชัน รูปเรขาคณิต ฯลฯ ที่เหมาะสม และแทนความสัมพันธ์ด้วยสมการ อสมการ หรือข้อตกลงเชิงคณิตศาสตร์อื่น ๆ ที่เหมาะสม

2. การจัดการเชิงคณิตศาสตร์ น้อยครั้งมากที่สถานการณ์จริงที่เรานำมาศึกษาจะให้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาโดยตรง ดังนั้นการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงต้องมีการลงมือทำคณิตศาสตร์ ได้แก่ การคำนวณ การแก้สมการ การพิสูจน์ ทฤษฎีบท ฯลฯ

3. การประเมินผล มีหลายสิ่งที่สามารถใช้ตัดสินว่าตัวแบบที่พัฒนาขึ้นมาเป็นตัวแบบที่ดีหรือไม่ (ถ้าผลลัพธ์ไม่ถูกต้องเพียงพอหรือตัวแบบนั้นไม่มีวิธีพัฒนาวิธีอื่นที่สั้นกว่าก็ควรที่จะทดลองวิธีที่สั้นกว่านั้น) มีความเป็นไปได้ที่ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นในขั้นตอนของการจัดการเชิงคณิตศาสตร์ หรืออาจเป็นไปได้อีกเช่นกันที่ปริมาณหรือความสัมพันธ์ที่คิดว่าไม่สำคัญ อาจกลายเป็นสิ่งสำคัญเกินกว่าที่เราคิดก็ได้

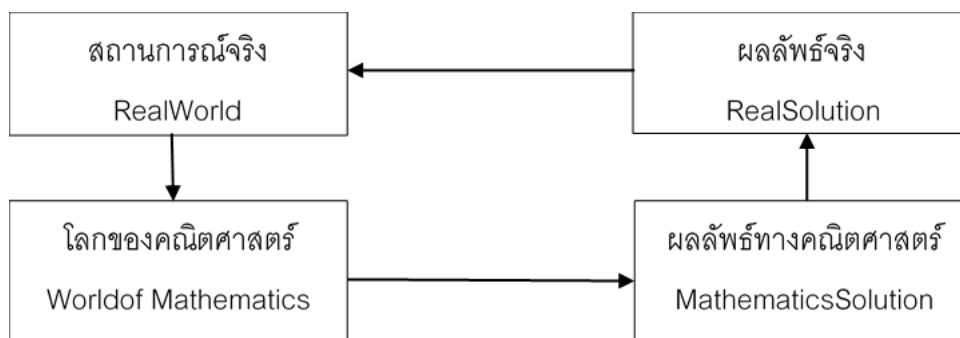
ดังนั้น กระบวนการศึกษาศถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จึงมีลักษณะของการทำซ้ำเป็นวงจร ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 การพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในลักษณะการทำซ้ำเป็นวงจรของเมเยอร์

โลวิตท์ (Lovitt, 1991, p. 2) กล่าวถึงการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า สามารถบอกลักษณะได้จากสิ่งที่สำคัญ 2 ประการ

1. กระบวนการจะเริ่มต้นและสิ้นสุดที่สถานการณ์จริง
2. กระบวนการมีลักษณะเป็นวงจร

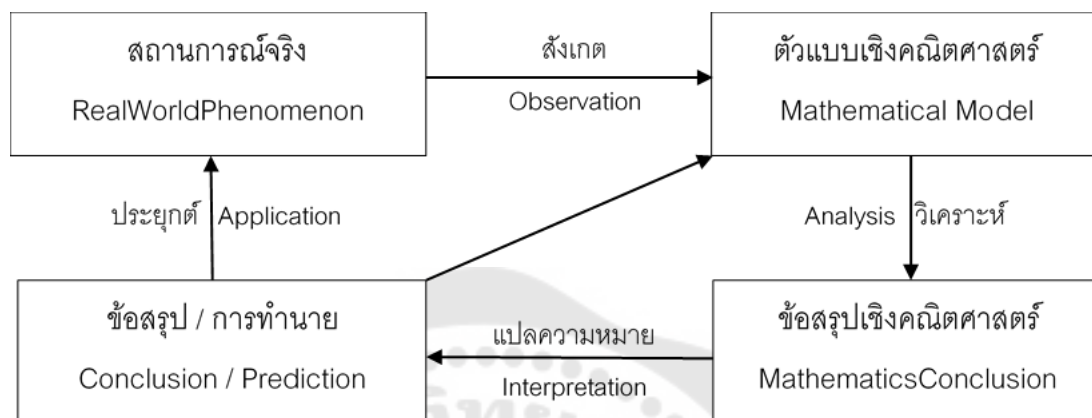


ภาพประกอบ 7 กระบวนการของการศึกษสถานการณ์จริงด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์  
ตามแนวคิดของโลวิทท์

สเวทซ์ และ ฮาร์ทเลอร์ (Swetz; &Hartzler, 1991, pp. 1 - 3) กล่าวว่า การศึกษสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่เป็นระบบ (มีกฎเกณฑ์/ แบบแผน) ใช้ทักษะหลายด้านและเป็นกิจกรรมที่ใช้สติปัญญาาระดับสูงในการแปลความหมาย วิเคราะห์และสังเคราะห์ โดยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่ผสมผสานขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสังเกตสถานการณ์จริงที่จะทำการศึกษา เพื่อหาสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือพฤติกรรมเฉพาะที่สนใจจากสถานการณ์จริงนั้น และหาองค์ประกอบที่สำคัญ (ตัวแปร/ พารามิเตอร์) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสถานการณ์ที่เป็นปัญหาหรือพฤติกรรมเฉพาะที่สนใจนั้น
2. ทำการคาดเดาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ จากนั้นจึงแปลความหมายของความสัมพันธ์เหล่านั้นออกมาในเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่ตัวแบบของสถานการณ์ที่ทำการศึกษา
3. หาข้อสรุปจากตัวแบบโดยใช้การประยุกต์ การวิเคราะห์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม
4. แปลความหมายของข้อสรุปที่ได้ออกมาในบริบทของสถานการณ์จริงที่อยู่ภายใต้การศึกษาพร้อมทั้งเสนอออกเป็นภาพสรุป
5. การทดสอบและขัดเกลา เป็นขั้นตอนที่สามารถเพิ่มเข้าไปในกระบวนการนี้ได้ ถ้าภาพสรุปยังใช้ไม่ได้หรือไม่มีเหตุผลเพียงพอ การขัดเกลาตัวแบบ อาจทำได้โดยการกลับไปสำรวจองค์ประกอบของตัวแบบแล้วทำการปรับตัวแบบ และถ้ามีความจำเป็นก็เป็นไปได้ที่จะทำการแก้ไขสูตรของตัวแบบใหม่

สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ ได้แสดงขั้นตอนจากข้อความข้างต้น ด้วยภาพประกอบ  
ดังนี้



ภาพประกอบ 8 กระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์  
ตามแนวคิดของสเวทซ์และฮาร์ทเลอร์

ดอสซี่ (Dossey, 1996, pp. 232-238) ได้นำเสนอกระบวนการของการศึกษา  
สถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งจำกัดขอบเขตของตัวแบบ  
เชิงคณิตศาสตร์ที่จะใช้อธิบายสถานการณ์จริงไว้ที่ฟังก์ชันโพลีโนเมียล ฟังก์ชันลอการิทึม และ  
ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ดอสซี่ได้แบ่งขั้นตอนของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัว  
แบบเชิงคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหา
2. สร้างสมมติฐาน
  - 2.1 ระบุหรือจำแนกตัวแปรที่เป็นไปได้เพื่ออธิบายแบบรูปที่สังเกตเห็น
  - 2.2 กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์)
3. พัฒนาความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชัน (ถ้าเป็นไปได้) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและพัฒนาเลขชี้กำลังที่มีผลต่อตัวแปร (ถ้าจำเป็น)
4. การตรวจสอบตัวแบบเพื่อพิจารณาว่า
  - 4.1 ตัวแบบนี้บรรยายถึงสถานการณ์จริงที่ศึกษาได้ตรงประเด็นหรือไม่
  - 4.2 ตัวแบบนี้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่
  - 4.3 การทำนายของตัวแบบนี้ไปกันได้กับข้อมูลจริงหรือไม่

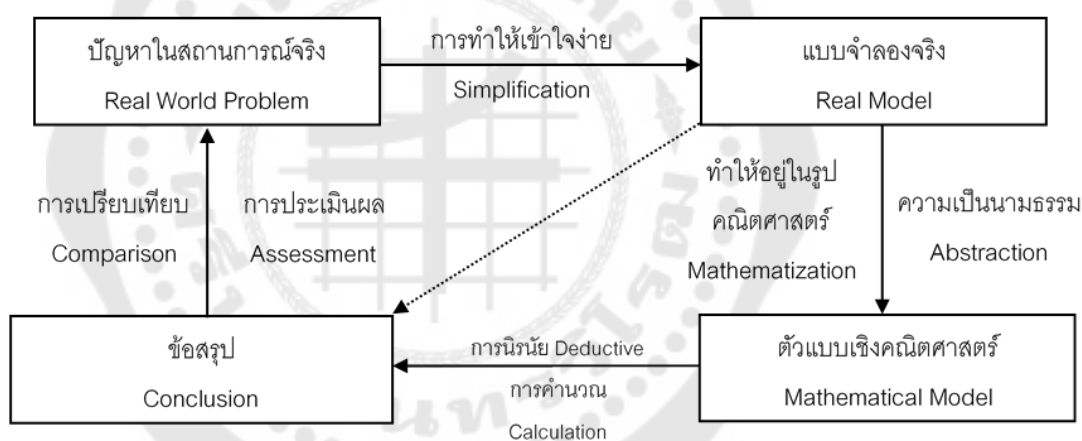
เพรสตัน (Preston, 1997) ได้นำเสนอกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอน คือ

1. การทำให้ปัญหาในสถานการณ์จริงอยู่ในรูปที่ง่ายขึ้น เพื่อลดองค์ประกอบของปัญหาไปสู่ตัวแบบจริง

2. ทำความเป็นนามธรรมของตัวแบบจริงให้อยู่ในรูปของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

3. แก้ปัญหา พิสูจน์ คำนวนหรือวิธีการอื่น ๆ ทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปออกมา

4. นำข้อสรุปที่ได้กลับไปอธิบาย เปรียบเทียบ และประเมินผล ปัญหาเริ่มต้นโดยเพรสตันได้แสดงขั้นตอนจากข้อความข้างต้นด้วยแผนภาพ ดังนี้

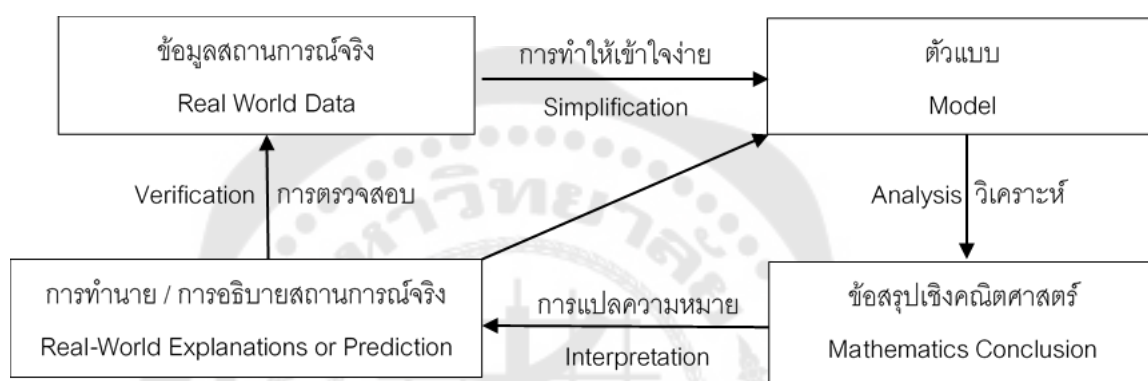


ภาพประกอบ 9 กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของเพรสตัน

จิออร์ดาโน เวียร์ และฟอกซ์ (Giordano; Weir; & Fox, 2003, pp. 52-54) ได้กล่าวถึงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน คือ

1. สังเกตลักษณะเฉพาะบางอย่างของสถานการณ์จริงที่ทำการศึกษาและระบุองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ซึ่งตามปกติเราจะไม่สามารถระบุองค์ประกอบทุกอย่างที่เกี่ยวข้องได้หมด ดังนั้น ข้อคาดเดาหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ จึงอาจได้มาโดยการตัดองค์ประกอบบางตัวออก

2. สร้างข้อคาดเดาหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ
3. หาข้อสรุปของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
4. แปลความหมายของข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ในเทอมของสถานการณ์จริง กระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นระบบปิด แสดงดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 10 กระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์  
ตามแนวคิดของจิโอรดาโน เวียร์ และฟอกซ์

จากแผนภาพข้างต้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ทำการรวบรวมข้อมูลให้เพียงพอที่จะพัฒนาให้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
2. ทำการวิเคราะห์ตัวแบบเพื่อหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์
3. แปลความหมายของตัวแบบและสร้างคำทำนายหรือให้คำอธิบาย
4. ทดสอบข้อสรุปของสถานการณ์จริงเปรียบเทียบกับการสังเกตและข้อมูล

ใหม่

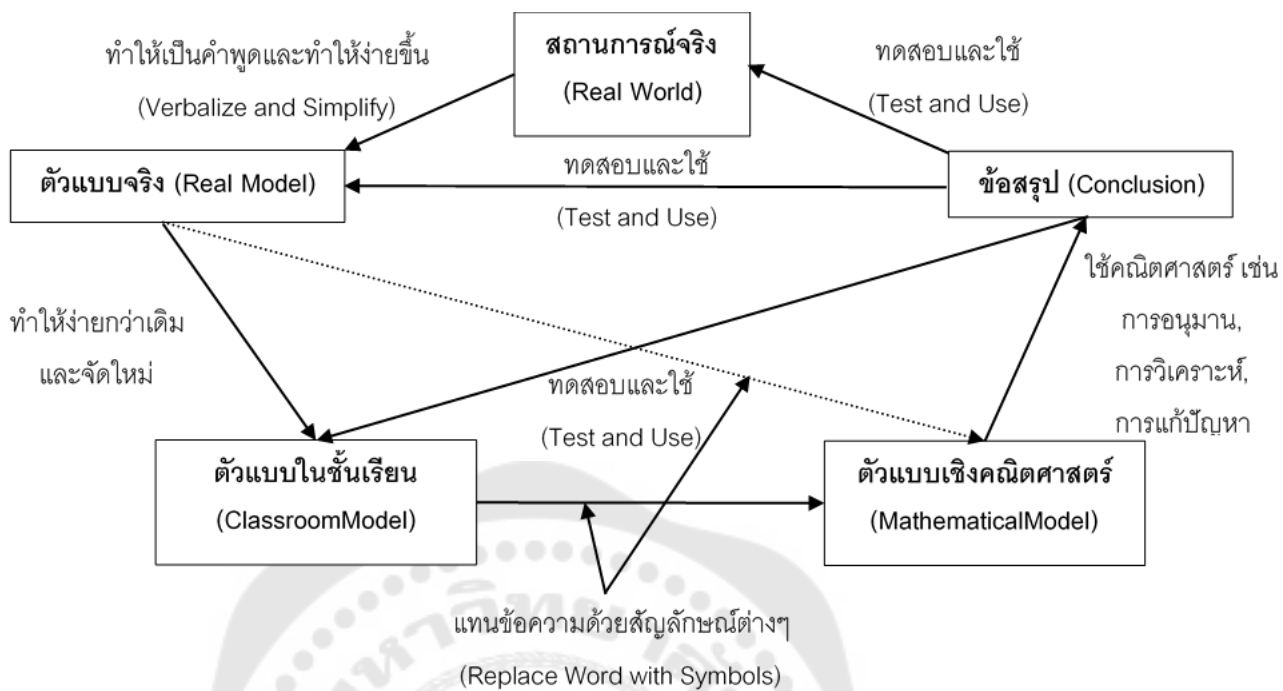
ภายหลังการทดสอบ ถ้าพบว่ามีข้อจำเป็นต้องกลับไปปรับปรุงตัวแบบ เพื่อพัฒนาการทำนายของตัวแบบ หรือเพื่อพัฒนาการอธิบายถึงความสามารถของตัวแบบ หรือในบางครั้งอาจจะพบว่าตัวแบบนั้นยังไม่เหมาะสมกับสถานการณ์จริง ทำให้จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงตัวแบบใหม่

จากกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในกรณีทั่วไป ที่ได้กล่าวมาข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า เป็นกระบวนการของการศึกษาศถานการณ์จริงที่มีลักษณะเป็นวงจร โดยเริ่มต้นจากสถานการณ์จริงหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สนใจ จากนั้นทำความเข้าใจกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์นั้น แล้ววิเคราะห์โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ปรับให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น แล้วดำเนินการแก้ปัญหาจนกระทั่งสามารถหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ เมื่อตรวจสอบความถูกต้องคำตอบแล้ว จึงทำการแปลความหมายออกมาเป็นคำตอบของสถานการณ์จริง

### 2.5.2 กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน

ผู้วิจัยได้รวบรวมกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนของนักการศึกษา ดังนี้

มากิ และเคอร์ จูเนียร์ (Maki; & Kerr, Jr, 1979, pp. 1-7) ได้แบ่งกระบวนการศึกษาศถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในชั้นเรียน ออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 11



หมายเหตุ เส้นประแสดงขั้นตอนสำหรับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่ได้ใช้ในชั้นเรียน

ภาพประกอบ 11 กระบวนการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดของมากิ และเคอร์ จูเนียร์

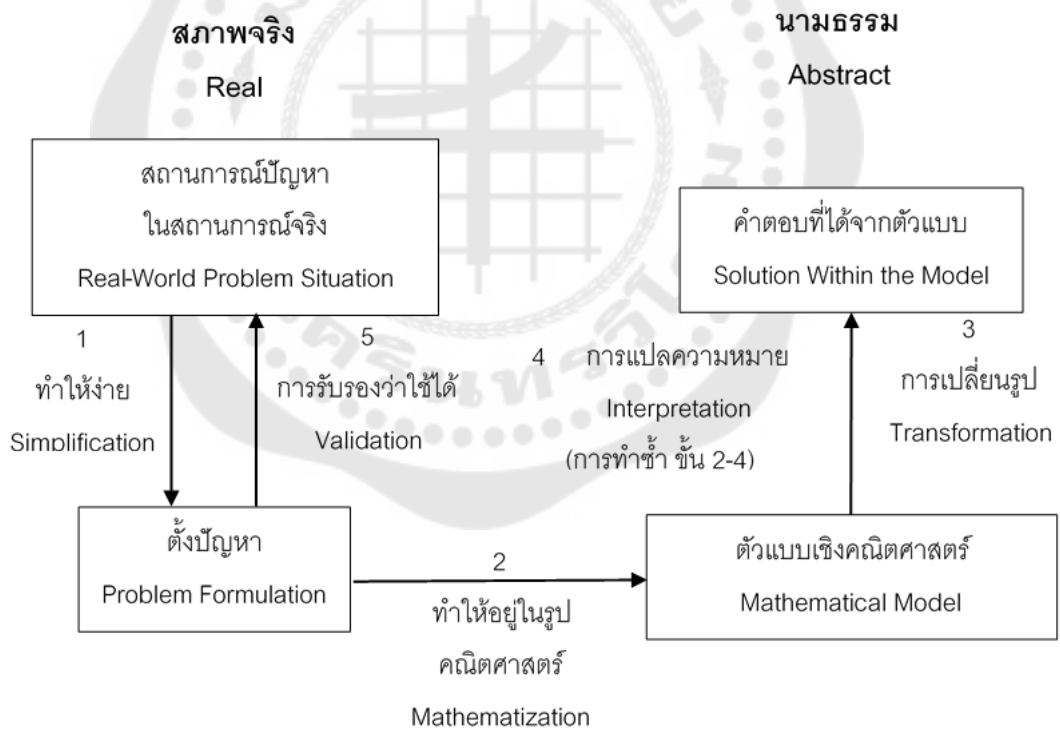
จากแผนภาพ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการศึกษาสถานการณ์จริงของมากิ และเคอร์ จูเนียร์ ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน แต่ในกรณีสำหรับการนำมาใช้ในชั้นเรียนจะเพิ่มขั้นตอนขึ้นอีกหนึ่งขั้นตอนคือ ตัวแบบในชั้นเรียน เป็นขั้นตอนต่อจากตัวแบบจริง โดยตัวแบบจริงจะถูกทำให้ง่ายยิ่งขึ้นเพื่อให้น่าสนใจสำหรับนักเรียนและนักเรียนสามารถเข้าใจได้ดีขึ้น

ดอสซี่ (Dossey, 1996, pp. 275-276) กล่าวถึงการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน โดยดอสซี่กล่าวว่า การศึกษาเรื่องดังกล่าวในชั้นเรียนนั้นโดยส่วนมากต้องเป็นสถานการณ์ง่าย ๆ ที่ไม่ซับซ้อน ต้องการให้มีการสิ้นสุดของผลลัพธ์ที่ชัดเจนหรือการประมาณที่สมเหตุสมผลอย่างใดอย่างหนึ่ง ดอสซี่ยังได้กล่าวอีกว่าแม้ในการเรียนการสอนจะมีการอภิปรายของนักเรียนค่อนข้างน้อยแต่หากนักเรียนได้แสดงให้เห็นว่ามีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมแล้วก็สามารถถือได้ว่านักเรียนได้ทำคณิตศาสตร์แล้ว

กระบวนการที่ดอสนี่นำเสนอมี 5 ขั้นตอน คือ

1. การทำให้สถานการณ์ปัญหาง่ายขึ้น
2. การใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์มาสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของสถานการณ์ปัญหา
3. การเปลี่ยนรูปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่คำตอบของสถานการณ์ปัญหา
4. การแปลความหมายของคำตอบไปยังสถานการณ์ปัญหา
5. การตรวจสอบว่าคำตอบมีความสมเหตุสมผลและใช้ได้กับสถานการณ์ปัญหาเริ่มต้น

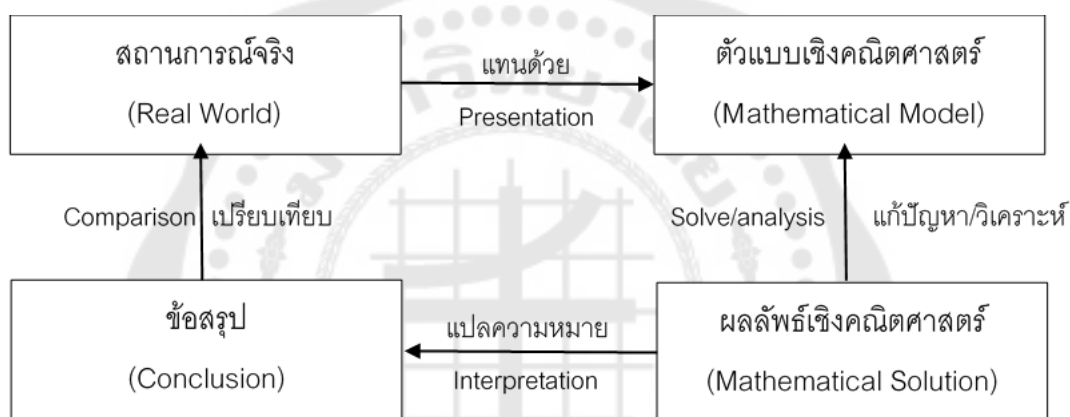
ดอสนี่ได้เสนอกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นพลวัต ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 12 กระบวนการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์  
สำหรับใช้ในชั้นเรียน ตามแนวคิดของดอสนี่

จากภาพประกอบข้างต้น ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 4 ถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ การใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม การเปลี่ยนรูปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่คำตอบของสถานการณ์ปัญหา และการแปลความหมายของคำตอบทั้ง 3 ขั้นตอนนี้อาจจำเป็นหรือต้องการการทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง จนกว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะอยู่ในระดับที่สามารถนำมาตัดสินสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คอมเบอร์ (Comber, 1999, p. 1) ได้นำเสนอกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 13 กระบวนการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดของคอมเบอร์

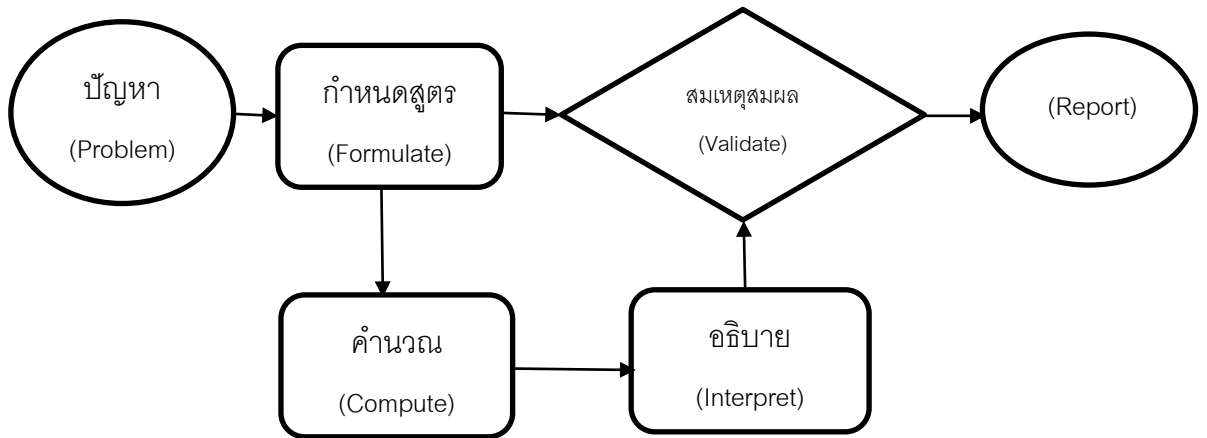
จากขั้นตอนหลักข้างต้น คอมเบอร์ นำมาใส่รายละเอียด จนได้กระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในชั้นเรียน ดังนี้

1. ทำการศึกษาสถานการณ์จริง
2. พยายามเดาตัวแปร
3. พัฒนาขึ้นเป็นตัวอย่างง่าย ๆ โดยการ
  - 3.1 สร้างสมมติฐาน
  - 3.2 สมมติข้อมูล
  - 3.3 สร้างสมการ

4. พยายามหา “ผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์” จากตัวแบบที่พัฒนาขึ้นโดย
  - 4.1 การแก้สมการ
  - 4.2 เขียนกราฟ
5. แปลความหมายของผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์ โดยการตอบคำถาม
  - 5.1 ความหมายของผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์
  - 5.2 กราฟบอกอะไรกับเราบ้างเกี่ยวกับสถานการณ์จริง
6. เปรียบเทียบข้อสรุปกับสถานการณ์จริง โดยการตอบคำถาม
  - 6.1 ข้อสรุปนั้นมีเหตุผลหรือไม่
  - 6.2 ข้อสรุปนั้นเป็นจริงหรือไม่
  - 6.3 สมมติฐานอะไรที่ทำให้ได้ผลลัพธ์เช่นนั้น
  - 6.4 สมมติฐานนั้นสมเหตุสมผลหรือไม่

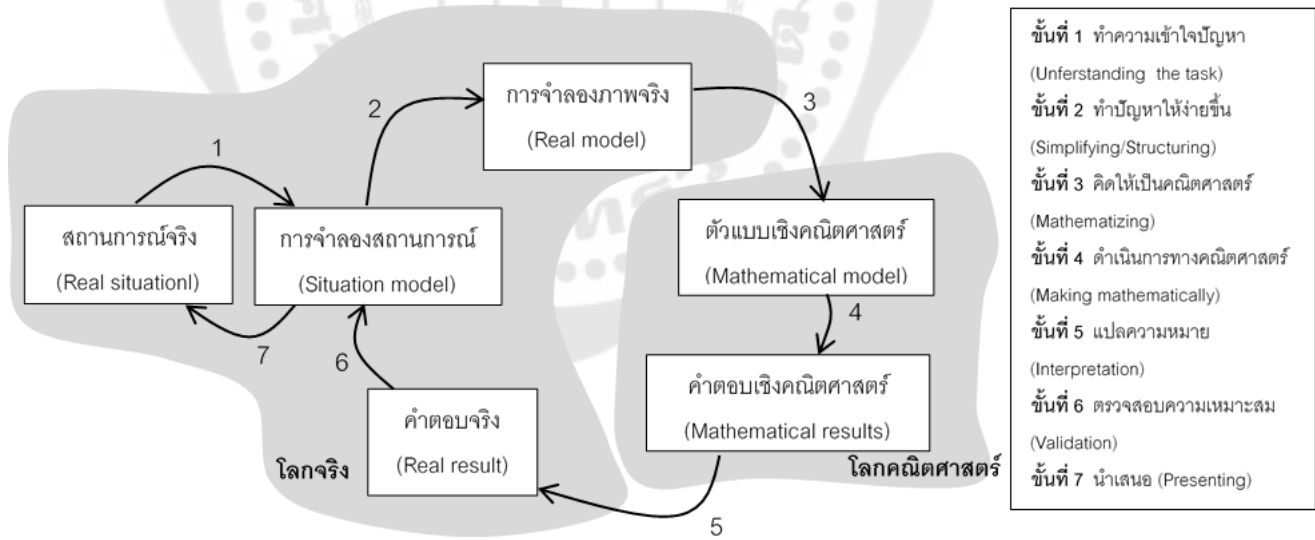
โดยการใช้กระบวนการข้างต้น คอมเบอร์กล่าวไว้ว่าตัวแบบแรก ๆ อาจยังไม่เป็นจริงมากนัก แต่ก็ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงนั้นมากขึ้น รวมทั้งเห็นว่าตัวแปรทั้งหลายสัมพันธ์กันอย่างไร และตัวแปรใดบ้างที่เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุด จากนั้นพยายามแก้ไขและแปลความหมายของผลลัพธ์ที่ได้ นักเรียนจะสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปทั่วไปและมีความเป็นไปได้จริงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ

หนังสือประจำปีของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2016, pp. 266-267) ได้แสดงแผนภาพการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของกรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์แกนกลางของประเทศสหรัฐอเมริกา (CCSSM) เพื่อให้ครูได้ออกแบบการเรียนการสอนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของหลักสูตรแกนกลาง CCSSM  
ของสหรัฐอเมริกา

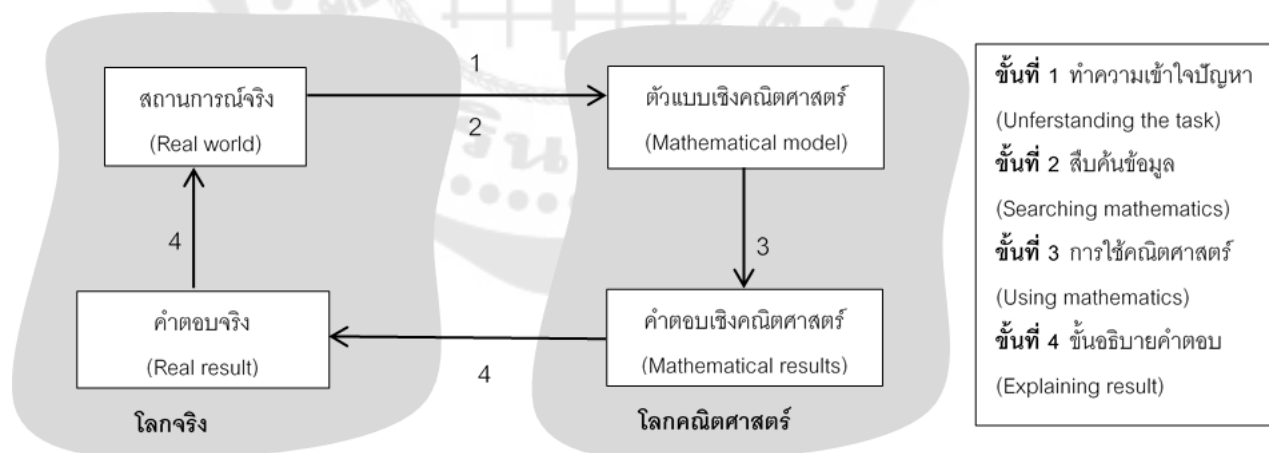
บลัม และไลซ์ (Blum; & Leiss, 2007) ได้ออกแบบการสร้างตัวแบบ  
เชิงคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 15 การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของบลัมและไลซ์

กระบวนการเริ่มจากการให้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง และอ่านทำความเข้าใจปัญหาตามกระบวนการในขั้นที่ 1 โดยพิจารณาสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นรวมถึงข้อคำถามของปัญหาโดยละเอียด ต่อมาในขั้นที่ 2 ทำปัญหาให้ง่ายขึ้น เป็นขั้นตอนที่มีการกำหนดเงื่อนไขและขอบเขตของสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา (การจำลองสถานการณ์) และนำสิ่งที่จำลองได้มานำเสนอเป็นข้อมูลให้เห็นภาพจริงชัดเจนมากขึ้น (การจำลองภาพจริง) จากนั้นขั้นที่ 3 คิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เป็นขั้นที่ต้องจัดการข้อมูลที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ และขั้นที่ 4 ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหาคำตอบเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ ต่อมาในขั้นที่ 5 แปลความหมาย เป็นขั้นที่ต้องนำคำตอบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ไปแปลความให้มีความสอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริง (คำตอบจริง) ขั้นที่ 6 ตรวจสอบความเหมาะสม เป็นขั้นที่มีการตรวจสอบความเหมาะสมของคำตอบที่ได้เมื่อเทียบกับเงื่อนไขและขอบเขตของสถานการณ์ที่ต้องการศึกษา และขั้นที่ 7 นำเสนอ เป็นขั้นที่นำเสนอคำตอบที่ได้มาเพื่ออธิบายสถานการณ์จริงที่กำหนดไว้

ชูโคโลว์ โคว์เตอร์ และบลัม (Schukajlow; Kolter; & Blum, 2015, pp. 1241–1254) ได้ปรับวงจรการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จาก 7 ขั้นตอน (Blum; & Leiss, 2007) ให้กระชับขึ้นเป็น 4 ขั้นตอน และเรียกว่า “Solution plan” ดังภาพประกอบ

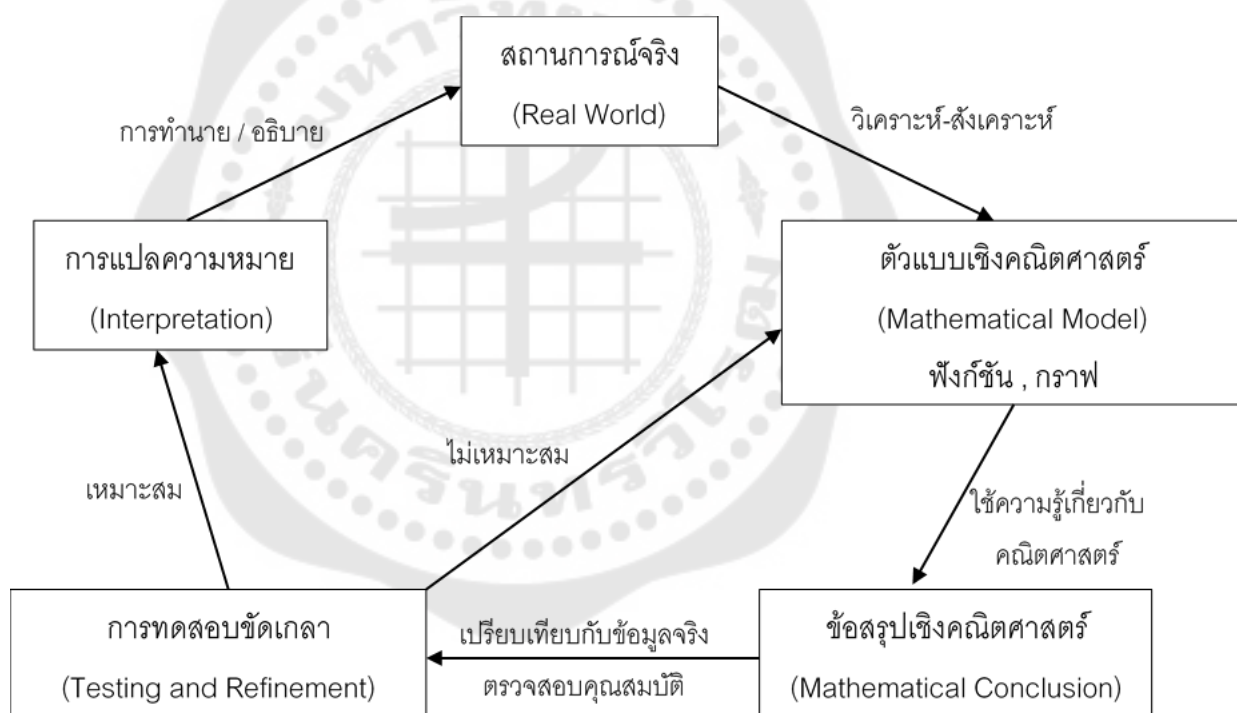


ภาพประกอบ 16 การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของ ชูโคโลว์ โคว์เตอร์ และบลัม

สุรสาธิต ผาสุข (2546, น. 5-6) ได้นำเสนอการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ เป็นวงจร 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง
2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
4. การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง

ซึ่งกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนข้างต้น แสดงได้ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 17 กระบวนการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์  
สำหรับในชั้นเรียนตามแนวคิดของ สุรสาธิต ผาสุข

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของซูไคโลว์ โคว์เตอร์ และบัลัม มาประยุกต์กับกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวมีลักษณะเป็นพลวัตและมีการสืบค้นข้อมูล หรือ Searching mathematics ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ และกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

### ตอนที่ 3 แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

#### 3.1 แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

คำว่า “Inquiry” ที่เกี่ยวข้องกับ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้น นักการศึกษาได้เรียกชื่อที่แตกต่างกันออกไป เช่น การสืบสอบ การสืบสวน การสืบสวนสอบสวน การสืบเสาะ การสืบเสาะแสวงหาความรู้ การค้นพบ การสืบค้น เป็นต้น สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “การสืบเสาะหาความรู้” โดยความหมายของการสืบเสาะหาความรู้นี้จะแตกต่างกันไปตามบริบทที่ใช้ และผู้ที่ให้คำจำกัดความ (Budnitz, 2003) เช่น

สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science, 2000) ได้ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า “เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เริ่มต้นด้วยคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติ พร้อมทั้งกระตุ้นนักเรียนให้ตั้งต้นสงสัยใคร่รู้ ให้นักเรียนตั้งใจรวบรวมข้อมูลและหลักฐาน คุุเตรียมข้อมูลเอกสารความรู้ต่าง ๆ ที่มีคนศึกษาค้นคว้ามาแล้ว เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ หรือเพื่อให้มองเห็นภาพได้ชัดเจน ไม่เน้นความจำเกี่ยวกับศัพท์ทางวิชาการ และใช้กระบวนการกลุ่ม” ในขณะที่ สภาวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2000) ได้กล่าวถึงความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ในมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติ (National Science Education Standards) ไว้ว่า “เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่หลากหลายเกี่ยวกับการสังเกต การถามคำถาม การสำรวจตรวจสอบจากเอกสารและแหล่งความรู้อื่น ๆ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ การทดลองตรวจสอบหลักฐานเพื่อเป็นการยืนยันความรู้ที่ได้ค้นพบมาแล้ว การใช้เครื่องมือในการรวบรวม การวิเคราะห์และการแปลความหมายข้อมูล การนำเสนอผลงาน การอธิบายและการคาดคะเน และการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันเกี่ยวกับผลงานที่ได้”

สำหรับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) ได้ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า หมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เเสาะหา ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ เรียนรู้ด้วยความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า ในขณะที่ราชบัณฑิตยสถาน (2555: 287) ได้ให้ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า “เป็นรูปแบบหนึ่งของการสอนที่มุ่งพัฒนาทักษะและความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้หรือคำตอบที่ต้องการ โดยการใช้สถานการณ์ปัญหากระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้ ดำเนินการแสวงหาข้อมูลทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้และสรุปหาคำตอบ

จากความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า การสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้ ส่วนครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นการเรียนการสอนให้มีความน่าสนใจโดยใช้คำถามและกระบวนการกลุ่ม

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) ได้เสนอแนวคิดความหลากหลายของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน (Confirmed inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้หรือแนวคิด เพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกต้องมาแล้ว โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและคำตอบ หรือองค์ความรู้ที่คาดหวังให้นักเรียนค้นพบ และให้นักเรียนทำกิจกรรมที่กำหนดในหนังสือหรือใบงาน หรือตามที่ครูบรรยายบอกกล่าว

2. การสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง (Directed inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และสาธิตหรืออธิบายการสำรวจตรวจสอบซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนยังไม่รู้คำตอบ แล้วให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจและตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนด

3. การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะ (Guided inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา แต่กำหนด

เฉพาะปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ และครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

4. การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Opened inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนมีอิสระในการคิด เป็นผู้กำหนดปัญหา ออกแบบ และปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

สำหรับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550) ได้เผยแพร่กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ศึกษา ในกรณีที่ไม่มีประเด็นใดที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอด้วยประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนมากขึ้น อาจรวมทั้งการรับรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางสำหรับการตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่นทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลข้อเสนอแนะที่ได้วิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัดซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถาม หรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า Inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนต่อไป

#### **บทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน**

บายบีและคณะ (Bybee; et al, 2006, p. 8-10) ซึ่งเป็นกลุ่มของนักพัฒนาหลักสูตรชีววิทยา (Biological Science Curriculum Study หรือ BSCS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แนะนำบทบาทของครูและนักเรียน ในการนำกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนไปใช้ ดังตาราง 1

ตาราง 1 บทบาทครูและนักเรียนในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

ขั้นตอน	บทบาทที่สอดคล้องกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน	
	ครู	นักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สร้างความสนใจ</li> <li>- สร้างความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>- ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด</li> <li>- ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้ หรือแนวคิด หรือเนื้อหา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้</li> <li>- แสดงความสนใจ</li> </ul>
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ</li> <li>- สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน</li> <li>- ชักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน</li> <li>- ให้นักเรียนใช้เวลาในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ</li> <li>- ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม</li> <li>- ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน</li> <li>- คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่</li> <li>- พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น</li> <li>- บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น</li> <li>- ลงข้อสรุป</li> </ul>
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง</li> <li>- ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน เหตุผล และอธิบายให้กระจ่าง</li> <li>- ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนต่าง ๆ ในแผนภาพ</li> <li>- ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน</li> <li>- ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์</li> <li>- ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย</li> <li>- ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย</li> <li>- อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว</li> <li>- ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกหรือการสังเกตในการอธิบาย</li> </ul>
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ และอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว</li> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่</li> <li>- ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมาย และอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน และถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นำการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม</li> <li>- ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการออกแบบการทดลอง</li> <li>- ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ</li> <li>- บันทึกการสังเกตและอธิบาย</li> <li>- ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ</li> </ul>
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สังเกตนักเรียนในการนำแนวคิดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้</li> <li>- ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน</li> <li>- หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกต หลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ</li> <li>- ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง</li> <li>- ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป</li> </ul>

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนใน**ขั้นนำ** ตามแนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง (Directed Inquiry) ซึ่งเป็นการฝึกให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้จัดเตรียมแนวทางเพื่อให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วย วิธีการ สื่อ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้เพื่อให้นักเรียนสืบค้น และลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเองตามแนวทางที่ครูกำหนดไว้ให้ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างความสนใจให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น โดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามและกำหนดประเด็นที่ศึกษา ที่จะช่วยนำไปสู่ความเข้าใจเรื่องใหม่หรือประเด็นที่กำลังศึกษา ด้วยการเสนอสถานการณ์หรือปัญหา แล้วตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** ขั้นตอนนี้นักเรียนต้องวางแผน กำหนดแนวทางสำหรับการตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน หรือกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำลังศึกษา แล้วลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมและตรวจสอบข้อมูล ด้วยวิธีการศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ หรือทำการทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** ขั้นตอนนี้นักเรียนต้องนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา หรือการทดลอง มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป รูปภาพ หรือตาราง ฯลฯ

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** ขั้นตอนนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

5. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด โดยครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินทั้งด้านกระบวนการและความถูกต้องของความรู้ที่ได้

### 3.2 แนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางที่คล้ายคลึงกันในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาให้ผู้เรียน ซึ่งสามารถสรุปเป็น 3 แนวทาง (อัมพร ม้าคนอง, 2553, น. 47; อ้างอิงจาก Baroody, 1993; Kilpatrick, 1989) ดังนี้

1. การสอนผ่านการแก้ปัญหา (Teaching via problem solving) เป็นการสอนความรู้หรือพัฒนาทักษะใด ๆ โดยใช้ปัญหาเป็นสื่อหรือเครื่องมือในการเรียนรู้ เช่น การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ แก้ปัญหา และเรียนรู้สิ่งใหม่

2. การสอนให้แก้ปัญหา (Teaching for problem solving) เป็นการสอนที่เน้นการฝึกให้ผู้เรียนใช้กระบวนการแก้ปัญหากับปัญหาที่หลากหลายและมีโครงสร้างแตกต่างกัน เพื่อให้เกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหามากพอที่จะสามารถประยุกต์ใช้ได้

3. การสอนกระบวนการแก้ปัญหา (Teaching about problem solving) เป็นการสอนให้ผู้เรียนเข้าใจและเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา เทคนิค วิธีการ และกลวิธีแก้ปัญหา เช่น การสอนกระบวนการแก้ปัญหามาของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหา DAPIC ที่บูรณาการกระบวนการแก้ปัญหากับคณิตศาสตร์

สำหรับกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหา (Problem solving approach) เป็นการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นสื่อ หรือเครื่องมือในการเรียนรู้ และมีสถานการณ์ปัญหาที่เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาด้วยตนเองตามขั้นตอนสำรวจ สืบสวน สร้างข้อความคาดการณ์ อธิบาย และตัดสินใจสรุปในกรณีทั่วไปของตนเอง ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การเรียนผ่านการแก้ปัญหาคือช่วยให้นักเรียน มีแนวทางการคิดที่หลากหลาย มีนิสัยกระตือรือร้น ไม่ย่อท้อ และมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ตลอดชีวิต (สสวท., 2555, น.145)

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหา นอกจากครูจะต้องเตรียมปัญหาให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ครูควรจะต้องดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องและเหมาะสมด้วย แนวทางในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหาคือควรเป็นดังนี้ (สสวท., 2555, น.153-158)

1. ครูควรใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบร่วมมือ หรือการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยซึ่งทำให้นักเรียนได้พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ได้สื่อสารและนำเสนอกลยุทธ์แก้ปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหามาของตนเอง ได้อภิปรายถึงกลยุทธ์แก้ปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหามาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ได้สะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับกลยุทธ์แก้ปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหามาที่กระทำร่วมกัน ตลอดจนได้เรียนรู้ที่จะยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจเริ่มต้นจากการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดและกระบวนการของการแก้ปัญหา

3. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด อธิบายในสิ่งที่ตนคิดและนำเสนอแนวคิดของตนเอง อาจเริ่มต้นจากการให้นักเรียนเติมคำตอบเพียงคำเดียว เติมคำตอบสั้น ๆ แล้วจึงเติมคำตอบเป็นข้อความหรือประโยค และเมื่อนักเรียนคุ้นเคยกับการได้คิด อธิบายในสิ่งที่ตนเองคิด และนำเสนอแนวคิดของตนแล้ว ครูควรให้นักเรียนลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม เพราะจะช่วยให้ นักเรียนฝึกทักษะการคิด การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอร่วมกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม

4. ครูควรยอมรับความคิดเห็นของนักเรียนไม่ว่าจะถูกหรือผิด ซึ่งการตอบผิดของนักเรียนจะทำให้ครูได้รู้ว่าข้อผิดพลาดนั้นมาจากไหนและมีมากน้อยเพียงใด และควรซักถาม อภิปรายและเปิดอภิปราย เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

5. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนเริ่มต้นคิดหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน เนื่องจากมีนักเรียนจำนวนมากที่ไม่ทราบว่า จะเริ่มต้นคิดแก้ปัญหาอย่างไร จึงขอให้ครูแนะและตั้งคำถามนำ ทำให้นักเรียนไม่คิดเพื่อหาวิธีแก้ปัญหาหรือกระบวนการด้วยตนเอง

6. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนคิดและลงมือปฏิบัติแก้ปัญหตามขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหาเพื่อให้นักเรียนมีประสบการณ์และคุ้นเคยกับขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง

7. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนใช้กลยุทธ์แก้ปัญหามากกว่าหนึ่งกลยุทธ์ เพื่อให้ นักเรียนตระหนักว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถใช้กลยุทธ์ได้มากกว่าหนึ่งกลยุทธ์

8. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนสำรวจ สืบสวน สร้างข้อคาดการณ์ อธิบายและ ตัดสินข้อสรุปในกรณีทั่วไปของตนเอง ซึ่งอาจเริ่มจากให้นักเรียนฝึกการตั้งคำถามกับตัวเองบ่อย ๆ โดยเป็นคำถามที่ต้องการคำอธิบาย เช่น เพราะเหตุใด ทำไม และอย่างไร แล้วให้นักเรียนลงมือสำรวจ สืบสวน รวบรวมข้อมูล ค้นหาความสัมพันธ์และแบบรูป สร้างข้อความคาดการณ์อธิบาย และตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ตลอดจนตัดสินข้อสรุปในกรณีทั่วไปของตนเอง

9. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนใช้ช่องทางการสื่อสารได้มากกว่าหนึ่งช่องทางในการนำเสนอกลยุทธ์และกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนตระหนักว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอได้มากกว่าหนึ่งช่องทางการสื่อสาร

10. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาทั้งในคณิตศาสตร์ และในบริบทอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าว่าคณิตศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้ในบริบทอื่น ๆ นอกเหนือจากคณิตศาสตร์ได้ การแก้ปัญหาหลายๆ แบบมีคุณค่ามากกว่าการแก้ปัญหาแบบเดียวตลอดเวลา

11. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนสร้างปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติม โดยอาศัยแนวคิด กลยุทธ์และกระบวนการแก้ปัญหาจากปัญหาเดิม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของตนได้อย่างหลากหลายและเป็นอิสระ

12. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนรับรู้กระบวนการคิดของตนเอง ตรวจสอบการคิด และกระบวนการคิดของตนเองว่า มีสิ่งใดบ้างที่รู้ และมีสิ่งใดบ้างที่ไม่รู้ ตลอดจนจนสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาของตนออกมาด้วย โดยการให้นักเรียนเขียนบันทึกในหัวข้อเกี่ยวกับทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

13. ครูควรเปิดอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับกลยุทธ์และกระบวนการแก้ปัญหาที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำแล้วร่วมกัน พิจารณาและสรุปว่ากลยุทธ์และกระบวนการแก้ปัญหาใดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนใน**ขั้นสอน** ตามแนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของซูไคโลว์ โควเตอร์ และบลัม ทำให้ได้มาซึ่งกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the task) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่ต้องการให้นักเรียนคิด และตัดสินใจว่าอะไรคือสิ่งที่ปัญหาต้องการหา ในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง

2. ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (Searching mathematics) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนปรับปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องพิจารณาว่าข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้มานั้นเพียงพอต่อการหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์หรือไม่ หากยังไม่เพียงพอ นักเรียนต้องศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจาก

แหล่งเรียนรู้ภายนอก แล้วนำข้อมูลและเงื่อนไขทั้งหมดไปหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ และสร้างเป็นตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงนั้น

3. ขั้นการใช้คณิตศาสตร์ (Using mathematics) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จนกระทั่งสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ พร้อมกับตรวจสอบและสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

4. ขั้นอธิบายคำตอบ (Explaining results) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนเปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ก่อนทำการปรับ/แปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง

นอกจากเรียนรู้กระบวนการของการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ข้างต้น นักเรียนจะได้ฝึกฝนและมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (Real-world problems) ด้วยตนเอง (Learning by doing) ได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning) หรือการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย และได้ฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่พบเห็นได้ในชีวิตจริง เพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ และการสืบค้นข้อมูล โดยนักเรียนต้องลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม (Group problem solving)

### 3.3 บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

สำหรับบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ มีนักการศึกษาคณิตศาสตร์หลายท่านได้กล่าวไว้ ดังเช่น

คอมเบอร์ (Comber, 1999, p. 4) กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ ว่าครูควรมีบทบาทดังต่อไปนี้

1. ครูควรพยายามเข้าไปมีส่วนร่วมกับนักเรียนทุกคนในการอภิปราย
2. ครูควรพยายามให้นักเรียนทุกคนคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่กำลังศึกษาอยู่
3. ครูควรดูแลให้มีการอภิปรายอยู่เสมอ ถ้าการอภิปรายดำเนินไปช้านักเรียนจะเริ่มท้อใจและเกิดความเบื่อหน่าย
4. ครูควรจัดเตรียมความช่วยเหลือ (ถามคำถาม ให้คำแนะนำ ให้การพูดเป็นนัยแต่ต้องไม่มากเกินไป) เมื่อจำเป็น

5. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความมุ่งมั่นที่จะหาผลลัพธ์และส่งเสริมให้มีการอภิปราย

6. ครูควรจัดการกับผลลัพธ์ที่ได้ด้วยความระมัดระวัง อย่ารีบร้อนที่จะพูดว่า “ใช้ถูกต้องแล้ว” หรือ “ไม่ใช่มันผิด” แต่ครูควรใช้คำพูดในทำนองต่อไปนี้

“เธอสามารถทำได้ถูกต้อง”

“อาจจะถูกต้อง”

“มีใครเห็นด้วยกับ ชื่อ.....บ้าง”

“มีใครได้ผลลัพธ์แตกต่างจากนี้บ้าง”

“.....ชื่อ..... พูดว่า .....เธอเห็นด้วยหรือไม่”

“มีทางได้อีกบ้างที่เราจะสามารถตรวจสอบผลลัพธ์นี้ได้”

7. ครูควรยอมรับข้อสรุปหลาย ๆ อย่างโดยให้มีข้อสรุปที่ถูกต้องรวมอยู่ด้วย จากนั้นจึงให้นักเรียนอธิบายข้อสรุปของตน

8. ถ้ามีนักเรียนบางคนเสนอข้อสรุปที่ถูกต้องก่อนคนอื่น ๆ และยังมีเวลาซึ่งนักเรียนอื่น ๆ ยังคิดอยู่ ครูอาจใช้คำพูดว่า “ขอใจ ชื่อ.....เธออาจทำถูก แต่ครูขอให้เธอคอยสักครู่ให้คนอื่น ๆ ได้มีโอกาสคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่กำลังศึกษาบ้าง”

9. ครูควรให้นักเรียน เรียนรู้ที่จะรักษาความเงียบเพราะความเงียบจะเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับครูในการที่จะให้ข้อสรุปที่ถูกต้องของสถานการณ์จริงนั้น

มอสคาร์ดี และครอส (Moscardini; & Cross, 1985, p. 85) กล่าวถึง บทบาทของครูในการสอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า บทบาทแรกของครูเริ่มที่การนำเสนอปัญหาโดยสังเขป โดยต้องมั่นใจว่านักเรียนไม่ว่าจะทำงานเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลก็ตามต้องเข้าใจตัวปัญหา ก่อน จากนั้นจึงแบ่งนักเรียนเพื่ออภิปรายและเขียนรายงาน โดยการเขียนรายงานของนักเรียนต้องบ่งบอกถึงสิ่งที่เขาทำในการพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามในกรณีทั่วไปการพูดของครูที่อยู่ในลักษณะของการวินิจฉัยกระบวนการว่าควรเป็นเช่นนั้นหรือควรเป็นเช่นนั้นควรมีน้อยที่สุด เนื่องจากนักเรียนมักมีความเชื่อว่าสิ่งที่ครูพูดนั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้องเสมอ

จากการศึกษาบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยซึ่งทำหน้าที่เป็นครูผู้สอน จะนำมาพัฒนาเป็นบทบาทของครูที่จะใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ โดยครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้อำนวยการความสะดวก เริ่มตั้งแต่การพิจารณาสถานการณ์จริงที่เหมาะสม ทำการศึกษาสถานการณ์จริงเหล่านั้นเป็นอย่างดี ครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำเท่าที่จำเป็น

และยึดนักเรียนเป็นสำคัญ ควบคุมการจัดกิจกรรมให้ดำเนินไปอย่างเหมาะสม รู้จักตั้งคำถามที่เหมาะสม รวมไปถึงการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรม

### 3.4 การวัดและประเมินผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

#### การวัดและประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักคณิตศาสตร์ศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้กล่าวถึงแนวทางการวัดและประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

โพลยา (Polya, 1973, pp. 5-40) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและรายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา	พฤติกรรมชีวิตความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา:	หลังจากอ่านโจทย์แล้วจะต้องบอกได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ ต้องการทราบอะไร และข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา:	ใช้เงื่อนไขความเป็นจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา:	ความสามารถในการสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการ หรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคำนวณ
ขั้นตรวจสอบคำตอบ:	การพิจารณาความสมเหตุสมผลและการสรุปความหมายของคำตอบ

ชาร์ล และเลสเตอร์ (Charles; & Lester, 1982, pp. 11-12) แบ่งสัดส่วนของการให้คะแนนออกเป็น 3 ส่วน คือ ความเข้าใจในการแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหา และผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งสามารถวิเคราะห์สัดส่วนและสร้างเป็นเกณฑ์ให้คะแนนได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของชาร์ลและเลสเดออร์

ส่วนที่พิจารณา	พฤติกรรมที่แสดง	คะแนนที่ได้
ความเข้าใจ ในการแก้ปัญหา	● ไม่แสดงอะไรเลย	0
	● แปลความหมายผิดทั้งหมด	1
	● แปลความหมายผิดเป็นส่วนมาก	2
	● แปลความหมายผิดเป็นส่วนน้อย	3
	● แปลความหมายได้ถูกต้องสมบูรณ์	4
วิธีการแก้ปัญหา	● ไม่แสดงอะไรเลย	0
	● วางแผนการทำงานไม่ถูกต้อง	1
	● แก้ปัญหาถูกต้องเป็นส่วนน้อย	2
	● แก้ปัญหาถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
	● วางแผนเหมาะสมมีแนวทางที่จะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง	4
ผลลัพธ์ที่ได้	● ไม่แสดงอะไร	0
	● เขียนผิด คำนวณผิด	1
	● คำตอบถูกต้อง	2

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 168-169) เสนอเกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินผลแบบวิเคราะห์ ที่แบ่งเป็นระดับคุณภาพเป็น 3 ระดับ คือ 1, 2 และ 3 นอกจากนี้ครูอาจกำหนดน้ำหนักคะแนนของแต่ละปัญหาให้แตกต่างกันตามน้ำหนักของเนื้อหาหรือความเหมาะสมได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบวิเคราะห์ ของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายการประเมิน	คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจ ปัญหา	3	ดี	เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
	2	พอใช้	เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง
	1	ต้องปรับปรุง	เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
2. การเลือกยุทธวิธี การแก้ปัญหา	3	ดี	เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา
	2	พอใช้	เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา
	1	ต้องปรับปรุง	เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้วิธีการ แก้ปัญหา	3	ดี	นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน
	2	พอใช้	นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน
	1	ต้องปรับปรุง	นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. การสรุปคำตอบ	3	ดี	สรุปคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์
	2	พอใช้	สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
	1	ต้องปรับปรุง	ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

### กรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ ของ PISA 2018

โปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาของประเทศต่าง ๆ ในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, น. 1-9)

PISA ประเมินนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งเป็นวัยที่สำเร็จการศึกษาภาคบังคับ โดยดำเนินการอย่างต่อเนื่องทุก ๆ 3 ปี เพื่อติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการศึกษาและมุ่งให้ข้อมูลแก่ระดับนโยบาย การประเมินของ PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน หรือเรียกว่า “ความฉลาดรู้” (Literacy) ได้แก่ ความฉลาดรู้ด้านการอ่าน (Reading literacy) ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical literacy) และความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, น. 1-9) โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 รอบ กล่าวคือ รอบที่ 1 (Phase I: PISA 2000 PISA 2003 และ PISA 2006) และรอบที่ 2 (Phase II: PISA 2009 PISA 2012 และ PISA 2015) ในการประเมินผลนักเรียนจะวัดความรู้ทั้ง 3 ด้าน แต่จะเน้นหนักในด้านใดด้านหนึ่งในการประเมินแต่ละระยะ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 1) กล่าวคือ

การประเมินผลระยะที่ 1 (PISA 2000 และ PISA 2009) เน้นด้านการอ่าน (น้ำหนักข้อสอบด้านการอ่าน 60% และที่เหลือเป็นด้าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างละ 20%)

การประเมินผลระยะที่ 2 (PISA 2003 และ PISA 2012) เน้นด้านคณิตศาสตร์ (น้ำหนักข้อสอบด้านคณิตศาสตร์ 60% และด้านการอ่านและวิทยาศาสตร์อย่างละ 20%)

การประเมินผลระยะที่ 3 (PISA 2006 และ PISA 2015) เน้นด้านวิทยาศาสตร์ (น้ำหนักข้อสอบด้านวิทยาศาสตร์ 60% และด้านการอ่านและคณิตศาสตร์อย่างละ 20%)

ในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยได้เข้าร่วม PISA 2000 และดำเนินการต่อเนื่องมาใน PISA 2003, PISA 2006, PISA 2009 และ PISA 2012 โดยจัดการประเมินต่อเนื่องทุกสามปี ซึ่งขณะนี้อยู่ในช่วงดำเนินงาน PISA 2015 และ PISA 2018 เมื่อพิจารณากรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ของ PISA 2012 และ PISA 2015 ซึ่งในขณะนั้น PISA ถูกแทนด้วยคำว่า “โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ” และ Mathematical literacy ถูกแทนด้วยคำว่า “การรู้เรื่องคณิตศาสตร์” พบว่า กรอบการประเมินของทั้งสองปีจะเน้นที่การประเมินว่า นักเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด นั่นคือ สามารถนำฐานความรู้คณิตศาสตร์มาใช้ และเผชิญหน้ากับปัญหาในโลกจริงได้เพียงใด ขอบเขตการประเมินครอบคลุมองค์ประกอบ 3 ด้าน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 1) ได้แก่

1. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Process) ที่อธิบายสิ่งที่แต่ละคนทำเพื่อเชื่อมโยงบริบทของปัญหา กับคณิตศาสตร์ แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหา
2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ (Content) ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
3. สถานการณ์หรือบริบท (Context) ที่ปัญหานั้นอยู่

สำหรับการประเมิน PISA 2018 เป็นการประเมินสมรรถนะที่เรียกว่า “Literacy” ซึ่งในที่นี้จะใช้คำว่า “ความฉลาดรู้” แม้ว่าการประเมินด้านคณิตศาสตร์ไม่ใช่การประเมินหลักในรอบนี้ แต่กรอบการประเมินไม่ได้เปลี่ยนแปลงจาก PISA 2012 และ PISA 2015 (OECD, 2019, p. 76) แกมมที่สำคัญของความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่สำคัญอีกด้านหนึ่ง คือ เรื่องของ “กระบวนการทางคณิตศาสตร์” หรือ การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ (Mathematising) กระบวนการที่นักเรียนนำมาใช้ในการความพยายามที่จะแก้ปัญหานั้น ถือว่าเป็น **สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical competencies)** สมรรถนะต่าง ๆ เหล่านี้จะสะท้อนถึงวิธีที่นักเรียนใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยคำว่า “สมรรถนะ” หมายถึง ความรู้ ความสามารถ ทักษะ และคุณลักษณะอื่นๆ ที่มีอยู่ในตัวบุคคลที่สามารถวัดหรือสังเกตได้จากพฤติกรรมการทำงานที่แสดงออกมาให้เห็น และส่งผลทำให้บุคคลนั้น ๆ สามารถปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของงานที่ตั้งไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น. 29) โดยกรอบการประเมินผลของ PISA เลื่อนเน้น 8 สมรรถนะ ได้แก่

1. การคิดและการใช้เหตุผล (Thinking and Reasoning) สมรรถนะนี้เกี่ยวข้องกับความสามารถในการตั้งคำถาม รู้คำตอบทางคณิตศาสตร์ บอกความแตกต่างของประโยค (statements) (เช่น บทนิยาม ทฤษฎีบท ข้อความคาดการณ์ สมมติฐาน ตัวอย่าง ฯลฯ) และความเข้าใจและการใช้ข้อจำกัดของคณิตศาสตร์

2. การสร้างข้อโต้แย้ง (Argumentation) เกี่ยวข้องกับการรู้จักการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ (และรู้ว่าการพิสูจน์แตกต่างจากการใช้เหตุผลอย่างไร) สามารถติดตาม และประเมินการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ มีความรู้สึกถึงความจริง (รู้ว่าอะไรเกิดขึ้นได้/ไม่ได้ และทำไม) และสามารถสร้างและแสดงการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

3. การสื่อสาร (Communication) เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของตนเอง ความสามารถที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจตน โดยวิธีการต่าง ๆ บนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ ทั้งในรูปของการพูดและการเขียน และสามารถเข้าใจการพูดและการเขียนของผู้อื่นด้วยเช่นกัน

4. การสร้างตัวแบบ (Modeling) เกี่ยวข้องกับการวางโครงสร้างของสถานการณ์ที่จะต้องนำมาสร้างเป็นตัวแบบ (Model) การแปลความเป็นจริงให้เข้าสู่โครงสร้างทาง

คณิตศาสตร์ การประเมินความน่าเชื่อถือของตัวแบบ วิเคราะห์ วิจาร์ณ ตัวแบบและผลที่เกิดขึ้น การสื่อสารแนวคิดของตัวแบบและผล (รวมทั้งข้อจำกัด) การติดตามและควบคุมกระบวนการของการสร้างตัวแบบ

5. การตั้งและการแก้ปัญหา (Problem posing and solving) เป็นสมรรถนะที่เกี่ยวข้องกับการตั้งคำถาม การสร้างเป็นปัญหาคณิตศาสตร์ และการนิยาม ปัญหาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ (เช่น คณิตศาสตร์แก้ ประยุกต์ คำถามเปิด คำถามปิด) และการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ โดยวิธีการที่หลากหลาย

6. การแสดงเครื่องหมายแทน (Representation) สมรรถนะด้านนี้เกี่ยวข้องกับการแปลรหัส(decoding) และการเข้ารหัส (encoding) การแปลความ การตีความ และการบอกความแตกต่างของการแสดงเครื่องหมายของคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงเครื่องหมายแทนแบบต่าง ๆ การเลือกและการเปลี่ยนระหว่างรูปแบบต่าง ๆ ของการแสดงเครื่องหมายแทน (Representation) ที่ให้สอดคล้องกับสถานการณ์และจุดประสงค์

7. การใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการดำเนินการ (Using symbolic, language and operation) เกี่ยวข้องกับการแปลรหัส การตีความสัญลักษณ์ ภาษาคณิตศาสตร์ และความเข้าใจการเชื่อมโยงของภาษาคณิตศาสตร์กับภาษาธรรมดา การแปลความจากภาษาธรรมดาไปเป็นสัญลักษณ์/ภาษาคณิตศาสตร์ สามารถจัดการกับประโยคหรือพจน์ที่มีสัญลักษณ์ และสูตร ความสามารถในการใช้ตัวแปรการแก้สมการ และการคำนวณ

8. การใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ (Using aids and tools) สมรรถนะนี้เกี่ยวข้องกับการรับรู้ และความสามารถในการใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ (รวมทั้งเครื่องมือภาคเทคโนโลยีสารสนเทศ) ที่สามารถช่วยกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังหมายถึงรวมถึงความรู้ถึงข้อจำกัดของเครื่องมือเหล่านั้น ๆ ด้วย

อย่างไรก็ตาม PISA ไม่ได้ต้องการที่จะสร้างข้อสอบเพื่อวัดสมรรถนะต่าง ๆ เฉพาะแต่ละสมรรถนะโดยลำพัง เพราะสมรรถนะของคนไม่ใช่สิ่งที่จะแยกออกมาวัดได้โดด ๆ แต่ในการแสดงความสามารถอย่างใดอย่างหนึ่งอาจมีหลายสมรรถนะซ้อนกันอยู่ ดังนั้น PISA จึงไม่ได้วัดสมรรถนะโดด ๆ แต่ในการตอบข้อสอบ นักเรียนจำเป็นต้องมีและสามารถใช้สมรรถนะดังกล่าว แต่อาจจะใช้หลายสมรรถนะหรือเรียกว่า กลุ่มของสมรรถนะในการแก้ปัญหา ซึ่งรวมได้เป็นสามกลุ่ม ได้แก่ (1) Reproduction (การทำใหม่) (2) Connection (การเชื่อมโยง) และ (3) Reflection and Communication (การสะท้อนและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์)

## การวัดและประเมินผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของงานวิจัย

การวัดและประเมินผลการสร้างตัวแบบเชิงเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของงานวิจัยนี้ จะทำการประเมินผลเกี่ยวกับความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง ในขั้นตอนต่าง ๆ 4 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (2) ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) ขั้นใช้คณิตศาสตร์ และ (4) ขั้นอธิบายคำตอบ ซึ่งเทคนิคการประเมินที่เหมาะสมคือ การประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 96) ได้กล่าวถึงแนวคิดและหลักการในการประเมินตามสภาพจริงไว้ว่า เป็นการประเมินจากผลงานหรือผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนตามหลักฐานหรือร่องรอยหรือผลที่เกิดจากการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การบันทึก การทดลอง และการรวบรวมข้อมูลจากผลงานที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงถึงสมรรถภาพที่แท้จริงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงของผู้เรียน

เกณฑ์การประเมินที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายคือ การให้คะแนนแบบรูบรีค (Rubric scoring) ซึ่งเป็นการให้คะแนนที่ประเมินผลงานที่ผู้เรียนทำหรือพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออก ไม่ได้พิจารณาที่คำตอบหรือผลลัพธ์สุดท้ายเพียงอย่างเดียว แต่ยังพิจารณาที่ขั้นตอนการทำงานของผู้เรียนด้วย ตลอดจนมีการกำหนดระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของผู้เรียนไว้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีคสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเหมาะสม ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์การให้คะแนนแบบรูบรีคที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic scoring) และการให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic scoring) (สสวท., 2555, น. 168-169)

สำหรับการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ เป็นการให้คะแนนตามองค์ประกอบของสิ่งที่ต้องการประเมิน ในการให้คะแนนจะกำหนดเกณฑ์ของคะแนนในแต่ละด้าน แล้วรายงานผลโดยจำแนกเป็นด้าน ๆ และอาจสรุปรวมคะแนนทุกด้านด้วยก็ได้ ส่วนการให้คะแนนแบบองค์รวม เป็นการให้คะแนนที่ระบุระดับคะแนนพร้อมบรรยายละเอียดของผลงานหรือพฤติกรรมของผู้เรียนที่ควรมี เป็นภาพรวมการทำงานทั้งหมด ไม่ต้องแยกแยะเป็นด้านๆ ตัวอย่างของการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ และการให้คะแนนแบบองค์รวม แสดงได้ดังตาราง 5 และตาราง 6

ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์		
ขั้นการแก้ปัญหา	คะแนน	คำอธิบาย
ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา	0	● เข้าใจปัญหาผิดทั้งหมด
	1	● เข้าใจปัญหาผิดบางส่วน
	2	● นักเรียนเข้าใจปัญหาถูกต้องทั้งหมด
ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา	0	● ไม่ได้พยายามวางแผนแก้ปัญหา หรือวางแผนไม่เหมาะสม
	1	● วางแผนได้เหมาะสม แต่แก้ปัญหาได้บางส่วน
	2	● วางแผนแก้ปัญหาได้เหมาะสม และสามารถหาคำตอบได้
ขั้นการได้คำตอบ	0	● ไม่มีคำตอบ หรือคำตอบผิดเนื่องจากวางแผนการแก้ปัญหาผิดพลาด
	1	● ผิดพลาดจากการคำนวณหาคำตอบหรือคำตอบไม่ครบถ้วน
	2	● คำตอบถูกและระบุหน่วยของคำตอบถูกต้องทั้งหมด

ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม

เกณฑ์การให้คะแนน	คะแนน
ตอบได้ถูกต้อง สามารถแสดงข้อมูลเปรียบเทียบและอธิบายได้อย่างชัดเจน	20
ตอบได้ถูกต้อง สามารถแสดงข้อมูลเปรียบเทียบและอธิบายพอสื่อให้เข้าใจได้ครบถ้วน	15
ตอบได้ถูกต้อง สามารถแสดงข้อมูลเปรียบเทียบและอธิบายพอสื่อให้เข้าใจได้บางส่วน	10
ตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายข้อมูลเปรียบเทียบและอธิบายได้หรือตอบไม่ถูกต้อง แต่สามารถแสดงข้อมูลเปรียบเทียบและอธิบายพอสื่อให้เข้าใจได้เป็นบางส่วน	5
ตอบไม่ถูกต้อง ไม่สามารถแสดงข้อมูลเปรียบเทียบและอธิบายได้ หรืออธิบายผิด	0

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีค โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินผลแบบวิเคราะห์ที่ดัดแปลงมาจากแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 เนื่องจากการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนั้น มีลักษณะเป็นขั้นตอน ประกอบกับการให้คะแนนแบบวิเคราะห์มีข้อดี คือ

1. เป็นการพิจารณาขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ไม่ใช่พิจารณาเพียงคำตอบเท่านั้น
  2. เป็นวิธีการกำหนดคุณค่าของงานนักเรียนด้วยตัวเลขที่ชัดเจน
  3. ช่วยครูในการเน้นเฉพาะที่ จุดอ่อนและจุดแข็งของนักเรียนได้ตรงประเด็น
  4. สเกลการให้คะแนนแบบวิเคราะหสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมได้
- เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีคที่จะพัฒนาขึ้นนี้ จะนำไปใช้ในการประเมินความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

### 3.5 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น. 7-20) ได้ให้แนวคิดและหลักปฏิบัติไว้ว่า เมื่อได้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้จะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่า สื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่ และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด ดังนั้นผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ

#### 3.5.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงานเพื่อให้งานมีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วน หรือร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลลัพธ์ (Ratio between input, process and output)

ประสิทธิภาพเน้นการดำเนินการที่ถูกต้อง หรือกระทำสิ่งใด ๆ อย่างถูกวิธี (Doing the thing right) คำว่าประสิทธิภาพมักสับสนกับคำว่า ประสิทธิภาพ (Effectiveness) ซึ่งเป็นคำที่คลุมเครือ ไม่เน้นปริมาณ และมุ่งให้บรรลุวัตถุประสงค์ และเน้นการกระทำสิ่งที่ถูกที่ควร (Doing the right thing) ดังนั้น สองคำนี้จึงมักใช้คู่กัน คือ ประสิทธิภาพและประสิทธิผล

สำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น (Try out) และการทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ (1) การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น (2) การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียน และทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และ (3) การทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

1. การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพชุดสื่อการสอนให้เท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2. การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพ ใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย และทุกหน่วยในแต่ละวิชา ไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาค การศึกษาเป็นอย่างน้อย เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่ และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การทดสอบประสิทธิภาพทั้ง 2 ขั้นตอนจะต้องผ่านการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research and Development หรือ R&D) โดยต้องดำเนินการวิจัยในขั้นทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น และอาจทดสอบประสิทธิภาพซ้ำในขั้นทดสอบประสิทธิภาพจริงด้วยก็ได้ เพื่อประกันคุณภาพของสถาบันการศึกษา

### 3.5.2 ความจำเป็นที่ต้องการประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพหรือชุดการสอนมีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

1. สำหรับหน่วยงานผลิตสื่อหรือชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพช่วยประกันคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูง เหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนแล้ว เมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ได้ไม่ดี ก็จะต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่เป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงาน และเงินทอง

2. สำหรับผู้ใช้สื่อหรือชุดการสอน สื่อหรือชุดการสอนที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพจะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดี ในการสร้างสภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง บางครั้งชุดการสอนต้องช่วยครูสอน บางครั้งต้องสอนแทนครู (อาทิ ในโรงเรียนครูคนเดียว) ดังนั้น ก่อนนำสื่อหรือชุดการสอนไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนจริง การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้น จะช่วยให้เราได้สื่อหรือชุดการสอนที่มีคุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. สำหรับผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่า เนื้อหาสาระที่บรรจุลงในสื่อหรือชุดการสอนมีความเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมอง แรงงาน เวลา และเงินทองในการเตรียมต้นแบบ

### 3.5.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เกณฑ์ (Criterion) เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียว เพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดียว ตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่ม ตั้งไว้ 70/70 ส่วนแบบสนามตั้งไว้ 80/80 ถือว่าเป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจ หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็จะมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน และคุ้มแก่การผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_1$  = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_2$  = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วย พฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ การทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมาย หรือกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงาน และประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ  $E_1/E_2$  เท่ากับ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

### 3.5.4 วิธีการคำนวณประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพกระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตรและการคำนวณธรรมดา

1. โดยใช้สูตร กระทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E_1 = \frac{\sum x}{N} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{x}}{A} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$  คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรม หรือ งานที่ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

$A$  คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชั้นรวมกัน

$N$  คือ จำนวนผู้เรียน

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{F}}{B} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$  คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

$B$  คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย ประกอบด้วย ผลการสอบหลังเรียนและคะแนนจากการประเมินงานสุดท้าย

$N$  คือ จำนวนผู้เรียน

2. โดยใช้วิธีการคำนวณโดยไม่ใช้สูตร หากจำสูตรไม่ได้หรือไม่อยากใช้สูตร ผู้ผลิตสื่อหรือชุดการสอน สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดา สำหรับ  $E_1$  คือ ค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติ กระทำโดยการนำคะแนนงานทุกชั้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนเป็นร้อยละ สำหรับ  $E_2$  คือ ค่าประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน กระทำโดยการเอาคะแนนจากการสอบหลังเรียน และคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ย แล้วเทียบส่วนร้อยละ เพื่อหาค่าร้อยละ

### 3.5.5 การตีความผลการคำนวณ

หลังจากคำนวณหาค่า  $E_1$  และ  $E_2$  ได้แล้ว ผู้หาประสิทธิภาพต้องตีความหมายของผลลัพธ์ โดยยึดหลักการและแนวทางดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ ให้มีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ได้ไม่เกิน .05 หรือร้อยละ 5 จากช่วงต่ำไปสูง =  $\pm 2.5$  นั้น ให้ผลลัพธ์ของค่า  $E_1$  หรือ  $E_2$  ที่ถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5%

หากคะแนน  $E_1$  หรือ  $E_2$  ห่างกันเกิน 5% แสดงว่ากิจกรรมที่นักเรียนทำการสอบหลังเรียนไม่สมดุลกัน เช่น ค่า  $E_1$  มากกว่า  $E_2$  แสดงว่างานที่มอบหมายอาจจะง่ายกว่าการสอบ หรือหากค่า  $E_2$  มากกว่า  $E_1$  แสดงว่าการสอบง่ายกว่าหรือไม่สมดุลกับงานที่มอบหมายให้ทำ จำเป็นที่จะต้องปรับแก้

หากสื่อหรือชุดการสอนได้รับการออกแบบ และพัฒนามีคุณภาพ ค่า  $E_1$  หรือ  $E_2$  ที่คำนวณได้จากการทดสอบประสิทธิภาพจะต้องใกล้เคียงกันและห่างไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นตัวชี้ที่จะยืนยันว่า นักเรียนได้มีการเปลี่ยนพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย หรืออีกนัยหนึ่ง ต้องประกันได้ว่านักเรียนมีความรู้จริง ไม่ใช่ทำกิจกรรมหรือทำข้อสอบได้เพราะการเดา

### 3.5.6 ขั้นตอนและการเลือกนักเรียนมาทดสอบประสิทธิภาพ

1. การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คนทดสอบประสิทธิภาพสื่อ หรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1-3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเก่ง ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนเสียก่อน ทำการปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กปานกลาง และเก่งตามลำดับ ระหว่างทดสอบให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม และสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน จากนั้นนำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนี้อาจได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกกังวลเมื่อปรับปรุงแล้วจะสูงขึ้นมาก

2. การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อ หรือชุดการสอนกับผู้เรียน 6-10 คน (คณะผู้เรียนที่เก่ง ปานกลาง และอ่อน) เด็กอ่อนห้ามทดสอบกับเด็กอ่อนล้วน หรือเก่งล้วน ระหว่างทดสอบให้จับเวลา และสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน จากนั้นนำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น

3. การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อ หรือชุดการสอนกับนักเรียนทั้งชั้น (ปกติให้ใช้กับผู้เรียน 30 คน แต่ในโรงเรียนขนาดเล็กอนุโลมให้ใช้กับนักเรียน 15 คน ขึ้นไป) ชั้นเรียนที่เลือกมาทดสอบต้องมีนักเรียนคละกันทั้งเก่งและอ่อน ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลา และสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักเรียนต่างกลุ่ม อาจทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เป็น 60/60 โดยแบ่งนักเรียนในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน และหาคุณภาพของเครื่องมือ 3 ครั้ง ดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

2. การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน และเป็นนักเรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มรายบุคคล

3. การหาประสิทธิภาพภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 12 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มรายบุคคลและกลุ่มย่อย

#### ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

##### 4.1 งานวิจัยในประเทศ

สุรสาธิต ผาสุข (2546) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผลในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ 5 ขั้นตอนคือ

(1) การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง (2) การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (3) การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (4) การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และ (5) การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง โดยกิจกรรมที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดกิจกรรมจำนวน 12 ชุดกิจกรรม แต่ละชุดกิจกรรมประกอบด้วย แผนการสอนสถานการณ์ปัญหา ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมและเอกสารสำหรับครู กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 32 คน เมื่อทดลองใช้ชุดกิจกรรมแต่ละชุดกิจกรรมกับกลุ่มตัวอย่างแล้วก็จะประเมินความสามารถและการคิดในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมที่กลุ่มตัวอย่างทำและสังเกตพฤติกรรม ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและสังเคราะห์ความรู้ที่เกี่ยวข้องมาสร้างตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นและเอกซ์โพเนนเชียลได้ คิดหาข้อสรุปจากตัวแบบในรูปของฟังก์ชันและทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบได้ แต่การคิดเชื่อมโยงข้อสรุปเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงยังทำได้ไม่ดีนัก ส่วนเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังจากการทดลองใช้กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี

พรพิศ ศรีชาคำ (2548) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา การศึกษาความสามารถในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และเปรียบเทียบเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย กิจกรรมพื้นฐาน กิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา แบบทดสอบวัดผลการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนดีกว่าก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญ .01

เบญจมินทร์ อรัญเพิ่ม (2548) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีจุดมุ่งหมายเพื่อ สร้างชุดการสอนเรื่อง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในการเรียนเรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย

บทเรียนเรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คู่มือครูและแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับครู และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถในการเรียนเรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ระดับนัยสำคัญ .01

เทพสุดา เกตุทอง (2551) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งศึกษาและเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในด้านพัฒนาการ เมื่อเปรียบเทียบพัฒนาการระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่า ร้อยละของพัฒนาการของค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริชชรินทร์ ยศสรวรินทร์ (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แล้วศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต มีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตผ่านเกณฑ์มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .01

กุลนิดา ปลื้มปิติวิริยะเวช (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ (1) เพื่อพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้ และ (2) เพื่อศึกษาคุณภาพกระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และศึกษาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง ผลการวิจัยพบว่า

1. กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้ มีหลักการสำคัญ 5 หลักการ คือ

- 1.1 หลักการใช้ปัญหาเสมือนโลกแห่งความจริงและการเข้าใจปัญหา
- 1.2 หลักการกำหนดเป้าหมายและการแปลงจากสถานการณ์ในโลกแห่งความจริง (Real world) ไปยังโลกแห่งความคิด (Conceptual world)
- 1.3 หลักการดำเนินการตามแบบจำลองคณิตศาสตร์
- 1.4 หลักการทบทวนความคิด
- 1.5 หลักการประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งประกอบด้วย (1) การนำเสนอปัญหาเพื่อสร้างความสนใจ (2) การกำหนดเป้าหมายและการสร้างแบบจำลอง (3) การดำเนินการแก้ปัญหาและอ้างอิงผลลัพธ์สู่บริบทในโลกแห่งความจริง (4) การประเมินแบบจำลองและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และ (5) การขยายความคิดสู่สถานการณ์ใหม่

2. คุณภาพของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น พบว่า (1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์หลังเรียน สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ในทิศทางที่ดีขึ้น

## 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

บลัม (Blum, 2011) ได้นำเสนอผลการวิจัยซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่มีชื่อว่า Didactical intervention modes for mathematics teaching oriented toward self-regulation and directed by task หรือ DISUM ซึ่งสนับสนุนโดยมูลนิธิการวิจัยของประเทศเยอรมันนี่เป็นการวิจัยที่ศึกษาและพัฒนารูปแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง กลุ่มตัวอย่างเป็นครูในระดับมัธยมศึกษาและนักเรียนในระดับเกรด 8-10 ซึ่งแบ่งการวิจัยออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนโดยละเอียด เพื่ออธิบายว่าความสามารถหรือพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นอย่างไรเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตจริง พบว่า การแก้ปัญหาที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตจริงเป็นเรื่องที่ยากสำหรับนักเรียนหลายคน จากการเก็บข้อมูลวิธีในการแก้ปัญหาของนักเรียนจะเห็นได้ชัดว่า นักเรียนหลายคนยังมีความสับสนในการตีความปัญหาและการคำนวณ ซึ่งไม่ได้เกิดเฉพาะกับนักเรียนที่เรียนอ่อน แต่กับนักเรียนที่เก่งก็เช่นกัน เพราะถึงแม้ว่านักเรียนที่เก่งจะรู้จักและเลือกใช้ทฤษฎีต่าง ๆ มาช่วยในการคำนวณ เช่น ทฤษฎีพีทาโกรัส แต่ก็ยังลืมการตรวจสอบคำตอบ และลืมใส่หน่วยการวัด หรือใส่หน่วยการวัดแต่ไม่ถูกต้อง

ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนผ่านการสร้างรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเป็นวงจรของ บลัม และไลซ์ (Blum and Leiss, 2007) ประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ (1) จำลองสถานการณ์ (Constructing) (2) ทำปัญหาให้ง่ายขึ้น (Simplifying/Structuring) (3) คิดให้เป็นคณิตศาสตร์ (Mathematising) (4) ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (Working mathematically) (5) แปลความหมาย (Interpreting) (6) ตรวจสอบความเหมาะสม (Validating) และ (7) การนำเสนอ (Exposing) ผลการทดลอง พบว่า มีความยุ่งยากเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนแก้ปัญหาตามขั้นตอนของวงจรดังกล่าว ในขั้นตอนที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจำลองสถานการณ์ พบว่า มีนักเรียนจำลองสถานการณ์ได้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนเลือกที่จะจำลองสถานการณ์จากประสบการณ์ความรู้ที่คุ้นเคย หรือเคยเจอมาก่อน โดยละทิ้งหรือไม่ให้ความสำคัญกับบริบทที่สำคัญของปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 การทำปัญหาให้ง่ายขึ้น พบว่า นักเรียนไม่สามารถแปลงปัญหาที่พบให้อยู่ในรูปที่ง่ายขึ้นได้ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากปัญหาไม่เพียงพอต่อการสร้างข้อสมมติฐาน หรือนักเรียนไม่คุ้นเคยกับข้อมูลที่พบในปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนหลงลืมนำข้อมูลที่สำคัญบางส่วนมาใช้ในการกำหนดเป็นตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 4 การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีความผิดพลาดเกิดขึ้นในการคำนวณบ้างเล็กน้อย

ขั้นตอนที่ 5 การแปลความหมาย พบว่า นักเรียนหลงลืมความหมายของคำตอบที่ได้มาจากการคำนวณในขั้นตอนที่ 4 ว่าเป็นคำตอบของสิ่งใดหรือสิ่งที่ปัญหาต้องการหาให้คำตอบคืออะไร

ขั้นตอนที่ 6 การตรวจสอบความเหมาะสม พบว่า นักเรียนไม่มีการตรวจสอบความเหมาะสมของคำตอบที่ได้ว่าสมเหตุสมผลหรือไม่ เห็นได้ชัดจากการที่นักเรียนด่วนสรุปคำตอบและนำเสนอคำตอบในทันทีที่ได้คำตอบ

ส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาการสอนการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ในห้องเรียนของครู พบว่า ครูมีบทบาทและมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เห็นได้จากความแตกต่างที่เกิดขึ้นชัดเจนระหว่างห้องเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาอย่างอิสระ โดยครูเป็นผู้คอยดูแลและให้การสนับสนุนอย่างใกล้ชิด กับห้องเรียนที่ปล่อยให้ นักเรียนเรียนคิดแก้ปัญหาตามลำพังโดยครูไม่ให้การสนับสนุนใด ๆ เพียงแต่นั่งสังเกตการณ์อยู่ห่าง ๆ ปฏิบัติของครูผู้สอนจึงมีความสำคัญมากต่อการเรียนรู้การสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของครูได้ดังนี้ (1) การให้นักเรียนได้รับความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างเต็มที่ และการสร้างความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน (2) การส่งเสริม ให้แรงเสริม หรือกระตุ้นให้นักเรียนคิด และสนับสนุนให้นักเรียนคิดอย่างอิสระ (3) ครูต้องมีความยืดหยุ่นต่อวิธีในการแก้ปัญหาของนักเรียน ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาได้หลากหลาย เข้าใจความแตกต่างของนักเรียนในการเรียนรู้ รวมถึงมีความยืดหยุ่นในด้านเวลา และการประเมินผล

ส่วนที่ 4 เป็นการสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการสอนการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากผลการวิจัยในส่วนที่ 2 และ 3 ให้ข้อสรุปที่เชื่อถือได้ 4 ประการ ดังต่อไปนี้

1. คุณภาพของการสอนการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์พิจารณาจากการตระหนักถึงความสมดุลระหว่างการให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองและการให้คำแนะนำจากครูผู้สอนตามความเหมาะสม รวมถึงความยืดหยุ่นในการจัดการเรียนการสอนของครู

2. การใช้บริบทหรือหัวข้อที่หลากหลาย การเพิ่มความสามารถและการคิดให้ มีหลายระดับ ช่วยให้การประเมินผลมีประสิทธิภาพ และการสอนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สัมฤทธิ์ผล

3. ครูควรจะให้การสนับสนุนแนวคิดของนักเรียนที่นำไปสู่การกำหนดตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์ และกระตุ้นให้นักเรียนเลือกใช้วิธีการที่หลากหลาย

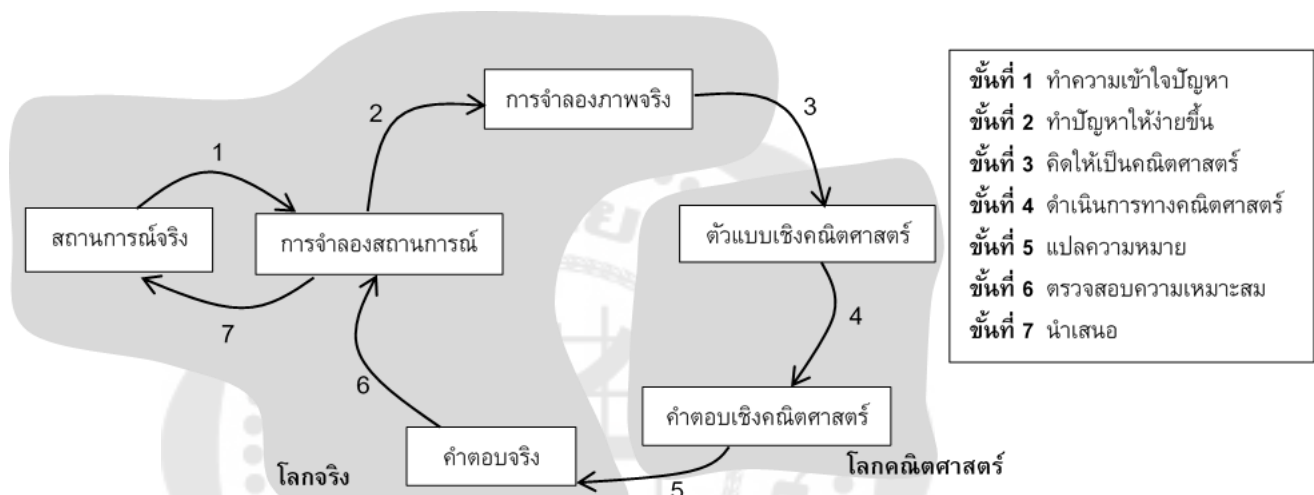
4. ครูควรส่งเสริมกลยุทธ์การแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้กับนักเรียนสำหรับการทำ ภาระงานเกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และกระตุ้นการรู้คิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมการใช้ กระบวนการคิดที่หลากหลาย ภายใต้สถานการณ์ที่มีบริบทคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกัน

ชูโคโลว์ และคณะ (Schukajlow, et al, 2012) ได้ทำการศึกษานักเรียนเกรด 9 จำนวน 224 คน เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะ 3 ด้านคือ ด้านความสนุกสนานในการเรียน คณิตศาสตร์ ด้านการเห็นคุณค่าและความสนใจในคณิตศาสตร์ และด้านความเชื่อที่มีต่อ ความสามารถที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนทำการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ 3 ประเภท ได้แก่ ปัญหาภายในคณิตศาสตร์ (Intra-mathematics problems) โจทย์ คณิตศาสตร์ (Word problems) และปัญหาแบบจำลอง (Modeling problems) โดยมี การประเมินผลก่อนเรียนและหลังเรียน ในเนื้อหาสาระเรื่องทฤษฎีพีทาโกรัสและฟังก์ชันเชิงเส้น เพื่อ ตอบคำถามการวิจัย 3 ข้อ คือ (1) คุณลักษณะทั้ง 3 ด้านดังกล่าวจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ ประเภทของปัญหาหรือไม่ (2) วิธีการสอนการแก้ปัญหาแบบจำลองในห้องเรียนมีผลต่อ คุณลักษณะทั้ง 3 ด้านหรือไม่ และ (3) วิธีการสอนการแก้ปัญหาแบบจำลองที่แตกต่างกันส่งผล กระทบต่อคุณลักษณะทั้ง 3 ด้านแตกต่างกันหรือไม่ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะทั้ง 3 ด้านของนักเรียนไม่มีความแตกต่างกัน ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ประเภท แต่วิธีการ สอนของครูส่งผลกระทบต่อบางคุณลักษณะ โดยเฉพาะการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ นักเรียนเป็นศูนย์กลาง

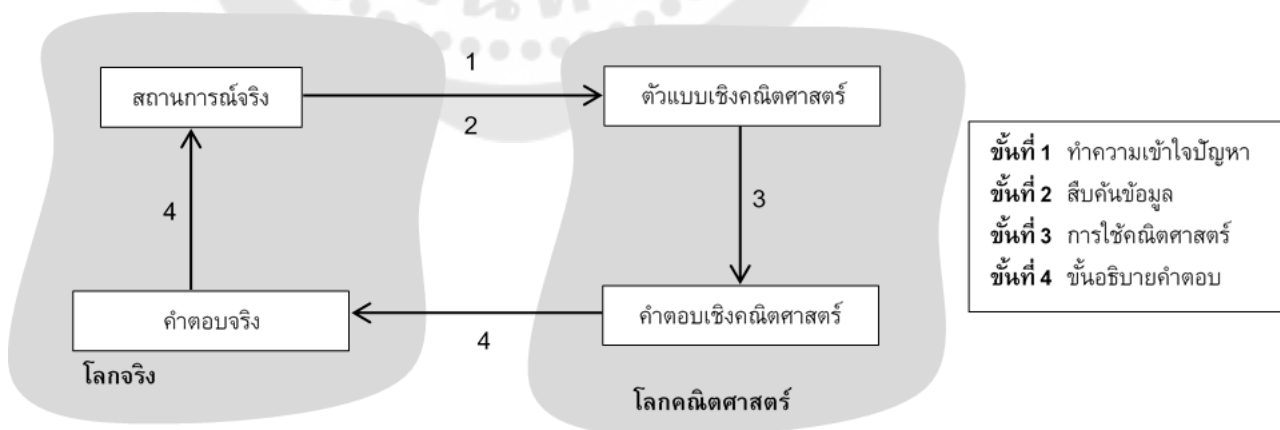
กรุง และชูโคโลว์ (Krug; & Schukajlow, 2013) ได้ทำการศึกษานักเรียนเกรด 9-10 จำนวน 192 คน เกี่ยวกับความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ระหว่าง การแก้ปัญหาที่มีการเชื่อมโยงกับชีวิตจริงและปัญหาที่ไม่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อตอบคำถามการ วิจัย 2 ข้อคือ (1) ความสนใจต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันหรือไม่ โดย เปรียบเทียบระหว่างปัญหาภายในคณิตศาสตร์ (Intra-mathematics problems) และปัญหา แบบจำลอง (Modeling problems) และ (2) กระบวนการแก้ปัญหามีอิทธิพลหรือมีผลกระทบต่อ ความสนใจที่มีต่อการแก้ปัญหของนักเรียนหรือไม่ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความ

สนใจต่อการปัญหาที่มีการเชื่อมโยงกับชีวิตจริงแตกต่างจากการแก้ปัญหาที่ไม่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และความสนใจต่อการแก้ปัญหาทุกประเภทจะลดลงหลังจากกระบวนการแก้ปัญหาเสร็จสิ้น

ชูโคโลว์ โคว์เตอร์ และบลัม (Schukajlow; Kolter; & Blum, 2015) ได้ปรับปรุงจรรยาสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จาก 7 ขั้นตอน (Blum, 2011) ให้กระชับขึ้นเป็น 4 ขั้นตอน และเรียกว่า "Solution Plan" แล้วนำมาทดลองสอนนักเรียนเกรด 9 จำนวน 91 คน เพื่อศึกษาผลของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามวงจรมันี่โดยละเอียดทุกขั้นตอน



ภาพประกอบ 18 วงจรการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของบลัม



ภาพประกอบ 19 Solution Plan

ผลการทดลองพบว่า (1) คะแนนหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นคะแนนที่อธิบายถึงความสามารถด้านการวางแผน การฝึกซ้อม การคิด และการจัดการของนักเรียนในขณะที่ทำการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (2) วงจรการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นมาช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน และนักเรียนที่ใช้วงจรนี้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับทฤษฎีพีทาโกรัสได้ผลดีกว่านักเรียนคนอื่น ๆ



### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะดังนี้

**ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู**

- 1.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย
- 1.2 การกำหนดกรอบแนวคิด
- 1.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
- 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

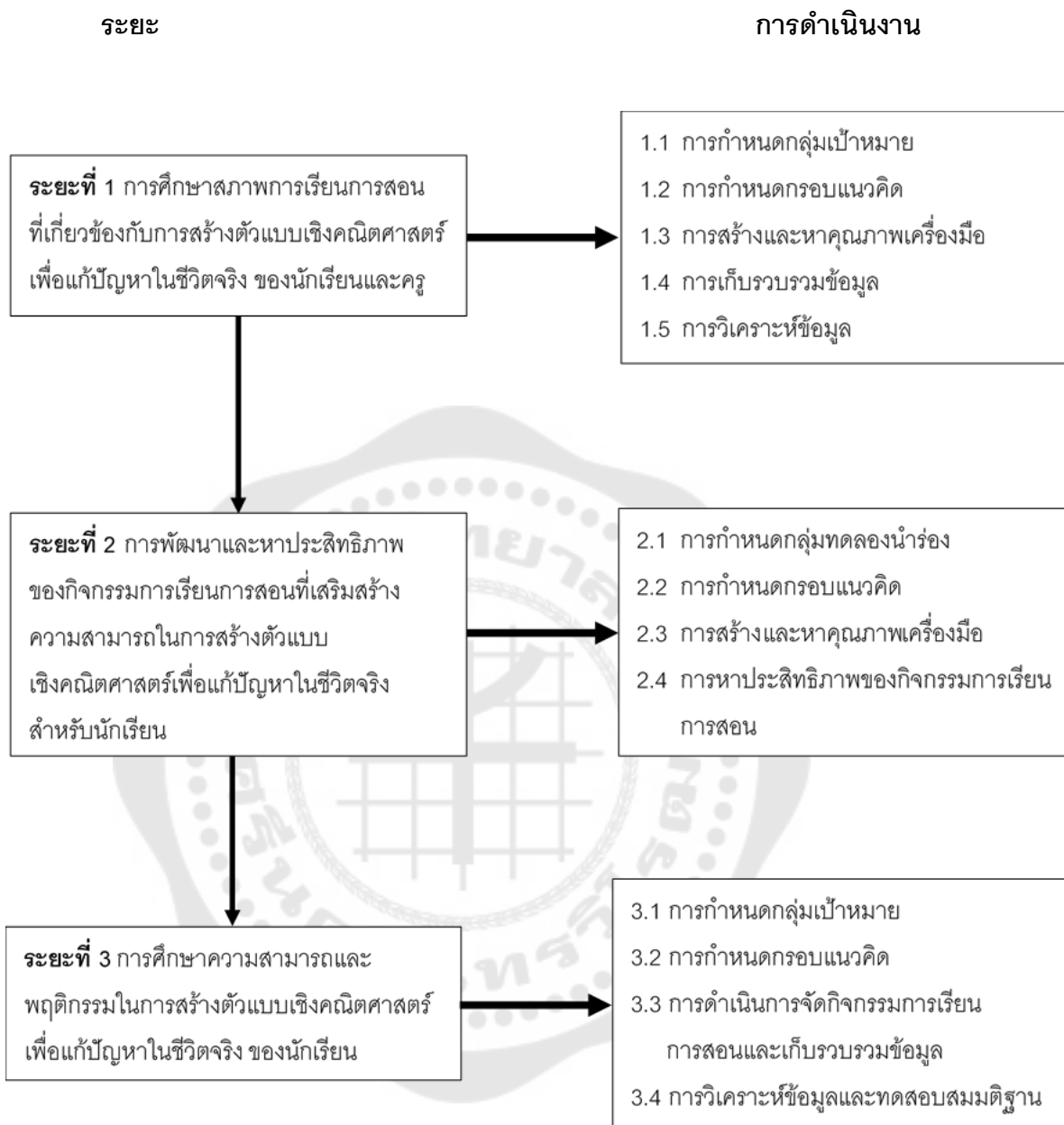
**ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน**

- 2.1 การกำหนดกลุ่มทดลองนำร่อง
- 2.2 การกำหนดกรอบแนวคิด
- 2.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
- 2.4 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน

**ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน**

- 3.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย
- 3.2 การกำหนดกรอบแนวคิด
- 3.3 การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน

โดยการดำเนินการทั้ง 3 ระยะ ดังกล่าว สามารถแสดงความสัมพันธ์และรายละเอียดของขั้นตอนการวิจัย ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

## ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู

ในการศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

### 1.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ประกอบด้วย

1.1.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 36 คน (โรงเรียนละ 18 คน) โดยเลือกแบบเจาะจง

1.1.2 ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 6 คน (โรงเรียนละ 3 คน) โดยเลือกแบบเจาะจง

### 1.2 การกำหนดกรอบแนวคิด

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู โดยดัดแปลงมาจากกรอบแนวคิดของ ธัชพล พลรัตน (2561, น. 78-81) ดังนี้

#### 1.2.1 จุดมุ่งหมายของการศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอน

การศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้ได้ข้อมูลของนักเรียนและครูที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่สามารถนำมาสร้างและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

#### 1.2.2 ขอบเขตของการศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอน

สภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มี 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนและครู (2) ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน และ (3) สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู

ในการศึกษาความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนและครู ผู้วิจัยจะพิจารณา (1) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ (2) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (3) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในขณะที่ การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ผู้วิจัยจะพิจารณา (1) การทำความเข้าใจปัญหา (2) การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) การใช้คณิตศาสตร์ และ (4) การอธิบายคำตอบ สำหรับการศึกษาศภาพการ จัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู ผู้วิจัยจะพิจารณา (1) ด้านหลักสูตร (2) ด้านผู้สอน และ (3) ด้านผู้เรียน

### 1.2.3 แนวทางของการศึกษาศภาพการเรียนการสอน

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ศภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มี 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู (2) ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน และ (3) ศภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้การสอบถาม การทดสอบ และการสัมภาษณ์

## 1.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือสำหรับการศึกษาศภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ประกอบด้วย (1) เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากนักเรียน และ (2) เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากครู มีรายละเอียดดังนี้

### 1.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากนักเรียน

1) แบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน เป็นแบบสอบถามที่ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของ รุ่งฟ้า จันทร์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005, pp. 128-130) เพื่อให้ได้รับข้อมูลความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และใช้เป็นแนวทางในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ สังเคราะห์ และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป โดยแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

(1) ความเชื่อที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (2) ความเชื่อที่เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (3) ความเชื่อที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แบบสอบถามนี้มีทั้งหมด 30 ข้อ แบ่งเป็นด้านละ 10 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนแบบประมาณค่า (Rating Scale) 4 ระดับ ซึ่งแต่ละข้อ สามารถเลือกแสดงความเชื่อได้ 4 ลักษณะ คือ มากที่สุด มาก น้อย และไม่เชื่อเลย

โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ถ้าความเชื่อ นั้นเป็นความเชื่อทางบวก และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ถ้าความเชื่อ นั้นเป็นความเชื่อทางลบ สำหรับเกณฑ์การแปลผลตัดแปลงมาจาก สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก: 193) โดยกำหนดคะแนนความเชื่อ ดังนี้

ถ้ามีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 3.50–4.00	เป็นระดับมากที่สุด
ถ้ามีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 2.50–3.49	เป็นระดับมาก
ถ้ามีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.50–2.49	เป็นระดับน้อย
ถ้ามีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.00–1.49	เป็นระดับน้อยที่สุด หรือไม่เชื่อเลย

2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 1 ข้อ และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์จากเนื้อหา ในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ที่ไม่เกินชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแบบทดสอบนี้จะเปิดโอกาสให้ นักเรียนเขียนอธิบายวิธีทำหรือแนวคิดในการหาคำตอบได้อย่างอิสระ เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับ พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยตรวจสอบพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่ (1) การทำความเข้าใจปัญหา (2) การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) การใช้คณิตศาสตร์ และ (4) การอธิบายคำตอบ

### การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ที่มีข้อคำถามจำนวน 36 ข้อ และ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน ที่มีข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ แล้วนำเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อแก้ไข ตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาแล้ว จึงนำแบบสอบถามและแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ หลังจากนั้น ผู้วิจัยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ตั้งแต่

0.5 ขึ้นไป และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แบบสอบถามและแบบทดสอบตามที่กำหนด

### 1.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากครู

1) แบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู เป็นแบบสอบถามที่ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาของ รุ่งฟ้า จันทร์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005, pp.128-130) เพื่อให้ได้รับข้อมูลความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และใช้เป็นแนวทางในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ สังเคราะห์ และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป โดยแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (2) ความเชื่อเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (3) ความเชื่อเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แบบสอบถามนี้มีทั้งหมด 30 ข้อ แบ่งเป็นด้านละ 10 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนแบบประมาณค่า (Rating Scale) 4 ระดับ ซึ่งแต่ละข้อ สามารถเลือกแสดงความเชื่อได้ 4 ลักษณะ คือ มากที่สุด มาก น้อย และไม่เชื่อเลย

โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ถ้าความเชื่อนั้นเป็นความเชื่อทางบวก และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ถ้าความเชื่อนั้นเป็นความเชื่อทางลบ สำหรับเกณฑ์การแปลผลดัดแปลงมาจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก: 193) โดยกำหนดคะแนนความเชื่อ ดังนี้

ถ้ามีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 3.50–4.00	เป็นระดับมากที่สุด
ถ้ามีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 2.50–3.49	เป็นระดับมาก
ถ้ามีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.50–2.49	เป็นระดับน้อย
ถ้ามีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 1.00–1.49	เป็นระดับน้อยที่สุด หรือไม่เชื่อเลย

2) แบบสัมภาษณ์สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยนำเอาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหาของ อัมพร ม้าคนอง (2559) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555) และทรงชัย อัครชวิต (2555) มาเป็นแนวทางในการกำหนดประเด็นหรือข้อมูลของคำถามในแบบสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับสภาพและปัญหาของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และเป็นแนวทางใน

การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ สังเคราะห์ และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป โดยแบบ สัมภาษณ์แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านหลักสูตร (2) ด้านผู้สอน และ (3) ด้านผู้เรียน แบบ สัมภาษณ์นี้มีจำนวน 30 ข้อ ซึ่งประเด็นการสัมภาษณ์เปิดโอกาสให้ครูแสดงแนวคิดในการตอบ คำถามอย่างอิสระ

### **การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ**

ผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู ที่มีข้อคำถาม 36 ข้อ และแบบสัมภาษณ์ สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู ที่มีข้อคำถาม 36 ข้อ แล้วนำเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อแก้ไข ตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาแล้ว จึงนำแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์เสนอต่อ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของภาษา ที่ใช้ หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ตามที่กำหนด

#### **1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ในการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูล ภาคสนาม ดังนี้

##### **1.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากนักเรียน**

- 1) นำแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย
- 2) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน ไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

##### **1.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากครู**

- 1) นำแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู ไปเก็บข้อมูลจากครูที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย
- 2) สัมภาษณ์ครูที่เป็นกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบสัมภาษณ์สภาพการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู ในการสัมภาษณ์จะบันทึกการ สัมภาษณ์โดยการบันทึกเสียงและการจดบันทึก

## 1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากนักเรียนและครู ดังนี้

### 1.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามจากนักเรียน

1) นำแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

### 1.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามจากครู

1) นำแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2) นำผลการสัมภาษณ์เกี่ยวกับสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน คณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

## ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน

ในการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

### 2.1 การกำหนดกลุ่มทดลองนำร่อง

กลุ่มเป้าหมายสำหรับทดลองนำร่องของการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 21 คน โดยเลือกแบบเจาะจง และใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ ทำการพิจารณาคะแนนดิบของนักเรียน ในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แล้วแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม

ตามระดับคะแนน คือ กลุ่มที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยแบ่งนักเรียนเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ 3 ครั้ง ดังนี้

2.1.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

2.1.2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน และเป็นนักเรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มรายบุคคล

2.1.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 12 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มรายบุคคลและกลุ่มย่อย

## 2.2 การกำหนดกรอบแนวคิด

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน โดยดัดแปลงมาจากกรอบแนวคิดของ รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005) และ สุรสาธ ผาสุข (2546) และใช้ผลที่ได้จากการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ดังนี้

### 2.2.1 จุดมุ่งหมายของกิจกรรมการเรียนการสอน

กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน มีจุดมุ่งหมายหลักคือ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในด้านต่างๆ ดังนี้

- (1) การทำความเข้าใจปัญหา
- (2) การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์
- (3) การใช้คณิตศาสตร์ และ
- (4) การอธิบายคำตอบ

## 2.2.2 ขอบเขตของกิจกรรมการเรียนการสอน

กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

ในกิจกรรมการเรียนการสอนนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งดัดแปลงมาจากกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของซูโคโลว์ โคลเตอร์ และบล์ม โดยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้จะประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ทำความเข้าใจปัญหา (2) ค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) ใช้คณิตศาสตร์ และ (4) อธิบายคำตอบ ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

จากภาพประกอบ 21 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในชีวิตจริง นักเรียนจะต้องเริ่มทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาก่อน หลังจากนั้นวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาคำตอบ และข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหา แล้วพิจารณาต่อว่าข้อมูลหรือเงื่อนไขที่มีอยู่นั้นเพียงพอต่อการหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์หรือไม่ หากยังไม่เพียงพอ นักเรียนต้องศึกษาหรือค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลภายนอกที่เกี่ยวข้อง จนกระทั่งสามารถหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์และนำมาสร้างเป็น

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงนั้น (ปรับปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์) แล้วดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จนกระทั่งสามารถหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ หลังจากนั้นทำการตรวจสอบและสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง แล้วแปลความหมายออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง สุดท้ายนำคำตอบที่ได้ไปบรรยายหรืออธิบายคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงนั้น

นอกจากเรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แล้ว นักเรียนยังจะได้ฝึกฝนและมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยตนเอง ได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบร่วมมือ และได้ฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่พบเห็นได้ในชีวิตจริงเพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ และการสืบค้นข้อมูล โดยนักเรียนต้องลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียน 4 คน แบบคละความสามารถ กล่าวคือ มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง 1 คน ปานกลาง 2 คน และต่ำ 1 คน โดยนักเรียนแต่ละคนต้องร่วมกันรับผิดชอบในการแก้ปัญหาของกลุ่ม นำเสนอผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงทั้งของตนเองและของกลุ่ม ตลอดจนมีส่วนร่วมในการอภิปรายผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงร่วมกันในชั้นเรียน

### 2.2.3 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2 ใช้เวลาแผนละ 90 นาที (1 คาบ) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-6 ใช้เวลาแผนละ 180 นาที (2 คาบ) โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครูผู้สอน และเพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยแบ่งกิจกรรมการเรียนการสอนออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 คาบเรียน 1-4

ช่วงที่ 2 คาบเรียน 5-10

ช่วงที่ 3 คาบเรียน 11-16

โดยแต่ละช่วงมีรายละเอียดของกิจกรรมการเรียนการสอน ดังตาราง 7

ตาราง 7 กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน

ช่วงที่	คาบเรียน	รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนการสอน
1	1	กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) เริ่มต้นด้วยการแนะนำกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนได้เรียนรู้และมีประสบการณ์ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านกิจกรรมเรื่อง “Hot Promotion” ซึ่งปัญหาในกิจกรรมนี้จะไม่ซับซ้อนและไม่จำเป็นต้องค้นคว้าข้อมูล/เงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก เพื่อเน้นไปที่การฝึกฝนให้นักเรียนเกิดความชำนาญและคุ้นเคยกับกระบวนการ/ขั้นตอนทั้งหมดของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยนักเรียนจะต้องทำกิจกรรมร่วมกันและลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ระดมความคิด และช่วยเหลือกันแก้ปัญหา
	2	กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 2 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2) ยังคงเน้นไปที่การฝึกฝนเพื่อให้นักเรียนเกิดความชำนาญและคุ้นเคยกับกระบวนการ/ขั้นตอนทั้งหมดของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ผ่านกิจกรรมเรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ซึ่งปัญหาในกิจกรรมนี้จะมีคามซับซ้อนมากกว่าปัญหาในคาบเรียนที่ 1 และเริ่มมีการฝึกให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูล/เงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก (เช่น โทรศัพท์มือถือ อินเทอร์เน็ต หนังสือ หรือใบความรู้) โดยนักเรียนจะต้องทำกิจกรรมร่วมกัน และลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ระดมความคิด และช่วยเหลือกันแก้ปัญหา
	3-4	กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 3-4 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดเป็นรายบุคคล (การทดสอบย่อยครั้งที่ 1) โดยใช้แบบทดสอบเรื่อง “รถพลังงานไฟฟ้า” เพื่อเป็นการตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนแต่ละคน

ตาราง 7 (ต่อ)

ช่วงที่	คาบเรียน	รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนการสอน
2	5-6	<p>กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 5-6 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะได้เรียนรู้และมีประสบการณ์มากขึ้นในการสร้างใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยกิจกรรมจะถูกแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้</p> <p>ตอนที่ 1 “การศึกษาคือการลงทุน” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 5) เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนศึกษาความรู้ด้วยตนเองจากสื่อต่าง ๆ เช่น วิดิทัศน์ อินเทอร์เน็ต ไปความรู้ต่าง ๆ แล้วร่วมกันอภิปรายความรู้และนำเสนอผลงานของกลุ่มที่หน้าชั้นเรียน</p> <p>ตอนที่ 2 “การประกอบอาชีพที่คุ้มค่ากับการลงทุน” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 6) เป็นกิจกรรมที่นำนักเรียนเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งปัญหาในกิจกรรมนี้จะมี ความซับซ้อนมากกว่าในช่วงแรก และมีข้อมูล/เงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมากขึ้นจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกประกอบกับผลการอภิปรายความรู้ที่ได้มาจากการทำกิจกรรมตอนที่ 1 นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมร่วมกันและลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ระดมความคิด และช่วยเหลือกันแก้ปัญหา</p>
	7-8	<p>กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 7-8 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะได้เรียนรู้และมีประสบการณ์มากขึ้นในการสร้างใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยกิจกรรมจะถูกแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้</p> <p>ตอนที่ 1 “รณรงค์ทำหมันแมวจรจัด” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 7) เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนศึกษาความรู้ด้วยตนเองจากสื่อต่าง ๆ เช่น วิดิทัศน์ อินเทอร์เน็ต ไปความรู้ต่าง ๆ แล้วร่วมกันอภิปรายความรู้และนำเสนอผลงานของกลุ่มที่หน้าชั้นเรียน</p> <p>ตอนที่ 2 “การเพิ่มขึ้นของประชากรแมว” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 8) เป็นกิจกรรมที่นำนักเรียนเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งปัญหาในกิจกรรมนี้จะมี ความซับซ้อนมากกว่าในช่วงแรก และมีข้อมูล/เงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมากขึ้นจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกประกอบกับผลการอภิปรายความรู้ที่ได้มาจากการทำกิจกรรมตอนที่ 1 นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมร่วมกันและลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ระดมความคิด และช่วยเหลือกันแก้ปัญหา</p>

ตาราง 7 (ต่อ)

ช่วงที่	คาบเรียน	รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนการสอน
2	9-10	กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 9-10 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดเป็นรายบุคคล (การทดสอบย่อยครั้งที่ 2) โดยใช้แบบทดสอบเรื่อง “อาชีพในฝันของเด็กไทย” เพื่อเป็นการตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนแต่ละคน
3	11-12	<p>กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 11-12 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะได้เรียนรู้และมีประสบการณ์มากขึ้นในการสร้างใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยกิจกรรมจะถูกแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้</p> <p>ตอนที่ 1 “นมช็อกโกแลตแบบไหนอร่อยถูกใจมากที่สุด” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 11) เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือทำการทดลองเพื่อค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงในการแก้ปัญหาและส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าแทนการจดจำจากตำรา</p> <p>ตอนที่ 2 “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนมช็อกโกแลต” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 12) เป็นกิจกรรมที่นำนักเรียนเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งปัญหาในกิจกรรมนี้จะมี ความซับซ้อนมากกว่าในช่วงที่สอง และมีข้อมูล/เงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมากขึ้นจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกประกอบกับผลการอภิปรายความรู้ที่ได้มาจากการทำกิจกรรมตอนที่ 1 นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมร่วมกันและลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ระดมความคิด และช่วยเหลือกันแก้ปัญหา</p>
	13-14	<p>กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 13-14 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะได้เรียนรู้และมีประสบการณ์มากขึ้นในการสร้างใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยกิจกรรมจะถูกแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้</p> <p>ตอนที่ 1 “การทดสอบกำลังไฟ (วัตต์) ของหลอดไฟแต่ละประเภท” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 13) เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือทำการทดลองเพื่อค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงในการแก้ปัญหาและส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าแทนการจดจำจากตำรา</p> <p>ตอนที่ 2 “เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 13) เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนศึกษาความรู้ด้วยตนเองจากสื่อต่าง ๆ เช่น วิดีทัศน์ อินเทอร์เน็ต ใบความรู้ต่าง ๆ แล้วร่วมกันอภิปรายความรู้</p>

ตาราง 7 (ต่อ)

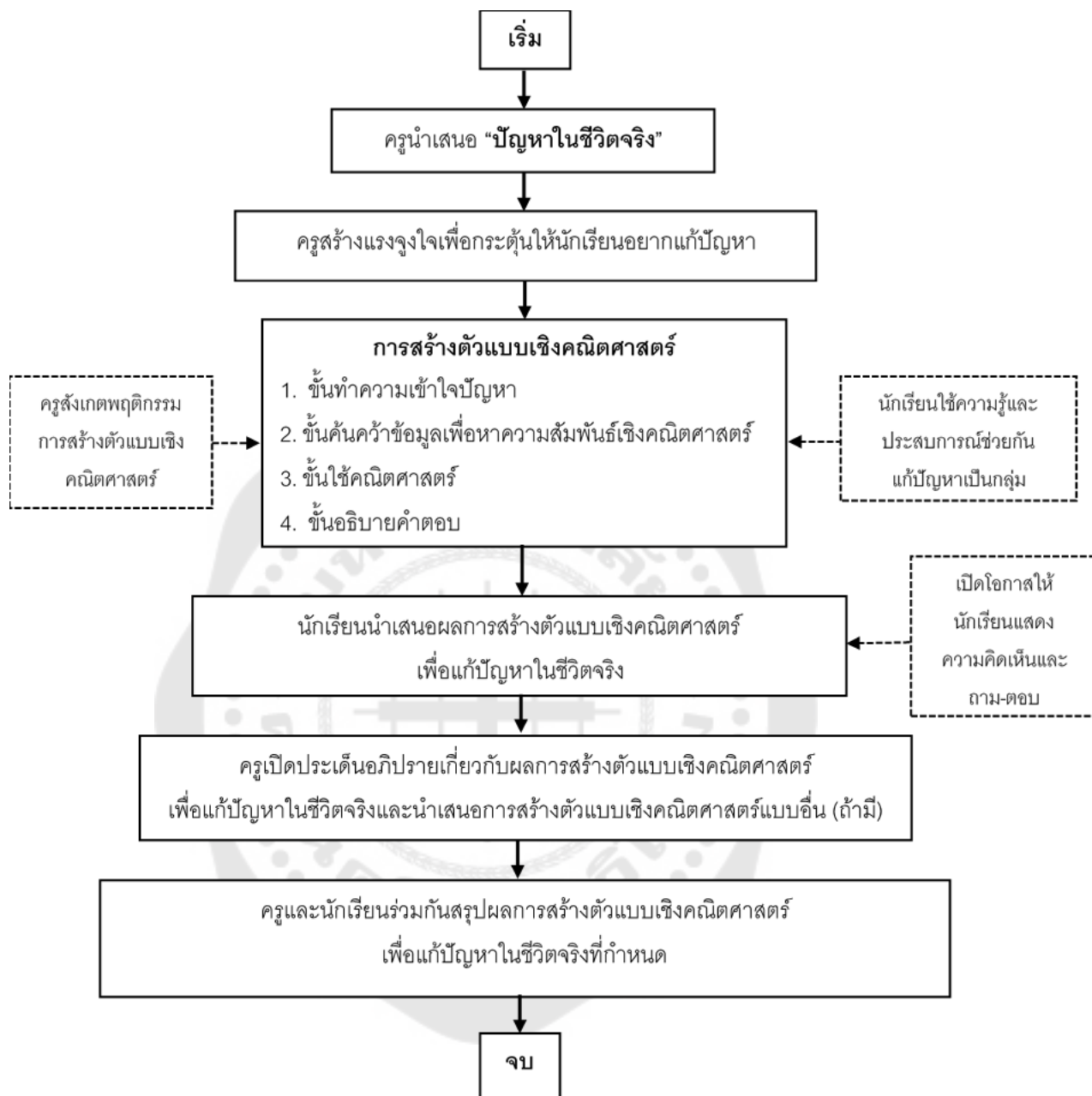
ช่วงที่	คาบเรียน	รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนการสอน
3	13-14	ตอนที่ 3 “หลอดไฟประเภทไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด” (กิจกรรมในคาบเรียนที่ 14) เป็นกิจกรรมที่นำนักเรียนเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งปัญหาในกิจกรรมนี้จะมีข้อมูลมากกว่าในช่วงที่สอง และมีข้อมูล/เงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมากขึ้นจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกประกอบกับผลการอภิปรายความรู้ที่ได้มาจากการทำกิจกรรมตอนที่ 1 และ 2 นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมร่วมกันและลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น ระดมความคิด และช่วยเหลือกันแก้ปัญหา
	15-16	กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบเรียนที่ 15-16 เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดเป็นรายบุคคล (การทดสอบย่อยครั้งที่ 3) โดยใช้แบบทดสอบเรื่อง “หลอดไฟแบบไหนประหยัดที่สุด” เพื่อเป็นการตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนแต่ละคน
คาบที่ 17-18		การทดสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังเรียน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

**ขั้นนำ** ผู้วิจัยใช้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (2) ขั้นสำรวจและค้นหา (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (4) ขั้นขยายความรู้ และ (5) ขั้นประเมินผล

**ขั้นสอน** ผู้วิจัยใช้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหา ที่ดัดแปลงมาจากแนวคิดของ รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (2) ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) ขั้นใช้คณิตศาสตร์ และ (4) ขั้นอธิบายคำตอบ ผู้วิจัยดำเนินการในขั้นสอน ดังภาพประกอบ 22

**ขั้นสรุป** ผู้วิจัยให้นักเรียนร่วมกันสรุป “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์”



ภาพประกอบ 22 ขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

## 2.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และ (2) เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีรายละเอียดดังนี้

### 2.3.1 เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผล และประเมินผลการเรียนรู้ เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหาในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์และไม่เกินชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

### 2.3.2 เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และแบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง รายละเอียดมีดังนี้

#### 1) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วย ปัญหาในชีวิตจริงที่ไม่ซับซ้อน ปัญหาในชีวิตจริงหลายขั้นตอนหรือซับซ้อน จำนวนทั้งหมด 4 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่เกินชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน และมีการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ ดังตาราง 8

ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1. ด้านการทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)	คะแนน
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ</li> </ul>	0
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ</li> </ul>	0
2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)	คะแนน
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ</li> </ul>	0
<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์พอสื่อให้เข้าใจได้ เพียงบางส่วน</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบาย</li> </ul>	0
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขในสถานการณ์จริง ให้อยู่ในรูปตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร) หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขในสถานการณ์จริง ให้อยู่ในรูปตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร) หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง บางส่วน</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขในสถานการณ์จริง ให้อยู่ในรูปตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร) หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง</li> </ul>	0
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ในปัญหาให้อยู่ในรูปตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร) หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ในปัญหาให้อยู่ในรูปตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร) หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ในปัญหา ให้อยู่ในรูปตัวไม่ทราบค่า (ตัวแปร) หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่ปรับเปลี่ยน</li> </ul>	0
<ul style="list-style-type: none"> <li>● กำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● กำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● กำหนดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่กำหนด</li> </ul>	0

ตาราง 8 (ต่อ)

3. ด้านการใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)	คะแนน
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน</li> </ul>	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องส่วนใหญ่</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง</li> </ul>	0
<ul style="list-style-type: none"> <li>● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> <li>● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> <li>● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่สรุปคำตอบ</li> </ul>	2 1 0
4. ด้านการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)	คะแนน
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> </ul>	1
<ul style="list-style-type: none"> <li>● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงไม่ถูกต้อง หรือไม่แปลความหมาย</li> </ul>	0

## 2) แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อบันทึกพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ขณะลงมือแก้ปัญหา ประกอบด้วยแบบตรวจสอบรายการ และแบบบันทึกภาคสนาม

## 3) แบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

แบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อสอบถามนักเรียนแต่ละคนเกี่ยวกับกระบวนการในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้หลังสิ้นสุดคาบเรียนแต่ละครั้ง

### ขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่จะใช้เพื่อการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีดังนี้

#### 1) กำหนดจุดมุ่งหมาย/ขอบเขตของเครื่องมือแต่ละชนิด

กำหนดจุดมุ่งหมายของเครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และเครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

#### 2) ดำเนินการสร้างเครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยเริ่มจากรวบรวมสถานการณ์จริงที่น่าสนใจ และสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวได้ หลังจากนั้นนำมาปรับเปลี่ยนเงื่อนไขให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน แล้วแสดงกระบวนการในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เป็นไปได้ พร้อมทั้งคำอธิบายที่ชัดเจน จากนั้นเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 9 แผน (ใช้จริง 6 แผน) โดยแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทแล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามที่กำหนด จำนวน 6 แผน

นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองกับกลุ่มทดลองนำร่องจำนวน 21 คน หลังจากทดลองใช้กับกลุ่มทดลองนำร่องแล้ว ปรับแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มทดลองต่อไป

### 3) ดำเนินการสร้างเครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

การสร้างเครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และแบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

**สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง** ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ (ใช้จริง 4 ข้อ) จากนั้นนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทแล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แบบทดสอบตามที่กำหนด จำนวน 4 ข้อ

นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ไปใช้กับกลุ่มทดลองนำร่อง เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ( $P_e$ ) และค่าอำนาจจำแนก (D) เป็นรายข้อ โดยใช้คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่ได้จากการทดลองหาประสิทธิภาพภาคสนาม

ซึ่งแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.62-0.69 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.44 ขึ้นไป จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient) ซึ่งค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เท่ากับ 0.934 (รายละเอียดดูภาคผนวก ก)

**สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง** ซึ่งได้แก่ แบบตรวจสอบรายการ (Check list) และแบบบันทึกภาคสนาม (Field note) โดยดัดแปลงมาจากแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ รุ่งฟ้า จันทร์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005)

นำแบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทแล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความชัดเจนของข้อความ หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แบบสังเกตพฤติกรรมตามที่กำหนด

**สร้างแบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริง** ตามแนวทางของ รุ่งฟ้า จันทร์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005)

นำแบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตจริงเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทแล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความชัดเจนของข้อความ หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แบบสัมภาษณ์ตามที่กำหนด

## 2.4 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน

ในการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลองนำร่อง ดังนี้

2.4.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์และคำถาม แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพขั้นต่อไป

2.4.2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์และคำถาม แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพขั้นต่อไป

2.4.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 12 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์และคำถาม แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและใช้ในการทดลองภาคสนามอีกครั้ง

### ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน

ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

#### 3.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 16 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง และใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ ทำการพิจารณาคะแนนดิบของนักเรียนในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แล้วแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วย นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ 1 คน

จากนั้นผู้วิจัยเลือกนักเรียนที่กล้าแสดงออก มีความสามารถในการสื่อสาร และนำเสนอแนวคิดของตนเองได้ดี เป็นนักเรียนเป้าหมาย (Target student) จำนวน 4 คน ซึ่งได้จากการสอบถามและสัมภาษณ์ครูประจำชั้นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย และพิจารณางานเขียน การสัมภาษณ์ แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง จากช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน โดยนักเรียนเป้าหมายประกอบด้วย นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ 1 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยผู้วิจัยจะใช้กล้องวิดีโอช่วยในการบันทึกรายละเอียดของพฤติกรรมขณะที่นักเรียนเป้าหมายลงมือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังสิ้นสุดคาบเรียนแต่ละครั้ง

#### 3.2 การกำหนดกรอบแนวคิด

การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ผู้วิจัยศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของซูไคโลว์ โคลเตอร์ และบล์ม แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหา แนวทางการประเมินผลและการให้คะแนนแบบรูบริก

เพื่อกำหนดแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้าง  
 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ดังนี้

**3.2.1 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา  
 ในชีวิตจริง** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการค้นคว้า  
 ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการใช้คณิตศาสตร์ และด้านการอธิบายคำตอบ  
 โดยพิจารณาจาก

1) คะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล (การทดสอบย่อย) ประกอบด้วย  
 คะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3 กิจกรรมละ 20 คะแนน (รวม 3 กิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 60  
 ของคะแนนเต็ม)

2) คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบ  
 เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง ร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

**3.2.2 พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา  
 ในชีวิตจริง** หมายถึง การแสดงออกของนักเรียน ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) **ด้านการทำความเข้าใจปัญหา** โดยพิจารณาจากการแสดงออกของ  
 นักเรียนในการระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และการระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง

2) **ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์**  
 โดยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียนในการระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่มีความจำเป็นต้อง  
 ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก การอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำความสัมพันธ์  
 เชิงคณิตศาสตร์ การแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหา  
 ทางคณิตศาสตร์ด้วยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบหรือ  
 สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง  
 นั้น

3) **ด้านการใช้คณิตศาสตร์** โดยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียน  
 ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พร้อมกับตรวจสอบและสรุปเป็น  
 คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

4) **ด้านการอธิบายคำตอบ** โดยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียน  
 ในการเปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทาง  
 คณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง และการปรับ/แปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง

โดยจะพิจารณาจากงานเขียนของนักเรียน ประกอบกับผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย โดยมีแบบสังเกตพฤติกรรมและแบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูล

### 3.3 การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนนี้เป็นากำหนดแบบแผนที่ใช้ในการทดลอง กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ระยะเวลาในการทดลอง ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.3.1 แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบกลุ่มเดียวมีการทดสอบหลังการทดลอง (One-Group Posttest-Only Design) ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยที่เลือกใช้กลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียว มีการให้ตัวแปรอิสระกับกลุ่มตัวอย่างและทำการทดสอบหลังการทดลองแล้วพิจารณาผลการทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

#### 3.3.2 การดำเนินการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 18 คาบเรียน คาบเรียนละ 90 นาที โดยใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ แล้วแบ่งเป็นเวลาสำหรับดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง จำนวน 10 คาบเรียน เวลาสำหรับการทดสอบย่อย จำนวน 6 คาบเรียน และเวลาสำหรับการทดสอบหลังการทดลอง จำนวน 2 คาบเรียน ซึ่งรายละเอียดการดำเนินการมีดังนี้

1) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครูผู้สอนและผู้สังเกตการณ์ โดยมีผู้ช่วยวิจัย 2 คน ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนเป้าหมาย และสมาชิกในกลุ่มขณะลงมือแก้ปัญหา โดยบันทึกพฤติกรรมเหล่านั้นลงในแบบสังเกตพฤติกรรม และมีการใช้กล้องวิดีโอเพื่อบันทึกรายละเอียดของการจัดกิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และบันทึกข้อมูลลงในแบบสัมภาษณ์

2) ผู้วิจัยตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนในแต่ละช่วง (ช่วงที่ 1-3) โดยให้นักเรียนทำใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3 (การทดสอบย่อย)

3) ผู้วิจัยตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 นำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง จากกลุ่มเป้าหมาย มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

3.4.2 หาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

3.4.3 ทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยใช้การทดสอบทีวินาม

3.4.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง งานเขียนของนักเรียน และแบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มาวิเคราะห์พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการใช้คณิตศาสตร์ และด้านการอธิบายคำตอบ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วัดโดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - Coefficient)
- 2) สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ
- 3) สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบทวินาม



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” มีความมุ่งหมายของการวิจัยคือ เพื่อศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนและครู พัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน แล้วทำการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมนี้ จะถูกนำมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู

ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน

ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละระยะมีรายละเอียดดังนี้

### **ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู**

ในการศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ผู้วิจัยได้ศึกษา (1) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู (2) ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน และ (3) สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามเกี่ยวกับสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### **ตอนที่ 1 ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู**

ในการศึกษาความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู ผู้วิจัยพิจารณา 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (2) ความเชื่อเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (3) ความเชื่อเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ปรากฏผลดังตาราง 9 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู ปรากฏผลดังตาราง 10

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน

ข้อ	ความเชื่อที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1	คำตอบในคณิตศาสตร์อาจยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนได้ตามวิธีการ	2.35	1.25	น้อย
2	คำตอบในวิชาคณิตศาสตร์มีความเที่ยงตรง แม่นยำ และตายตัวเสมอ	1.98	1.12	น้อย
3	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความรู้ตายตัวไม่สามารถสร้างเพิ่ม หรือเกิดขึ้นใหม่ได้	2.93	1.10	มาก
4	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความซับซ้อน เนื่องจากมีทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามมากมาย ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ	2.30	0.82	น้อย
5	การท่องจำสูตร การทำตามขั้นตอน และการคิดคำนวณเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในวิชาคณิตศาสตร์	2.08	1.05	น้อย
6	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาและประกอบการทำงานที่ตัดสินใจในชีวิตประจำวันได้	3.35	1.00	มาก
7	คณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ	3.70	0.46	มากที่สุด
8	ความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์สามารถเกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลา	3.83	0.38	มากที่สุด
9	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่สามารถนำไปเชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ ได้	3.23	1.05	มาก
10	คณิตศาสตร์เป็นวิชาเชิงสร้างสรรค์ ที่มีโครงสร้าง มีระบบ มีแบบแผน เกี่ยวกับการให้เหตุผล กระบวนการคิด และการแก้ปัญหาที่ชัดเจน	3.58	0.59	มากที่สุด
สรุปผลด้านความเชื่อที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์		2.93	0.28	มาก

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อ	ความเชื่อที่เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
11	เราสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้หลากหลายวิธี	3.73	0.55	มากที่สุด
12	เราสามารถนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาได้เลย โดยไม่ต้อง คำนึงถึงขั้นตอนหรือกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	2.68	0.73	มาก
13	การแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยการใช้กระบวนการในการนำเสนอ หรือ อธิบายปัญหาในชีวิตจริงนั้นให้อยู่ในรูปปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ เลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา จะช่วยให้สามารถ ค้นหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงนั้นได้	1.90	0.78	น้อย
14	ในการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาใช้ อาจเลือกตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว หรือสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ขึ้นมาใหม่ได้	3.40	0.74	มาก
15	ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีการปรับเปลี่ยนได้ตามสมมติฐาน ตัวแปร วิธีการ และการตีความ	3.33	0.62	มาก
16	การแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ต้อง เลือกใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นสูตร ฟังก์ชัน สมการต่าง ๆ หรือสิ่ง ที่มีอยู่แล้วเท่านั้น ไม่สามารถสร้างหรือค้นพบใหม่ได้	2.75	0.98	มาก
17	คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะต้องมี การตรวจสอบความถูกต้องทั้งบริบททางคณิตศาสตร์ และบริบทโลก แห่งความจริง	3.45	0.75	มาก
18	การแก้ปัญหาในชีวิตจริง เราไม่สามารถนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มา ช่วยในการแก้ปัญหาได้ทุกปัญหา	2.10	1.06	น้อย
19	การนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ต้องมีการ ดำเนินการตาม ขั้นตอนหรือกระบวนการของการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์	2.90	0.90	มาก
20	การแก้ปัญหาในชีวิตจริงทุกปัญหาจะมีวิธี หรือกระบวนการที่จะ แก้ปัญหาได้เพียงวิธีเดียวเท่านั้น	3.18	0.84	มาก
สรุปผลด้านความเชื่อที่เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์		2.94	0.32	มาก

ตาราง 9 (ต่อ)

ข้อ	ความเชื่อที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
21	ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการเรียนคณิตศาสตร์ ควรเป็น สถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคยหรือเคยเจอมาก่อน	2.15	0.95	น้อย
22	กิจกรรมกลุ่มจะช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้ง ภายในและภายนอกห้องเรียน	3.20	0.69	มาก
23	การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สามารถใช้กับสถานการณ์จริงใด ๆ ก็ได้	2.18	0.98	น้อย
24	กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาจะช่วยให้นักเรียน มี ความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นได้	3.60	0.50	มากที่สุด
25	แบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ต้องมีข้อความที่ เฉพาะเจาะจงและสอดคล้องกับกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	3.15	0.66	มาก
26	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นเครื่องมือสำคัญในการวัดความสามารถในการ สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน	1.95	0.71	น้อย
27	กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบเพียงอย่าง เดียวจะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	2.25	1.03	น้อย
28	ปัญหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถใน การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ควรเป็นสถานการณ์จริงที่เอื้อต่อการใช้ กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	3.18	0.78	มาก
29	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบเพียงอย่าง เดียวจะทำให้เกิดการเรียนรู้	2.45	1.01	น้อย
30	กิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหา ครูควรเลือกใช้สถานการณ์ ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย และสามารถแก้ไขได้มากกว่าหนึ่ง ยุทธวิธี	3.05	0.96	มาก
สรุปผลด้านความเชื่อที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน คณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์		2.72	0.36	มาก
รวมทั้งฉบับ		2.86	0.21	มาก

ตาราง 10 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู

ข้อ	ความเชื่อที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1	ผลลัพธ์หรือคำตอบในคณิตศาสตร์อาจยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนได้ตามวิธีการ	3.33	0.52	มาก
2	ผลลัพธ์หรือคำตอบในคณิตศาสตร์มีความเที่ยงตรง แม่นยำ และตายตัวเสมอ	3.50	0.55	มากที่สุด
3	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความรู้ตายตัวไม่สามารถสร้างเพิ่ม หรือเกิดขึ้นใหม่ได้	3.67	0.52	มากที่สุด
4	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความซับซ้อน เนื่องจากมีทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยามมากมาย ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ	3.33	0.52	มาก
5	การท่องจำสูตร การทำตามขั้นตอน และการคิดคำนวณเป็นสิ่งสำคัญที่สุดในคณิตศาสตร์	3.83	0.41	มากที่สุด
6	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหา และประกอบการตัดสินใจในชีวิตประจำวันได้	4.00	0	มากที่สุด
7	คณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ	4.00	0	มากที่สุด
8	ความรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ตลอดเวลา	3.67	0.52	มากที่สุด
9	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่สามารถนำไปเชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ ได้	4.00	0	มากที่สุด
10	คณิตศาสตร์เป็นวิชาเชิงสร้างสรรค์ ที่มีโครงสร้าง มีระบบ มีแบบแผน เกี่ยวกับการให้เหตุผล กระบวนการคิด และการแก้ปัญหาที่ชัดเจน	3.83	0.41	มากที่สุด
<b>สรุปผลด้านความเชื่อที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์</b>		<b>3.72</b>	<b>0.12</b>	<b>มากที่สุด</b>

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อ	ความเชื่อที่เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
11	เราสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้หลากหลายวิธี	4.00	0	มากที่สุด
12	เราสามารถนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาได้เลย โดยไม่ต้องคำนึงถึงขั้นตอนหรือกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	2.50	0.55	มาก
13	การแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยการใช้กระบวนการในการนำเสนอหรืออธิบายปัญหาในชีวิตจริงนั้นให้อยู่ในรูปปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา จะช่วยให้สามารถค้นหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงนั้นได้	3.67	0.52	มากที่สุด
14	ในการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาใช้ อาจเลือกตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่มีอยู่แล้ว หรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ขึ้นมาใหม่ได้	3.67	0.52	มากที่สุด
15	ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีการปรับเปลี่ยนได้ตามสมมติฐาน ตัวแปร วิธีการ และการตีความ	3.67	0.52	มากที่สุด
16	การแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ต้องเลือกใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นสูตร ฟังก์ชัน สมการต่าง ๆ หรือสิ่งที่มีอยู่แล้วเท่านั้น ไม่สามารถสร้างหรือค้นพบใหม่ได้	2.83	0.75	มาก
17	คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องทั้งบริบททางคณิตศาสตร์ และบริบทโลกแห่งความจริง	3.67	0.52	มากที่สุด
18	การแก้ปัญหาในชีวิตจริง เราไม่สามารถนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาได้ทุกปัญหา	2.50	0.84	มาก
19	การนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ต้องมีการดำเนินการตามขั้นตอนหรือกระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	2.33	0.52	น้อย
20	การแก้ปัญหาในชีวิตจริงทุกปัญหาจะมีวิธีหรือกระบวนการที่จะแก้ปัญหาได้เพียงวิธีเดียวเท่านั้น	4.00	0	มากที่สุด
สรุปผลด้านความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์		3.28	0.17	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

ข้อ	ความเชื่อที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
21	ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย	2.33	0.52	น้อย
22	การเรียนแบบร่วมมือ หรือการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน	3.67	0.52	มากที่สุด
23	ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สามารถเลือกใช้สถานการณ์จริงใด ๆ ก็ได้มาให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหา	1.33	0.52	น้อยที่สุด
24	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นได้	4.00	0	มากที่สุด
25	แบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ต้องมีข้อความที่เฉพาะเจาะจงและสอดคล้องกับกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	2.33	0.52	น้อย
26	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นเครื่องมือสำคัญในการวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน	2.83	0.41	มาก
27	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบเพียงอย่างเดียวจะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	2.67	0.52	มาก
28	ปัญหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ควรเป็นสถานการณ์จริงที่เอื้อต่อการใช้กระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	4.00	0	มากที่สุด
29	การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบเพียงอย่างเดียวจะทำให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้	2.67	0.52	มาก
30	ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านการแก้ปัญหา ครูควรเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย และสามารถแก้ได้มากกว่าหนึ่งยุทธวิธี	4.00	0	มาก
สรุปผลด้านความเชื่อที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์		2.98	0.15	มาก
รวมทั้งหมด		3.33	0.09	มาก

ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

### 1.1 ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากตาราง 9 เมื่อพิจารณาคะแนนของความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งฉบับ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 2.86 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.21 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาความเชื่อของนักเรียนแต่ละด้าน พบว่า คะแนนความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 2.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.28 ในขณะที่คะแนนของความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 2.94 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.32 สำหรับคะแนนของความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 2.72 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.36 ซึ่งทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความเชื่อทั้งสามด้านอยู่ในระดับมาก

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความเชื่อของนักเรียนแต่ละข้อ พบว่า คะแนนของความเชื่อที่มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตน้อยที่สุดสองอันดับแรก ซึ่งเป็นความเชื่อที่อยู่ในระดับน้อย ได้แก่ (1) ความเชื่อที่ว่า “การแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยการใช้กระบวนการในการนำเสนอ หรืออธิบายปัญหาในชีวิตจริงนั้นให้อยู่ในรูปปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา จะช่วยให้สามารถค้นหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงนั้นได้” มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 1.90 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.78 โดยความเชื่อนี้เป็นความเชื่อด้านที่เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (2) ความเชื่อที่ว่า “แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นเครื่องมือสำคัญในการวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน” มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 1.95 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 โดยความเชื่อนี้เป็นความเชื่อด้านที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

### 1.2 ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของครู

จากตาราง 10 เมื่อพิจารณาคะแนนของความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของครูทั้งฉบับ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 3.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.09 แสดงให้เห็นว่า ครูมีความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการ

สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาความเชื่อของครูแต่ละด้าน พบว่า คะแนนความเชื่อที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 3.72 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.12 ในขณะที่คะแนนของความเชื่อที่เกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 3.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.17 สำหรับคะแนนของความเชื่อที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 2.98 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.15 ซึ่งทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ครูมีคะแนนเฉลี่ยความเชื่อทั้งสามด้านอยู่ในระดับมาก

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความเชื่อของครูแต่ละข้อ พบว่า คะแนนของความเชื่อที่มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตน้อยที่สุดสองอันดับแรก ซึ่งเป็นความเชื่อที่อยู่ในระดับน้อยที่สุดและระดับน้อย ตามลำดับ ได้แก่ (1) ความเชื่อที่ว่า “ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สามารถเลือกใช้สถานการณ์จริงใด ๆ ก็ได้มาให้นักเรียนลงมือแก้ปัญหา” มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 1.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 และ (2) ความเชื่อที่ว่า “ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย” มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 2.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 และความเชื่อที่ว่า “แบบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ต้องมีข้อความที่เฉพาะเจาะจงและสอดคล้องกับกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 2.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 โดยความเชื่อทั้งสามเป็นความเชื่อด้านที่เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

## ตอนที่ 2 ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน

ผู้วิจัยนำกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาเป็นแนวทางในการศึกษาพฤติกรรมการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ (1) การทำความเข้าใจปัญหา (2) การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) การใช้คณิตศาสตร์ และ (4) การอธิบายคำตอบ โดยทำการวิเคราะห์พฤติกรรมเหล่านี้จากร่องรอยการขีดเขียนต่าง ๆ ในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบกับการสังเกตและการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการ ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

## 2.1 ด้านการทำความเข้าใจปัญหา

ผู้วิจัยพิจารณาการทำความเข้าใจปัญหาในชีวิตจริงจากการแสดงออกของนักเรียนในการระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และการระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง ผลจากการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมี 3 ลักษณะ ได้แก่ (1) ให้อ่านสถานการณ์และคำถามน้อยมาก (2) ไม่ขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ใด ๆ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถาม และ (3) ไม่มีข้อสงสัยหรือซักถามเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตจริง โดยพฤติกรรมทั้ง 3 ลักษณะดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้

### 2.1.1 นักเรียนส่วนใหญ่ให้อ่านสถานการณ์และคำถามน้อยมาก

เมื่อนักเรียนได้รับแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรเลือกโปรโมชันอินเทอร์เน็ตและโทรศัพท์ของเครือข่ายมือถือใด ที่จะทำให้นักเรียนได้รับผลประโยชน์มากที่สุด นักเรียนส่วนใหญ่อ่านสถานการณ์และคำถามอย่างรวดเร็ว โดยไม่ได้คำนึงถึงข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ จากการสังเกตนักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการ พบว่า นักเรียนใช้เวลาในการอ่านสถานการณ์และคำถามประมาณ 2-3 นาที หลังจากอ่านแล้วก็ลงมือแก้ปัญหาทันที แต่ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้วิเคราะห์ส่วนที่เป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขสำคัญของปัญหาในขณะที่กำลังอ่าน ทำให้ต้องย้อนกลับไปอ่านใหม่เพื่อให้เข้าใจสถานการณ์และคำถามมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการที่พบว่า นักเรียนอ่านปัญหาที่กำหนดให้แบบผ่าน ๆ และไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลหรือเงื่อนไขสำคัญของสถานการณ์และคำถาม

### 2.1.2 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ใด ๆ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถาม

เมื่อนักเรียนไม่ให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์และคำถาม จึงส่งผลให้ไม่เกิดการวิเคราะห์ว่า ส่วนใดเป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหา จึงไม่มีการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบ หรือทำสัญลักษณ์ใด ๆ กับข้อความหรือเงื่อนไขที่สำคัญ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถาม ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการที่พบว่า นักเรียนอ่านสถานการณ์และคำถามแบบผ่าน ๆ ไม่ได้จับใจความสำคัญ และไม่ได้มีการวิเคราะห์ใด ๆ จึงไม่ขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ใด ๆ ในสถานการณ์จริงหรือคำถามเลย

### 2.1.3 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีข้อสงสัยหรือซักถามเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตจริง

เมื่อผู้วิจัยแจกแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงให้กับนักเรียน และให้เวลาในการอ่านเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์และคำถาม ปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่ให้เวลากับการอ่านสถานการณ์และคำถามน้อยมาก และไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลหรือเงื่อนงำที่สำคัญของปัญหา จึงอาจเป็นสาเหตุให้นักเรียนไม่เกิดข้อสงสัย ดังนั้น เมื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามในกรณีที่มีข้อสงสัยหรือเกิดความไม่เข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามก่อนที่จะลงมือแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่จึงไม่มีการซักถามเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตจริงนั้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสังเกตนักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการที่พบว่า นักเรียนไม่มีการซักถามใด ๆ เกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามที่กำหนดให้

### 2.2 ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยพิจารณารายการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์จาก

- (1) การระบุเงื่อนงำหรือข้อมูลที่มีความจำเป็นต้องค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก
- (2) การอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นคว้าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนงำที่สำคัญของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และ
- (4) การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าพฤติกรรมที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงออกมี 4 ลักษณะ ได้แก่ (1) ไม่มีการค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนงำเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก (2) ไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิด (3) ไม่มีการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนงำที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และ
- (4) ไม่มีการสร้างหรือไม่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงได้ ซึ่งพฤติกรรมทั้ง 4 ลักษณะดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้

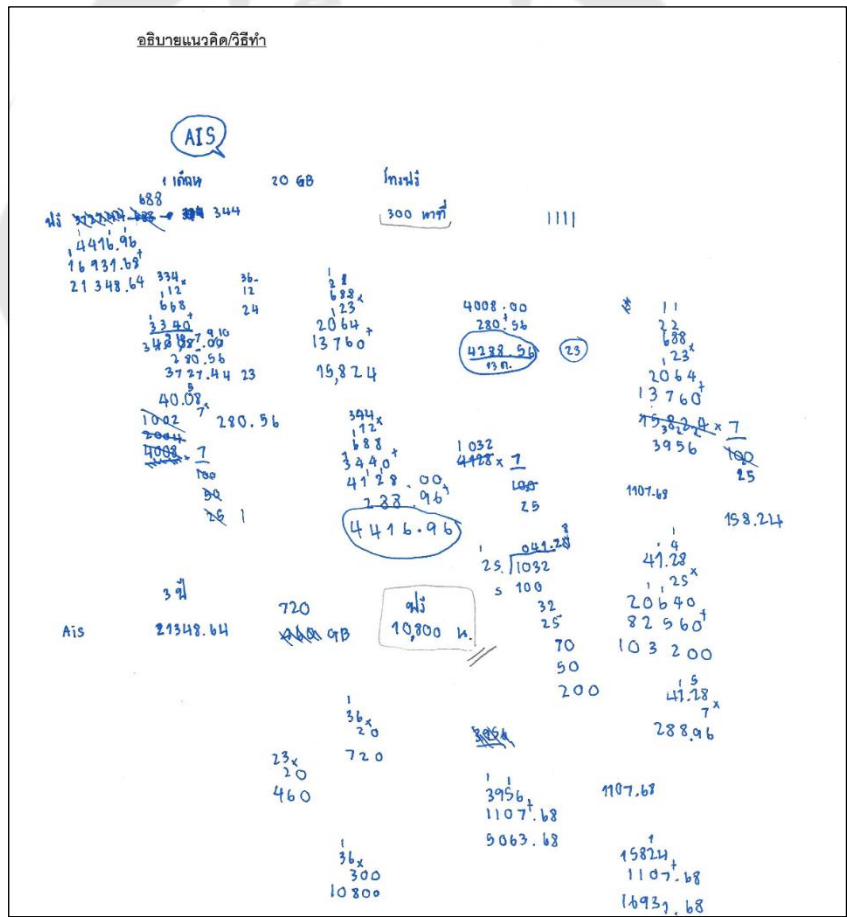
#### 2.2.1 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนงำเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก

เมื่อผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนงำเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกได้ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสนใจ แต่มีนักเรียนบางส่วนที่พยายามค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับความหมายของค่าความจุอินเทอร์เน็ต (GB) เงื่อนงำของการโทรฟรี และตัวอย่างการคำนวณค่าบริการเมื่อรวมภาษี โดยค้นคว้าผ่านทางโทรศัพท์มือถือของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับผลการสังเกต และการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการที่พบว่า นักเรียนไม่ได้ให้ความสนใจกับการค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนงำเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก เนื่องจากไม่เข้าใจสถานการณ์และคำถาม รวมถึงการที่นักเรียนไม่ได้ให้ความสำคัญกับ

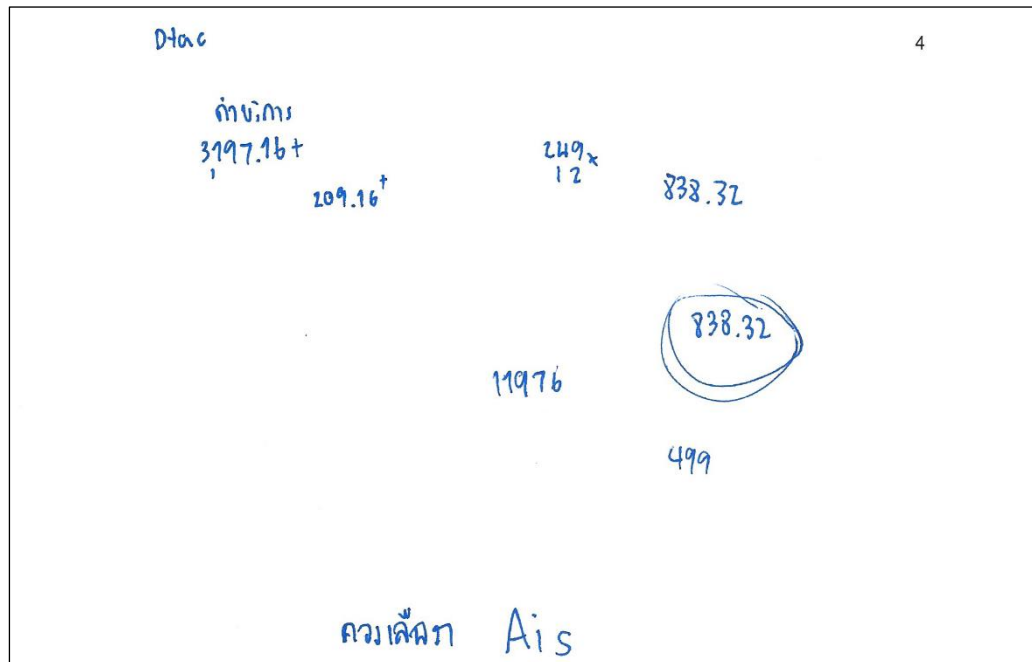
การค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกเพื่อนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์

2.2.2 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เขียนอธิบายแนวคิด

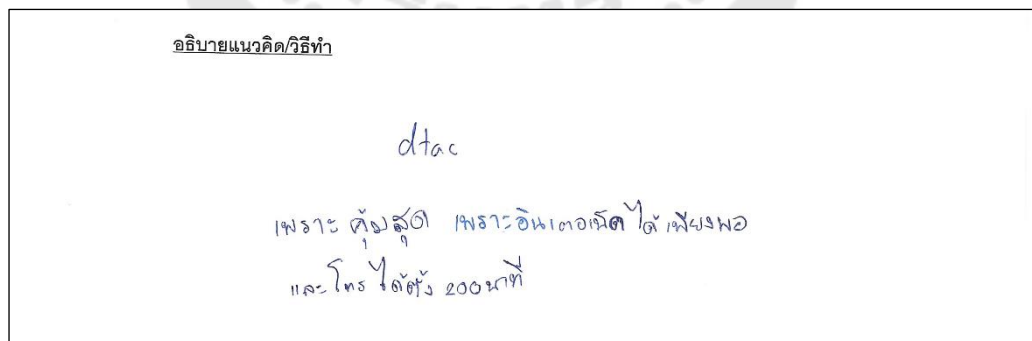
เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงมาทำการตรวจให้คะแนน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะเขียนวิธีการคำนวณแล้วสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทันที โดยไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ดังภาพประกอบ 23 และ 24 หรือไม่เขียนทั้งแนวคิดและวิธีการคำนวณแต่เขียนคำตอบเลย ดังภาพประกอบ 25 มีนักเรียนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่พยายามเขียนอธิบายแนวคิดที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถนำไปสู่การค้นหาคำสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ ดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างการเขียนวิธีการคำนวณและสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทันที โดยไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี”



ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างการเขียนวิธีการคำนวณและสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทันที  
โดยไม่มีการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์  
ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี”



ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างการเขียนแต่คำตอบเพียงอย่างเดียว และไม่มีการเขียนทั้งแนวคิดและ  
วิธีการคำนวณ ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี”

อธิบายแนวคิด/วิธีทำ

< เปรียบเทียบ >

①

**AIS** ถ้า 20 GB = 344 บาท  
1 GB = 22.2 บาท

**DTAC** ถ้า 10 GB = 249 บาท  
1 GB = 24.9 บาท

**TRUE MOVE H** ถ้า 10 GB = 249 บาท  
1 GB = 24.9 บาท

②

**AIS** แพ็กเกจรายเดือน 50% นาน 12 เดือน แคมป์บริการฟรี 1 เดือน  
ค่าโทรส่วนเกินคิดวินาทีละ 2 สตางค์

**DTAC** แพ็กเกจรายเดือน 50% นาน 12 เดือน ค่าโทรส่วนเกินคิดวินาทีละ 1.50 บาท

**TRUE MOVE H** แพ็กเกจรายเดือน 50% นาน 12 เดือน ค่าโทรส่วนเกินคิดวินาทีละ 1.50 บาท

ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างการเขียนคำอธิบายแนวคิดที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถนำไปสู่การค้นห  
ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เรื่อง “เลือกค่ายไหนดี”

พฤติกรรมข้างต้นสอดคล้องกับผลการสังเกตและผลการสัมภาษณ์นักเรียน  
กลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการที่พบว่า เมื่อได้รับแบบทดสอบวัดความสามารถในการ  
แก้ปัญหาในชีวิตจริงแล้ว นักเรียนจะพยายามคำนวณเพื่อหาคำตอบของปัญหาทันที โดยไม่  
คำนึงถึงการเขียนอธิบายแนวคิดหรือวิธีทำ ประกอบกับการที่นักเรียนคุ้นเคยกับการหาคำตอบของ  
ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบเติมคำตอบ หรือแบบเขียนคำตอบ  
แบบสั้น แต่ไม่คุ้นเคยกับการทำแบบทดสอบที่ต้องเขียนแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย รวมถึงไม่  
คุ้นเคยกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตจริง

### 2.2.3 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ ของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงมาทำ  
การตรวจให้คะแนน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงความสามารถในการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือ  
เงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการที่พบว่า นักเรียนมีประสบการณ์น้อยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ต้องมีการกำหนดตัวแปร สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ หรือการเขียนประโยคสัญลักษณ์ และคุ้นเคยกับการหาคำตอบของปัญหาที่เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบเติมคำตอบ หรือแบบเขียนคำตอบแบบสั้น แต่ไม่คุ้นเคยกับการทำแบบทดสอบที่ต้องเขียนแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย รวมถึงไม่คุ้นเคยกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตจริง

## 2.2.4 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สร้างหรือไม่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงได้

เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงมาทำการตรวจให้คะแนน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง ทั้งนี้อาจสืบเนื่องมาจากการที่นักเรียนไม่ได้ปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ จึงส่งผลให้ไม่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการที่พบว่า นักเรียนไม่คุ้นเคยและไม่มีประสบการณ์ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อีกทั้ง นักเรียนไม่เคยทราบมาก่อนว่า สูตร ตัวแปร สัญลักษณ์ สมการ นิพจน์ กราฟ ตาราง รูปเรขาคณิต แผนภาพต้นไม้ สถานการณ์จำลอง หรือการทดลอง คือสิ่งที่เรียกว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์”

## 2.3 ด้านการใช้คณิตศาสตร์

ผู้วิจัยพิจารณาการใช้คณิตศาสตร์จาก (1) การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (2) การตรวจสอบและสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลจากการวิเคราะห์พบว่า พฤติกรรมที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงออกมี 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) ไม่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (2) ไม่มีการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพฤติกรรมทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้

### 2.3.1 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงมาทำการตรวจให้คะแนน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีเพียง

การแสดงวิธีการคำนวณแล้วสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทันที ดังภาพประกอบ 23 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สร้างหรือไม่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงได้ จึงไม่ปรากฏความสามารถในการเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบกับการที่นักเรียนไม่เคยทราบมาก่อนว่า สูตรตัวแปร สัญลักษณ์ สมการ นิพจน์ กราฟ ตาราง รูปเรขาคณิต แผนภาพต้นไม้ สถานการณ์จำลอง หรือการทดลอง คือสิ่งที่เรียกว่า “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์”

### 2.3.2 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

เมื่อผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงมาทำการตรวจให้คะแนน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่เขียนสรุปเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงทันที ดังภาพประกอบ 23 และ 24 ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมายอย่างไม่เป็นทางการที่พบว่า เมื่อคำนวณจนได้ผลลัพธ์หรือคำตอบแล้ว นักเรียนจะเขียนสรุปเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงทันที โดยไม่ตรวจสอบหรือสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อน นอกจากนี้ นักเรียนยังมีประสบการณ์น้อยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของคำตอบ

### 2.4 ด้านการอธิบายคำตอบ

ผู้วิจัยพิจารณารายการอธิบายคำตอบจาก การปรับ/แปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ผลจากการวิเคราะห์พบว่า พฤติกรรมที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงออก คือ นักเรียนไม่เขียนบรรยายหรืออธิบายคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า สามารถแปลความหมายเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างไร โดยเขียนเพียงคำตอบสั้น ๆ ลักษณะดังภาพประกอบ 23 หรือเขียนแต่ไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 24 หรือไม่เขียนเลย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ได้หรือไม่ถูกต้อง

### ตอนที่ 3 สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู

ในการศึกษาสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู ผู้วิจัยวิเคราะห์จากผลการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย โดยพิจารณาความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์การสอน 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านหลักสูตร (2) ด้านผู้สอน และ (3) ด้านผู้เรียน ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

### 3.1 ด้านหลักสูตร

ผลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ครูให้ข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ว่าเป็นหลักสูตรที่ไม่เอื้อหรือสนับสนุนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่มีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากเวลาที่กำหนดให้ไม่สอดคล้องกับเนื้อหา และเวลาสอนมักมีจำกัด การที่ครูจำเป็นต้องเลือกที่จะสอนเนื้อหาให้ครบตามหลักสูตรก่อน ส่งผลให้เหลือเวลาไม่เพียงพอต่อการที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเพิ่มเติม

### 3.2 ด้านผู้สอน

ผลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ครูให้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการสอนของครูในด้านต่าง ๆ ได้แก่ (1) รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่มีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (2) กิจกรรมการเรียนรู้การสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (3) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีรายละเอียดดังนี้

#### 1) รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่มีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.1) ครูมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่มีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนบ้างแต่น้อยมาก และไม่ครบทั้ง 5 ทักษะ เนื่องจากครูมีภาระงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์จำนวนมาก เช่น การพานักเรียนไปสอบแข่งขัน การเข้าฝึกอบรม งานธุรการหรือเอกสารต่าง ๆ ทำให้ครูมีเวลาไม่เพียงพอสำหรับการออกแบบกิจกรรมหรือจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบกับครูมีประสบการณ์น้อยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จึงมุ่งเน้นไปที่การสอนเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์มากกว่า

1.2) ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านที่ครูส่วนใหญ่ให้ความสำคัญมากเป็นอันดับแรกคือ การแก้ปัญหา รองลงมาคือ การให้เหตุผล การเชื่อมโยง การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการคิดสร้างสรรค์ ตามลำดับ

1.3) กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่มีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ถูกจัดให้สอดคล้องอยู่ในกิจกรรมการเรียนรู้การสอนปกติ ไม่มีการจัดแยกออกมาหรือมีคาบพิเศษโดยเฉพาะ และใช้วิธีการสอนแบบบรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบการบรรยาย

## 2) กิจกรรมการเรียนการสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.1) ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูส่วนใหญ่ใช้ปัญหาที่คุ้นเคยหรือปัญหาทั่วไปที่สามารถพบได้ในหนังสือเรียน มากกว่าปัญหากระบวนการ ปัญหาเชิงประยุกต์ หรือปัญหาในชีวิตจริง

2.2) กระบวนการแก้ปัญหาที่ครูนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน มีเพียงรูปแบบเดียวคือ กระบวนการแก้ปัญหตามแนวคิดของโพลยา

2.3) ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครูไม่มีการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนในด้านการแก้ปัญหา

## 3) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

3.1) ครูส่วนใหญ่นำปัญหาในชีวิตจริงมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนน้อยมาก

3.2) กระบวนการแก้ปัญหาที่ครูใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในชีวิตจริงให้กับนักเรียน มีเพียงรูปแบบเดียวคือ กระบวนการแก้ปัญหตามแนวคิดของโพลยา

3.3) ครูไม่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เนื่องจากครูมีประสบการณ์น้อยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบกับครูมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ตลอดจนแนวทางการประเมินผลการเรียนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

### 3.3 ด้านผู้เรียน

ผลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ครูให้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ดังนี้

1) นักเรียนบางส่วนไม่เห็นความสำคัญหรือความจำเป็นของการเรียนคณิตศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนไม่เปิดใจที่จะเรียนรู้ จึงไม่สามารถพัฒนาตนเองได้เต็มความสามารถในทุก ๆ ด้าน

2) นักเรียนมีประสบการณ์น้อยเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

## ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน

ในการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู กรอบแนวคิดของ รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005) สุรสาธ ฝาสุข (2546) กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของซูโคโลว์ โคลเตอร์ และบลัม มากำหนดกรอบแนวคิด เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนและทดลองหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนกับกลุ่มทดลองนำร่องทั้งหมด 3 ครั้ง โดยพิจารณาคะแนนดิบของนักเรียนในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ แล้วแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยผลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

### ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล

ในการหาประสิทธิภาพรายบุคคล มีความมุ่งหมายเพื่อ หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย กับนักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน โดยให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในแต่ละกิจกรรมการเรียนการสอน และนำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลครั้งที่ 1-3 และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์ โดยคิดค่า  $E_1$  เป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำใบกิจกรรมรายบุคคล จำนวน 3 ครั้ง และ  $E_2$  เป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง โดยมีเกณฑ์ตัดสิน  $E_1/E_2$  เป็น 60/60 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตาราง 11

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพรายบุคคลของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน

$E_1$	$E_2$	$E_1/E_2$
63.89	61.67	63.89/61.67

จากตาราง 11 พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 63.89/61.67 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 60/60 แสดงว่า กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 60/60 โดยผลจากการทดลองหาประสิทธิภาพรายบุคคล มีข้อค้นพบในการปรับปรุงดังนี้

**1.1 ช่วงที่ 1 (คาบเรียน 1-4)** นักเรียนได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้คำทับศัพท์ในการอธิบายสถานการณ์ในใบกิจกรรมเรื่อง “Hot Promotion” คือคำว่า “สเน็กเกอร์” ซึ่งเป็นคำทับศัพท์ที่มีคำในภาษาไทยคือ “รองเท้าผ้าใบ” ทำให้นักเรียนสับสนและเข้าใจว่าเป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมว่า “สเน็กเกอร์” หมายถึงอะไร ผู้วิจัยจึงหลีกเลี่ยงการใช้คำทับศัพท์ในกรณีที่มีคำในภาษาไทยในการอธิบายสถานการณ์และคำถาม ทั้งในใบกิจกรรมรายกลุ่มและใบกิจกรรมรายบุคคล

**1.2 ช่วงที่ 2 (คาบเรียน 5-10)** นักเรียนได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามในใบกิจกรรมควรอยู่ในหน้าเดียวกัน เช่น ใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” และ “ดีไอวายช็อกโกแลตมิลค์” ซึ่งเป็นใบกิจกรรมที่มีสถานการณ์และคำถามอยู่คนละหน้า ทำให้นักเรียนต้องเปิดกลับไปกลับมาเมื่อต้องการย้อนกลับมาอ่านสถานการณ์หรือคำถามอีกครั้ง ผู้วิจัยจึงปรับให้สถานการณ์และคำถามอยู่ในหน้าเดียวกัน ทั้งในใบกิจกรรมกลุ่มและใบกิจกรรมรายบุคคล

**1.3 ช่วงที่ 3 (คาบเรียน 11-16)** ผู้วิจัยได้ข้อค้นพบในการปรับปรุงเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของทุกกิจกรรมให้มีความสอดคล้องกับแนวทางการเขียนตอบ เช่น เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของกิจกรรม “ดีไอวายช็อกโกแลตมิลค์” ข้อ 4 ควรแยกเกณฑ์การให้คะแนนออกเป็น 2 ข้อย่อย และปรับให้สอดคล้องกับแนวทางการเขียนตอบของแต่ละข้อ (ข้อ 4.1-4.2)

## ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย

ในการหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย มีความมุ่งหมายเพื่อ หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย กับนักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน และเป็นนักเรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มรายบุคคล โดยให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงในแต่ละกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกลุ่ม และนำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลครั้งที่ 1-3 และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลัง การทดลองไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์ โดยคิดค่า  $E_1$  เป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำใบกิจกรรมรายบุคคล จำนวน 3 ครั้ง และ  $E_2$  เป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง โดยมีเกณฑ์ตัดสิน  $E_1/E_2$  เป็น 60/60 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน

$E_1$	$E_2$	$E_1/E_2$
64.17	63.33	64.17/63.33

จากตาราง 12 พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 64.17/63.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 60/60 แสดงว่า กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 60/60 โดยผลจากการทดลองหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย มีข้อค้นพบในการปรับปรุงดังนี้

**2.1 ช่วงที่ 1 (คาบเรียน 1-4)** นักเรียนได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับระยะเวลาในช่วงแรกของการเริ่มกิจกรรมควรมีมากขึ้นเล็กน้อยเพื่อสร้างความคุ้นเคยในการทำกิจกรรมกลุ่ม และภาษาที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ในใบกิจกรรมรายบุคคลควรกระชับและลดความฟุ่มเฟือยในการใช้ภาษา เพราะจะทำให้ให้นักเรียนใช้เวลาในการอ่านเพื่อทำความเข้าใจปัญหามากขึ้นโดยไม่จำเป็น เช่น ภาษาที่ใช้ในสถานการณ์ของใบกิจกรรมเรื่อง “รถพลังงานไฟฟ้า” ซึ่งเป็นข้อความโฆษณา

รถยนต์รุ่นไฮบริดที่ไม่กระชับและมีคำขยายมากเกินไป ผู้วิจัยจึงขยายระยะเวลาในช่วงแรกของการทำกิจกรรมให้มากขึ้นเล็กน้อยเพื่อให้นักเรียนทำความคุ้นเคยกับเพื่อน ๆ ในกลุ่ม และปรับข้อความในส่วนของสถานการณ์ให้มีความกระชับและลดความฟุ่มเฟือยในการใช้ภาษา

**2.2 ช่วงที่ 2 (คาบเรียน 5-10)** นักเรียนได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับขั้นตอนการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ในใบกิจกรรมรายบุคคลควรระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องการให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมว่าเป็นเรื่องใด เนื่องจากการทำใบกิจกรรมรายบุคคลนั้น นักเรียนจะไม่สามารถปรึกษาหรืออภิปรายร่วมกับเพื่อนได้ จึงอาจทำให้ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่จำเป็นต้องค้นคว้าเพิ่มเติมบางส่วนตกหล่น รายละเอียดไม่ครบถ้วน หรือใช้เวลาในการค้นคว้าข้อมูลมากกว่าการทำใบกิจกรรมกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนทำใบกิจกรรมรายบุคคลไม่ทันตามเวลาที่กำหนด และควรเพิ่มระยะเวลาในการนำเสนอผลการอภิปรายความคิดของแต่ละกลุ่ม การแสดงความคิดเห็นหน้าชั้นเรียน และการนำเสนอผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงปรับการเขียนข้อ 3 ในใบกิจกรรมรายบุคคลทุกกิจกรรม ให้มีการระบุเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติม เช่น ในใบกิจกรรมรายบุคคล เรื่อง “อาชีพในฝันของเด็กไทย” ผู้วิจัยได้ระบุเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมเป็น 2 หัวข้อ คือ 3.1 ต้นทุนค่าเสียโอกาส และ 3.2 รายได้สุทธิ รวมถึงเพิ่มระยะเวลาในการนำเสนอให้กับกลุ่มที่ผลงานมีความแตกต่าง มีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง หรือมีวิธีการคิดที่ไม่เหมือนกลุ่มอื่น

**2.3 ช่วงที่ 3 (คาบเรียน 11-16)** ผู้วิจัยได้ข้อค้นพบว่าการใช้คำถามกระตุ้นมีความสำคัญต่อการคิดของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนมีความพยายามที่จะสังเกต เปรียบเทียบ เชื่อมโยง วิเคราะห์ รวมถึงมีความพยายามที่จะแก้ปัญหา โดยเฉพาะกับกิจกรรมที่อยู่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และ 6 ผู้วิจัยจึงปรับให้มีการใช้คำถามกระตุ้นมากขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผน

### ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม

ในการหาประสิทธิภาพภาคสนาม มีความมุ่งหมายเพื่อ หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยอีกครั้ง กับนักเรียนจำนวน 12 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มรายบุคคลและกลุ่มย่อย โดยให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงในแต่ละกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกลุ่ม และนำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลครั้งที่ 1-3 และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลองไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์ โดยคิดค่า  $E_1$  เป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำกิจกรรมรายบุคคลจำนวน 3 ครั้ง และ  $E_2$  เป็นค่าเฉลี่ย

ร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง โดยมีเกณฑ์ตัดสิน  $E_1/E_2$  เป็น 60/60 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตาราง 13

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพสนามของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน

$E_1$	$E_2$	$E_1/E_2$
67.22	64.38	67.22/64.38

จากตาราง 13 พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 67.22/64.38 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 60/60 แสดงว่า กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 60/60 โดยผลจากการทดลองหาประสิทธิภาพภาคสนาม มีข้อค้นพบในการปรับปรุงดังนี้

**3.1 ช่วงที่ 1 (คาบเรียน 1-4)** นักเรียนได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบของสถานการณ์ให้อยู่ในรูปของตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (ข้อ 6) ของทุกใบกิจกรรมควรกำหนดรูปแบบของการเขียนตอบไว้เพื่อที่จะได้ทราบว่าต้องเขียนอธิบายข้อมูลใดบ้าง เนื่องจากนักเรียนมักหลงลืมหรือตกหล่นการเขียนอธิบายว่าตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดขึ้นมานั้นแทนข้อมูลหรือเงื่อนไขใดของสถานการณ์จริง ผู้วิจัยจึงปรับโดยเพิ่มข้อความ “..... แทน.....” ลงในช่องสำหรับเขียนตอบในข้อ 6 และข้อ 7 ของทุกใบกิจกรรม เพื่อกำกับให้นักเรียนไม่ลืมที่จะเขียนอธิบายว่า ตัวแปรที่กำหนดขึ้นมานั้นแทนข้อมูลหรือเงื่อนไขใดของสถานการณ์จริง

**3.2 ช่วงที่ 2 (คาบเรียน 5-10)** นักเรียนได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมตอนที่ 1 ของกิจกรรมที่ 3-4 ควรมีมากขึ้น เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่เน้นการระดมความคิด การอภิปรายภายในกลุ่ม และต้องมีการออกมานำเสนอและร่วมกันอภิปรายเหตุผล/แนวคิด/วิธีการคิด และข้อสรุปที่หน้าชั้นเรียน ซึ่งต้องใช้เวลามากกว่า 1 คาบเรียน ผู้วิจัยจึงปรับเปลี่ยนรูปแบบของกิจกรรมตอนที่ 1 บางส่วน เช่น จากเดิมที่ให้นักเรียนศึกษาความรู้จาก

วีดิทัศน์เปลี่ยนเป็นให้นักเรียนศึกษาความรู้จากใบความรู้ ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่า และขยายเวลาในกิจกรรมตอนที่ 1 ให้มากขึ้น 10-20 นาที

**3.3 ช่วงที่ 3 (คาบเรียน 11-16)** นักเรียนได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการเกี่ยวกับการสืบค้นเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหรือเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น การไม่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต ไม่มีอุปกรณ์สื่อหรือเทคโนโลยีต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงปรับให้ทุกกิจกรรมมีใบความรู้เพิ่มเติมเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า โดยเฉพาะกิจกรรมในช่วงที่ 3 เนื่องจากกิจกรรมในช่วงนี้มีข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาหรือค้นคว้าเพิ่มเติมมากกว่ากิจกรรมในช่วงอื่น ๆ

### **ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน**

ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และตอนที่ 2 พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

#### **ตอนที่ 1 ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง**

##### **1.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง**

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ผู้วิจัยนำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 14

ตาราง 14 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล ที่ 1-3 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

แหล่งที่มาของคะแนน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{x}$ )	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต คิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1. ใบกิจกรรมรายบุคคล	60	42.84	71.40	6.62
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง	40	25.75	64.38	4.20
<b>รวม</b>	<b>100</b>	<b>68.59</b>	<b>68.59</b>	<b>10.32</b>

จากตาราง 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล เท่ากับ 42.84 คิดเป็นร้อยละ 71.40 ของคะแนนเต็ม โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.62 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง เท่ากับ 25.75 คิดเป็นร้อยละ 64.38 โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.20 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลและแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง เท่ากับ 68.59 คิดเป็นร้อยละ 68.59 ของคะแนนเต็ม โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.32

## 1.2 การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

เพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ผู้วิจัยได้รวมคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง แล้วหาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม หลังจากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย แสดงผลดังตาราง 15

ตาราง 15 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ)	P-Value
กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ ในการทดลอง	16	14(87.5)	0.0183 <sup>*</sup>

\*ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตาราง 15 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## ตอนที่ 2 พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจำนวน 2 คน ได้ร่วมกันวิเคราะห์จาก (1) ผลงานเขียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (2) ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเป้าหมายขณะลงมือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และ (3) ผลการสัมภาษณ์ระหว่างผู้วิจัยและนักเรียนเป้าหมายเกี่ยวกับกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยมีแบบสังเกตพฤติกรรม แบบสัมภาษณ์ และกล้องวิดีโอที่บันทึกรายละเอียดของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน

สำหรับพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ผู้วิจัยพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (1) การทำความเข้าใจปัญหา (2) การค้นหาข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) การใช้คณิตศาสตร์ และ (4) การอธิบายคำตอบ

การนำเสนอผลการวิเคราะห์พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ผู้วิจัยอธิบายพฤติกรรมของนักเรียนทั้งชั้น และนักเรียนเป้าหมายจำนวน 4 คน ซึ่งได้แก่ เพชร ทับทิม พลอย และไข่มุก (นามสมมติ) โดยที่เพชรเป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีความกระตือรือร้น หรือมีความพยายามที่จะเรียนรู้และ

แก้ปัญห ขอบซักถาม และอธิบายแนวคิดให้เพื่อนฟัง ในขณะที่เดียวกันก็เป็นผู้ฟังที่ดี มีความมั่นใจ กล้าแสดงออก และมีความเป็นผู้นำ ส่วนทับทิมและพลอย เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปานกลาง มีความกระตือรือร้น หรือมีความพยายามที่จะเรียนรู้และแก้ปัญหา ขอบซักถาม อธิบาย แนวคิดให้เพื่อนฟัง และเป็นผู้ฟังที่ดี สุดท้ายคือ ไข่มุกเป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ แต่มีความพยายามที่จะเรียนรู้และแก้ปัญหา เป็นผู้ฟังที่ดี และกล้าแสดงออก

เพื่ออธิบายพฤติกรรมแต่ละด้านในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา ในชีวิตจริงของนักเรียน ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ผู้วิจัยแบ่งกิจกรรมการเรียนการสอน ออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 คาบเรียน 1-4

ช่วงที่ 2 คาบเรียน 5-10

ช่วงที่ 3 คาบเรียน 11-16

ในแต่ละช่วงของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยเลือกคาบเรียนที่นักเรียน มีพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เด่นชัด มาอธิบาย รายละเอียดของพฤติกรรมของนักเรียน ดังนี้

ช่วงที่ 1 ผู้วิจัยเลือกคาบเรียนที่ 2 มาอธิบาย นักเรียนมีพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นอย่างไร

ช่วงที่ 2 ผู้วิจัยเลือกคาบเรียนที่ 7 และ 8 มาอธิบาย นักเรียนมีพฤติกรรม ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เปลี่ยนแปลงไปจากช่วงที่ 1 อย่างไรบ้าง และมีพฤติกรรมใดบ้างที่แสดงต่อเนื่องมาจนถึงช่วงที่ 2

ช่วงที่ 3 ผู้วิจัยเลือกคาบเรียนที่ 13 และ 14 มาอธิบาย นักเรียนมีพฤติกรรม ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เปลี่ยนแปลงไปจากช่วงที่ 2 อย่างไรบ้าง และมีพฤติกรรมใดบ้างที่แสดงต่อเนื่องมาจนถึงช่วงที่ 3

รายละเอียดของพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีดังนี้

## 2.1 พฤติกรรมด้านการทำความเข้าใจปัญหา

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านการทำความเข้าใจปัญหาของนักเรียนนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียนในการระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และการระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียน ประกอบกับผลการสังเกต และผลการสัมภาษณ์นักเรียนในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง พบว่านักเรียนมีพฤติกรรมด้านการทำความเข้าใจปัญหา 5 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนใช้เวลากับการอ่านสถานการณ์และคำถามมากขึ้น (2) นักเรียนขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามได้มากขึ้น (3) นักเรียนมีส่วนร่วมในการซักถามปรึกษา หรือพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามกับครูผู้สอนมากขึ้น (4) นักเรียนมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเป็นกลุ่มมากขึ้น และ (5) นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาได้มากขึ้น ซึ่งพฤติกรรมทั้ง 5 ลักษณะดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้

### 2.1.1 นักเรียนใช้เวลากับการอ่านสถานการณ์และคำถามมากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “รักษารัฐด้วยไฮบริด” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า การเลือกใช้รถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดและคุ้มค่ากว่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อ่านสถานการณ์และคำถามอย่างรวดเร็ว หลังจากอ่านแล้วก็ลงมือแก้ปัญหาทันทีแต่ไม่สามารถทำได้ จึงต้องย้อนกลับไปอ่านใหม่อีกหลาย ๆ ครั้ง สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชรและทับทิม ทั้งคู่ใช้เวลาในการอ่านสถานการณ์และคำถามใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 1 นาที โดยอ่านเพียงรอบเดียวแล้วเปิดหน้าถัดไปทันที และมีความพยายามที่จะเขียนคำตอบข้อ 1 และ 2 ซึ่งเป็นขั้นของการทำความเข้าใจปัญหา แต่ไม่สามารถเขียนได้หรือเขียนผิด ทำให้ต้องหยุดเขียน ขีดฆ่า หรือลบคำตอบเดิมออกและย้อนกลับไปอ่านสถานการณ์และคำถามใหม่โดยเฉลี่ย 2-3 ครั้ง จึงจะเขียนคำตอบได้ ดังภาพประกอบ 27 ในขณะที่พลอยและไข่มุก ทั้งคู่ใช้เวลาในการอ่านสถานการณ์และคำถามน้อยกว่าเพชรและทับทิม คือ ประมาณ 30-45 วินาที โดยอ่านเพียงรอบเดียวและไม่ได้ลงมือแก้ปัญหาในทันที แต่รอเพื่อสังเกตเพื่อนคนอื่น ๆ ในกลุ่ม และเมื่อเห็นว่าเพื่อนส่วนใหญ่พยายามที่จะลงมือแก้ปัญหาทันที โดยไม่มีการปรึกษาหรือพูดคุยกันเกี่ยวกับปัญหาเลย ทั้งคู่จึงพยายามที่จะเขียนคำตอบเช่นกัน แต่ไม่สามารถเขียนได้ในครั้งแรก จนต้องเปิดย้อนกลับมาอ่านเพื่อทำความเข้าใจสถานการณ์และคำถามใหม่อีก 2-3 ครั้งเช่นเดียวกับเพชรและทับทิม นอกจากนั้นเพชรและพลอยยังได้ขีดเส้นใต้ข้อความในขณะที่อ่านสถานการณ์และคำถามอีกด้วย

ขั้นที่ 1 : ชั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่ต้องการรู้ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

1. ~~รถจักรยานยนต์~~ รถยนต์ไฮบริด ประหยัดกว่ารถที่ปกติ ~~เพราะ~~ เพราะไม่  
Honda
2. ~~รถจักรยานยนต์~~ อับดุลเนต

ภาพประกอบ 27 ร่องรอยการขีดฆ่า หรือลบคำตอบของเพชร

ในใบกิจกรรมเรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 1

**กิจกรรมช่วงที่ 2** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรจะแนะนำให้นักเรียนเลือกเรียนสาขาใด ระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์ โดยใช้ความรู้เรื่องต้นทุนค่าเสียโอกาส พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้เวลากับการอ่านสถานการณ์และคำถามมากขึ้น นอกจากนี้ นักเรียนในกลุ่มที่ 2 และ 3 ได้มีตัวแทนนักเรียนกลุ่มละหนึ่งคนอาสาอ่านสถานการณ์และคำถามให้เพื่อนคนอื่น ๆ ในกลุ่มฟัง และมีนักเรียนบางส่วนยังได้ขีดเส้นใต้ข้อความ ทำเครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์ในขณะที่อ่านสถานการณ์และคำถามอีกด้วย สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร ทับทิม และพลอย ใช้เวลาในการอ่านสถานการณ์และคำถามประมาณ 4-5 นาที ส่วนไข่มุกใช้เวลาในการอ่านสถานการณ์และคำถามประมาณ 2-3 นาที ในขณะที่อ่านสถานการณ์และคำถามนั้น เพชรและทับทิมมีการหยุดอ่านเป็นระยะ ๆ เพื่อปรึกษา พูดคุย หรือซักถามทั้งเพื่อนและครู และเมื่อซักถามจนเข้าใจแล้ว ทั้งคู่จึงอ่านสถานการณ์และคำถามต่อจนจบ

**กิจกรรมช่วงที่ 3** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “หลุดไปกับการใช้พลังงาน” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรเลือกติดตั้งหลอดไฟชนิดใดจึงจะประหยัดค่าใช้จ่าย ได้แก่ ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้า ต่อปีให้มากที่สุด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจและให้เวลากับการอ่านสถานการณ์และคำถามมากขึ้น อีกทั้งยังแสดงพฤติกรรมให้เห็นว่า กำลังขีดเส้นใต้ข้อความ ทำเครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์ในขณะที่กำลังอ่านสถานการณ์และคำถามอีกด้วย สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร หลังจากใช้เวลาในการอ่านสถานการณ์และคำถามด้วยตนเองประมาณ 1-2 นาทีแล้ว ได้อ่านทั้งหมดแบบสรุปคร่าว ๆ ให้เพื่อน ๆ ฟังอีกครั้ง ในขณะที่ทับทิม พลอย และไข่มุกใช้เวลาในการอ่านสถานการณ์และคำถามประมาณ 2-3 นาที ในขณะที่อ่านสถานการณ์และคำถามนั้น ทั้งสามคนมีการหยุดอ่านเป็นระยะ ๆ เพื่อปรึกษา พูดคุย หรือซักถามทั้งเพื่อนและครู และเมื่อซักถามจนเข้าใจแล้ว ทั้งคู่จึงอ่านสถานการณ์และคำถามต่อจนจบ


จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่อ่านสถานการณ์และคำถามอย่างรวดเร็ว หลังจากอ่านแล้วก็ลงมือแก้ปัญหาทันทีแต่ไม่สามารถทำได้ ทำให้ต้องหยุดและย้อนกลับไปอ่านสถานการณ์และคำถามใหม่หลายครั้ง ต่อมาในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ใช้เวลากับการอ่านสถานการณ์และคำถามมากขึ้น อีกทั้งยังแสดงพฤติกรรมให้เห็นว่ามีการขีดเส้นใต้ข้อความ ทำเครื่องหมาย หรือสัญลักษณ์ในขณะที่อ่านสถานการณ์และคำถามอีกด้วย ซึ่งนักเรียนยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวและมีความตั้งใจที่จะอ่านสถานการณ์และคำถามเพื่อทำความเข้าใจปัญหามากขึ้นจนถึงสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอน ในช่วงที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการอ่านสถานการณ์และคำถาม ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจที่จะอ่านสถานการณ์และคำถามเพื่อทำความเข้าใจปัญหามากขึ้นนั้น เนื่องจากในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนยังมีประสบการณ์น้อยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีการกำหนดสถานการณ์และคำถามในลักษณะดังกล่าว จึงอ่านสถานการณ์และคำถามแบบผ่าน ๆ ไม่ได้จับใจความสำคัญ และไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลหรือเงื่อนไขใด ๆ แต่เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนเริ่มเข้าใจและให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์และคำถามเพื่อทำความเข้าใจปัญหาของกิจกรรมถัดไปมากขึ้น

### 2.1.2 นักเรียนขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ทั้งใน ส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามได้มากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า ไม่ปรากฏร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์หรือคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียนส่วนใหญ่ มีเพียงร่องรอยการขีดเขียนที่ไม่ได้แสดงถึงความพยายามในการที่จะทำความเข้าใจปัญหา เช่น การวาดรูปการ์ตูน หรือการเขียนข้อความต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกัปัญหา สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ไข่มุก ไม่ปรากฏร่องรอยการขีดเขียนใด ๆ ในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถาม ในขณะที่เพชร ทับทิม และพลอย มีการขีดเส้นใต้ข้อความที่เป็นสาระสำคัญในสถานการณ์และคำถาม เช่น ราคา มาตรฐานของรถยนต์ทั้งสองรุ่น ค่า KPL แต่ทั้งสามคนมีการขีดเส้นใต้และทำสัญลักษณ์บนข้อความที่ไม่เป็นสาระสำคัญในสถานการณ์ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีการวาดรูปการ์ตูนหรือเขียนข้อความที่ไม่เกี่ยวข้องกัปัญหาอีกด้วย ดังภาพประกอบ 28


สถานการณ์ :

รุ่นไฮบริด (Honda Insight 2019)



ราคามาตรฐาน	700,000 บาท*
เครื่องยนต์	เบนซินไฮบริด 1.8
KPL	34
*ราคาเปิดตัวที่อเมริกา	

รุ่นปกติ (Honda Civic 2019)



ราคามาตรฐาน	600,000 บาท*
เครื่องยนต์	เบนซิน 1.8
KPL	14
*ราคาเปิดตัวที่อเมริกา	

"แก๊งค์รักษ์โลกค้าขายออนไลน์นำพื้นฐานของ Honda Civic พัฒนาขึ้นมาเป็นยานยนต์รักษ์โลกระบบไฮบริด นั่นคือ Honda Insight 2019 เปิดตัวอย่างเป็นทางการแล้วที่ประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้จะช่วยลดมลพิษทางอากาศแล้วแก๊งค์รักษ์โลกรุ่นนี้ยังช่วยประหยัดน้ำมันอีกด้วย"

คำถาม หากนำข้อมูลของรถยนต์ทั้งสองรุ่นดังกล่าวมาเปรียบเทียบกัน การเลือกใช้รถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดและคุ้มค่าง่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ จงอธิบายเหตุผลประกอบ

หมายเหตุ กิจกรรมนี้สามารถให้เครื่องคิดเลขช่วยในการคำนวณได้

ภาพประกอบ 28 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง "รักษ์โลกด้วยไฮบริด"

**กิจกรรมช่วงที่ 2** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง "ต้นทุนค่าเสียโอกาส" มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า เริ่มปรากฏร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียนมากขึ้น ซึ่งมีทั้งข้อความที่เป็นสาระสำคัญและไม่เป็นสาระสำคัญ และมีร่องรอยการขีดเขียนที่ไม่ได้แสดงถึงความพยายามในการที่จะทำความเข้าใจปัญหาอยู่บ้าง เช่น การวาดรูปการ์ตูน หรือการเขียนข้อความต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชรมีการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ และทำสัญลักษณ์ข้อความที่เป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาได้ครบถ้วน ดังภาพประกอบ 29 ในขณะที่ทับทิม พลอย และไข่มุก มีการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ และทำสัญลักษณ์ข้อความที่เป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน และมีร่องรอยการขีดเขียนตรงข้อมูลที่ไม่ว่าสำคัญ อีกทั้งยังมีการวาดรูปการ์ตูนหรือเขียนข้อความต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องปรากฏอยู่ด้วย ดังภาพประกอบ 30

## สถานการณ์:



จากการสำรวจของ "แมนพาวเวอร์กรุ๊ป" บริษัทจัดหางานชื่อดังของไทย และ กองวิจัยตลาดแรงงาน กรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับอาชีพหรือตำแหน่งงานในสายงานต่างๆ ที่ตลาดแรงงานต้องการมากที่สุดในประเทศไทย 5 อาชีพ ได้แก่

อาชีพ	รายได้ต่อเดือน (บาท)	ระดับการศึกษา	จำนวนปีที่เรียน	ค่าบำรุงการศึกษา หรือค่าเทอมต่อปี
ช่างเครื่อง	11,500	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	2	12,000
นักออกแบบ	35,000	ปริญญาตรี	4	42,500
วิศวกรคอมพิวเตอร์	40,000	ปริญญาตรี	4	40,000
ทนายความ	50,000	ปริญญาตรี	4	39,800
สัตวแพทย์	60,000	ปริญญาตรี และ เรียนต่อเฉพาะทาง	11	80,000



นกดลกำลังจะเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และตัดสินใจที่จะศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา เขามีความสามารถพิเศษด้านคอมพิวเตอร์และเก่งคำนวณ ในขณะที่เดียวกันก็มีความฝันอยากเป็นสัตวแพทย์มาตั้งแต่เด็ก เขารู้สึกว่าการเรียนสัตวแพทย์ใช้เวลาเรียนนานแต่ได้เงินเดือนเยอะกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ ในขณะที่วิศวกรคอมพิวเตอร์ใช้เวลาเรียนน้อยกว่า แต่กลับได้เงินเดือนน้อยกว่าสัตวแพทย์ เขาก็ยังไม่ถูกว่าควรเรียนต่อสาขาใด ระหว่างสัตวแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์

คำถาม จากความรู้ เรื่อง "ต้นทุนค่าเสียโอกาส" ถ้าขนาดเลือกเรียนสัตวแพทย์ เขาต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปีจึงจะมีรายได้สุทธิมากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ และถ้าจะให้คำแนะนำแก่นกดล นักเรียนจะแนะนำให้เขาเลือกเรียนสาขาใด เพราะเหตุใด

หมายเหตุ กิจกรรมนี้สามารถใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้

ภาพประกอบ 29 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง "ต้นทุนค่าเสียโอกาส"

สถานการณ์:

จากการสำรวจของ "แมนพาวเวอร์กรุ๊ป" บริษัทจัดหางานชื่อดังของไทย และ กองวิจัยตลาดแรงงาน กรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับอาชีพหรือตำแหน่งงานในสายงานต่างๆ ที่ตลาดแรงงานต้องการมากที่สุดในประเทศไทย 5 อาชีพ ได้แก่

อาชีพ	รายได้ต่อเดือน (บาท)	ระดับการศึกษา	จำนวนปีที่เรียน	ค่าบำรุงการศึกษา หรือค่าเทอมต่อปี
ช่างเครื่อง	11,500	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	2	12,000
นักออกแบบ	35,000	ปริญญาตรี	4	42,500
วิศวกรคอมพิวเตอร์	40,000	ปริญญาตรี	4	40,000
นายความ	50,000	ปริญญาตรี	4	39,800
คัลยแพทย์	60,000	ปริญญาตรี และ เรียนต่อเฉพาะทาง	11	80,000

อนาคตกำลังจะเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และตัดสินใจที่จะศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา เขามีความสามารถพิเศษด้านคอมพิวเตอร์และเก่งคำนวณ ในขณะที่ตัวเขาก็มีความฝันอยากเป็นคัลยแพทย์มาตั้งแต่เด็ก เขารู้สึกว่า การเรียนคัลยแพทย์ใช้เวลาเรียนนานแต่ได้เงินเดือนเยอะกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ ในขณะที่วิศวกรคอมพิวเตอร์ใช้เวลาเรียนน้อยกว่า แต่กลับได้เงินเดือนน้อยกว่าคัลยแพทย์ เขายังเลือกไม่ถูกว่าควรเรียนต่อสาขาใด ระหว่างคัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์

คำถาม จากความรู้ เรื่อง "ต้นทุนค่าเสียโอกาส" ถ้าอนาคตเลือกเรียนคัลยแพทย์ เขาต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปีจึงจะมีรายได้สูงหรือมากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ และถ้าจะให้คำแนะนำแก่คนใดนักเรียนจะแนะนำให้เขาเลือกเรียนสาขาใด เพราะเหตุใด

หมายเหตุ กิจกรรมนี้สามารถใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้

ภาพประกอบ 30 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง "ต้นทุนค่าเสียโอกาส"

**กิจกรรมช่วงที่ 3** เมื่อผู้วิจัยนำใบกิจกรรม เรื่อง "หลุดไฟกับการใช้พลังงาน" มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามในใบกิจกรรม ซึ่งส่วนมากเป็นข้อความที่เป็นสาระสำคัญ สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร ทับทิม และพลอย มีการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ และทำสัญลักษณ์บนข้อความที่เป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาครบถ้วน ดังภาพประกอบ 31 ในขณะที่ไข่มุกมีร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ และทำสัญลักษณ์ข้อความที่เป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาแต่ไม่ครบถ้วน ดังภาพประกอบ 32

สถานการณ์:

ผู้ประกอบการของบริษัทแห่งหนึ่งว่าจ้างให้วิศวกรออกแบบระบบไฟฟ้าภายในโฮมออฟฟิศ ซึ่งมีจำนวนห้องทั้งหมด 5 ห้อง โดยแต่ละห้องต้องใช้หลอดไฟตัวเกลียวชนิด E27 ปริมาณแสงภายในห้องอยู่ที่ 8,600 ลูเมน และมีการใช้งานโดยเฉลี่ยคือ ห้องละ 8 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อให้ผลประโยชน์สูงสุด และประหยัดค่าใช้จ่าย วิศวกรจึงให้ร้านขายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดต่อยุ่เสนอรายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภทมาเพื่อพิจารณาล้างชื่อ ดังนี้





<p>4</p>  <p>1. หลอด LED</p>	<p>ราคา: 18 บาท ✓</p> <p>กำลังไฟ: 60 W ✓</p> <p>ไส้เกลียว: E27 ✓</p> <p>ปริมาณแสง: 1,350 lm ✓</p> <p>อายุการใช้งาน: 1,000 ชม.</p>	 <p>2. หลอดตะเกียบ</p>	<p>ราคา: 499 บาท (แพ็คเกจ 6 หลอด) ✓</p> <p>กำลังไฟ: 14 W ✓</p> <p>ไส้เกลียว: E27 ✓</p> <p>ปริมาณแสง: 810 ลูเมน ✓</p> <p>อายุการใช้งาน: 8,000 ชม.</p>
 <p>3. หลอดฮาโลเจน</p>	<p>ราคา: 59 บาท</p> <p>กำลังไฟ: 60 W</p> <p>ไส้เกลียว: E27</p> <p>ปริมาณแสง: 600 lm</p> <p>อายุการใช้งาน: 50,000 ชม. ✓</p>	 <p>4. หลอดแอลอีดี</p>	<p>ราคา: 78 บาท</p> <p>กำลังไฟ: 60 W</p> <p>ไส้เกลียว: E27</p> <p>ปริมาณแสง: 1,450 lm</p> <p>อายุการใช้งาน: 8 ปี (คำนวณจากการใช้งาน 2.7 ชม. ต่อวัน)</p>

คำถาม เพื่อให้ผลประโยชน์สูงสุดและประหยัดค่าใช้จ่าย (ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้า) ต่อปีให้มากที่สุด วิศวกรควรติดตั้งหลอดไฟชนิดใด และเพราะเหตุใด

ภาพประกอบ 31 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน”

สถานการณ์:

ผู้ประกอบการของบริษัทแห่งหนึ่งว่าจ้างให้วิศวกรออกแบบระบบไฟฟ้าภายในโคมออฟฟิศ ซึ่งมีจำนวนห้องทั้งหมด 5 ห้อง โดยแต่ละห้องต้องใช้หลอดไฟหัวเกลียวชนิด E27 ปริมาณแสงภายในห้องอยู่ที่ 8,600 ลูเมน และมีการใช้งานโดยเฉลี่ยคือ ห้องละ 8 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดและประหยัดค่าใช้จ่าย วิศวกรจึงให้ร้านขายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดต่อยุ่เสนอรายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภทมาเพื่อพิจารณาสั่งซื้อ ดังนี้

 1. หลอดไฟ LED	ราคา: 18 บาท กำลังไฟ: 60 W โวลต์: E27 ปริมาณแสง: 1,350 lm อายุการใช้งาน: 1,000 ชม.	 2. หลอดตะเกียบ	ราคา: 499 บาท (แพ็คเกจ 6 หลอด) กำลังไฟ: 14 W โวลต์: E27 ปริมาณแสง: 810 lm อายุการใช้งาน: 8,000 ชม.
 3. หลอดฮาโลเจน	ราคา: 59 บาท กำลังไฟ: 60 W โวลต์: E27 ปริมาณแสง: 600 lm อายุการใช้งาน: 50,000 ชม.	 4. หลอดแอลซีดี	ราคา: 78 บาท กำลังไฟ: 60 W โวลต์: E27 ปริมาณแสง: 1450 lm อายุการใช้งาน: 8 ปี (คำนวณจากการใช้งาน 2.7 ชม. ต่อวัน)

คำถาม เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดและประหยัดค่าใช้จ่าย (ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้า) ต่อปีให้มากที่สุด วิศวกรควรติดตั้งหลอดไฟชนิดใด และเพราะเหตุใด

ภาพประกอบ 32 ร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน”

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน ไม่ปรากฏร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์หรือคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียนส่วนใหญ่ มีเพียงร่องรอยการขีดเขียนที่ไม่ได้แสดงถึงความพยายามในการที่จะทำความเข้าใจปัญหา เช่น การวาดรูปการ์ตูน หรือการเขียนข้อความต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา ต่อมาในช่วงที่ 2 เริ่มปรากฏร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียนมากขึ้น ซึ่งมีทั้งข้อความที่เป็นสาระสำคัญและไม่เป็นสาระสำคัญ และมีร่องรอยการขีดเขียนที่ไม่ได้แสดงถึงความพยายามในการที่จะทำความเข้าใจปัญหาอยู่บ้าง นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงแสดงพฤติกรรมเหล่านั้นอย่างสม่ำเสมอ จนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 นักเรียนขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์บนข้อความที่เป็นสาระสำคัญของสถานการณ์ และคำถามได้มากขึ้น โดยเฉพาะนักเรียนเป้าหมายเพชร ทับทิม และพลอย มีการขีดเส้นใต้

ขีดล้อมรอบข้อความ และทำสัญลักษณ์บนข้อความที่เป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาได้ครบถ้วน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการขีดเส้นใต้ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถาม ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์บนข้อความที่เป็นสาระสำคัญของสถานการณ์และคำถามมากขึ้นนั้น เนื่องจาก ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนยังมีประสบการณ์น้อยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีการกำหนดสถานการณ์และคำถามให้ในลักษณะดังกล่าว จึงอ่านสถานการณ์และคำถามแบบผ่าน ๆ ไม่ได้จับใจความสำคัญ และไม่ได้มีการวิเคราะห์ใด ๆ จึงไม่ได้ขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ใด ๆ ในสถานการณ์จริงหรือคำถามเลย แต่เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้นจึงทำให้นักเรียนเริ่มเข้าใจและให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์และคำถาม พร้อมกับได้เรียนรู้ว่าการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ต่าง ๆ บนข้อความที่เป็นสาระสำคัญของปัญหาจะช่วยให้จำรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และเข้าใจสถานการณ์ได้มากขึ้น

### 2.1.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในการซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามกับครูผู้สอนมากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “รักษารัฐด้วยไฮบริด” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า การเลือกใช้รถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดและคุ้มค่ากว่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยใด ๆ เกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามที่กำหนดให้กับครูผู้สอน มีนักเรียนเพียง 2 คน ได้ยกมือถามครูผู้สอนหลังจากอ่านสถานการณ์และคำถามแล้ว ว่า “รถยนต์รุ่นไฮบริดคืออะไรครับ” และ “เครื่องยนต์ 1.8 กับ KPL หมายถึงอะไรคะ” สำหรับนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เพชร ทับทิม พลอย และไข่มุก ไม่มีการซักถามครูผู้สอนในกิจกรรมนี้

**กิจกรรมช่วงที่ 2** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรจะแนะนำให้นักเรียนสาขาใดระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์ โดยใช้ความรู้เรื่องต้นทุนค่าเสียโอกาส พบว่า นักเรียนซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามที่กำหนดให้กับครูผู้สอนมากขึ้น สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร และทับทิม มีการซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์กับครูผู้สอน ดังบทสนทนาต่อไปนี้

เพชร : อาจารย์ครับทำไมศัลยแพทย์ถึงต้องเรียน 11 ปี ครับ

ครู : เพราะศัลยแพทย์ต้องเรียนแพทย์ทั่วไปก่อน 6 ปี แล้วเรียนต่อเฉพาะทางอีก 5 ปีโดยประมาณเพื่อเป็นศัลยแพทย์ค่ะ

ทับทิม : ค่าเทอมที่กำหนดให้เท่ากันทุกปีใช่ไหมคะ

ครู : ใช่ค่ะ เพราะเป็นค่าเทอมโดยเฉลี่ยต่อปี

เพชร : ถ้าผมเป็นนักดล ผมจะเลือกเรียนทั้งสองอย่างแต่คนละช่วงเวลา

ครู : ในชีวิตจริงเราอาจจะไม่สามารถแบ่งเวลาเพื่อทำทั้งสองอย่างได้ดีพร้อม ๆ กัน แต่ความรู้เรื่องต้นทุนค่าเสียโอกาส สามารถช่วยเราตัดสินใจได้ค่ะ

ในขณะที่ พलयและไข่มุก ไม่มีการซักถามครูผู้สอนในกิจกรรมนี้

**กิจกรรมช่วงที่ 3** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรเลือกติดตั้งหลอดไฟชนิดใดจึงจะประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งได้แก่ ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้า ต่อปีให้มากที่สุด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยากมีส่วนร่วมในการซักถาม ปรีक्षाหรือพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามที่กำหนดให้กับครูผู้สอนมากขึ้น สำหรับนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เพชร ทับทิม พलय และไข่มุก มีการซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์กับครูผู้สอน ดังบทสนทนาต่อไปนี้

เพชร : ทำไมหลอดตะเกียบต้องบอกราคาเป็นแบบ 6 หลอดด้วยครับ

ครู : เป็นเงื่อนไขของโปรโมชันที่กำหนดโดยร้านขายอุปกรณ์ไฟฟ้าค่ะ

เพชร : แสดงว่าเราก็ต้องทำให้เป็นราคาหลอดเดียวก่อนใช่ไหมครับ

ครู : ถ้าต้องการเปรียบเทียบราคาต่อหนึ่งหลอดก็ต้องทำแบบนั้นค่ะ

ทับทิม : อาจารย์คะ ปริมาณแสงภายในห้องที่กำหนดให้เป็นปริมาณแสงต่อหนึ่งห้องใช่ไหมคะ

ครู : ใช่ค่ะ

พलय : อาจารย์คะ แบ่งกันคำนวณกับเพื่อนคนละหลอดได้ไหมคะ

ครู : ได้ค่ะ ขึ้นอยู่กับการแบ่งงานกันภายในกลุ่มเลย

ไข่มุก : อาจารย์คะ ในใบกิจกรรมไม่ได้กำหนดสีของแสงหลอดไฟมา  
ให้คะ

ครู : ไข่มุก จากใบกิจกรรมเราจะสนใจแค่ราคา กำลังไฟ ปริมาณ  
แสง และอายุการใช้งานนะ

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน  
นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการซักถาม ปรีक्षाหรือพูดคุยใด ๆ เกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามที่  
กำหนดให้กับครูผู้สอน ต่อมาในช่วงที่ 2 นักเรียนกล้าที่จะซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยกับครูผู้สอน  
มากขึ้น และนักเรียนยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอน  
ในช่วงที่ 3 นักเรียนหลายคนอยากมีส่วนร่วมในการซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยเกี่ยวกับ  
สถานการณ์และคำถามกับครูผู้สอน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน  
เกี่ยวกับการซักถามครูผู้สอน ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยกับ  
ครูผู้สอนมากขึ้น เนื่องจากในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอนนักเรียนส่วนใหญ่อ่าน  
สถานการณ์และคำถามแบบผ่าน ๆ ไม่ได้จับใจความสำคัญ และไม่มีกรวิเคราะห์ใด ๆ ทำให้ไม่มี  
การตั้งคำถามหรือข้อสงสัย ประกอบกับในช่วงแรกนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับครูผู้สอนทำให้ไม่กล้าที่  
จะซักถามข้อสงสัยต่าง ๆ แต่เมื่อเวลาผ่านไปนักเรียนเริ่มมีความคุ้นเคยกับครูผู้สอน อีกทั้ง  
ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้ซักถาม ปรีक्षा หรือพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์และคำถาม และเมื่อได้รับ  
ประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจและให้ความสำคัญกับ  
การทำความเข้าใจปัญหา จึงก่อให้เกิดข้อสงสัยต่าง ๆ ตามมา และกล้าที่จะซักถาม พูดคุย หรือ  
ปรึกษากับครูผู้สอนมากขึ้น

#### 2.1.4 นักเรียนมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเป็นกลุ่มมากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “รักษารักษาด้วยไฮบริด”  
ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า การเลือกใช้รถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดและ  
คุ้มค่าง่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ พบว่า การมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเพื่อทำความเข้าใจ  
เข้าใจปัญหาของแต่ละกลุ่มปรากฏให้เห็นเพียงเล็กน้อย และเป็นเพียงระยะเวลาสั้น ๆ นอกนั้นเป็น  
การพูดคุยเรื่องอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือคำถาม สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร  
ซึ่งถูกจัดให้อยู่กลุ่มที่ 1 มีการปรึกษากันเกี่ยวกับสิ่งที่ปัญหาต้องการหาว่าคืออะไร และสมาชิกคน  
อื่น ๆ มีความเห็นตรงกันหรือไม่ โดยเพชรจะเป็นผู้นำในการแสดงความคิดเห็น ส่วนทับทิมและ  
พลอย ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้สมาชิกส่วนใหญ่จะต่างคนต่าง  
ทำ ไม่มีการอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นใด ๆ เกี่ยวกับสถานการณ์หรือคำถาม มีเพียงการ

ซักถามระหว่างสมาชิกในกลุ่มเพียงเล็กน้อย เช่น ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ต้องดูจากส่วนไหนบ้าง ในขณะที่ไข่มุกที่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 4 มีการอภิปรายและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ว่ามีอะไรบ้าง และสมาชิกแต่ละคนเขียนครบถ้วนตรงกันหรือไม่ โดยไข่มุกจะเป็นผู้ฟังและร่วมแสดงความคิดเห็นเพียงเล็กน้อย

**กิจกรรมช่วงที่ 2** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรจะแนะนำให้นักเรียนสาขาใดระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์ โดยใช้ความรู้เรื่องต้นทุนค่าเสียโอกาส พบว่า การมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเพื่อทำความเข้าใจปัญหาของแต่ละกลุ่ม เริ่มปรากฏให้เห็นมากขึ้น และระยะเวลาสั้นขึ้น แต่ยังคงมีการพูดคุยเรื่องอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือคำถามบ้าง สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร ซึ่งถูกจัดให้อยู่กลุ่มที่ 1 มีการอภิปรายกันภายในกลุ่มดังตัวอย่างต่อไปนี้

เพชร : ศัลยแพทย์เรียนนานกว่าก็จริง 11 ปี แต่จบมาแล้วได้เงินเดือนมากกว่าทุกอาชีพเลยนะ

สมาชิกคนที่ 2 : ใช่ เพราะหมอได้เงินเดือนตั้ง 60,000 บาท

สมาชิกคนที่ 3 : เรามีคนรู้จักเป็นหมอแต่ได้เงินเดือนมากกว่านี้เกือบแสน

เพชร : อาจารย์บอกว่ามันเป็นค่าเฉลี่ยอาจได้มากได้น้อยต่างกัน แต่พอเฉลี่ยออกมาแล้วก็ประมาณ 60,000 บาท ใจ

สมาชิกคนที่ 4 : ต้องดูค่าเทอมด้วย ค่าเทอมเรียนหมอแพงที่สุด

ส่วนทับทีมถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 มีการอภิปรายกันภายในกลุ่ม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

สมาชิกคนที่ 2 : ถ้าใช้ความรู้เรื่องต้นทุนค่าเสียโอกาส แสดงว่าเราต้องเลือกอาชีพเดียวที่ดีที่สุด

สมาชิกคนที่ 3 : น่าจะใช้ แล้วตัดสินใจจากอะไร

ทับทีม : ต้องดูที่เงินไหม อาชีพไหนได้เงินมากที่สุด

ในขณะที่พลอยและไข่มุกถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 3 และ 4 ตามลำดับ ทั้งสองกลุ่มนี้มีเพียงการซักถามระหว่างสมาชิกในกลุ่มเพียงเล็กน้อย

**กิจกรรมช่วงที่ 3** เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมเรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรเลือกติดตั้งหลอดไฟชนิดใดจึงจะประหยัดค่าใช้จ่าย ได้แก่ ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้าต่อปีให้มากที่สุด พบว่า การมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเพื่อทำความเข้าใจปัญหาของแต่ละกลุ่มมีมากขึ้น การพูดคุยเรื่องอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องน้อยลง ในกิจกรรมช่วงที่ 3 นี้ เห็นได้ชัดว่า นักเรียนมีการตั้งคำถามหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับปัญหาและข้อความคาดการณ์ที่เพื่อนเสนอ สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร ซึ่งถูกจัดให้อยู่กลุ่มที่ 1 มีการอภิปรายกันภายในกลุ่ม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

สมาชิกคนที่ 2 : คำถามบอกว่า วิศวกรควรติดตั้งหลอดไฟชนิดไหน เพราะอะไร แสดงว่าเราต้องเขียนทั้งสองข้อความลงในข้อ 1 เถอะ

เพชร : ถ้าอย่างนั้นต้องเขียนว่า ควรติดตั้งหลอดไฟชนิดไหน และเพราะอะไร ถูกไหม

สมาชิกคนที่ 3 : ใช่

สมาชิกคนที่ 4 : ข้อมูลที่สถานการณ์กำหนด เริ่มตั้งแต่ตรงไหน ตรงตารางที่บอกราคาหรือเปล่า

เพชร : เราว่าต้องดูตั้งแต่บรรทัดที่ 2 ตรงจำนวนห้องเลย ลงมาจนถึงคำถาม

ส่วนทับทีมถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 2 มีการอภิปรายกันภายในกลุ่ม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ทับทีม : มาช่วยกันเขียนข้อมูลหรือเงื่อนไขแบบสรุปกัน

สมาชิกคนที่ 2 : เดี่ยวเราจะสรุปข้อมูลย่อหน้าแรกให้ว่ามีอะไรบ้าง มีปริมาณแสง 8,600 ลูเมน การใช้งานเฉลี่ย ห้องละ 8 ชั่วโมง

สมาชิกคนที่ 3 : จำนวนห้องก็เป็นข้อมูลที่สำคัญด้วยไหม

ทับทีม : ใช่ เพราะตรงนี้ออกจำนวน 5 ห้อง ต้องเอาไปคำนวณด้วย

ในขณะที่ไข่มุกถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 4 มีการอภิปรายกันภายในกลุ่ม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- สมาชิกคนที่ 2 : รายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภทคือ ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ใช้ไหม
- สมาชิกคนที่ 3 : ใช้ แล้วก็มีจำนวนห้อง กับชนิดขั้วหลอดไฟด้วย ตรงย่อหน้าแรก
- สมาชิกคนที่ 4 : ตรงคำถามก็มีนะ ที่บอกว่าต้องประหยัดที่สุดก็เป็นเงื่อนไขนะ
- ไข่มุก : ตรงคำถามบอกว่า เพื่อให้ผลประโยชน์สูงสุดและประหยัดค่าใช้จ่าย

ส่วนพลอยถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มที่ 3 มีเพียงการซักถามระหว่างสมาชิกในกลุ่มเพียงเล็กน้อย

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน การมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเพื่อทำความเข้าใจปัญหาของแต่ละกลุ่มปรากฏให้เห็นเพียงเล็กน้อย และเป็นเพียงระยะเวลาสั้น ๆ ต่อมาในช่วงที่ 2 เริ่มปรากฏให้เห็นมากขึ้นและระยะเวลาเพิ่มขึ้น นักเรียนยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 นักเรียนหลายคนอยากมีส่วนร่วมในการอภิปรายมากขึ้น มีการตั้งคำถามหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับปัญหาและข้อความคาดการณ์ที่เพื่อนเสนอ การพูดคุยเรื่องอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเป็นกลุ่ม ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเป็นกลุ่มมากขึ้น เนื่องจาก ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอนนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับเพื่อนที่เป็นสมาชิกในกลุ่ม ประกอบกับการที่นักเรียนอ่านสถานการณ์และคำถามแบบผ่าน ๆ ไม่ได้จับใจความสำคัญและไม่ได้มีการวิเคราะห์ใด ๆ ทำให้ไม่มีพูดคุยหรืออภิปรายใด ๆ เกี่ยวกับปัญหามากนัก แต่เมื่อเวลาผ่านไปนักเรียนเริ่มมีความคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่มและได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจและให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจปัญหา และกล้าที่จะเสนอความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับปัญหา พร้อมทั้งรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น

### 2.1.5 นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาได้มากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง “รักษ์โลกด้วยไฮบริด” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน ไม่ครบถ้วน หรือขาดการอธิบาย

รายละเอียด สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร สามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้องครบถ้วน และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้ว่าเป็นเรื่องใด แต่ขาดการเขียนอธิบาย รายละเอียดของข้อมูลหรือเงื่อนไขเกี่ยวกับค่า KPL ดังภาพประกอบ 33 ส่วนพลอยและทับทิมระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาไม่ครบถ้วน แต่สามารถอธิบายข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้พร้อม รายละเอียดได้ถูกต้องครบถ้วน ดังภาพประกอบ 34 ในขณะที่ไข่มุกระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน และระบุว่าได้ว่าข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดเป็นเรื่องใด แต่ไม่เขียนรายละเอียด ดังภาพประกอบ 35

ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่ต้องการหาคำตอบคืออะไรบ้าง (1 คะแนน)

1. ~~รถจักรยานยนต์~~ รถยนต์ไฮบริด ประหยัดกว่ารถเก๋งปกติหรือไม่  
Honda

2. ~~ราคา~~ อธิบายเหตุผล

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. ~~ขนาดเครื่องยนต์~~ ราคาเครื่องยนต์ไฮบริด = 700,000 บาท  
ปกติ = 600,000 บาท

2. เครื่องยนต์ไฮบริด ประหยัด 1.8  
ปกติ 1.8

3. ค่า KPL ของรถเก๋ง

ภาพประกอบ 33 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 1 และ 2

ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

1. ถ้าใช้รถรุ่นไฮบริด จะประหยัดและดีทั้งค่าเช่ารถและประกันไหม

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. ราคาเช่ารถรุ่นไฮบริด → ปกติ → 600,000  
→ ใช้ไฮบริด → 700,000

2. เครื่องยนต์ → ปกติ → เบนซิน 1.4  
→ ไฮบริด → เบนซินไฮบริด 1.4

3. KPL → ปกติ → 14  
→ ใช้ไฮบริด → 34

ภาพประกอบ 34 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของพลอย  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 1 และ 2

ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

1. ค่าใช้จ่ายรถยนต์รุ่นไฮบริดคุ้มค่าเช่ารถปกติจริงหรือไม่

2. รุ่นไฮบริดจะประหยัดน้ำมันกว่าจริงหรือ

3. \_\_\_\_\_

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. ราคา

2. เครื่องยนต์

3. KPL

ภาพประกอบ 35 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของไข่มุก  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 1 และ 2

**กิจกรรมช่วงที่ 2** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง แต่ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้เพียงบางส่วน ไม่ครบถ้วน หรือขาดการอธิบายรายละเอียด สำหรับนักเรียนเป้าหมายทับทีม สามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ว่ามีเรื่องใดบ้างได้ครบถ้วน แต่เขียนอธิบายรายละเอียดของข้อมูลหรือเงื่อนไขไม่ครบถ้วน ดังภาพประกอบ 36 ในขณะที่เพชรสามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง และถึงแม้จะมีการเขียนอธิบายรายละเอียดของข้อมูลหรือเงื่อนไข แต่ก็ไม่สามารถระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้ครบถ้วนทุกเรื่อง ดังภาพประกอบ 37 ส่วนไข่มุกสามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ แต่ไม่ครบทุกเรื่อง และไม่เขียนรายละเอียด ดังภาพประกอบ 38

ชั้นที่ 1 : ชั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่ต้องการหาคำตอบคืออะไร มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

ต้นทุนค่าเสียโอกาส

1. ถ้าเลือกเรียนนมอชองทำงานก็ปีจจะมีรายได้มากกว่าวิชา

2. จะแนะนำนักศึกษาที่เลือกเรียนอะไร + เหตุผล

---

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. วิชากร-เงินเดือน 40000 บาท / เรียน 4 ปี

นมอ - เงินเดือน 80000 บาท / เรียน 11 ปี

2. วิชากร - ค่าเทอม 40000 บาท

นมอ - ค่าเทอม 80000 บาท

3. ต้นทุนค่าเสียโอกาส

1

4. นักศึกษา { นมอ

{ วิชากร

ภาพประกอบ 36 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของทับทีม  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2

ขั้นที่ 1 : ชั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

- กำไรสุทธิ  
- ค่าใช้จ่าย

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. จีวีกร	รายได้ 4000 บาท	จ่ายค่าเช่า 4 ปี	4 ปี	40000
คัลเลอร์	60000	จ่ายค่าเช่า 11 ปี	11 ปี	80000
2.		เงินลงทุน		

3.   
 4.

ภาพประกอบ 37 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2

ขั้นที่ 1 : ชั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

ต้องเขียนอะไร

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. จีวีกร รายได้ 4000 บาท  
คัลเลอร์ รายได้ 60000 บาท

2. จีวีกร เขียน 4 ปี  
คัลเลอร์ เขียน 11 ปี

3. จีวีกร ค่าเช่า 4000 บาท  
คัลเลอร์ ค่าเช่า 8000 บาท

4.

ภาพประกอบ 38 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของไข่มุก  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2

**กิจกรรมช่วงที่ 3** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้ถูกต้องครบถ้วน สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชรพลอย และไข่มุกสามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง โดยไม่ได้คัดลอกข้อความจากคำถามมาทั้งหมดแต่นำมาเรียบเรียงใหม่และมีใจความชัดเจน อีกทั้งยังระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้พร้อมเขียนอธิบายรายละเอียดครบถ้วน ดังภาพประกอบ 39 ในขณะที่ทับทิมสามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ว่ามีเรื่องใดบ้างได้ครบถ้วน แต่เขียนอธิบายรายละเอียดของข้อมูลหรือเงื่อนไขไม่ครบถ้วน ดังภาพประกอบ 40

ชั้นที่ 1 : ชั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

1. วิศวกรควรคิดเงินหลอดไฟชนิดใด ซึ่งจะประหยัดค่า หลอดไฟ และค่าไฟฟ้าต่อปีมากที่สุด

2. เพราะอะไร

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. โคมไฟที่ติดตั้งจำนวน 5 โคม  
→ โคมหลอดไฟใช้เกลียว E27

2. ปริมาณแสง 800 ลูเมนต่อชั่วโมง  
→ ใช้งาน 8 ชม.ต่อวัน อยู่ตรงโคมไฟ

ราคาหลอดไฟ	กำลังไฟ 60W	1850 บาท	1,000 ชม.
หลอดตะเกียบ 49 บาท 6 หลอด	กำลังไฟ 14W	810 บาท	8,000 ชม.
หลอดฮาโลเจน 59 บาท	14.60W	600 บาท	50,000 ชม.
หลอดแอลอีดี 78 บาท	14.60W	1,450 บาท	8 ปี

8. ประหยัดค่าหลอดไฟกับค่าไฟฟ้าต่อปีไม่มากที่สุด

ภาพประกอบ 39 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของเพชร  
 ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2

ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่คุณต้องการแก้ปัญหาต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ เพื่อให้ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุดต่อปี วิศวกรจรรยาต้องผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์ และประหยัดไฟ

\_\_\_\_\_

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่คุณต้องการกำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. ไซม่อนอฟฟิส 5 ห้อง ปริมาณแสง 8000 ลูเมน ทาวเวอร์งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

\_\_\_\_\_

2. นกตอไม้, นกตอตะเกียบ, นกตอตาโกลน, นกตอเฉลยดี

\_\_\_\_\_

3. ค่าหลอดไฟ กับค่าไฟฟ้าต้องประหยัดมากที่สุด

\_\_\_\_\_

ภาพประกอบ 40 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหาของทับทิม  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 1 และ 2

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้ ถูกต้องเพียงบางส่วน ไม่ครบถ้วน หรือขาดการอธิบายรายละเอียด ต่อมาในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง แต่ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้เพียงบางส่วน ไม่ครบถ้วน หรือขาดการอธิบายรายละเอียด นักเรียนยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 กล่าวคือ นักเรียนเริ่มระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหาได้ถูกต้อง และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมทั้งเขียนอธิบายรายละเอียดได้ใจความชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหา ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้ให้นักเรียนระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้ถูกต้องครบถ้วน พร้อมทั้งเขียนอธิบายรายละเอียดได้ใจความชัดเจนมากขึ้นนั้น เนื่องมาจากในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนยังมีประสบการณ์น้อยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีการกำหนดสถานการณ์และคำถามให้ในลักษณะดังกล่าว จึงอ่านสถานการณ์และคำถามแบบผ่าน ๆ โดยไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของสถานการณ์และคำถามเลย ทำให้ไม่สามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ปัญหากำหนดให้ได้ถูกต้องครบถ้วน แต่เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้นจึงทำให้นักเรียนเริ่มเข้าใจและให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์และคำถามเพื่อทำความเข้าใจปัญหา

มีการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบ หรือทำสัญลักษณ์ข้อความที่เป็นสาระสำคัญ และรู้จักที่จะซักถาม ครูผู้สอนเมื่อมีข้อสงสัยเกี่ยวกับสถานการณ์หรือคำถาม ประกอบกับได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่ม ทำให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญได้ถูกต้องครบถ้วนและได้ใจความมากขึ้น

## 2.2 พฤติกรรมด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียนในการระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่มีความจำเป็นต้องค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก การอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ การแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียน ประกอบกับผลการสังเกตและผลการสัมภาษณ์นักเรียนในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ 5 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนพยายามค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกมากขึ้น (2) นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น (3) นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น (4) นักเรียนปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหามากขึ้น และ (5) นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงมากขึ้น ซึ่งพฤติกรรมทั้ง 5 ลักษณะดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้

### 2.2.1 นักเรียนพยายามค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกมากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “รักษาดูแลด้วยไฮบริด” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า การเลือกใช้รถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดและคุ้มค่ากว่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ พบว่า เมื่อผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกได้ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ให้ความสนใจหรือความร่วมมือในการค้นคว้าข้อมูล ไม่มีความพยายามที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง และนักเรียนบางส่วนพยายามที่จะถามครูผู้สอนเกี่ยวกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมเหล่านั้นว่า คืออะไร หรือมีความหมายอย่างไร จนครูผู้สอนต้องใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนสังเกตว่า

มีข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้างที่จำเป็นต้องค้นคว้าเพิ่มเติม และเน้นให้แต่ละกลุ่มช่วยกันสืบค้นข้อมูล สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร ได้พยายามค้นหาความหมายของรถยนต์รุ่นไฮบริดโดยใช้โทรศัพท์มือถือของตนเอง และเมื่อค้นเจอแล้วก็อ่านข้อมูลเหล่านั้นให้คนอื่น ๆ ฟัง ส่วนทับทิม พลอย และไข่มุก เมื่อเห็นเพชรและเพื่อนคนอื่น ๆ เริ่มค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมจากโทรศัพท์มือถือ หรือ แท็บเล็ต ก็พยายามที่จะสืบค้นข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือของตนเอง

**กิจกรรมช่วงที่ 2** ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรจะแนะนำให้นักเรียนสาขาใด ระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์ โดยใช้ความรู้เรื่องต้นทุนค่าเสียโอกาส พบว่า เมื่อผู้วิจัย เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกได้ นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มมีความพยายามที่จะค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเองมากขึ้น จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต ใ้บทความ และไปกิจกรรม แต่ละกลุ่มเริ่มมีการแบ่งหัวข้อมันเพื่อช่วยกันสืบค้นและเขียนรายละเอียดลงในใบกิจกรรม สำหรับนักเรียนเป้าหมาย เพชรได้พยายามสรุปข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมว่ามีเรื่องใดบ้างให้เพื่อน ๆ ในกลุ่มฟัง ส่วนทับทิมช่วยเพื่อน ๆ ดูข้อมูลของใบกิจกรรมก่อนหน้าว่ามีข้อมูลส่วนไหนที่ จำเป็นต้องนำมาใช้บ้าง ในขณะที่พลอยและไข่มุกทำหน้าที่เขียนข้อมูลที่สืบค้นมาได้ลงในใบกิจกรรม

**กิจกรรมช่วงที่ 3** ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ซึ่งมีสถานการณ์จริงที่ต้องการให้นักเรียนตัดสินใจว่า ควรเลือกติดตั้งหลอดไฟชนิดใดจึง จะประหยัดค่าใช้จ่าย ได้แก่ ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้า ต่อปีให้มากที่สุด พบว่า เมื่อผู้วิจัยเปิด โอกาสให้นักเรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกได้ นักเรียนมี ความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าข้อมูลอย่างเห็นได้ชัด มีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มชัดเจนว่าให้ ใครทำอะไร เช่น สองคนเขียน อีกสองคนช่วยกันสืบค้นข้อมูล สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชรและ พลอย ทำหน้าที่ทั้งสืบค้นข้อมูล สรุปข้อมูล และช่วยเขียนลงในใบกิจกรรม ในขณะที่ทับทิมและ ไข่มุก ทำหน้าที่ดูข้อมูลของใบกิจกรรมก่อนหน้าและศึกษาข้อมูลจากใ้บทความเกี่ยวกับหลอดไฟ

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนรู้การสอน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ให้ความสนใจหรือความร่วมมือในการค้นคว้าข้อมูลเท่าไรนัก ต่อมาในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มมีความพยายามที่จะค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเองมากขึ้น จาก แหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต ใ้บทความ และไปกิจกรรม แต่ละกลุ่มเริ่มมีการ แบ่งหัวข้อมันเพื่อช่วยกันสืบค้นและเขียนรายละเอียดลงในใบกิจกรรม นักเรียนยังคงแสดง

พฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าข้อมูลอย่างเห็นได้ชัด มีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มชัดเจนว่าให้ใครทำอะไร ซึ่งสอดคล้องกับผลงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน ในข้อ 3 ของใบกิจกรรมที่พบว่าในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนไม่เขียนอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติม ซึ่งได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ไฮบริด ความหมายของค่า KPL ประเภท และราคาน้ำมันที่รถยนต์ทั้งสองรุ่นสามารถเติมได้ หรือเขียนอธิบายแต่ไม่ครบถ้วน ดังภาพประกอบ 41 แต่เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนมีความพยายามที่จะค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเองอย่างเห็นได้ชัด และมีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มชัดเจนว่าให้ใครทำอะไร เช่น สองคนเขียน อีกสองคนช่วยกันสืบค้นข้อมูล ทำให้การเขียนอธิบายข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมของนักเรียนถูกต้องและครบถ้วนมากขึ้น ดังภาพประกอบ 42 และ 43

ขั้นที่ 2 : ขั้นการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)

3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)

1. รถยนต์ไฮบริด รถยนต์ที่ใช้น้ำมัน

2. ค่า KPL หน่วยกิโลเมตร ต่อ ลิตร

3. รถยนต์ไฮบริด คือ รถยนต์ที่มีระบบการทำงานของเครื่องยนต์ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าที่ไปสู่มอเตอร์ร่วมกับเครื่องยนต์น้ำมันกับระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

4. รถยนต์ไฮบริด คือ

ภาพประกอบ 41 ร่องรอยการอธิบายข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 3 (กิจกรรมช่วงที่ 1)

ขั้นที่ 2 : ขั้นการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)

3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)

1. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ต้นทุนค่าเสียโอกาส คือต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อเราเลือกทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง  
แล้วเราไม่สามารถทำอีกสิ่งหนึ่งได้ หรือ ต้นทุนค่าเสียโอกาสคือต้นทุนของ  
การเลือก เพราะเมื่อเลือกทำสิ่งหนึ่งก็จะได้ทำอีกสิ่งหนึ่ง

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ตัวอย่าง เช่น การเลือกงาน A ก้อนงาน B

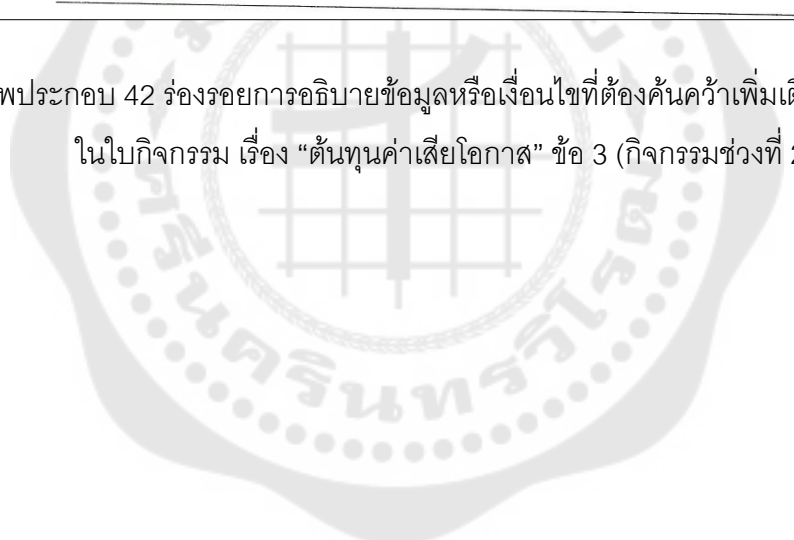
\_\_\_\_\_

ที่ไปงาน A กิน ผงจากงาน B เสร็จไม่ทัน หรือต้องเสียรายได้

\_\_\_\_\_

ของงาน B

ภาพประกอบ 42 ร่องรอยการอธิบายข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 3 (กิจกรรมช่วงที่ 2)



ขั้นที่ 2 : ขั้นการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)

3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติม  
นั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)

1. ปริมาณแสง คือ ปริมาณที่จะบอกว่าคุณต้องไฟให้ดวงสว่างมากน้อยเพียงใด  
มีหน่วยเป็นลูเมน

2. กำลังไฟทำ เป็นตัวบอกว่าหลอดไฟต้องใช้กำลังไฟเท่าใดในการทำงานมีหน่วย  
เป็นวัตต์

3. จำนวนหลอดไฟ การซื้อหลอดไฟด้วยจุดที่ซื้อหลอดไฟให้ตรงกับแหล่งขั้วที่เราจะ  
ใส่หลอดไฟไปใช้งานปกติแล้วจะนิยมใช้ E27

4. การวัดค่าไฟ จะวัดเป็นวัตต์ ชั่วโมง 7 ชั่วโมง  
วิธีการวัดค่าไฟ กำลังไฟทำ (วัตต์)  $\times$  จำนวนชั่วโมงไฟทำ  $\div$  1000 = จำนวนหน่วย  
ค่าของหลอดไฟ 50 วัตต์ 10 หลอดไฟ ใช้เวลา 6 ชม.  
 $50 \times 10 \div 1000 \times 6 = 3$  หน่วย/วัน  
6 เดือน  $= 3 \times 30 = 90$  หน่วย

ภาพประกอบ 43 ร่องรอยการอธิบายข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 3 (กิจกรรมช่วงที่ 3)

## 2.2.2 นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิง คณิตศาสตร์ได้มากขึ้น

กิจกรรมช่วงที่ 1 เมื่อผู้วิจัยนำใบกิจกรรม เรื่อง “รักษ์โลกด้วยไฮบริด”  
มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่า  
ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์พอสื่อเข้าใจได้เพียงบางส่วน แต่ไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วน โดยเขียน  
เพียงคำอธิบายหรือข้อความสั้น ๆ สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร สามารถระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่  
จำเป็นต้องใช้สำหรับการพิจารณาความประหยัด และคุ่มค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่นได้ว่า  
ประกอบด้วย ราคารถยนต์ การใช้น้ำมัน ค่าน้ำมัน และ ค่า KPL แต่ไม่เขียนอธิบายรายละเอียด  
ของข้อมูลหรือเงื่อนไขดังกล่าว ดังภาพประกอบ 44 ส่วนทับทิม พลอย และไข่มุก สามารถระบุ  
ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่จำเป็นได้ถูกต้อง มีการเขียนอธิบายรายละเอียด แต่เขียนอธิบายเพียงข้อความ  
สั้น ๆ และไม่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 45 และ 46

4. จากข้อมูลหรือเงื่อนไขทั้งหมดที่มี นักเรียนจะพิจารณาความประหยัดและคุ้มค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่น โดยใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง และข้อมูลดังกล่าวมีรายละเอียดอย่างไร จงอธิบาย (1 คะแนน)

① ราคาของรถยนต์

② ภาษีน้ำมัน/ค่าน้ำมัน

③ ~~ค่า~~ KPL

ภาพประกอบ 44 ร่องรอยการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของเพชร ไบกิจกรรม เรื่อง "รักษโลกด้วยไฮบริด" ข้อ 4

4. จากข้อมูลหรือเงื่อนไขทั้งหมดที่มี นักเรียนจะพิจารณาความประหยัดและคุ้มค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่น โดยใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง และข้อมูลดังกล่าวมีรายละเอียดอย่างไร จงอธิบาย (1 คะแนน)

KPL → 34, 14

ราคา → 700,000 (รถ)

↓ 600,000

ราคาหัวน้ำมัน → ไฮบริด 91.5 บาท 25.5 บาท/ลิตร

→ "95" "25.85" " "

ภาพประกอบ 45 ร่องรอยการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของพลอย ไบกิจกรรม เรื่อง "รักษโลกด้วยไฮบริด" ข้อ 4

4. จากข้อมูลหรือเงื่อนไขทั้งหมดที่มี นักเรียนจะพิจารณาความประหยัดและคุ้มค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่น โดยใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง และข้อมูลดังกล่าวมีรายละเอียดอย่างไร จงอธิบาย (1 คะแนน)

1. KPL = ไฮบริด = 74 , รถ 14

2. ราคา = ไฮบริด = 700,000 , รถ 600,000 บาท

3. ราคาหัวน้ำมัน = แก๊วไฮบริด 91 = 25.54

ภาพประกอบ 46 ร่องรอยการเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของไข่มุก ไบกิจกรรม เรื่อง "รักษโลกด้วยไฮบริด" ข้อ 4

**กิจกรรมช่วงที่ 2** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ นำข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง มาเขียนแสดงความสัมพันธ์ลงในตารางได้ แต่การเขียนอธิบายยังไม่ถูกต้องหรือถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชรและทับทิม นำข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริงมาเขียนแสดงความสัมพันธ์ลงในตารางเพื่อหารายได้สุทธิของศัลยแพทย์และวิศวกรคอมพิวเตอร์ได้ถูกต้อง และสามารถเขียนอธิบายต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกดลได้ ดังภาพประกอบ 47 ส่วนพลอยเขียนอธิบายความสัมพันธ์ลงในตาราง และอธิบายต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกดลไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 48 ในขณะที่ไข่มุกเขียนอธิบายความสัมพันธ์ลงในตารางได้เพียงบางส่วนซึ่งไม่ถูกต้อง และไม่เขียนอธิบายต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกดล ดังภาพประกอบ 49

4. ให้นักเรียนใช้ตารางต่อไปนี้เพื่ออธิบายว่า หลังจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ถ้านกดลเลือกเรียนศัลยแพทย์ รายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับวิศวกรคอมพิวเตอร์ จะเป็นอย่างไร และต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกดลจะเท่ากับเท่าไร (2 คะแนน)

ตารางเปรียบเทียบรายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี ระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	ศัลยแพทย์	วิศวกรคอมพิวเตอร์
1	-80,000	-40,000
2	-160,000	-80,000
3	-240,000	-120,000
4	-320,000	-160,000
5	-400,000	20,000
6	-480,000	80,000
7	-560,000	128,000
8	-640,000	176,000
9	-720,000	224,000
10	-800,000	272,000
11	-880,000	320,000

ต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกดลจะเท่ากับ 3200,000 บาท

Handwritten notes:  $40,000 \times 2 = 480,000$

ภาพประกอบ 47 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 4

4. ให้นักเรียนใช้ตารางต่อไปนี้เพื่ออธิบายว่า หลังจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ถ้านักเลือกเรียนศิลปะ รายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับวิศวกรคอมพิวเตอร์จะเป็นอย่างไร และต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกดลจะเท่ากับเท่าไร (2 คะแนน)

ตารางเปรียบเทียบรายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี ระหว่างศิลปะกับวิศวกรคอมพิวเตอร์

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	ศิลปะ	วิศวกรคอมพิวเตอร์
1	60,000	10,000
2	120,000	20,000
3	180,000	30,000
4	240,000	40,000
5	300,000	50,000
6	360,000	60,000
7	420,000	70,000
8	480,000	80,000
9	540,000	90,000
10	600,000	100,000
11	660,000	110,000

ต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกดลจะเท่ากับ 120,000

ภาพประกอบ 48 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 4

4. ให้นักเรียนใช้ตารางต่อไปนี้เพื่ออธิบายว่า หลังจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ถ้านักเรียนเลือกเรียนสัตวแพทย์ รายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับวิศวกรคอมพิวเตอร์จะเป็นอย่างไร และต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกลดจะเท่ากับเท่าไร (2 คะแนน)

ตารางเปรียบเทียบรายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี ระหว่างสัตวแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	สัตวแพทย์	วิศวกรคอมพิวเตอร์
1	- 30,000	- 40,000
2	- 140,000	- 80,000
3	- 240,000	- 120,000
4	- 320,000	- 80,000
5	- 400,000	- 40,000
6		0
7		40,000
8		80,000
9		120,000
10		
11		

ต้นทุนค่าเสียโอกาสของนกลดจะเท่ากับ \_\_\_\_\_

ภาพประกอบ 49 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 4

**กิจกรรมช่วงที่ 3** เมื่อผู้วิจัยนำใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น มีลำดับและเป็นขั้นตอนมากขึ้น สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ทักษะ ทักษะ และไข่มุก นำข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริงมาเขียนอธิบายลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา และแนวทางในการดำเนินการพร้อมทั้งอธิบายรายละเอียดได้ชัดเจน ดังภาพประกอบ 50 ส่วนเพชรสามารถเขียนอธิบายลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ แต่ขาดการอธิบายรายละเอียดในส่วนของการดำเนินการบางส่วน ดังภาพประกอบ 51

## 4. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในประเด็นต่อไปนี้

4.1 นักเรียนมีลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร (ตอบเรียงตามลำดับ)

(0.5 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 1 หาที่ใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ ๓๓๓๓ ในห้องทั้งหมด ๕ ห้องขั้นตอนที่ 2 หาค่าไฟขั้นตอนที่ 3 หาหลอดไฟ + ค่าไฟขั้นตอนที่ 4 เลือกหลอดไฟ ๓๓๓๓ ชนิดที่มีราคาประหยัดที่สุด

ภาพประกอบ 50 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์  
ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 4

## 4. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในประเด็นต่อไปนี้

4.1 นักเรียนมีลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร (ตอบเรียงตามลำดับ)

(0.5 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 1 ซื้อหลอดไฟหลอดที่หลอด ๒๓๓๓ หลอดไฟ 4 ชนิดขั้นตอนที่ 2 คิดค่าไฟของหลอดไฟ 4 ชนิด๓-๓. เอาค่าหลอดไฟมารวมกับค่าไฟ๓-๓.๔ เลือกหลอดไฟที่ประหยัดที่สุด

ภาพประกอบ 51 ร่องรอยการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์  
ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 4

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้น้อยมาก โดยเขียนพอสื่อเข้าใจได้เพียงบางส่วน แต่ไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วน ต่อมาในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ นำข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริงมาเขียนแสดงความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น โดยพยายามนำข้อมูลและเงื่อนไขเหล่านั้นมาสร้างความสัมพันธ์ลงในตาราง แต่การเขียนอธิบายยังไม่ถูกต้องหรือถูกต้องเพียงบางส่วน นักเรียนยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น มีลำดับและเป็นขั้นตอนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาค่าความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นนั้น เนื่องมาจากนักเรียนมีประสบการณ์ในการทำความเข้าใจ

ปัญหา และรู้จักที่จะค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลต่าง ๆ และสามารถเขียนอธิบายออกมาเป็นแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้

### 2.2.3 นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง “รักษัโลกด้วยไฮบริด” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง แต่ละเลยการเขียนข้อค้นพบที่ได้จากการคำนวณ ตัวอย่างเช่น นักเรียนเป้าหมายพลอย ทับทิม และไข่มุก สามารถนำข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหามาคำนวณหาค่าน้ำมัน และค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นที่ระยะทาง 20,000 กม. 40,000 กม. 60,000 กม. 80,000 กม. และ 100,000 กม. แล้วใส่ผลลัพธ์ลงในตารางได้ถูกต้อง แต่ไม่เขียนสรุปว่ารถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร ดังภาพประกอบ 52 ในขณะที่เพชรสามารถคำนวณได้ถูกต้องและเขียนข้อค้นพบที่ได้จากการคำนวณเพียงคำอธิบายสั้น ๆ ดังภาพประกอบ 53

5. พิจารณาข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนระบุในข้อ 4 หากนำรถยนต์ทั้งสองรุ่นมาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 20,000 กิโลเมตร 40,000 กิโลเมตร 60,000 กิโลเมตร 80,000 กิโลเมตร และ 100,000 กิโลเมตร ตามลำดับ

5.1 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าน้ำมัน (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
20,000	15,047	36,543
40,000	30,094	73,086
60,000	45,141	109,628
80,000	60,188	146,171
100,000	75,235	182,714

รถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร \_\_\_\_\_

5.3 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่น แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
20,000	715,047	636,543
40,000	730,094	673,086
60,000	745,141	709,628
80,000	760,188	746,171
100,000	775,235	782,714

รถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร \_\_\_\_\_

ภาพประกอบ 52 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษ์โลกด้วยไฮบริด” ข้อ 5

5. พิจารณาข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนระบุในข้อ 4 หากนำรถยนต์ทั้งสองรุ่นมาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 20,000 กิโลเมตร 40,000 กิโลเมตร 60,000 กิโลเมตร 80,000 กิโลเมตร และ 100,000 กิโลเมตร ตามลำดับ

5.1 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

27.25 กก.

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าน้ำมัน (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
20,000	16,029	38,929
40,000	32,059	77,857
60,000	48,088	116,786
80,000	64,118	155,714
100,000	80,147	194,643

รถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร รถยนต์ไฮบริดใช้น้ำมันน้อยกว่ารถยนต์ปกติ

5.3 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

700,000

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
20,000	16,029	68,929
40,000	32,059	107,857
60,000	48,088	146,786
80,000	64,118	185,714
100,000	80,147	224,643

600,000

รถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ไฮบริดน้อยกว่า

ภาพประกอบ 53 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของเพชร โนโบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 5

**กิจกรรมช่วงที่ 2** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์และสรุปข้อค้นพบได้ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น กลุ่มของเพชร พลอย และไข่มุก ซึ่งเป็นนักเรียนเป้าหมายสามารถคำนวณหารายได้สุทธิของศัลยแพทย์และวิศวกรคอมพิวเตอร์ได้ถูกต้อง พร้อมทั้งสรุปได้ถูกต้องว่า ด้านภคผลตัดสินใจเลือกเรียนศัลยแพทย์ หลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไปอีก 2 ปี



5. จากตารางในข้อ 4 ถ้านักทดลองตัดสินใจเลือกเรียนศัลยกรรมหลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปี จึงจะมีรายได้สุทธิที่ไม่ติดลบ (2 คะแนน)

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	ศัลยกรรม	<del>วิศวกรรมคอมพิวเตอร์</del>
1	<del>500,000</del> - 80,000	(25) - 60,000
2	- 160,000	(26) <del>0</del>
3	- 240,000	(27) 60,000
4	- 320,000	
5	- 400,000	
6	- 480,000	
7	- 560,000	
8	- 640,000	
9	- 720,000	
10	- 800,000	
11	- 880,000	
(12)	- 920,000	
(13)	- 960,000	
(14)	- 700,000	
(15)	- 640,000+	
(16)	- 600,000	
(17)	- 540,000	
(18)	- 480,000	
(19)	- 420,000	
(20)	- 360,000	
(21)	- 300,000	
(22)	- 240,000	
(23)	- 180,000	
(24)	- 120,000	

ดังนั้น ถ้านักทดลองตัดสินใจเลือกเรียนศัลยกรรมหลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไปอีก 16 ปี จึงจะมีรายได้สุทธิที่ไม่ติดลบ

ภาพประกอบ 55 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริง ให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 5

**กิจกรรมช่วงที่ 3** เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” มาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เขียนอธิบายได้อย่างเป็นขั้นตอน ตัวอย่างเช่น กลุ่มของนักเรียนเป้าหมายทับทิม พลอย และไข่มุก ได้เขียนอธิบายการคำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟแล้วนำเสนอในรูปแบบตารางได้ถูกต้อง และชัดเจน ดังภาพประกอบ 56 ในขณะที่กลุ่มของเพชร

ก็ได้นำเสนอผลการคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภทในรูปแบบของตาราง เช่นเดียวกัน ดังภาพประกอบ 57

5. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท

5.1 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ (2 คะแนน)

หลอดไฟ.	ปริมาณ/ลัง	จำนวนหลอดไฟในลัง	จำนวนหลอดไฟทั้งหมด	ราคาหลอดไฟ	ราคา รวม
หลอดไส้	1350	7	35	18	$35 \times 18 = 630$
หลอดตะเกียบ	810	11	55	83	$55 \times 83 = 4565$
หลอดฮาโลเจน	600	14	70	59	$59 \times 70 = 4130$
หลอดแอลซีดี	1450	6	30	78	$78 \times 30 = 2340$

1350 | 8600

$8600 \div 1350 = 7$

$8600 \div 810 = 11$

$8600 \div 600 = 14$

$8600 \div 1450 = 6$

ภาพประกอบ 56 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของทับทีม ไนโบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 5

5.2 การคำนวณค่าไฟฟ้าต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท ตามเงื่อนไขของ  
การไฟฟ้า (1 คะแนน)

การคิดค่าไฟฟ้าในประเทศไทยจะใช้หน่วยวัดเป็นยูนิต์ หรือหน่วย หรือกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งมีความหมายดังนี้  
"สำหรับการใช้ไฟฟ้า 1 หน่วย หรือ 1 ยูนิต์  
คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ ที่ใช้งาน 1 ชั่วโมง"  
เมื่อ 1 กิโลวัตต์ = 1000 วัตต์ และอัตราปกติสำหรับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือนที่กำหนด  
โดยการไฟฟ้านครหลวง เป็นดังนี้

หน่วยที่	ราคาหน่วยละ (บาท)
1 - 15 หน่วย	2.3488 บาท
16 - 25 หน่วย	2.9822 บาท
26 - 35 หน่วย	3.2405 บาท
36 - 100 หน่วย	3.6237 บาท
101 - 150 หน่วย	3.7171 บาท
151 - 400 หน่วย	4.2218 บาท
401 หน่วย ขึ้นไป	4.4217 บาท

↓ ค่าลิฟท์

หลอดไฟ	วัตต์	หน่วยที่ใช้ในวัน	หน่วยต่อเดือน 30วัน	ค่าไฟ
หลอดไส้	2100	16.8	504	2228.54
หลอดตะเกียบ	770	6.16	184.8	780.2
หลอดฮาโลเจน	4200	33.6	1008	4457.1
หลอดแอลอีดี	1800	14.4	432	1910

ภาพประกอบ 57 ร่องรอยการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 5

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่แสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง แต่ละเลยการเขียนข้อค้นพบที่ได้จากการคำนวณ ต่อมาในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่แสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์และสรุปข้อค้นพบได้มากขึ้น นักเรียนยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอน ในช่วงที่ 3 มีการนำเสนอผลการคำนวณที่ได้ในรูปแบบตาราง โดยเขียนอธิบายได้อย่างเป็นขั้นตอน ชัดเจนและถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์

ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้นนั้น เนื่องมาจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น และได้แลกเปลี่ยนวิธีการคำนวณจากสมาชิกในกลุ่มหรือการนำเสนอจากเพื่อนต่างกลุ่มที่หน้าชั้นเรียน จึงทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และเลือกใช้วิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่ถูกต้อง

**2.2.4 นักเรียนปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหามากขึ้น**

**กิจกรรมช่วงที่ 1** เมื่อนักเรียนต้องปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงในใบกิจกรรมเรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ให้อยู่ในรูปตัวแปร ซึ่งข้อมูลหรือเงื่อนไขเหล่านั้นได้แก่ ระยะทางการใช้งาน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน ราคารถยนต์ และค่าใช้จ่ายรวม ผู้วิจัยนำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรได้ไม่ครบถ้วน หรือไม่ถูกต้อง หรือไม่สอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนเป้าหมายเพชร ระบุตัวแปรได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน โดยระบุเพียงค่าใช้จ่ายรวม ค่าน้ำมัน และราคารถยนต์ แต่นำราคาน้ำมัน (ต่อลิตร) ระยะทาง และค่า KPL ไปรวมไว้ในตัวแปรค่าน้ำมัน ดังภาพประกอบ 58 ในขณะที่ทับทิม ระบุตัวแปรได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน และค่าน้ำมันกับราคารถยนต์มารวมเป็นตัวแปรเดียวกัน ดังภาพประกอบ 59 ส่วนพลอย และไข่มุกระบุตัวแปรไม่ครบถ้วน ดังภาพประกอบ 60

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบ  
ของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

กำหนดให้

B	แทน	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
๕	แทน	ค่าน้ำมัน (บาท) — ราคาน้ำมัน X ระยะทาง
C	แทน	ราคารถยนต์
	แทน	
	แทน	
	แทน	
	แทน	

ภาพประกอบ 58 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง  
ให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 6

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบ  
ของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

กำหนดให้

A	แทน	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
B	แทน	ค่าน้ำมัน + ราคารถยนต์
	แทน	
	แทน	
	แทน	

ภาพประกอบ 59 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง  
ให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของทับทิม  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 6

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบ  
ของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)  
กำหนดให้

— แทน \_\_\_\_\_  
 — แทน \_\_\_\_\_  
 P แทน ราคาชุดหนังสือ  
 A แทน ราคาหาม  
 9 แทน ราคามังคุด  
 — แทน \_\_\_\_\_

ภาพประกอบ 60 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง  
ให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของไข่มุก  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 6

**กิจกรรมช่วงที่ 2** เมื่อนักเรียนต้องปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของ  
ปัญหาในชีวิตจริงในใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ให้อยู่ในรูปตัวแปร ซึ่งข้อมูลหรือ  
เงื่อนไขเหล่านั้นได้แก่ ปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์ รายได้สุทธิของ  
วิศวกรคอมพิวเตอร์ รายได้สุทธิของศัลยแพทย์ เงินเดือนของวิศวกรคอมพิวเตอร์ และเงินเดือนของ  
ศัลยแพทย์ ผู้วิจัยนำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่  
ปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรได้ถูกต้องและ  
สอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหามากขึ้น สำหรับ  
นักเรียนเป้าหมายเพชรและพลอย สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหา  
ในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง  
สิ่งที่ปัญหาต้องการหา ดังภาพประกอบ 61 ในขณะที่ ทับทิมและไข่มุกสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูล  
หรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรได้ถูกต้องมากขึ้น แต่ยังไม่เขียนไม่เป็น  
ลำดับและมีบางส่วนไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 62

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบ  
ของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

กำหนดให้

Y	แทน	ปีที่ราชได้สิทธิของเมืองเก่าของสัตว์
D	แทน	เงินเดือนของเมืองเก่าในปี (บาท)
E	แทน	เงินเดือนของสัตว์กรในปี
d	แทน	รายได้สุทธิของเมืองเก่าในปี " " 12
e	แทน	รายได้สุทธิของสัตว์กรในปี " " 12
	แทน	

ภาพประกอบ 61 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง  
ให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 6

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบ  
ของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

กำหนดให้

X	แทน	เงินเดือนสัตว์กรต่อเมืองเก่าในปี
Y	แทน	" " " " " "
Z	แทน	ปีที่เงินเกิดแก่กัน
A	แทน	รายได้รวมของเมืองเก่าในปี 12
B	แทน	รายได้รวมของสัตว์กรในปี 12
	แทน	

ภาพประกอบ 62 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริง  
ให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ของไข่มุก  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 6

**กิจกรรมช่วงที่ 3** เมื่อนักเรียนต้องปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของ  
ปัญหาในชีวิตจริงในใบกิจกรรมเรื่อง “หลุดไปกับการใช้พลังงาน” ให้อยู่ในรูปตัวแปร ซึ่งข้อมูล  
หรือเงื่อนไขเหล่านั้น ได้แก่ ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา 1 ปี จำนวนหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด ระยะเวลา  
ที่เปิดใช้งานต่อวัน และค่าไฟต่อยูนิต และผู้วิจัยนำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน  
พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัว  
แปรได้ถูกต้องและสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหา

อีกทั้งการเขียนอธิบายความหมายของตัวแปรยังชัดเจนและได้ใจความมากขึ้น สำหรับนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรได้ถูกต้องครบถ้วน และสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหา ดังภาพประกอบ 63

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	
กำหนดให้	
C	แทน ค่าใช้พลังงานในปี
L	แทน จำนวนของหลอดไฟ ← ชนิดหลอดไฟ
M	แทน จำนวนครั้งที่ ← ชนิดหลอดไฟ
h	แทน จำนวนชั่วโมงที่เปิดใช้หลอดไฟต่อวัน
u	แทน ค่าไฟต่อหน่วยต่อเดือน

ภาพประกอบ 63 ร่องรอยการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ของเพชร ไนโบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 6

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่ปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรได้ไม่ครบถ้วน หรือไม่ถูกต้อง หรือไม่สอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหา อย่างไรก็ตามในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่พยายามปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรได้ถูกต้องและสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหามากขึ้น และยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงสิ้นสุดการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้นนั้น เนื่องมาจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการกำหนดตัวแปรหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์มากขึ้น และได้แลกเปลี่ยนรูปแบบการกำหนดตัวแปรหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์จากสมาชิกในกลุ่ม การออกมานำเสนอของเพื่อนต่างกลุ่ม และจากคำแนะนำของ

ครูผู้สอน จึงทำให้นักเรียนกำหนดตัวแปรได้สอดคล้องและเหมาะสมกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหา

### 2.2.5 นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงมากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” เมื่อผู้วิจัย นำไปกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง ตัวอย่างเช่น นักเรียนเป้าหมาย เพชร สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม โดยนำราคาน้ำมัน ระยะทาง และค่า KPL ซึ่งเป็นข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ยังไม่ได้ปรับเปลี่ยนให้เป็นตัวแปรมาใส่ไว้ในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้ยังถือว่าเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้หาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ เพียงแต่รูปแบบยังไม่ถูกต้องเหมาะสม ดังภาพประกอบ 64

7. ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)  
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้คือ

$$B = C + G = 4 + 5 \text{ ลิตร} \times \frac{5.0 \text{ บาท}}{\text{KPL}}$$

เมื่อ

B	แทน	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
G	แทน	ค่าแก๊ส (บาท)
C	แทน	ราคาขายดี
	แทน	

ภาพประกอบ 64 ร่องรอยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของเพชร

ในไปกิจกรรมเรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 7

**กิจกรรมช่วงที่ 2** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” เมื่อผู้วิจัย นำไปกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงมากขึ้น โดยนำข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แล้ว มาสร้างเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ครบถ้วน สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร และพลอย

สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยนำข้อมูลมาเขียนได้ครบถ้วน ดังภาพประกอบ 65 ในขณะที่ทับทิมและไข่มุกยังมีบางส่วนที่ไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 66

7. ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)  
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้คือ

$$y = \frac{\text{รายได้สุทธิ}}{\text{เงินได้อ่อน}} = \frac{e-d}{D-E}$$

ภาพประกอบ 65 ร่องรอยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของเพชร

ในใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 7

7. ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)  
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้คือ

$$z = \frac{B-A}{x-y}$$

เมื่อ

x	แทน	เงินได้อ่อนสุทธิ
y	แทน	ด - นจจ
z	แทน	ปีที่เงินเดือนเท่ากัน
A	แทน	รายได้รวมต่อปีที่ ๑
B	แทน	๒ - รายได้ต่อปีที่ ๒
	แทน	

ภาพประกอบ 66 ร่องรอยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของทับทิม

ในใบกิจกรรมเรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 7

### กิจกรรมช่วงที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน”

เมื่อผู้วิจัยนำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงและถูกต้อง โดยนักเรียนเป้าหมายเพชร พลอย และไข่มุก สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องและเหมาะสมกับหลุดไฟทั้ง 4 ชนิด ได้แก่

หลอดไฟ หลอดตะเกียบ หลอดฮาโลเจน และหลอดแอลอีดี โดยเป็นตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ ที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายรวมภายในระยะเวลา 1 ปี ของหลอดไฟแต่ละประเภท ดังภาพประกอบ 67

7. ให้นักเรียนเขียนตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

1 ปี = 12 เดือน

หลอดไฟ	ตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้
หลอดไส้	$C = (18 \times M \times L) + (1.8 \times h \times L \times U \times 12)$
หลอดตะเกียบ	$C = (94 \times M \times L) + (0.42 \times h \times L \times U \times 12)$
หลอดฮาโลเจน	$C = (59 \times M \times L) + (1.8 \times h \times L \times U \times 12)$
หลอดแอลอีดี	$C = (78 \times M \times L) + (1.8 \times h \times L \times U \times 12)$

ภาพประกอบ 67 ร่องรอยการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ของเพชร

ในใบกิจกรรมเรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 7

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่สร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ไม่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริง อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่สร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงมากขึ้น โดยนำข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนให้อยู่ในรูปตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ แล้วมาสร้างเป็นตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ได้ครบถ้วน และยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงสิ้นสุดการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงมากขึ้นนั้น เนื่องมาจากนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้สามารถค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์และสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง และเมื่อนำความสัมพันธ์ต่าง ๆ มาสร้างเป็นตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ จึงทำให้ได้ตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาในชีวิตจริงนั้น

## 2.3 พฤติกรรมด้านการใช้คณิตศาสตร์

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านการใช้คณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากการแสดงออกของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พร้อมกับตรวจสอบและสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนประกอบกับผลการสังเกตและผลการสัมภาษณ์นักเรียนในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมด้านการใช้คณิตศาสตร์ 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น และ (2) นักเรียนสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ซึ่งพฤติกรรมทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้

### 2.3.1 นักเรียนเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “รักษาดูแลด้วยไฮบริด” เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้น้อยมาก โดยเขียนคำอธิบายสั้น ๆ นักเรียนบางส่วนแสดงวิธีคำนวณทันที โดยไม่ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้ สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างสั้น ๆ และไม่เป็นระบบ กล่าวคือ แทนค่าลงในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ทันที ซึ่งได้แก่ ราคาถยนต์ ระยะทาง KPL และราคาน้ำมัน แล้วคำนวณเพื่อหาคำตอบเลย โดยไม่เขียนอธิบายที่มาของข้อมูลหรือเงื่อนไขในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังภาพประกอบ 68 ในขณะที่พลอย ไม่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แต่เขียนคำตอบที่ได้จากการคำนวณเพียงอย่างเดียว ดังภาพประกอบ 69

ขั้นที่ 3 : ขั้นการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

$$\frac{700,000 + 5,000 \times 27.25}{34}$$

$$\frac{600,000 + 5,000 \times 27.25}{14}$$

$$\frac{5,000}{34} \times 27.25 = 4007.35 \quad + \quad \frac{5,000}{14} \times 27.25 + 600,000$$

$$\frac{700,000}{34} \quad + \quad \frac{700,000}{14} \quad = 609,732$$

$$\frac{704,007.35}{14}$$

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
5,000	704,007	609,732
10,000	708,015	619,464
15,000	712,022	629,196
20,000	716,029	
40,000	732,059	
60,000	748,089	
80,000	764,118	
<del>95,000</del>		
95,000	768,926	
87,000	769,728	769,339
100,000	780,147	794,643
500,000		

ภาพประกอบ 68 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์  
ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 8

ขั้นที่ 3 : ขั้นการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
5,000	703,762	609,136
10,000	707,924	616,271
15,000	711,245	627,907
20,000	716,047	636,543
40,000	730,094	675,096
60,000	745,141	709,624
80,000	760,144	746,171
100,000	775,235	782,714
120,000	790,242	819,258
140,000	805,329	855,801
160,000	820,376	892,344
180,000	835,423	928,887
200,000	850,470	965,430

ภาพประกอบ 69 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์  
ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของพลอย  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษารักษาโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 8

**กิจกรรมช่วงที่ 2** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” เมื่อผู้วิจัย  
นำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายกระบวนการ  
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น โดยพยายามเขียนอธิบายที่มา  
ของค่าต่าง ๆ ที่นำมาแทนในตัวแปรในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร  
พลอย และไข่มุก เขียนคำอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น

โดยเขียนอย่างเป็นระบบและถูกต้อง ดังภาพประกอบ 70 ในขณะที่ทับทิม เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แต่แทนค่าตัวแปรไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 71

ขั้นที่ 3 : ขั้นการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

$$y = \frac{e-d}{D-E}$$

ปีที่ 12  $\Rightarrow$   $e = 868,000$  บาท  
 $d = -160,000$   
 $D = 720,000$  บาท  
 $E = 480,000$  บาท

ปีที่ 12 ได้ สุกใจชมพู เท่ากับ วิธกร

$$\frac{868,000 - (-160,000)}{720,000 - 480,000} = \frac{1,028,000}{240,000}$$

$$\approx 4.2833$$

$y = 14.67$

ภาพประกอบ 70 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 8

ขั้นที่ 3 : ขั้นการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 \xrightarrow{160,000} \\
 z = B - A \rightarrow -880,000 \\
 \xrightarrow{x - y \rightarrow 480,000} \\
 \downarrow \\
 720,000
 \end{array} \\
 \\
 \begin{array}{r}
 = \frac{160,000 + 880,000}{720,000 - 480,000} \\
 = \frac{1,040,000}{240,000} \\
 = 4.333
 \end{array} \\
 \\
 z = 4.333
 \end{array}$$

ภาพประกอบ 71 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของทีมในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 8

**กิจกรรมช่วงที่ 3** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” เมื่อผู้วิจัยนำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง และเป็นลำดับมากขึ้น ตัวอย่างเช่น นักเรียนเป้าหมายเพชร มีการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปแบบของตารางอย่างเป็นระบบและเข้าใจง่าย ดังภาพประกอบ 72

ขั้นที่ 3 : ขั้นการใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน)

หลอดไฟ	$C = (18 \times M \times L) + (1.8 \times h \times L \times u \times 2)$ $C = 1260 + 26742.48 = 28002.48$
หลอดไฟเดิม	$C = 4565 + 9362.4 = 13927.40$
หลอดไฟโคม	$C = 4130 + 53485.2 = 57615.20$
หลอดไฟแอลอีดี	$C = 2340 + 22920 = 25260$

ภาพประกอบ 72 ร่องรอยการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์  
ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 8

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้น้อยมาก อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น โดยพยายามเขียนอธิบายที่มาของค่าต่าง ๆ ที่นำมาแทนในตัวแปรในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและเป็นลำดับมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น นั้น เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งได้แลกเปลี่ยนแนวคิดกับสมาชิกในกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนสามารถเขียน

อธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ และสอดคล้องกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น

### 2.3.2 นักเรียนสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง

**กิจกรรมช่วงที่ 1** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนสรุปคำตอบ ตัวอย่างเช่น นักเรียนเป้าหมายเพชรและพลอย สามารถค้นหาสิ่งที่ปัญหาในชีวิตจริงต้องการได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น แต่เขียนสรุปคำตอบไม่ละเอียดและไม่ชัดเจน ดังภาพประกอบ 73 ในขณะที่ทับทิมสามารถค้นหาสิ่งที่ปัญหาในชีวิตจริงต้องการได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น แต่เขียนสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 74

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

ระดั: ทบจิ่งมก ทำใช้ฟงรวมจะจิ่งถูก เรอชนต์ไฮบริด

ภาพประกอบ 73 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 9

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

รกอนต์จันท์ไฮบริด = 805470 บาท

รกณนค์ปกติ = 905,430 บาท

ภาพประกอบ 74 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของทับทิม  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 9

**กิจกรรมช่วงที่ 2** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” เมื่อผู้วิจัยนำไปกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้น มีนักเรียนเพียงกลุ่มเดียวที่สรุปไม่ถูกต้อง เนื่องจากสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง อีกทั้ง การแก้ปัญหาผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ยังไม่ถูกต้อง

อีกด้วย ซึ่งก็คือ กลุ่มของนักเรียนเป้าหมายทับทิม ดังภาพประกอบ 75 ในขณะที่กลุ่มอื่น ๆ สามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้ ดังภาพประกอบ 76

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

ปีที่รายได้ของ นมอระเท่ากบิตกรคือปี ประถมปีที่ 4\*

ภาพประกอบ 75 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของทับทิม  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 9

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

ปีที่รายได้ของ นมอระเท่ากบิตกรคือปี ประถมปีที่ 14-15 หลังจากพอเรียน

ภาพประกอบ 76 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 9

**กิจกรรมช่วงที่ 3** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” เมื่อผู้วิจัยนำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ และสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการคำนวณก่อนหน้า สำหรับนักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน ได้นำค่าที่ได้จากการคำนวณทั้งหมดมาเรียงลำดับค่าใช้จ่ายของหลอดไฟแต่ละประเภท ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 77

## 9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

รูป	ค่าใช้จ่าย (หน่วย-บาท)	① หลอดตะเกียบ	13,927.40 บาท
		② หลอดหลอดช้อน	25,262 บาท
		③ หลอดโต๊ะ	28,002.48 บาท
		④ หลอดโต๊ะโถง	57,615.20 บาท

ภาพประกอบ 77 ร่องรอยการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของทับทิม  
 ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 9

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่สรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนสรุปคำตอบ ต่อมาในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่สรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้น และยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ และสอดคล้อง กับค่าที่ได้จากการคำนวณก่อนหน้านี้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถ สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้นตามลำดับนั้น เนื่องจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของ ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น จนสามารถแก้ปัญหาเหล่านั้นได้สำเร็จ และได้คำตอบที่ถูกต้อง ส่งผล ให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายเพื่อสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและ ชัดเจนมากขึ้น

#### 2.4 พฤติกรรมด้านการอธิบายคำตอบ

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านการอธิบายคำตอบนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากการ แสดงออกของนักเรียนในการเปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของ คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง และการปรับ/แปลความหมายให้เป็นคำตอบของ ปัญหาในชีวิตจริง ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียน ประกอบกับผลการสังเกตและผลการ สัมภาษณ์นักเรียนในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง พบว่า นักเรียนมี พฤติกรรมด้านการอธิบายคำตอบ 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนเขียนอธิบายเปรียบเทียบหรือ ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูล

จริงได้มากขึ้น และ (2) นักเรียนปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง ซึ่งพฤติกรรมทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าว มีรายละเอียดดังนี้

#### 2.4.1 นักเรียนเขียนอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้มากขึ้น

**กิจกรรมช่วงที่ 1** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” เมื่อผู้วิจัย นำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้น้อยมาก หรือไม่เขียนเลย สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชรและทับทิม เขียนอธิบายเพียงข้อความสั้น ๆ กล่าวคือ เพชรเขียนเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมกับระยะทางของรถยนต์รุ่นไฮบริด ดังภาพประกอบ 78 ส่วนทับทิมเขียนเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรถยนต์รุ่นปกติกับรถยนต์รุ่นไฮบริด ซึ่งไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 79 ในขณะที่พลอยและไข่มุก ไม่เขียนอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง แต่ปรับหรือแปลความหมายของคำตอบให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงเลย ดังภาพประกอบ 80

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

รถยนต์ไฮบริดจะประหยัดกว่า เมื่อใช้ในระยะทางมากกว่า 10000 กิโลเมตร

ภาพประกอบ 78 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

รถยนต์ปกติที่ใช้จ่ายสากกษาไฮบริด

เลือกรถยนต์ปกติ

ภาพประกอบ 79 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

รถยนต์ปกติดีกว่า เพราะน่าจะไม่ได้ใช้เวลานานถึง 200,000 กิโลเมตร  
และ ใช้น้ำมันน้อยกว่า

ภาพประกอบ 80 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10

**กิจกรรมช่วงที่ 2** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” เมื่อผู้วิจัย นำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้มากขึ้น สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชรและพลอย ทั้งคู่เขียนอธิบายเปรียบเทียบรายได้สุทธิระหว่างศัลยแพทย์และวิศวกรคอมพิวเตอร์ในลักษณะคล้ายกันว่า ศัลยแพทย์เรียน 11 ปี และต้องทำงานอีก 14-15 ปี จึงจะมีรายได้เท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์ ดังภาพประกอบ 81 ในขณะที่ไข่มุก แปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงทันที โดยไม่มีการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ดังภาพประกอบ 82 ส่วนทับทิมเขียนอธิบายเปรียบเทียบรายได้สุทธิระหว่างศัลยแพทย์และ

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ แต่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และแก้ปัญหาผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง จึงส่งผลให้คำตอบที่ได้และการอธิบายคำตอบไม่ถูกต้องด้วย

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

คล้ายแผนผังเงื่อนไข 11 ปี และต้องทำงานต่อ 14-15 ปี ถึงจะสำเร็จได้เท่ากับ

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

จะแนะนำให้นักเรียนเลือกเรียนแต่สายเทคโนโลยี เพราะในระยะยาวจะมีตลาดแรงงาน

และรายได้มากกว่าวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ด้วย ๗๗๗

ภาพประกอบ 81 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

ภาพ : ดังกราฟที่เห็นจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ย ค่าคุ้มทางาน ออกมาได้เงินเดือน

๕๐๐๐ ถึง ๑๐๐๐๐ บาท ถ้ามีเงินใช้จุนเจือตาม แล้วมีเงิน เก็บหนี้ไป

เงินครุฑนี้ ก็ไปเปิดร้านก็ได้

ภาพประกอบ 82 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา  
(2 คะแนน)

หมีวางใจใส่เท่ากับวิศวกร เพื่อทำงานได้ประมาณ 4 ปี (เขียนอีก 11 ปี)

ภาพประกอบ 83 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง  
และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของทับทิม  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10

**กิจกรรมช่วงที่ 3** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน”  
เมื่อผู้วิจัยนำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบาย  
เปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้มากขึ้น นำคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อก่อนหน้ามา  
เขียนอธิบายได้ใจความและชัดเจน ตัวอย่างเช่น นักเรียนเป้าหมายเพชรมีการเขียนสรุปคำตอบ  
และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไฟทั้ง 4 ชนิดจากมากไปน้อย พร้อมทั้งสรุปว่า หลอดที่  
ประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุดคือ หลอดตะเกียบ ดังภาพประกอบ 84

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา  
(2 คะแนน)

หลอดไฟ 4 ชนิดที่ค่าใช้จ่ายจากมากไปน้อย คือ หลอดฮาโลเจน ๖7,๘๕.๒๐ บาท  
หลอดไส้ ๒๘,๐๐๒.4๘ บาท หลอดแอลซีดี ๒๕,๐๒๕ บาท หลอด LED 189,๒7.40 บาท

ดังนั้นหลอดที่ประหยัดที่สุดคือ หลอดตะเกียบ

☆ วิศวกรตรวจคำตอบหลอดตะเกียบ ☆

ภาพประกอบ 84 ร่องรอยการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง  
และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ของเพชร  
ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 10

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของ คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้น้อยมาก หรือไม่เขียนเลย ต่อมาในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่อธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของ คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้มากขึ้น และนักเรียนยังคงแสดงพฤติกรรม ดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อธิบาย เปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทาง คณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้มากขึ้น นำคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อก่อนหน้ามา เขียนอธิบายได้ใจความและชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบ ของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถอธิบาย เปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทาง คณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้ใจความและชัดเจนมากขึ้นนั้น เนื่องมาจากนักเรียนได้รับ ประสบการณ์ในการเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น ได้แลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างสมาชิกในกลุ่ม และการนำเสนอจากเพื่อน ต่างกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนสามารถเขียนบรรยายหรืออธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ของการแก้ปัญหาได้ดี ขึ้น และมีความพยายามที่จะเขียนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเขียนอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบ ความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้ ใจความและชัดเจนขึ้นตามลำดับ

#### 2.4.2 นักเรียนปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง

**กิจกรรมช่วงที่ 1** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “รักษารัฐด้วยไฮบริด” เมื่อผู้วิจัย นำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ปรับหรือแปลความหมาย ให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้น้อยมาก กล่าวคือ นักเรียนไม่เขียนบรรยายหรืออธิบาย คำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งในบรรดานักเรียนเหล่านี้ มีนักเรียนเป้าหมายเพชรรวมอยู่ด้วย โดยเพชรเขียนเพียงการเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของ คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง แต่ไม่ปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบ ของปัญหาในชีวิตจริง ดังภาพประกอบ 85 ในขณะที่นักเรียนบางส่วนเขียนอธิบายแต่คำตอบไม่ ถูกต้อง ส่งผลให้การปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงไม่ถูกต้องด้วย ตัวอย่างเช่น ทับทิมที่สรุปคำตอบว่า รถยนต์รุ่นปกติค่าใช้จ่ายมากกว่ารถยนต์รุ่นไฮบริด และเลือก

รถยนต์รุ่นปกติ ซึ่งไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 86 สำหรับไข่มุกและพลอย มีการเขียนบรรยายหรืออธิบายคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงแต่เขียนอธิบายสั้น ๆ และไม่ได้ใจความ ดังภาพประกอบ 87

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

รถยนต์ไฮบริดจะประหยัดกว่า เมื่อใช้บนระยะทางมากกว่า 10000 กิโลเมตร

ภาพประกอบ 85 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

รถยนต์ปกติค่าใช้จ่ายมากกว่าไฮบริด

เลือกรถยนต์ปกติ

ภาพประกอบ 86 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

ไม่คุ้ม เพราะ โดยปกติแล้ว เราไม่ได้ใช้ระยะทางถึง 100,000 กม.

ภาพประกอบ 87 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงของพลอย ในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ข้อ 10

**กิจกรรมช่วงที่ 2** กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” เมื่อผู้วิจัย นำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ปรับหรือแปลความหมาย ให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้น สำหรับนักเรียนเป้าหมายเพชร พลอย และไข่มุก ทั้งสามมีการแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงในลักษณะคล้ายกันว่า “ควรแนะนำให้นักเรียนศึกษาศัลยกรรม” พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลของคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงว่า “ในระยะยาวอาชีพนี้จะมีความมั่นคงมากกว่า และยังทำงานหลายปีก็ยังมียาได้มากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์” ดังภาพประกอบ 88 และ 89 ในขณะที่กลุ่มของทับทิม เขียนการแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงว่า “ควรแนะนำให้นักเรียนวิศวกรรมคอมพิวเตอร์” พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลของคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงว่า “อาชีพวิศวกรคอมพิวเตอร์มีความท้าทาย ตื่นเต้น ได้พบเจอสิ่งต่าง ๆ และได้มีประสบการณ์มากกว่า” ดังภาพประกอบ 90

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

ศัลยกรรมเร็วขึ้น 11 ปี และต้องทำงาน 14-15 ปี ถึงจะรวยได้เท่ากับ  
วิศวกรคอมพิวเตอร์

จะแนะนำให้นักเรียนศึกษาศัลยกรรม เพราะในระยะยาวจะมีผลตอบแทน  
66% รวยได้มากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์อีก ๆ ๆ ๆ

ภาพประกอบ 88 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง  
ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

แพง : ถึงจะรวยเร็วขึ้น 11 ปี แต่ค่า 11 ปี ก็คุ้ม ทักษะ ออกมา ได้เงินเดือน  
4000 ถึง เกือบ 10000 กับเงินใช้หนี้ต่าง ๆ แล้วมีเงิน เก็บออม ไป  
ใช้ครั้งหนึ่ง ก็ไม่เสียอะไรได้

ภาพประกอบ 89 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง  
ของไข่มุก ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา  
(2 คะแนน)

วัด เพราะ มีโต๊ะ Adventure 10 เมตร สูง และ 16 เมตร  
ประกอบ

ภาพประกอบ 90 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง  
ของทับทิม ในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ข้อ 10

### กิจกรรมช่วงที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน”

เมื่อผู้วิจัยนำใบกิจกรรมมาวิเคราะห์การเขียนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้น และสอดคล้องกับการอธิบายเปรียบเทียบ ตัวอย่างเช่น นักเรียนเป้าหมายเพชรสามารถแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ว่า “วิศวกรควรติดตั้งหลอดตะเกียบ” ดังภาพประกอบ 91

ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา  
(2 คะแนน)

วิศวกรควรติดตั้งหลอดตะเกียบ

หลอดไฟ 4 ชนิดที่มีใช้จากมากไปน้อย คือ หลอดฮาโลเจน ๖7,๘๘,๒๐ บาท  
หลอดไส้ ๒๘,๐๐๒.๔๘ บาท หลอดแอลซีดี ๒๕,๕๒๒ บาท หลอด LED 189,๒7.40 บาท

ดังนั้นหลอดที่ประหยัดที่สุดคือ หลอดตะเกียบ

☆ วิศวกรควรติดตั้งหลอดตะเกียบ ☆

ภาพประกอบ 91 ร่องรอยการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง  
ของเพชร ในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ข้อ 10

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่ปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้น้อยมาก ต่อมา ในช่วงที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้น และยังคงแสดงพฤติกรรมดังกล่าวต่อเนื่องมาจนถึงกิจกรรมการเรียนการสอนในช่วงที่ 3 กล่าวคือ นักเรียนส่วนใหญ่ปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้น และสอดคล้องกับการอธิบายเปรียบเทียบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายทั้ง 4 คน เกี่ยวกับการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงที่พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนสามารถปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้นนั้น เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น ประกอบกับได้แลกเปลี่ยนแนวคิดจากสมาชิกในกลุ่มและการนำเสนอจากเพื่อนต่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จและได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ส่งผลต่อเนื่องมาถึงการปรับหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนสามารถเขียนบรรยายหรืออธิบายคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้น และสอดคล้องกับสิ่งที่ปัญหาในชีวิตจริงต้องการหา

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### ความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีการดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

##### ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู
2. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 60/60
3. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง
4. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

##### สมมติฐานของการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน เป็นไปตามเกณฑ์ 60/60
2. นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่า ร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน (รูปแบบการวิจัยและพัฒนา หรือ Research and Development Design หรือ R&D) ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังต่อไปนี้

**ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู**

### 1.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้สำหรับการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ประกอบด้วย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 36 คน (โรงเรียนละ 18 คน) โดยเลือกแบบเจาะจง และครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) และโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 6 คน (โรงเรียนละ 3 คน) โดยเลือกแบบเจาะจง

### 1.2 การกำหนดกรอบแนวคิด

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู โดยดัดแปลงมาจากกรอบแนวคิดของ รัชพล พลรัตน์ (2561, น. 78-81) มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อให้ได้ข้อมูลของนักเรียนและครู ที่เกี่ยวกับข้องการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่สามารถนำมาสร้างและพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ ซึ่งสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มี 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู (2) ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน และ (3) สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้การสอบถาม การทดสอบ และการสัมภาษณ์

ในการศึกษาความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนและครู ผู้วิจัยจะพิจารณา (1) ความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (2) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (3) ความเชื่อเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในขณะที่ การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ผู้วิจัยจะพิจารณา (1) การทำความเข้าใจปัญหา (2) การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) การใช้คณิตศาสตร์ และ (4) การอธิบายคำตอบ สำหรับการศึกษาศภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู ผู้วิจัยจะพิจารณา (1) ด้านหลักสูตร (2) ด้านผู้สอน และ (3) ด้านผู้เรียน

### 1.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือสำหรับศึกษาศภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ประกอบด้วย (1) เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากนักเรียน ได้แก่ แบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน เพื่อให้ได้รับข้อมูลความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และใช้เป็นแนวทางในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ สังเคราะห์ และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน (2) เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากครู ได้แก่ แบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู เพื่อให้ได้รับข้อมูลความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และใช้เป็นแนวทางในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ สังเคราะห์ และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป และแบบสัมภาษณ์สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับสภาพและปัญหาของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และเป็นแนวทางในการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ สังเคราะห์ และพัฒนารูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป

หลังจากสร้างเครื่องมือเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำเครื่องมือทั้งหมดเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาแล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและ

ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Objective Congruence หรือ IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้เครื่องมือวิจัยตามที่กำหนด

#### 1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม ดังนี้

**1.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากนักเรียน** ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย และนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน ไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

**1.4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากครู** ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู ไปเก็บข้อมูลจากครูที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย และสัมภาษณ์ครูที่เป็นกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบสัมภาษณ์สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู ในการสัมภาษณ์จะบันทึกการสัมภาษณ์โดยการบันทึกเสียงและการจดบันทึก

#### 1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากนักเรียนและครู ดังนี้

**1.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามจากนักเรียน** ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากนั้นนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

**1.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามจากครู** ผู้วิจัยนำแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับครู มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จากนั้นนำผลการสัมภาษณ์เกี่ยวกับสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

## ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน

### 2.1 การกำหนดกลุ่มทดลองนำร่อง

กลุ่มเป้าหมายสำหรับทดลองนำร่องของการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 21 คน โดยเลือกแบบเจาะจง และใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ ทำการพิจารณาคะแนนดิบของนักเรียนในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แล้วแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่มตามระดับคะแนน คือ กลุ่มที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยแบ่งนักเรียนเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ 3 ครั้ง ดังนี้

**2.1.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล** เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้จำนวนนักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

**2.1.2 การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อย** เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้จำนวนนักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน และเป็นนักเรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มรายบุคคล

**2.1.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม** เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้จำนวนนักเรียนจำนวน 12 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มรายบุคคลและกลุ่มย่อย

### 2.2 การกำหนดกรอบแนวคิด

ในการกำหนดกรอบแนวคิด ผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากกรอบแนวคิดของ รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ (Janjaruporn, 2005) สุรสาล ผาสุข (2546) และใช้ผลที่ได้จากการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนและครูมากำหนดกรอบแนวคิดของกิจกรรมการเรียนการสอน โดยกิจกรรมการเรียน

การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน มีจุดมุ่งหมายหลักคือ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในด้านต่างๆ ดังนี้ (1) การทำความเข้าใจปัญหา (2) การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (3) การใช้คณิตศาสตร์ และ (4) การอธิบายคำตอบ

กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2 ใช้เวลาแผนละ 90 นาที (1 คาบ) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-6 ใช้เวลาแผนละ 180 นาที (2 คาบ)

ในกิจกรรมการเรียนการสอนนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งดัดแปลงมาจากกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของซูโคโลว์ โคลเตอร์ และบัลัม นอกจากนี้เรียนรู้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แล้ว นักเรียนยังจะได้ฝึกฝนและมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยตนเอง ได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบร่วมมือ และได้ฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ และเทคโนโลยีต่างๆ ที่พบเห็นได้ในชีวิตจริง เพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ และการสืบค้นข้อมูล โดยนักเรียนต้องลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม นำเสนอผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงทั้งของตนเองและของกลุ่ม ตลอดจนมีส่วนร่วมในการอภิปรายผลการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงในชั้นเรียน

### 2.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหาในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ และไม่เกินชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และ (2) เครื่องมือสำหรับการวัด

และประเมินผลความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วย (2.1) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (2.2) แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อบันทึกพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ขณะลงมือแก้ปัญหา ประกอบด้วย แบบตรวจสอบรายการ และแบบบันทึกภาคสนาม และ (2.3) แบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสอบถามนักเรียนแต่ละคนเกี่ยวกับกระบวนการในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้หลังสิ้นสุดคาบเรียนแต่ละครั้ง

หลังจากที่สร้างเครื่องมือเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทแล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความชัดเจนของข้อความ หลังจากนั้นผู้วิจัยคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้เครื่องมือวิจัยตามที่กำหนด หลังจากนั้นนำเครื่องมือไปทดลองหาประสิทธิภาพกับนักเรียนกลุ่มทดลองนำร่อง

#### 2.4 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน

ในการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลองนำร่อง โดย (1) การหาประสิทธิภาพรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์และคำถาม แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรมเพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพขั้นต่อไป (2) การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรม

การเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์และคำถาม แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพขั้นต่อไป (3) การหาประสิทธิภาพภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 12 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง โดยให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์และคำถาม แล้วลงมือปฏิบัติกิจกรรม เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย จากนั้นนำข้อมูลมาหาประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  แล้วเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและใช้ในการทดลองภาคสนามอีกครั้ง

### ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน

#### 3.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 1 ห้องเรียน 16 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง และใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ ทำการพิจารณาคะแนนดิบของนักเรียนในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 แล้วแบ่งนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ 1 คน จากนั้นผู้วิจัยเลือกนักเรียนที่กล้าแสดงออก มีความสามารถในการสื่อสาร และนำเสนอแนวคิดของตนเองได้ดี เป็นนักเรียนเป้าหมาย (Target student) จำนวน 4 คน ซึ่งได้จากการสอบถามและสัมภาษณ์ครูประจำชั้นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย และพิจารณางานเขียน การสัมภาษณ์ แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง จากช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน โดยนักเรียนเป้าหมายประกอบด้วย นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับต่ำ 1 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยผู้วิจัยจะใช้กล้องวิดีโอช่วย

ในการบันทึกรายละเอียดของพฤติกรรมขณะที่นักเรียนเป้าหมายลงมือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป้าหมายแต่ละคน หลังสิ้นสุดคาบเรียนแต่ละครั้ง

### 3.2 การกำหนดกรอบแนวคิด

การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของซูโคโลว์ โคลเตอร์ และบลัม แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหา แนวทางการประเมินผลและการให้คะแนนแบบรูปริกเพื่อกำหนดแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน ในด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ และด้านการอธิบายคำตอบ

### 3.3 การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบกลุ่มเดียวมีการทดสอบหลังการทดลอง (One-Group Posttest-Only Design) ใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 18 คาบเรียน คาบเรียนละ 90 นาที โดยใช้เวลาในช่วงนอกเวลาเรียนปกติ แล้วแบ่งเป็นเวลาสำหรับดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง จำนวน 10 คาบเรียน เวลาสำหรับการทดสอบย่อย จำนวน 6 คาบเรียน และเวลาสำหรับการทดสอบหลังการทดลอง จำนวน 2 คาบเรียน

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครูผู้สอนและผู้สังเกตการณ์ โดยมีผู้ช่วยวิจัย 2 คน ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนเป้าหมาย และสมาชิกในกลุ่มขณะลงมือแก้ปัญหา จากนั้นผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง แล้วตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อสิ้นสุดการจัด

กิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละช่วง (ช่วงที่ 1-3) โดยให้นักเรียนทำใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3 (การทดสอบย่อย)

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยตรวจสอบความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยนำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงหลังการทดลอง มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{x}$ ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วหาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สูงกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม จากนั้นทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยใช้การทดสอบทีวินาม

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยนำแบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง งานเขียนของนักเรียน และแบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มาวิเคราะห์พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในด้านการทำความเข้าใจปัญหา ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ด้านการใช้ตัวแบบคณิตศาสตร์ และด้านการอธิบายคำตอบ

## สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น” ผู้วิจัยสรุปและอภิปรายผลการวิจัย แบ่งเป็น 3 ระยะ ตามวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

### ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู

ในการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ผู้วิจัยได้ศึกษา (1) ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู (2) ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน และ (3) สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

#### 1. ความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและครู

นักเรียนมีความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาความเชื่อของนักเรียนแต่ละด้านพบว่า ความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ความเชื่อเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความเชื่อเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมากเช่นกัน ซึ่งความเชื่อทั้งสามเป็นความเชื่อที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อนักเรียนเกิดความเชื่ออย่างไรแล้ว ย่อมเป็นเหตุจูงใจให้เกิดพฤติกรรมที่ตอบสนองต่อความเชื่อนั้น ๆ (จิรศักดิ์ ดีสะเมาะ, น. 157) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคาร์ลสันและบลูม (Carlson & Bloom, 1999) ที่ได้กล่าวถึง ความเชื่อที่มีต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนไว้ว่า “ความเชื่อจะกำหนดการรับรู้และมุมมองที่คน ๆ หนึ่งมีต่อคณิตศาสตร์และกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ และบ่งบอกถึงความสำเร็จหรือความล้มเหลวของความพยายามที่มีต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน” และเชิฟฟีว (Schoenfeld, 1992) ที่ได้กล่าวไว้ว่า “ปัจจัยที่สำคัญมากอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ ความเชื่อทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน”

ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาความเชื่อของครูแต่ละด้าน พบว่า ความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความเชื่อที่

เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก ซึ่งความเชื่อทั้งสามเป็นความเชื่อที่มีอิทธิพลต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครู เมื่อครูเกิดความเชื่ออย่างไรแล้ว ย่อมเป็นเหตุจูงใจให้เกิดการกระทำที่ตอบสนองความเชื่อนั้น ๆ (จีรศักดิ์ ดีสะเมาะ, น. 157) ซึ่งสอดคล้องกับเออร์เนส (Ernest, 1989) ที่ได้กล่าวไว้ว่า “ระบบการทำงานของความเชื่อที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนและการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีผลต่อการปฏิบัติการสอนคณิตศาสตร์” และทอมสัน (Thompson, 1992) ที่ได้กล่าวไว้ว่า “ความเชื่อในแง่ของการเรียนการสอน เป็นมุมมองที่เกิดจากการที่ครูพิจารณาเกี่ยวกับบทบาทการสอนของครู บทบาทของนักเรียนที่เหมาะสมในกิจกรรมของชั้นเรียน การออกแบบวิธีการสอน ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม และผลที่น่าพอใจที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสอน เพื่อที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์”

## 2. ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (1) ด้านการทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนไม่ให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจปัญหา เนื่องจากให้เวลากับการอ่านสถานการณ์และคำถามน้อยมาก รวมถึงไม่มีร่องรอยการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบ หรือทำสัญลักษณ์ใด ๆ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถาม อีกทั้งไม่มีข้อสงสัยหรือซักถามเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตจริง พฤติกรรมเหล่านี้แสดงถึงการไม่พยายามทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555) ที่ได้กล่าวถึงปัญหาในการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ข้อหนึ่งว่า “นักเรียนจำนวนไม่น้อยบกพร่องในการอ่านและการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ไม่สามารถแปลความหมายโจทย์ได้ถูกต้อง ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ได้ และบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ถูกต้อง” (2) ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนไม่สนใจที่จะค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก ไม่เขียนอธิบายแนวคิด และไม่ปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อีกทั้ง ไม่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงได้ (3) ด้านการใช้คณิตศาสตร์ นักเรียนไม่เขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาวางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ และไม่สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ (4) ด้านการอธิบายคำตอบ นักเรียนไม่เขียนบรรยายหรืออธิบายคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า สามารถแปลความหมายเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างไร โดยเขียนเพียงคำตอบสั้น ๆ หรือเขียนแต่ไม่ถูกต้อง

หรือไม่เขียนเลย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Swetz & Hartzler, 1991) ที่ได้สรุปผลการวิจัยว่า “การที่นักเรียนไม่ได้รับประสบการณ์ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะไม่สามารถเชื่อมโยงกลยุทธ์และทักษะที่ได้เรียนมาไปสู่การค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาใหม่ได้ อีกทั้ง นักเรียนจะไม่เห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์อีกด้วย เนื่องจากการมีประสบการณ์ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกลยุทธ์และทักษะที่ได้เรียนรู้อีกมา ไปสู่การค้นหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้อย่างง่ายดาย และเห็นถึงคุณค่าของคณิตศาสตร์ได้ดีกว่านักเรียนที่ประสบการณ์น้อยหรือไม่มีประสบการณ์เลย”

### 3. สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาของครู

ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในชีวิตจริงให้กับนักเรียนแต่น้อยมาก เนื่องจากครูมีภาระงานที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์โดยตรงจำนวนมาก และกระบวนการแก้ปัญหาที่ครูนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีเพียงรูปแบบเดียว คือ กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ด้วยเหตุผลในเรื่องของหลักสูตรที่ไม่เอื้อหรือสนับสนุนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ รวมถึงครูมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555, น.128) ที่ได้กล่าวถึง ลักษณะการทำงานที่เป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อการเป็นครูมืออาชีพไว้ข้อหนึ่งว่า “ให้เวลาสำหรับการเรียนการสอนในชั้นเรียนน้อยเกินไป ทำให้วิธีสอนในห้องเรียนทำแบบรวบรัด เน้นเฉพาะเนื้อหา ขาดกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิด เป็นเหตุให้นักเรียนคิดไม่เป็น ทำไม่เป็น และแก้ปัญหาไม่ได้”

#### ระยะที่ 2 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน

ในการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน พบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 67.22/64.38 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 60/60 ทั้งนี้เนื่องจาก

1. ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนและครู ในการทดลองระยะที่ 1 เพื่อนำมาใช้กำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน ทำให้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสอดคล้องกับสภาพที่แท้จริงของนักเรียน จึงสามารถเสริมสร้างความสามารถและพฤติกรรมในสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนได้

2. กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สร้างตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตตามแนวคิดของวิลสันและคณะ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของซูโคโลว์ โคลเตอร์ และบลัม ทำให้ได้มาซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นพลวัตประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นค้นหาข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ขั้นใช้คณิตศาสตร์ และขั้นอธิบายคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555, น. 11) ที่ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตไว้ว่า “เป็นการดำเนินการที่เกิดขึ้นได้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ดังนั้นนักเรียนจึงไม่ต้องเริ่มต้นใหม่ในขั้นทำความเข้าใจเสมอไป” และงานวิจัยของ ศันสนีย์ เถนเทียน (2560, น. 244) ที่ได้กล่าวถึงการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่า “เป็นกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ ด้วยการจำลองปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ และใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ และนำคำตอบที่ได้ไปตอบปัญหาในชีวิตจริง รวมถึงงานวิจัยของเซง (Cheng, 2001) ที่ยืนยันว่า “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่สามารถตีความกลับไปสู่การแก้ปัญหาในโลกแห่งความจริงได้”

3. กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ฝึกฝนและมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบร่วมมือ ได้ฝึกใช้อุปกรณ์ สื่อ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่พบเห็นได้ในชีวิตจริงเพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ และการสืบค้นข้อมูล โดยนักเรียนต้องลงมือแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม ทำให้กิจกรรมการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับอุซาวดี จันทรสนธิ (2554, น. 79) ที่กล่าวว่า “องค์ประกอบสำคัญของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นศูนย์กลาง คือ บรรยากาศในชั้นเรียนแบบร่วมคิดร่วมทำ ผู้สอนจัดเตรียมปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีความหมาย

และให้เวลาอย่างพอเพียงในการคิดแก้ปัญหา เปิดโอกาสให้มีการอภิปรายกลุ่มใหญ่และกลุ่มย่อย เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าความคิดของเพื่อนในชั้น เรียนรู้การตั้งคำถามหรือข้อสงสัยจาก ข้อความคาดการณ์หรือจากผลลัพธ์ที่เพื่อนเสนอ ในขณะที่เดียวกันมีความอดกลั้นที่จะฟังข้อโต้แย้ง หรือการคัดค้านจากเพื่อนที่ไม่เห็นด้วยกับความคิดของตน และเรียนรู้ที่จะคิดไตร่ตรองความคิด ของตนเองและของเพื่อน หัวใจสำคัญของการสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ซึ่งอยู่ที่การเรียนรู้ ทัศนศาสตร์จากความคิดของเพื่อนในชั้นบนรากฐานของการไตร่ตรองเหตุผลทางคณิตศาสตร์” ประกอบกับ การที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียน การสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนต้องพัฒนาความเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ทาง คณิตศาสตร์อยู่เสมอ นักเรียนจะได้รับโอกาสอยู่บ่อย ๆ และต่อเนื่องในการคิดวางแผน เพียร พยายาม อดทน และแก้ปัญหาที่ซับซ้อนต่าง ๆ โดยมีครูเป็นผู้สนับสนุนให้นักเรียนได้สะท้อนความ คิดเห็นของตนออกมา

### ระยะที่ 3 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียน

ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อ แก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง แบ่งออกเป็น (1) ความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และ (2) พฤติกรรมในการสร้าง ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

#### 1. ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิต จริง

นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจ เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจนมี ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อนำกิจกรรมมาจัดการเรียนรู้จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุรสาล ผาสุข (2546, น. 80) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และผล ในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลอง ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 มีคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน แสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และผลการวิจัยของ ศิริชชินทร์ ยศสวรินทร์ (2559, น. 44-45) ได้ทำการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต ผ่านเกณฑ์ที่มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .01

## 2. พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

จากการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียน ผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย ประกอบกับผลการสัมภาษณ์เกี่ยวกับกระบวนการในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง พบว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงมากขึ้น นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้าน การทำความเข้าใจปัญหา การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ การใช้คณิตศาสตร์ และการอธิบายคำตอบ มีรายละเอียดดังนี้

**2.1 พฤติกรรมด้านการทำความเข้าใจปัญหา** เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านการทำความเข้าใจปัญหา ดังนี้

2.1.1 นักเรียนให้เวลากับการอ่านสถานการณ์และคำถามมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนยังมีประสบการณ์น้อยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีการกำหนดสถานการณ์และคำถามในลักษณะดังกล่าว จึงอ่านสถานการณ์และคำถามแบบผ่าน ๆ ไม่ได้จับใจความสำคัญ และไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลหรือเงื่อนไขใด ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ บรักเนอร์ และกรอสนิคเคิล (Bruckner & Grossnickle, 1974) ที่ได้กล่าวถึงอุปสรรคในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนไม่สามารถเข้าใจปัญหาทั้งหมดหรือบางส่วน เนื่องจากขาดประสบการณ์และขาดมโนภาพที่จะพิจารณาถึงสภาพของปัญหา (2) นักเรียนมีความบกพร่องในการอ่านและทำความเข้าใจ เช่น ไม่เข้าใจว่าปัญหากำหนดอะไรมาให้ และไม่สามารถจัดระบบสิ่งที่ได้อ่านมาเพื่อหารายละเอียดของเนื้อหา (3) นักเรียนรู้ค่าสำคัญหรือคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์เพียงจำนวนจำกัดหรือขาดความเข้าใจในหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และ (4) นักเรียนขาดความสนใจในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากสถานการณ์มีข้อความที่ยาวและยาก ทำให้นักเรียนไม่มีแรงจูงใจที่อยากจะทำ

แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนเริ่มเข้าใจและให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์และคำถามเพื่อทำความเข้าใจปัญหาของกิจกรรมถัดไปมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ธัชพล พลรัตน์ (2561, น.176) ที่พบว่า เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง นักเรียนเริ่มให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจสถานการณ์จริงมากขึ้น โดยนักเรียนใช้เวลามากขึ้นในการอ่านและวิเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริง

2.1.2 นักเรียนขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ ทั้งในส่วนที่เป็นสถานการณ์และคำถามได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มเข้าใจและให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์และคำถาม พร้อมกับได้เรียนรู้ว่าการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบข้อความ หรือทำสัญลักษณ์ต่าง ๆ บนข้อความที่เป็นสาระสำคัญของปัญหาจะช่วยให้อ่านรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และเข้าใจสถานการณ์ได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ครูลิขิต และรุศนิก (Krulik & Rudnick, 1993) ที่ได้กล่าวถึงปัจจัยสำคัญประการหนึ่งซึ่งช่วยให้การทำความเข้าใจปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การรู้จักเลือกใช้กลวิธีมาช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การขีดเส้นใต้ข้อความสำคัญ การแบ่งวรรคตอน การจดบันทึกเพื่อแยกแยะประเด็นสำคัญ การเขียนภาพหรือแผนภูมิ การสร้างแบบจำลอง การยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับปัญหา การเขียนปัญหาใหม่ด้วยคำพูดของตนเอง

2.1.3 นักเรียนมีส่วนร่วมในการซักถาม ปรีกษา หรือพูดคุยเกี่ยวกับสถานการณ์และคำถามกับครูผู้สอนมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีความคุ้นเคยกับครูผู้สอนและได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจและให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจปัญหา จึงก่อให้เกิดข้อสงสัยต่าง ๆ ตามมา และกล้าที่จะซักถาม พูดคุย หรือปรึกษากับครูผู้สอนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ พรจิรา วงศ์ชนะภัย (2545, น. 62) ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสุขภาพจิตกับสัมพันธภาพระหว่างนักเรียนกับครู พบว่า สัมพันธภาพที่ดีระหว่างนักเรียนกับครูจะทำให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้อันดีระหว่างครูกับนักเรียนสูง จึงมีความสามารถในการแก้ปัญหาและการปรับตัวได้ดีกว่านักเรียนที่มีสัมพันธภาพระหว่างนักเรียนกับครูไม่ดี

2.1.4 นักเรียนมีส่วนร่วม และรับผิดชอบในการอภิปรายเป็นกลุ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนเริ่มมีความคุ้นเคยกับสมาชิกในกลุ่มและได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจและให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจปัญหา

และกล้าที่จะเสนอความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับปัญหา พร้อมทั้งรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ซึ่งสอดคล้องกับ จอห์นสัน และ จอห์นสัน (Johnson & Johnson, 1989 อ้างถึงใน สมเดช บุญประจักษ์, 2540, น. 56-57) ที่ได้กล่าวไว้ว่า “การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการอาสาซึ่งกันและกัน (Interpersonal enterprise) การพูดผ่านปัญหาทางคณิตศาสตร์กับเพื่อนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่างชัดเจนว่าจะแก้ปัญหาให้ถูกต้องได้อย่างไร การอธิบายยุทธวิธีการแก้ปัญหา ให้เหตุผลและวิเคราะห์ปัญหากับเพื่อน จะทำให้เกิดการหยั่งรู้ (Insight) มีวิธีการให้เหตุผลระดับสูง และเกิดการเรียนรู้ระดับสูงในกลุ่มย่อย นักเรียนมีความสะดวกในการอภิปราย และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นมากกว่าการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้น

2.1.5 นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหา ได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนเริ่มเข้าใจและให้ความสำคัญกับการอ่านสถานการณ์และคำถามเพื่อทำความเข้าใจปัญหา มีการขีดเส้นใต้ ขีดล้อมรอบ หรือทำสัญลักษณ์ข้อความที่เป็นสาระสำคัญ และรู้จักที่จะซักถามครูผู้สอนเมื่อมีข้อสงสัยเกี่ยวกับสถานการณ์หรือคำถาม ประกอบกับได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่ม ทำให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายสิ่งที่ปัญหาต้องการหา และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญได้ถูกต้องครบถ้วนและได้ใจความมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ศิริชชินทร์ ยศสวรินทร์ (2559, น. 88) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับจำนวนและพีชคณิตมากขึ้น นักเรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงได้มากขึ้น

**2.2 พฤติกรรมด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์**  
เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

2.2.1 นักเรียนพยายามค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ กุลนิตา ปลื้มปิติวิริยะเวช (2559, น. 170) ที่ได้ทำการวิจัยและพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา และการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า “พฤติกรรมด้านการบูรณาการความรู้และการวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุนิยามความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาและวางแผนบูรณาการความรู้เหล่านั้นออกมาเป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาของแต่ละ

บุคคล” ประกอบกับ การที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ภายนอกไว้ให้นักเรียนมากขึ้น ทั้งในรูปแบบของใบกิจกรรม ใบความรู้ วัสดุทัศน การทดลอง และกิจกรรมกลุ่ม ทำให้นักเรียนมีความพยายามที่จะค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเองอย่างเห็นได้ชัด และมีการแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่ม ชัดเจนว่า ใครทำอะไร ซึ่งสอดคล้องกับ อาลีบาลี (Alibali, 2006) ที่ได้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนรู้ได้ด้วยการทำงาน ครูสามารถใช้ความหลากหลายของการเสริมต่อการเรียนรู้ที่สามารถรองรับความแตกต่างกันของระดับองค์ความรู้ของนักเรียนหรือศักยภาพของนักเรียนที่แตกต่างกัน เนื้อหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น อาจทำให้ครูจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณของการเสริมต่อการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความเชี่ยวชาญในงานนั้น ๆ

2.2.2 นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนมีประสบการณ์ในการทำความเข้าใจปัญหา และรู้จักที่จะค้นคว้าข้อมูลหรือเงื่อนไขจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกมากขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลต่าง ๆ และสามารถอธิบายออกมาเป็นแนวคิดที่นำไปสู่การค้นหาคำสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ รัชพล พลรัตน์ (2561, น.176) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง นักเรียนจะมีประสบการณ์มากขึ้นและสามารถเขียนคำอธิบายการค้นหาคำเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สถานการณ์จริงต้องการหาได้มากขึ้น

2.2.3 นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการค้นหาคำสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น และได้แลกเปลี่ยนวิธีการคำนวณจากสมาชิกในกลุ่ม หรือการนำเสนอจากเพื่อนต่างกลุ่มที่หน้าชั้นเรียน จึงทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และเลือกใช้วิธีการคำนวณที่นำไปสู่การปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับ เดนตัน (Dendane, 2009) ที่ได้กล่าวถึงปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้การแก้ปัญหาประสบความสำเร็จได้คือ “ปัจจัยด้านกระบวนการกลุ่ม การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อดำเนินการหาทางออกของการแก้ปัญหาท้าทาย ซึ่งการทำงานเป็นกลุ่มจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาทั่วไป การเรียนรู้แบบช่วยเหลือเกื้อกูลกัน และกิจกรรมอภิปรายมีผลด้านบวกต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน”

2.2.4 นักเรียนปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้อยู่ในรูปแบบแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ได้จาก

ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการหามากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการกำหนดตัวแปรหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์มากขึ้น และได้แลกเปลี่ยนรูปแบบการกำหนดตัวแปรหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์จากสมาชิกในกลุ่ม การออกมานำเสนอของเพื่อนต่างกลุ่ม และจากคำแนะนำของครูผู้สอน จึงทำให้นักเรียนกำหนดตัวแปรได้สอดคล้องและเหมาะสมกับความสัมพันธระหว่างข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ศิริชชรินทร์ ยศสวรินทร์ (2559, น. 64) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับจำนวนและพีชคณิตมากขึ้น นักเรียนสามารถระบุตัวไม่ทราบค่า ข้อมูลหรือเงื่อนไขสำคัญของสถานการณ์จริงได้ครบถ้วน และสอดคล้องกับความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สถานการณ์จริงต้องการหาได้มากขึ้น

2.2.5 นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับปัญหาในชีวิตจริงมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น ทำให้สามารถค้นหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ และสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง และเมื่อนำความสัมพันธ์ต่าง ๆ มาสร้างเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จึงทำให้ได้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาในชีวิตจริงนั้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กุลนิตา ปลื้มปิติวิริยะเวช (2559, น. 176) ที่ได้ทำการวิจัยและพัฒนาระบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า พฤติกรรมด้านการดำเนินการแก้ปัญหาและการสรุปคำตอบของนักเรียนหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการดำเนินการที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน เช่น ในขั้นต้นนักเรียนวาดภาพหรือตารางก่อนเพื่อทำความเข้าใจ หลังจากนั้น เมื่อเข้าใจมากขึ้นแล้วจึงสามารถเขียนสมการที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จได้ อีกทั้ง ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ รัชพล พลรัตน์ (2561, น.148) ที่พบว่า กิจกรรมที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการวิเคราะห์ถึงความเกี่ยวข้องหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์จริง จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์จริงได้มากขึ้น

**2.3 พฤติกรรมด้านการใช้คณิตศาสตร์** เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านการใช้คณิตศาสตร์ ดังนี้

2.3.1 นักเรียนเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM, 1991, p.57) ที่ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ข้อหนึ่งว่า “เมื่อผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาอยู่เสมอ ย่อมมีโอกาที่จะพบปัญหาต่าง ๆ หลายรูปแบบ ทั้งที่มีโครงสร้างของปัญหาคลายคลึงหรือแตกต่าง การเผชิญกับปัญหาที่แปลกใหม่ การเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมจะเป็นการส่งเสริมประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทำให้สามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม” ประกอบกับ นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดกับสมาชิกในกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ และสอดคล้องกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ เดนดัน (Dendane, 2009) ที่ได้กล่าวถึงปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้การแก้ปัญหาประสบความสำเร็จได้คือ ปัจจัยด้านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อดำเนินการหาทางออกของการแก้ปัญหาท้าทาย ซึ่งการทำงานเป็นกลุ่มจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาทั่วไป การเรียนรู้แบบช่วยเหลือเกื้อกูลกันและกิจกรรมอภิปรายมีผลด้านบวกต่อความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน

2.3.2 นักเรียนสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาผ่านตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์มากขึ้น จนสามารถแก้ปัญหานั้นได้สำเร็จและได้คำตอบที่ถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนสามารถเขียนอธิบายเพื่อสรุปเป็นคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ศิริชชรินทร์ ยศสรวรินทร์ (2559, น. 75) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับจำนวนและพีชคณิตมากขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ เนื่องจากนักเรียนมีประสบการณ์ในการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหามากขึ้น ทำให้สามารถใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องมากขึ้น

**2.4 พฤติกรรมด้านการอธิบายคำตอบ** เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในด้านการอธิบายคำตอบ ดังนี้

2.4.1 นักเรียนเขียนอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริงได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น ได้แลกเปลี่ยนแนวคิดจากสมาชิกในกลุ่มและการนำเสนอจากเพื่อนต่างกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนสามารถเขียนบรรยายหรืออธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ของการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น และมีความพยายามที่จะเขียนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเขียนอธิบายเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลจริง ได้ใจความและชัดเจนขึ้นตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ กุลนิดา ปลื้มปีติวิริยะเวช (2559, น. 181) ที่ได้ทำการวิจัยและพัฒนาระบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า พฤติกรรมด้านการตรวจสอบคำตอบและการสะท้อนคิดของนักเรียนหลังเรียน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทบทวนวิธีการหาคำตอบที่หาได้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถทำงานได้อย่างละเอียดรอบคอบมากขึ้น สามารถตระหนักในความสมเหตุสมผลของคำตอบและสามารถประเมินความสามารถของตนเองในกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด

2.4.2 นักเรียนส่วนใหญ่ปรับเปลี่ยนหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจาก นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น ประกอบกับได้แลกเปลี่ยนแนวคิดจากสมาชิกในกลุ่มและการนำเสนอจากเพื่อนต่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จและได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง ส่งผลต่อเนื่องมาถึงการปรับเปลี่ยนหรือแปลความหมายให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนสามารถเขียนบรรยายหรืออธิบายคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้มากขึ้นและสอดคล้องกับสิ่งที่ปัญหาในชีวิตจริงต้องการหา ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จีร์ศักดิ์ ดีสะเมาะ (2562, น.162) ที่พบว่าในช่วงท้ายของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน นักศึกษาเขียนบรรยายหรืออธิบายคำตอบของสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้มากขึ้น

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนการสอน

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ครูควรเน้นการใช้กิจกรรมการเรียนแบบร่วมมือ หรือการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เนื่องจากช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ กล้าแสดงความคิดเห็นและรู้จักที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีทักษะการสื่อสารและการเข้าสังคม มีความเชื่อมั่นในตนเอง อย่างไรก็ตาม ก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนการสอน ครูควรชี้แจงบทบาทและหน้าที่ของสมาชิกให้ชัดเจนว่าทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ไม่เอาเปรียบเพื่อน เข้าใจวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่ม และสามารถอธิบายได้ ที่สำคัญครูต้องหมั่นใช้คำถามกระตุ้นเมื่อนักเรียนแก้ปัญหาไม่ได้หรือไม่ตรงประเด็น และให้คำปรึกษาเท่าที่จำเป็น ไม่ควรเฉลยหรือบอกแนวคิดให้กับนักเรียนโดยตรง เพราะจะทำให้นักเรียนละเลยที่จะคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง

### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

กิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา ที่เน้นให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์ของการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย จากการศึกษางานวิจัยทางการศึกษาคณิตศาสตร์ทั้งของไทยและต่างประเทศ พบว่า กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้น มีหลายรูปแบบที่นอกเหนือจากการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ อาทิเช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงหรือ Real mathematics education (RME) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านการทำงานเป็นกลุ่มหรือ Model-eliciting activities (MEAs) และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือ Problem-based learning (PBL) เป็นต้น ดังนั้นสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป อาจปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นรูปแบบอื่น ๆ

## บรรณานุกรม

- Alibali, M. (2006). Does visual scaffolding facilitate students' mathematics learning. *Evidence from early algebra*, Retrieved September,12,2008.
- American Association for the Advancement of Science. (2000). *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. Washington, D.C. : AAAS Publication.
- Anderson, R. C. (1984). Some reflections on the acquisition of knowledge. *Educational Research*, 1, 5-10.
- Ang, K. C. (2009). *Mathematical Modelling in the Secondary & Junior College Classroom*. Singapore: Pearson.
- Bassanezi, R. C. (1994). Modelling as a Teaching - Learning Strategy. *For the Learning of Mathematics*, 14(2), 31 - 35.
- Berry, J., & Houston, K. (1995). *Mathematical Modelling*: United Kingdom: Butterworth Heinemann.
- Blum, W. (1993). Mathematical modelling in mathematics education and instruction *Teaching and Learning Mathematics in Context* (pp. 13 - 14). London: Ellis Horwood.
- Blum, W. (2011). Can Modelling Be Taught and Learnt? Some Answers from Empirical Research. *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*, 1, 15 - 30.
- Blum, W., & Leiss, D. (2007). Investigating quality mathematics teaching *Developing and researching quality in mathematics teaching and learning* (pp. 3 - 16). Linkoping: SMDF.
- Budnitz, N. (2003). *What do we mean by inquiry?* Retrieved from [http://www.biology.duke.edu/cibl/inquiry/what\\_is\\_inquiry.htm](http://www.biology.duke.edu/cibl/inquiry/what_is_inquiry.htm)
- Bybee, R. W., & et al. (2006). *The BSCS 5E instructional model : Origins and effectiveness*. Colorado Springs: BSCS.
- Carlson, M. P., & Bloom, I. ( 1999). The Cyclic Nature of Problem Solving: An Emergent Multidimensional Problem Solving Framework.

- <http://www.cresmet.asu.edu/media/pdf/pubs/Carlson-Bloom.html>
- Charles, R., Lester, F., & O'Daffer, P. (1987). *How to Evaluate Progress in Problem Solving*. Reston, Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.
- Cheng, A. K. (2001). Teaching Mathematics Modelling in Singapore School. *The Mathematics Educator*, 16(1), 63-75.
- Comber, G. (1999). *Introduction and Teaching Mathematical Modelling*. (Hand out). Edith Cowan University Perth Western Australia. Copy.
- Cruikshank, D. E., & Sheffield, L. J. (1992). *Teaching Elementary and Middle School Mathematics*. New York: Macmillan Publishing Company.
- David, S. A., & Lawrence, M. C. (1996). *Calculus Modelling and Application: Canada*.
- Dendane, A. D. (2009). Skills Need for Mathematical Problem Solving.  
<https://www.analyzemath.com/>
- Ernest, P. (1989). *The impact of beliefs on the teaching of mathematics*. London: Falmer Press.
- Giornano, F. R., Weir, M. D., & Fox, W. P. (2003). *A First Course in Mathematical Modeling* (3rd): Brooks/Cole.
- Giornano, F. R. a. W., M.D. (1985). *A First Course in Mathematics Modelling* (3rd ed). California: Brokscole.
- Hodgson, T. (1995, November). Secondary Mathematics Modeling: Issue and Challenges. *School Science and Mathematics*, 95(7), 351-358.
- 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*. A Dissertation (Ed.D. (Mathematics Education)) -- Srinakharinwirot University, 2005.
- Krulik, S., & Rudnick, J. A. (1993). Reasoning and Problem Solving *A Handbook for Elementary School Teachers*. Boston: Allyn and Bacon.
- Krung, A., & Schukajlow, S. (2013). Problems with and without connection to reality and students' task-specific interest *Proceedings of the 37th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 3, pp. 209 -

- 216). Kiel, Germany: PME.
- Maki, D. K., Danald R. Jr. (1979). *Mathematical Models to Provide Applications in the Classroom Applications in School Mathematics 1979 Yearbook* (pp. 1 - 7). Reston, Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.
- Mayer, W. J. (1985). *Concept of Mathematics Modelling*: Mc Graw-Hill.
- Ministry of Education. (2006a). *Mathematics syllabus (Secondary)*. Singapore: Author.
- Ministry of Education. (2006b). *Strategies for Active and Independent Learning (SAIL)*. Singapore: Author.
- Ministry of Education. (2013). *Primary Mathematics Teaching and Learning Syllabus Curriculum Planning and Development Division (First)*. Singapore.
- Moscardini, A. O., & Cross, M. (1985). *Learning the Art of Mathematics Modelling*. Chichester: Horwood and Wiley.
- National Council of Teacher of Mathematics. (2016). *Guideline for Assessment & Instruction In Mathematical Modeling Education*. Philadelphia: Comap, Inc.
- National Council of Teacher of Mathematics (NCTM). (1991). *Professional Standards For Teaching Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.
- National Council of Teacher of Mathematics (NCTM). (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teacher of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and Standards for School Mathematics 2000*. Reston, Virginia: National Council of Teacher of Mathematics.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. L. (2007). *Model and Applications in Mathematics Education: the 14th ICMI Study*. 1-32.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Mathematics Framework PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. OECD: Paris.
- Pollak, H. O. (2003). *A history of the teaching of modeling G.M.A. Stanic & J. Kilpatrick*

- (Eds.), *A History of School Mathematics* (Vol. 1, pp. 647-671). Reston, VA: NCTM.
- 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.
- Ponernut, T. (2019). The Status of Mathematics Instruction Related to Apply a Mathematical Model to Solve Real World Problems on Applications of Calculus for Enrichment Science Classroom Students in Upper Secondary Level. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)*, 12(5), 474-492.
- Preston, R. (1997). Mathematical modeling in the secondary school: Possibilities and constraints. In F. K. Lester (Ed.), *ProQuest Dissertations and Theses*: ProQuest Dissertations Publishing.
- Rajaraman, R. (2005). Mathematics and The Real World. *Current Science*, 88(3), 360 - 365.
- Schoenfield, A. H. (1992). *Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, And Sense Making in Mathematics* (D. A. Grouws Ed.). New York: Singer.
- Schukajlow, S., Kolter, J., & Blum, W. (2015). Scaffolding mathematical modelling with a solution plan. *ZDM Mathematics Education*, 47, 1241-1251.
- Stacey, K. (2015). *Mathematical Competencies and PISA: Assessing Mathematical Literacy The PISA Experience*. London Springer Cham Heidelberg.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2555). *Mathematics Teacher: The Path to Success*. Bangkok: 3-Q Media.
- Thompson, A. G. (1992). Teachers' Beliefs and Conceptions: A Synthesis of the Research. In D.A. Grouws(Ed), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan.
- Yanagimoto, T. (2005). Teaching modelling as an alternative approach to school mathematics. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 24(2), 1 - 3.
- กระทรวงศึกษาธิการ กรมวิชาการ. (2521). หลักสูตรใหม่ (เอกสารแนะนำหลักสูตร ฉบับปรับปรุง).

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา กรมศาสนา.

กุลนิดา ปลื้มปิติวิริยะเวช. (2559). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (ครุศาสตร์ดุสิตบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2556). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2557). ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

จิรัชศักดิ์ ดีสะเมาะ. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับปริญญาตรี. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด. คณิตศาสตร์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 7-19.

ชานนท์ จันทรา. (2554). การประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ประมวลสาระชุดรายวิชา การจัดประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ หน้าที่ 9-15. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช: นนทบุรี.

ทรงชัย อักษรคิด. (2555). การแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัทวิสด้าอินเตอร์พริ้นส์ จำกัด.

เทพสุดา เกตุทอง. (2551). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จังหวัดลพบุรี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. (ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา).

ธัชพล พลรัตน. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง เรื่อง การประยุกต์ของแคลคูลัส สำหรับ

- นักเรียนห้องพิเศษวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานิพนธ์ (กศ.ด. (คณิตศาสตร์)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2561.
- รัชพล พลรัตน์, รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์, & พิศุภวรรณ ศรีภิรมย์ สิรินิลกุล. (2019). การศึกษาสภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง เรื่องการประยุกต์ของแคลคูลัส ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (The Status of Mathematics Instruction Related to Apply a Mathematical Model to Solve Real World Problems on Applications of Calculus for Enrichment Science Classroom Students in Upper Secondary Level.). *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)*
- นิพนธ์ จันเลน. (2557, กันยายน-ตุลาคม). ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการจัดห้องเรียนแบบสืบเสาะและแนวทางในการปรับความเข้าใจ. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(190), 3-8. สืบค้นจาก <http://emagazine.ipst.ac.th/190/IPST190/assets/common/downloads/IPST190.pdf>
- เบญจมินทร์ อัญญาเพิ่ม. (2548). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ปรินูญานิพนธ์ (กศ.ม. (คณิตศาสตร์)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). หน่วยที่ 12 การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12-15 (pp. 62). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยบูรพาวิทยธรมาธิราช.
- พจนานุกรมคณิตศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. (2553). ราชบัณฑิตยสถาน (Vol. 10). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- พรจิรา วงศ์ชนะภัย. (2545). ปัจจัยที่ส่งผลต่อสุขภาพจิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมศึกษาสหวิทยาเขตเสรีไทย กรุงเทพมหานคร. ปรินูญานิพนธ์ (กศ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545. [http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Ed\\_Psy/Pornchira\\_W.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Ed_Psy/Pornchira_W.pdf)
- พรพิศ ศรีชาคำ. (2548). กิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานิพนธ์ (กศ.ม. (คณิตศาสตร์)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.
- รณชัย ปานะโปย. (2559). คุณลักษณะที่พึงประสงค์เชิงคณิตศาสตร์. นิตยสาร สสวท, 44(199), 19

- 24.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). พจนานุกรมศึกษาศาสตร์. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

คันสนีย์ เณรเทียน. (2560). การเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านปัญหาในชีวิตจริงที่เน้นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Learning with Real - World Problems Based on Mathematical Modeling). วารสารครุศาสตร์, 45(2 (เมษายน-มิถุนายน)), 238-253.

ศิริชชรินทร์ ยศสรวรินทร์. (2559). กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรียญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). รูปแบบการเรียนรู้การสอนที่พัฒนาระบบการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. สืบค้นจาก <http://www.ipst.ac.th/biology/Bio-Articles/mag-content10.html>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2551). รายงานการประเมินผลการเรียนนานาชาติ PISA 2016 ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับโลกวันพรุ่งนี้. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555a). การวัดผลประเมินผลทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555b). ครูคณิตศาสตร์มีอาชีพเส้นทางสู่ความสำเร็จ. กรุงเทพฯ: บริษัท 3-คิว มีเดียจำกัด.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555c). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2560a). กรอบโครงสร้างการประเมินผลนักเรียนโครงการ PISA 2015. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2560b). คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2562, ธันวาคม). ผลการประเมิน PISA 2018 : บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. รายงาน PISA 2018. Retrieved from

<https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-summary-result/>

สมเดช บุญประจักษ์. (2540). การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ. ปรินูญานิพนธ์ (กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2540.

[http://thesis.swu.ac.th:\swudis\Math\\_Ed\Somdech\\_B.pdf](http://thesis.swu.ac.th:\swudis\Math_Ed\Somdech_B.pdf)

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). การวิจัยและพัฒนา รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนฐานสมรรถนะตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: สกศ.

สิริพร ทิพย์คง. (2558). มโนทัศน์ที่คาดเคลื่อน ความรู้คณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

สุชาดา ปัทมวิภาต. (2557). การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2015. นิตยสาร สสวท, 42(188 (พฤษภาคม-มิถุนายน)).

สุรสาล ผาสุข. (2546). การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และผลในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา)).

อัมพร ม้าคนอง. (2559). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ (พิมพ์ครั้งที่ 3, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]): กรุงเทพฯ : ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษาวดี จันทร์สนธิ. (2544). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีแก้ปัญหา. ใน การจัดประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ (*Provision of Learning Experiences in Mathematics*) (หน่วยที่ 10, น. 79). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เอนก จันทร์จัญญ. (2545). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ชุดการเรียนการสอน. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ. (ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์)).



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก  
การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและ  
ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอน

### การหาคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เครื่องมือสำหรับการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู และ (2) เครื่องมือสำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน โดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

#### 1. เครื่องมือสำหรับการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู

เครื่องมือสำหรับการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ประกอบด้วย (1) แบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนและครู (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน และ (3) แบบสัมภาษณ์สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหา สำหรับครู โดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพเครื่องมือสำหรับการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ดังนี้

1.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือสำหรับการศึกษาสภาพการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ของนักเรียนและครู ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1.1.1 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

คะแนน +1	หมายถึง	ใช้ได้
คะแนน 0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าใช้ได้หรือไม่
คะแนน -1	หมายถึง	ใช้ไม่ได้

1.1.2 คำนวณค่า IOC ของแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนและครู แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน และแบบสัมภาษณ์สภาพการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู แต่ละข้อแล้วเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยใช้สูตรการคำนวณ IOC (ชานนท์ จันทรา, 2544, น. 54-55) คือ

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

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$  คือ ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ตาราง 16 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนและครู

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

ตาราง 17 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	ใช้ได้

## 2. เครื่องมือสำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน

เครื่องมือสำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน ประกอบด้วย (1) กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และ (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้สำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของคำถาม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของกิจกรรมการเรียนการสอนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

2.1.1 นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

คะแนน +1	หมายถึง	ใช้ได้
คะแนน 0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าใช้ได้หรือไม่
คะแนน -1	หมายถึง	ใช้ไม่ได้

2.1.2 คำนวณค่า IOC ของแต่ละกิจกรรมการเรียนการสอนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง แล้วเลือกกิจกรรมการเรียนการสอนและแบบทดสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยใช้สูตรการคำนวณ IOC คือ

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

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$  คือ ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ตาราง 18 ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

แผนที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

ตาราง 19 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบ  
เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ข้อที่	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

2.2 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง  
ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ผู้วิจัยได้ดำเนินการ  
ทดลองกับกลุ่มทดลองนำร่องสำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง  
ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ดังนี้

2.2.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหา  
ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบ  
เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง  
จากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 1 คน

2.2.2 การหาประสิทธิภาพกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหา  
ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบ  
เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 6 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง  
จากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน

2.2.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหา  
ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบ  
เชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ใช้นักเรียนจำนวน 12 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มรายบุคคลและกลุ่ม  
ย่อย

โดยสูตรในการคำนวณหาประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, น. 10)

คือ

$$\text{สูตรที่ 1 } E_1 = \frac{\left( \frac{\sum x}{N} \right)}{A} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$  คือ คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

$$\text{สูตรที่ 2 } E_2 = \frac{\left( \frac{\sum F}{N} \right)}{B} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$  คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินหลังเรียน (สุดท้าย) ของแต่ละหน่วย

N คือ จำนวนผู้เรียน

ตาราง 20 คะแนนการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

การหาประสิทธิภาพ	$E_1$	$E_2$	$E_1/E_2$
รายบุคคล	63.89	61.67	63.89/61.67
กลุ่มย่อย	64.17	63.33	64.17/63.33
ภาคสนาม	67.22	64.38	67.22/64.38

2.3 วิเคราะห์หาความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ วัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นรายข้อ โดยใช้ค่าความยาก ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) ของแบบทดสอบอัตราันัย ซึ่งดำเนินการโดยนำแบบทดสอบที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนภาคสนาม มาคำนวณหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 4 ข้อ โดยใช้สูตรในการคำนวณ (ชานนท์ จันทรา. 2554, น. 56-57) คือ

ค่าความยาก

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

เมื่อ	$P_E$	คือ	ค่าความยาก
	$S_u$	คือ	ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มสูง
	$S_l$	คือ	ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มต่ำ
	$N$	คือ	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	$X_{\max}$	คือ	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	คือ	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

ค่าอำนาจจำแนก

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

เมื่อ	$D$	คือ	ค่าดัชนีอำนาจจำแนก
	$S_u$	คือ	ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มสูง
	$S_l$	คือ	ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มต่ำ
	$N$	คือ	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	$X_{\max}$	คือ	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	คือ	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

ตาราง 21 ค่าความยากง่าย ( $P_E$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $D$ ) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ข้อที่	$P_E$	$D$
1	0.62	0.45
2	0.66	0.44
3	0.69	0.48
4	0.62	0.45

2.4 วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบัก ซึ่งสูตรในการคำนวณ (ซานนท์ จันทรา, 2554, น. 57)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S^2} \right)$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ สัมประสิทธิ์ค่าความเชื่อมั่น  
 $k$  คือ จำนวนข้อในแบบทดสอบ  
 $S_i^2$  คือ ความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละข้อ  
 $S^2$  คือ ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งหมด

โดยค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ คำนวณโดยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบัก (Cronbach) เท่ากับ 0.934



ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย และการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

ตาราง 22 คะแนนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง  
ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

คนที่	คะแนนไปกิจกรรมรายบุคคล (คะแนนเต็ม 60)	คะแนนแบบทดสอบ (คะแนนเต็ม 40)	คะแนนรวม (คะแนนเต็ม 100)
1	34.5	23	57.5
2	35	24	59
3	37.5	23	60.5
4	39.5	21	60.5
5	38	23	61
6	37.5	24	61.5
7	36	26	62
8	40.5	23	63.5
9	42.5	22	64.5
10	46	22	68
11	44.5	26	70.5
12	45	27	72
13	50	29	79
14	51.5	31	82.5
15	53	33	86
16	54.5	35	89.5

#### การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

การทดสอบสมมติฐานว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้าง  
ความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการ  
สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สูงกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน  
มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด จะใช้สถิติทดสอบทวินาม (Binomial test) ดังนี้

จากคะแนนของนักเรียน 16 คน ให้เครื่องหมายบวกแทนคะแนนที่มากกว่า 60 และให้เครื่องหมายลบแทนคะแนนที่น้อยกว่า 60 ส่วนคะแนนที่เท่ากับ 60 ตัดทิ้ง จะได้ว่า

กำหนดให้  $x$  แทน จำนวนเครื่องหมายบวก  
 $n$  แทน จำนวนเครื่องหมายทั้งหมด

ดังนั้น  $x = 14$  และ  $n = 16$

1. สมมติฐานของการทดสอบ คือ

$$H_0 : p \leq 0.60$$

$$H_1 : p > 0.60$$

2. ตัวสถิติทดสอบ คือ  $\Pr(x \geq 14 \text{ เมื่อ } p = 0.60)$

3. ขอบเขตวิกฤติ คือ ปฏิเสธ  $H_0$  ถ้า  $\Pr(x \geq 14 \text{ เมื่อ } p = 0.60) < \alpha$  เมื่อ  $\alpha = .05$

4. ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (Probability function) ของตัวแปรสุ่ม  $x$  ที่มีการแจกแจง

ทวินาม คือ

$$f(x) = \begin{cases} \binom{16}{x} 0.6^x (1-0.6)^{n-x} & \text{เมื่อ } x = 14, 15, 16 \\ 0 & \text{เมื่อ } x \text{ อื่น ๆ} \end{cases}$$

$$\text{จะได้ } \Pr(x \geq 14 \text{ เมื่อ } p = 0.60) = f(14) + f(15) + f(16) = 0.0183$$

เนื่องจาก  $0.0183 < 0.05$  เพราะฉะนั้นจึงปฏิเสธ  $H_0$

นั่นคือ นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05



ภาคผนวก ค  
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	
ช่วงที่ 1 (โครงสร้างที่ 2)	หัวข้อเรื่อง กิจกรรม “รักษโลกด้วยไฮบริด”
ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	เวลา 90 นาที

# HYBRID

กิจกรรมการเรียนการสอนในคาบนี้ มีจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก คือ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝน จนมีประสบการณ์ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตจริง (Real-life problems) และกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) ปัญหาที่ใช้ในคาบเรียนนี้ได้แก่ “รักษโลกด้วยไฮบริด” ซึ่งเป็นปัญหาในชีวิตจริงที่สามารถเกิดขึ้นได้ เมื่อต้องตัดสินใจว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดประหยัดและคุ้มค่าง่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่

## 1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์: เพื่อให้นักเรียน

1.1.1 นำความรู้เกี่ยวกับ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” และ “การนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟเส้น” ไปใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการใช้งานรถยนต์ทั้งสองรุ่นได้

1.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: เพื่อให้นักเรียน

1.2.1 ได้ลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด (กิจกรรม “รักษโลกด้วยไฮบริด”) ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกลุ่ม

1.2.2 ได้สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่ม หน้าชั้นเรียนได้

1.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์: เพื่อให้นักเรียน

1.3.1 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นกลุ่ม

1.3.2 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเป็นกลุ่ม

1.3.3 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายหน้าชั้นเรียน

## 1.4 ด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

## 1.4.1 การทำใหม่

## 1.4.2 การเชื่อมโยง

## 1.4.3 การสะท้อนและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

## 2. สารการเรียนรู้

## 2.1 การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

การแก้สมการ คือ การหาคำตอบทั้งหมดของสมการ และสมการที่สามารถจัดอยู่ในรูป

$$ax + b = 0$$

เมื่อ  $x$  เป็นตัวแปร  $a, b$  เป็นค่าคงตัว และ  $a \neq 0$  เรียกว่าสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว  
(Linear equation with one variable)

**ตัวอย่างที่ 1** จงแก้สมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

**วิธีทำ** จากสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

นำ  $\frac{1}{2}$  มาลบทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\begin{aligned} x + \frac{1}{2} &= -\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \\ x &= -\frac{2}{2} \end{aligned}$$

ดังนั้น  $x = -1$

**ตรวจสอบ** แทน  $x$  ด้วย  $-1$  ในสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

จะได้  $-1 + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

$$-\frac{1}{2} = -\frac{1}{2} \quad \text{ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง}$$

ดังนั้น  $-1$  เป็นคำตอบของสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

**ตอบ**  $-1$

**ตัวอย่างที่ 2** จงแก้สมการ  $\frac{m}{10} = 100$

**วิธีทำ** จากสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

นำ 10 มาคูณทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\frac{m}{10} \times 10 = 100 \times 10$$

ดังนั้น  $m = 1,000$

**ตรวจสอบ** แทน m ด้วย 1,000 ในสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

จะได้  $\frac{1,000}{10} = 100$

$100 = 100$  ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง

ดังนั้น 1,000 เป็นคำตอบของสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

**ตอบ** 1,000

**ตัวอย่างที่ 3** จงแก้สมการ  $1.5y = -7.5$

**วิธีทำ** จากสมการ  $1.5y = -7.5$

นำ 1.5 มาหารทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\frac{1.5y}{1.5} = \frac{-7.5}{1.5}$$

ดังนั้น  $y = -5$

**ตรวจสอบ** แทน y ด้วย -5 ในสมการ  $1.5y = -7.5$

จะได้  $1.5 \times (-5) = -7.5$

$-7.5 = -7.5$  ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง

ดังนั้น -5 เป็นคำตอบของสมการ  $1.5y = -7.5$

**ตอบ** -5

## 2.2 กราฟเส้น

เรานิยมใช้กราฟเส้น (Line graph) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลตามลำดับก่อนหลังของเวลาที่ข้อมูลนั้น ๆ เกิดขึ้น ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และช่วยให้เห็นแนวโน้มตลอดจนความสัมพันธ์ต่าง ๆ ระหว่างข้อมูลซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์เกี่ยวกับข้อมูลนั้น ๆ ได้อีกด้วย ในบางครั้งอาจมีการใช้กราฟเส้นหลายเส้นเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลหลาย ๆ ชุด

การนำเสนอข้อมูลโดยใช้กราฟเส้นนั้น เหมาะสำหรับการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ และต้องการแสดงแนวโน้มของข้อมูลที่เกิดขึ้น

## 3. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

- 3.1 ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด”
- 3.2 เฉลยกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีค สำหรับกิจกรรม “รักษโลกด้วยไฮบริด” (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.4 แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.5 แบบสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป้าหมาย (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.6 เครื่องคิดเลข

## 4. กิจกรรมการเรียนรู้

### 4.1 ชี้นำ

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ครูทบทวน “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” โดยการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

ขั้นที่ 2 ค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ใช้คณิตศาสตร์

และขั้นที่ 4 อธิบายคำตอบ]

(2) ขั้นตอนใดของ “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง” ที่สำคัญที่สุด เพราะเหตุใด

[นักเรียนควรตอบว่า ขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของ “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง” คือ ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตจริงเข้าสู่ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเป็นขั้นตอนที่จะทำให้เรา “สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เพื่อนำไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่อไป]

4.1.2 เพื่อเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยคณิตศาสตร์ ครูกล่าวถึงตัวอย่างการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เช่น การจับจ่ายใช้สอยในชีวิตประจำวัน การเลือกส่วนลดที่คุ้มค่าที่สุด การเดินทางที่ต้องมีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการหาระยะทางที่สั้นที่สุด หรือกล่าวถึงกิจกรรมในคาบเรียนที่แล้ว จากนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนยกตัวอย่างหรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยคณิตศาสตร์เพิ่มเติม

4.1.3 ครูสรุปความคิดเห็นของนักเรียนอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ตรงกัน

#### 4.2 ขั้นสอน

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 70 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ครูจัดนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4 คน โดยที่แต่ละกลุ่มต้องประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ 1 คน ปานกลาง 2 คน และสูง 1 คน เพื่อลดความสามารถกัน

4.2.2 ครูอธิบายแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องช่วยกันแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดให้ เป็นกลุ่ม ได้แก่

(1) การลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด

(2) การสรุปและอภิปรายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

(3) การเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (ผลเฉลย) ในใบกิจกรรม

(4) การนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน โดยเน้นย้ำว่า “ทุกคนในกลุ่มจะต้องเข้าใจผลเฉลยของกลุ่มและสามารถอธิบายได้”

(5) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

4.2.3 ครูแจกใบกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วนำเสนอปัญหาในชีวิตจริง “รักษโลกด้วยไฮบริด” ตลอดจนจูงใจให้นักเรียนอยากแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดผ่านการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

4.2.4 ครูดำเนินการตามขั้นตอนในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งเริ่มด้วยขั้นทำความเข้าใจปัญหา โดยครูให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ของปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดอีกครั้ง แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) สถานการณ์นี้ เป็นเรื่องเกี่ยวกับอะไร

[นักเรียนควรตอบว่า การเปรียบเทียบความประหยัดและความคุ้มค่าของรถยนต์รุ่นไฮบริดกับรถยนต์รุ่นปกติ]

(2) รถยนต์รุ่นไฮบริด มีคุณสมบัติอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า เป็นรถยนต์ยี่ห้อ Honda Insight 2019 ราคา 700,000 บาท เครื่องยนต์เบนซินไฮบริด ขนาด 1.8 และ KPL เท่ากับ 34]

(3) รถยนต์รุ่นปกติ มีคุณสมบัติอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า เป็นรถยนต์ยี่ห้อ Honda Civic 2019 ราคา 600,000 บาท เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 1.8 และ KPL เท่ากับ 14]

(4) รถยนต์รุ่นไฮบริด คือ รถที่มีระบบการทำงานเป็นอย่างไร

[นักเรียนอาจตอบคำถามนี้ไม่ได้ หรือนักเรียนควรตอบว่า รถยนต์รุ่นไฮบริด (Hybrid Car) คือ รถประหยัดน้ำมันประเภทหนึ่งที่ใช้การผสมผสานพลังงานระหว่างน้ำมันและไฟฟ้า]

(5) ค่า KPL ที่ปรากฏในสถานการณ์ หมายถึงค่าใด

[นักเรียนอาจตอบคำถามนี้ไม่ได้ หรือนักเรียนควรตอบว่า อัตราการใช้เชื้อเพลิง หรืออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน ในหน่วยกิโลเมตรต่อลิตร]

(6) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการหาคืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า การเลือกใช้รถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดและคุ้มค่างว่าการเลือกใช้รถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ ให้อธิบายเหตุผลประกอบ]

(7) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ข้อมูลของรถยนต์ทั้งสองรุ่น ได้แก่ ราคามาตรฐาน ประเภทของเครื่องยนต์ และอัตราการใช้เชื้อเพลิง]

(8) ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดที่รถยนต์ทั้งสองรุ่นเหมือนกัน

[นักเรียนควรตอบว่า ขนาดของเครื่องยนต์เท่ากันคือ 1.8 และเติมน้ำมันชนิดเดียวกัน คือ น้ำมันเบนซิน]

4.2.5 เมื่อนักเรียนเข้าใจสถานการณ์ที่กำหนดแล้ว ครุณำนักเรียนเข้าสู่ขั้นค้นคว้า ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และมีอะไรบ้าง (ถ้ามี) แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ และแสดงความคิดเห็น เช่น

(1) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้เพียงพอต่อการหาคำตอบหรือไม่

[นักเรียนควรตอบว่า ยังไม่เพียงพอ]

(2) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนต้องค้นคว้าเพิ่มเติมคืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมคือ ความรู้เกี่ยวกับรถยนต์รุ่นไฮบริด ความหมายของค่า KPL และประเภทของน้ำมันเบนซินที่รถยนต์ทั้งสองรุ่นสามารถเติมได้]

4.2.6 เมื่อนักเรียนทราบว่าข้อมูลหรือเงื่อนไขใดที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมแล้ว ครุให้นักเรียนศึกษาข้อมูลของรถยนต์รุ่นไฮบริด จากวิดีโอที่ [https://www.youtube.com/watch?v=2TaMd7\\_-h4](https://www.youtube.com/watch?v=2TaMd7_-h4) พร้อมจัดบันทึกหลักการการทำงานของรถยนต์รุ่นไฮบริด (ใช้เวลาประมาณ 8-10 นาที) จากนั้นครุเปิดโอกาสให้นักเรียนค้นคว้าความรู้เกี่ยวกับรถยนต์รุ่นไฮบริด ความหมายของค่า KPL และประเภทของน้ำมันเบนซินที่รถยนต์ทั้งสองรุ่นสามารถเติมได้ จากแหล่งเรียนรู้ภายนอก เช่น อินเทอร์เน็ต (ใช้เวลาประมาณ 5-6 นาที)

4.2.7 ครุตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) รถยนต์รุ่นไฮบริด มีระบบการทำงานต่างจากรถยนต์รุ่นปกติอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า รถยนต์รุ่นไฮบริดใช้การผสมผสานพลังงานระหว่างน้ำมันและไฟฟ้า ส่วนรถยนต์รุ่นปกติจะใช้ระบบเชื้อเพลิงน้ำมันเพียงอย่างเดียว]

(2) ค่า KPL หมายถึงค่าใด

[นักเรียนควรตอบว่า อัตราการใช้เชื้อเพลิงในหน่วยกิโลเมตรต่อลิตร]

(3) ประเภทของน้ำมันเบนซินที่รถทั้งสองรุ่นสามารถเติมได้ มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอล์ 95 และแก๊สโซฮอล์ 91]

(4) จากข้อมูลหรือเงื่อนไขทั้งหมดที่มี นักเรียนจะพิจารณาความประหยัดและความคุ้มค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่นโดยใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ราคารถยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน รวมถึงต้องมีการกำหนดให้รถทั้งสองรุ่นเติมน้ำมันเบนซินชนิดใดชนิดหนึ่งเหมือนกัน]

(5) หากนำรถยนต์ทั้งสองรุ่นมาเปรียบเทียบค่าน้ำมันที่ระยะทางการใช้งาน 20,000 กิโลเมตร 40,000 กิโลเมตร 60,000 กิโลเมตร 80,000 กิโลเมตร และ 100,000 กิโลเมตร ตามลำดับ นักเรียนจะคำนวณหาค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นได้อย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า ระยะทางการใช้งานหารด้วยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน แล้วนำมาคูณด้วยราคาแก๊สโซฮอล์ 95 ณ ปัจจุบัน]

(6) จากข้อ (5) นักเรียนจะคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นได้อย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า ค่าน้ำมันรวมกับราคารถยนต์]

(7) ถ้าต้องการให้เห็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำมันและค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นเปรียบเทียบกันได้รวดเร็วขึ้น และช่วยให้เห็นแนวโน้มตลอดจนความสัมพันธ์ต่าง ๆ ระหว่างข้อมูลซึ่งสามารถนำไปใช้พยากรณ์ค่าใช้จ่ายรวมได้ นักเรียนควรจะนำเสนอข้อมูลด้วยรูปแบบใด ระหว่างแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง กราฟเส้น และแผนภูมิรูปวงกลม

[นักเรียนควรตอบว่า กราฟเส้น]

4.2.8 ถ้ามีนักเรียนคนใดหรือกลุ่มใดสงสัยหรือไม่เข้าใจ “กราฟเส้น” ให้ครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง “กราฟเส้น” ดังรายละเอียดในสาระการเรียนรู้ หัวข้อ 2.2

4.2.9 เมื่อนักเรียนเข้าใจวิธีการคำนวณค่าน้ำมันและค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานแล้ว ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มเขียนกราฟเส้นเปรียบเทียบค่าน้ำมันและค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่น ตามระยะทางที่กำหนด (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที) จากนั้นตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) จากกราฟเส้น เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นแนวโน้มของค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นเป็นอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ]

(2) จากกราฟเส้น เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นรถยนต์รุ่นไหนที่ประหยัดค่าน้ำมันได้มากกว่า

[นักเรียนควรตอบว่า รถยนต์รุ่นไฮบริด]

(3) จากกราฟเส้น เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นส่วนต่างค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และมีความหมายว่าอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ส่วนต่างค่าน้ำมันจะยิ่งมากขึ้น หมายความว่า รถยนต์รุ่นไฮบริดยิ่งใช้จะยิ่งประหยัดค่าน้ำมันมากขึ้นเมื่อเทียบกับรถยนต์รุ่นปกติ]

(4) จากกราฟเส้น เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นแนวโน้มของค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นเป็นอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ]

(5) จากกราฟเส้น เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นรถยนต์รุ่นไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายรวมได้มากกว่า

[นักเรียนควรตอบว่า รถยนต์รุ่นปกติมีค่าใช้จ่ายรวมที่ถูกลงกว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดในช่วงแรก ๆ แต่เมื่อระยะทางการใช้งานยิ่งเพิ่มมากขึ้นรถยนต์รุ่นปกติจะยิ่งมีค่าใช้จ่ายรวมที่ใกล้เคียงจนเท่ากับค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์รุ่นไฮบริด และมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าหรือแพงกว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดเรื่อย ๆ]

(6) จากกราฟเส้น เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นส่วนต่างค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และมีความหมายว่าอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ส่วนต่างค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นจะค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าเท่ากับศูนย์ (จุดที่กราฟสองเส้นตัดกัน) หลังจากนั้นส่วนต่างจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หมายความว่า รถยนต์รุ่นปกติมีค่าใช้จ่ายรวมที่ถูกลงกว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดในช่วงแรก ๆ (ระยะ 20,000-80,000 กิโลเมตร) แต่เมื่อระยะทางการใช้งานยิ่งเพิ่มมากขึ้นรถยนต์รุ่นปกติจะยิ่งมีค่าใช้จ่ายรวมที่ใกล้เคียงจนเท่ากับค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์รุ่นไฮบริด (ระยะ 80,000 – 100,000) และมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าหรือแพงกว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดเรื่อย ๆ]

(7) จากกราฟเส้น การที่จะหาค่าตอบว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดประหยัดกว่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ นักเรียนจำเป็นต้องคำนวณหาสิ่งใด และเพราะเหตุใด

[นักเรียนควรตอบว่า คำนวณหาระยะทางการใช้งานที่รถยนต์ทั้งสองรุ่นมีค่าใช้จ่ายรวมที่เท่ากัน เพราะจะทำให้เราทราบว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดกว่ารถยนต์รุ่นปกติที่ระยะทางการใช้งานเท่าไร]

(8) การหาระยะทางการใช้งานที่รถยนต์ทั้งสองรุ่นมีค่าใช้จ่ายรวมที่เท่ากัน ใช้ความรู้เรื่องใด

[นักเรียนควรตอบว่า การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว]

4.2.10 ถ้ามีนักเรียนคนใดหรือกลุ่มใดสงสัยหรือไม่เข้าใจ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ให้ครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง “สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ดังรายละเอียดในสาระการเรียนรู้ หัวข้อ 2.1

4.2.11 ครูให้นักเรียนทุกคนพยายามค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการหาคำตอบกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาของตนเอง โดยไม่มีการปรึกษากัน (ใช้เวลาประมาณ 1-2 นาที)

4.2.12 เมื่อครูสังเกตว่านักเรียนส่วนใหญ่เริ่มคิดได้แล้ว ให้นักเรียนนำแนวคิดของตนเอง มาแลกเปลี่ยนกันในกลุ่ม จนกระทั่งสามารถค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการหาคำตอบกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และ “สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ และสามารถนำไปใช้ในการค้นหาคำตอบได้

4.2.13 ถ้ามีนักเรียนกลุ่มใดมีข้อสงสัยหรือไม่สามารถปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และ “สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ได้ ครูอาจช่วยนักเรียนโดยการตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของสถานการณ์นี้ มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ข้อมูลของรถยนต์ทั้งสองรุ่น ได้แก่ ราคามาตรฐาน ประเภทของเครื่องยนต์ และอัตราการใช้เชื้อเพลิง]

(2) นักเรียนจะคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่น ได้อย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า ค่าน้ำมันรวมกับราคาซื้อรถยนต์]

(3) การที่จะหาคำตอบว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดประหยัดกว่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ นักเรียนจำเป็นต้องคำนวณหาสิ่งใด และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใด

[นักเรียนควรตอบว่า คำนวณหาระยะทางการใช้งานที่รถยนต์ทั้งสองรุ่นมีค่าใช้จ่ายรวมที่เท่ากัน เพราะจะทำให้เราทราบว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดกว่ารถยนต์รุ่นปกติที่ระยะทางการใช้งานเท่าไร โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว]

(4) จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำมันกับราคาซื้อรถยนต์ นักเรียนคิดว่า ควรปรับให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ควรปรับ

ระยะทางการใช้งาน (กิโลเมตร) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า (d)

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (กิโลเมตรต่อลิตร) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า (K)

ราคารถยนต์ (บาท) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า (C)

และค่าใช้จ่ายรวม (บาท) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า (P) เป็นต้น]

4.2.14 ขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มกำลังปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ให้ครูเดินดูการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วคอยสังเกตการณ์มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน

4.2.15 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้ปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ จนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้แล้ว ครูให้นักเรียนแสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างละเอียด โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้นั้น รวมทั้งสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้ ซึ่งเป็นขั้นใช้คณิตศาสตร์ จากนั้นเขียนลงในใบกิจกรรมของกลุ่ม

4.2.16 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้ว ครูให้นักเรียนทบทวนถึงสิ่งที่สถานการณ์นี้ต้องการหาคำตอบ แล้วเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ก่อน โดยการตั้งคำถามแล้วให้นักเรียนตอบ ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) ถ้าเปลี่ยน “ระยะทางการใช้งาน” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหา ค่าใช้จ่ายรวมได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้น มาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของระยะทางการใช้งาน (d)]

(2) ถ้าเปลี่ยน “อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของ สถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มา คำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้น มาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (K)]

(3) ถ้าเปลี่ยน “ราคารถยนต์” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคง เหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวม ได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้น มาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของราคารถยนต์ (P)]

(4) ถ้ามีการเพิ่มข้อมูลหรือเงื่อนไข “ค่าบำรุงรักษา” ของรถยนต์ทั้งสองรุ่น โดย ข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า ไม่สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้าง ขึ้นมาได้ เนื่องจากค่าใช้จ่ายรวมจะขึ้นอยู่กับค่าบำรุงรักษาด้วย จึงต้องมีการเพิ่มตัวแปรค่า บำรุงรักษาในตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์]

4.2.17 เมื่อเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของ สถานการณ์เรียบร้อยแล้ว ครูให้นักเรียนแปลความหมาย “คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ให้ เป็น “คำตอบของปัญหาในชีวิตจริง” ซึ่งเป็นขั้นอธิบายคำตอบ แล้วเขียนคำตอบของปัญหาในชีวิต จริงลงไปกิจกรรม

4.2.18 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้คำตอบของปัญหาในชีวิตจริงแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่มที่หน้าชั้นเรียน หรือครูอาจใช้วิธีการสุ่มเลือกนักเรียนบางกลุ่มที่มีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่แตกต่างกัน (ถ้ามี)

4.2.19 ครูให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปราย “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของแต่ละกลุ่ม โดยประเด็นที่ใช้ในการอภิปรายมีดังนี้

- (1) ขั้นตอนใดมีความยุ่งยากซับซ้อนที่สุด ในการแก้ปัญหา เพราะเหตุใด
- (2) มีการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใดบ้างมาใช้ในการแก้ปัญหา
- (3) กลุ่มใดที่มีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้มีประสิทธิภาพที่สุด เพราะเหตุใด
- (4) ถ้าเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” บางอย่างแล้ว จะส่งผลกระทบต่อ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้หรือไม่ อย่างไร
- (5) การนำเสนอของกลุ่มใดที่มี “การสื่อสาร และการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์” ได้ดีหรือชัดเจนที่สุด เพราะเหตุใด

### 4.3 ขั้นสรุป

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุป “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” โดยประเด็นที่ใช้ในการสรุปมีดังนี้

- (1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ต้องการหา คืออะไร
- (2) ข้อมูลและเงื่อนไขที่สำคัญของสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง
- (3) แนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง
- (4) ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้มีรูปแบบใดบ้าง
- (5) ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใดมีประสิทธิภาพที่สุด เพราะเหตุใด
- (6) ถ้าเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ปัญหาบางอย่างแล้ว “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้จะเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร
- (7) เราสามารถใช้ “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ในการค้นหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงกำหนดได้หรือไม่ เพราะเหตุใด เป็นต้น

## 5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
<p><b>ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ :</b></p> <p>1. นำความรู้เกี่ยวกับ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” และ “การนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟเส้น” ไปใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการใช้ยานรถทั้งสองรุ่น</p>	<p><b>วิธีวัดผล :</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องของคำตอบในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษารักษาด้วยไฮบริด” (ข้อ 5, ข้อ 8)</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล :</b></p> <p>ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษารักษาด้วยไฮบริด”</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง และครบถ้วนทุกวิธี ได้ 2 คะแนน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง บางส่วน หรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกวิธี ได้ 1 คะแนน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง ได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล :</b></p> <p>ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>
<p><b>ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์/สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ :</b></p> <p>1. ได้ลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด (กิจกรรม “รักษารักษาด้วยไฮบริด”) ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกลุ่ม</p>	<p><b>วิธีวัดผล :</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องของคำตอบในใบกิจกรรม เรื่อง “รักษารักษาด้วยไฮบริด”</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล :</b></p> <p>ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษารักษาด้วยไฮบริด”</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน :</b></p> <p>ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคแบบวิเคราะห์ซึ่งมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ดังตารางแนบ</p> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล :</b></p> <p>ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 12 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>
<p>2. ได้สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่ม หน้าชั้นเรียนได้</p>	<p><b>วิธีวัดผล :</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องและชัดเจนของการอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล :</b></p> <p>แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจน จะได้ 3 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พอสื่อให้เข้าใจได้ จะได้ 2 คะแนน</li> </ul>

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด และประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พอสื่อเข้าใจได้เพียงบางส่วน จะได้ 1 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนไม่อธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เลย จะได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล :</b> ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 คะแนนถือว่าผ่าน</p>
<p><b>ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม</li> <li>2. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปรายของกลุ่ม</li> <li>3. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปรายหน้าชั้นเรียน</li> </ol>	<p><b>วิธีวัดผล:</b> พิจารณาพฤติกรรมหรือการแสดงออกของนักเรียน ขณะตอบคำถามหรือทำงานที่มอบหมายโดยมีครูเป็นผู้สังเกตแล้วบันทึกในแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล:</b> แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b> ในแต่ละข้อของแบบสังเกตพฤติกรรม</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัด จะได้ 2 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็นเพียงเล็กน้อย จะได้ 1 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนไม่แสดงออกเลยตอบไม่ถูกต้องจะได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b> ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 2 คะแนนถือว่าผ่าน</p>

## 6. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

### 6.1 ด้านนักเรียน

(ระบุ ความรู้/ทักษะและกระบวนการ/คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนที่พบ)

---

---

---

---

---

---

---

---

### 6.2 ด้านผู้สอน

(ระบุ ปัญหาหรือผลการจัดการเรียนรู้/ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป)

---

---

---

---

---

---

---

---

### 6.3 ด้านอื่น ๆ (ถ้ามี)

---

---

---

---

---

---

---

---

ใบกิจกรรม เรื่อง “รักษ์โลกด้วยไฮบริด”	
ช่วงที่ 1 (โครงสร้างที่ 2)	ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียน.....	กลุ่มที่.....ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทำกิจกรรม.....
ชื่อ-สกุล 1. ....	3.....
2. ....	4.....

สถานการณ์ :

รุ่นไฮบริด (Honda Insight 2019)



ราคามาตรฐาน	700,000 บาท*
เครื่องยนต์	เบนซินไฮบริด 1.8
KPL	34
*ราคาเปิดตัวที่อเมริกา	

รุ่นปกติ (Honda Civic 2019)



ราคามาตรฐาน	600,000 บาท*
เครื่องยนต์	เบนซิน 1.8
KPL	14
*ราคาเปิดตัวที่อเมริกา	

“แก๊งรักษ์โลกค่าย**ฮอนด้า**นำพื้นฐานของ Honda Civic พัฒนาขึ้นมาเป็น ยานยนต์รักษ์โลกระบบไฮบริด นั่นคือ Honda Insight 2019 เปิดตัวอย่างเป็นทางการแล้วที่ประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากจะช่วยลดมลพิษทาง อากาศแล้ว แก๊งรักษ์โลกรุ่นนี้ยังช่วยประหยัดน้ำมันอีกด้วย”

**คำถาม** หากนำข้อมูลของรถยนต์ทั้งสองรุ่นดังกล่าวมาเปรียบเทียบกัน การเลือกใช้รถยนต์รุ่น ไฮบริดจะประหยัดและคุ้มค่ากว่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ จงอธิบายเหตุผลประกอบ

**หมายเหตุ** กิจกรรมนี้สามารถใช้เครื่องคิดเลขช่วยในการคำนวณได้

ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

1. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ขั้นที่ 2 : ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)

3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)

1. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. จากข้อมูลหรือเงื่อนไขทั้งหมดที่มี นักเรียนจะพิจารณาความประหยัดและคุ่มค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่น โดยใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง และข้อมูลดังกล่าวมีรายละเอียดอย่างไร จงอธิบาย (1 คะแนน)

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

5. พิจารณาข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนระบุในข้อ 4 หากนำรถยนต์ทั้งสองรุ่นมาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 20,000 กิโลเมตร 40,000 กิโลเมตร 60,000 กิโลเมตร 80,000 กิโลเมตร และ 100,000 กิโลเมตร ตามลำดับ

5.1 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าน้ำมัน (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
20,000		
40,000		
60,000		
80,000		
100,000		

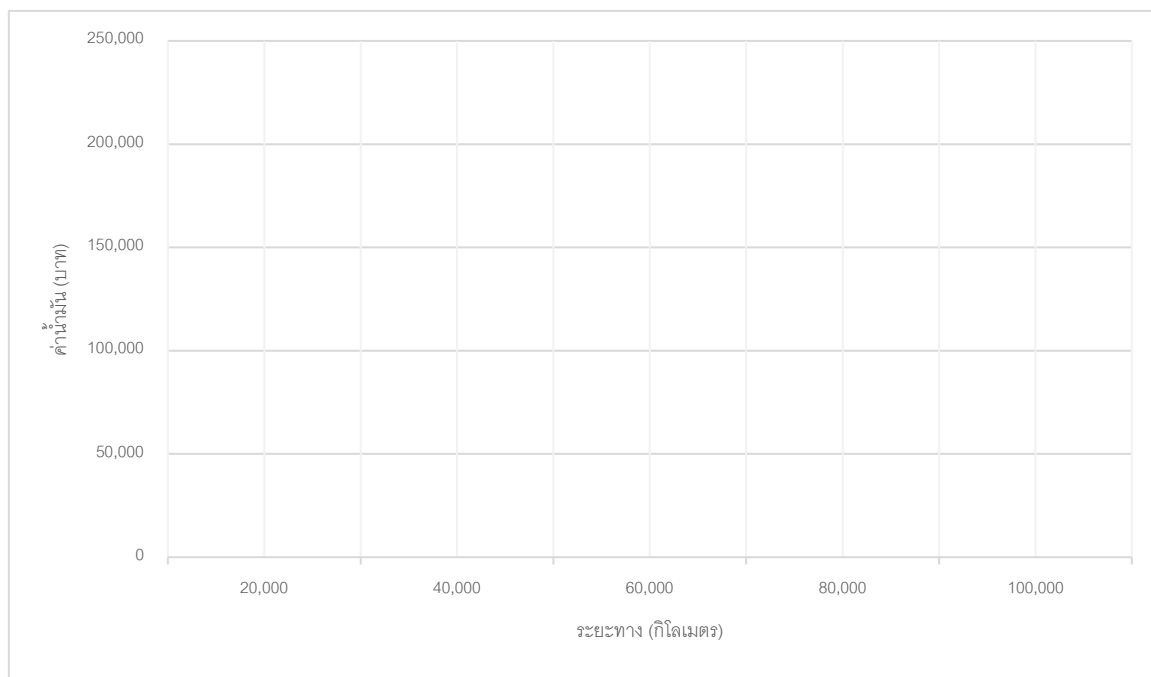
รถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร

---



---

5.2 ให้นักเรียนเขียนกราฟเส้นเปรียบเทียบค่าน้ำมันตามระยะทางการใช้งานของรถยนต์ทั้งสองรุ่น (0.5 คะแนน)



5.3 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่น แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
20,000		
40,000		
60,000		
80,000		
100,000		

รถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร

---



---





ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
5,000		
10,000		
15,000		
20,000		
40,000		
60,000		
80,000		

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

---



---



---



---

ขั้นที่ 4 : ชั้นอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

---



---



---



---



---



---

**เฉลยกิจกรรม เรื่อง “รักษโลกด้วยไฮบริด”**

**ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)**

**1. สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

การใช้งานรถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดและคุ้มค่ากว่ารถยนต์รุ่นปกติหรือไม่ ให้อธิบายเหตุผลประกอบ

**2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

ข้อมูลของรถยนต์รุ่นไฮบริด (Honda Insight 2019) ราคา 700,000 บาท และ KPL เท่ากับ 34 เปรียบเทียบกับรถยนต์รุ่นปกติ (Honda Civic 2019) ราคา 600,000 บาท และ KPL เท่ากับ 14 ซึ่งทั้งสองรุ่นมีขนาดเครื่องยนต์เบนซินขนาดเท่ากันคือ 1.8

**ขั้นที่ 2 : ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)**

**3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

1. รถยนต์ไฮบริด (Hybrid Car) คือ รถประหยัดน้ำมันประเภทหนึ่งที่ใช้การผสมผสานพลังงานระหว่างน้ำมันและไฟฟ้า โดยหากเราขับรถด้วยความเร็วสูง รถก็จะใช้ระบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน แต่หากเราใช้ความเร็วต่ำเช่น การขับในเมืองที่ต้องเจอกับรถติดบ่อยๆ ก็จะปรับเป็นระบบไฟฟ้า โดยการดึงพลังงานจากแบตเตอรี่มาทำงานแทน ซึ่งส่วนนี้ก็จะช่วยให้เราประหยัดน้ำมันมากกว่ารถยนต์ทั่วไปนั่นเอง

2. KPL หมายถึง อัตราการใช้เชื้อเพลิงหรืออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน ในหน่วยกิโลเมตรต่อลิตร

3. ประเภทของน้ำมันที่รถยนต์ทั้งสองรุ่นสามารถเติมได้คือ น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอล์ 95 และแก๊สโซฮอล์ 91

4. จากข้อมูลหรือเงื่อนไขทั้งหมดที่มี นักเรียนจะพิจารณาความประหยัดและคัมค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่น โดยใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง และข้อมูลดังกล่าวมีรายละเอียดอย่างไร จงอธิบาย (1 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ราคารถยนต์รุ่นไฮบริด (Honda Insight 2019) ราคา 700,000 บาท และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน คือ 34 KPL หมายถึง 34 กิโลเมตรต่อลิตร

ราคารถยนต์รุ่นปกติ (Honda Civic 2019) ราคา 600,000 บาท และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน คือ 14 KPL หมายถึง 14 กิโลเมตรต่อลิตร

ในที่นี้จะกำหนดให้รถทั้งสองรุ่นเติม แก๊สโซฮอล์ 95 เหมือนกัน ราคา ณ ปัจจุบันของแก๊ส โซฮอล์ 95 คือ ราคาลิตรละ 27.25 บาท

5. พิจารณาข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนระบุในข้อ 4 หากนำรถยนต์ทั้งสองรุ่นมาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 20,000 กิโลเมตร 40,000 กิโลเมตร 60,000 กิโลเมตร 80,000 กิโลเมตร และ 100,000 กิโลเมตร ตามลำดับ

5.1 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าน้ำมันของรถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

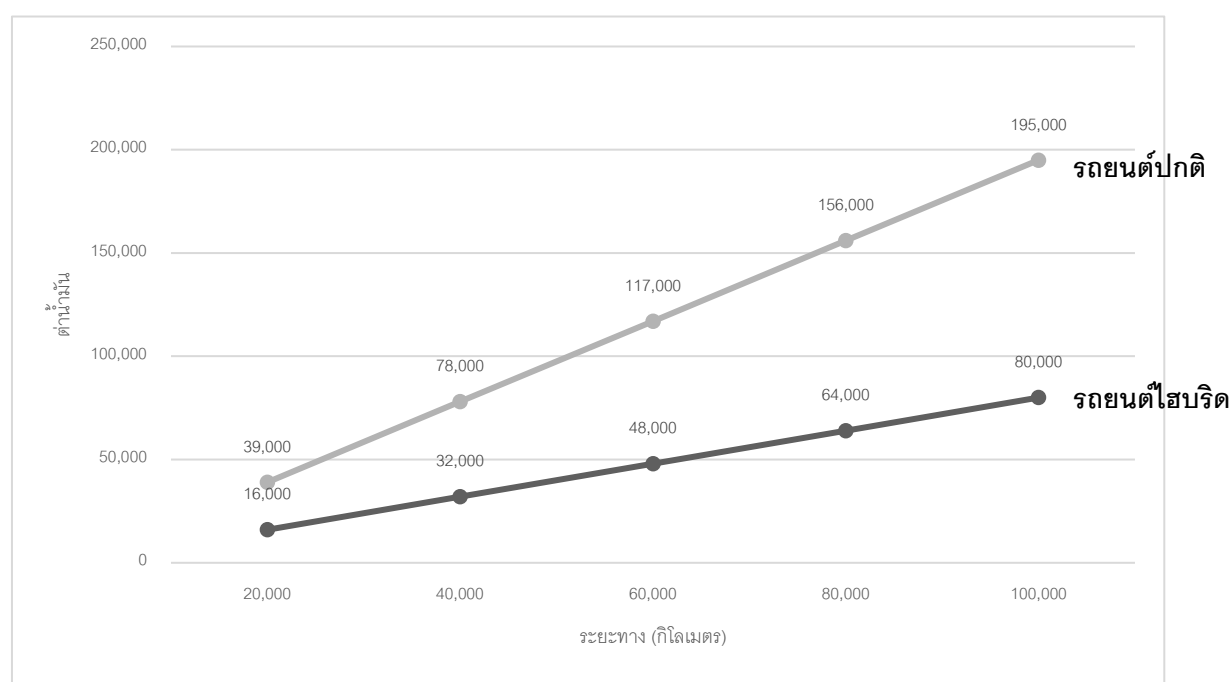
แนวทางการเขียนตอบ

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าน้ำมัน (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
20,000	16,000	39,000
40,000	32,000	78,000
60,000	48,000	117,000
80,000	64,000	156,000
100,000	80,000	195,000

ระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 20,000 กิโลเมตร 40,000 กิโลเมตร 60,000 กิโลเมตร 80,000 กิโลเมตร และ 100,000 กิโลเมตร ตามลำดับ รถยนต์รุ่นไฮบริดจะประหยัดค่าน้ำมันมากกว่ารถยนต์ปกติ

## 5.2 ให้นักเรียนเขียนกราฟเส้นเปรียบเทียบค่าน้ำมันตามระยะทางการใช้งานของรถยนต์ทั้งสองรุ่น (0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ



## 5.3 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่น แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

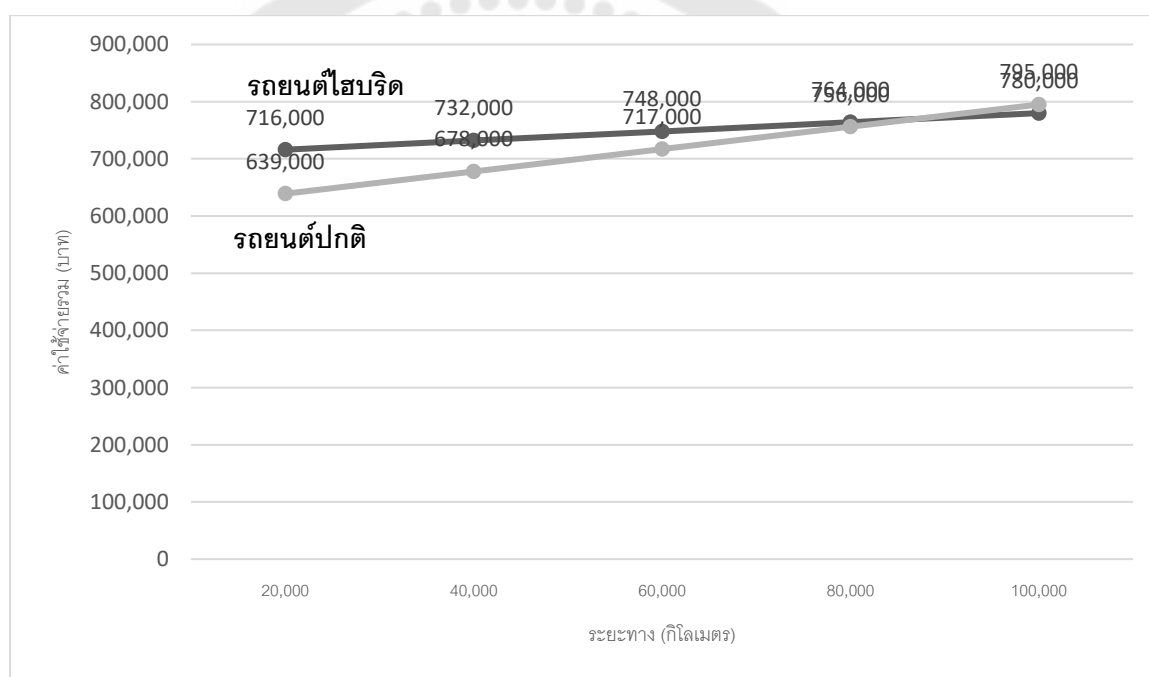
แนวทางการเขียนตอบ

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์ปกติ
20,000	716,000	639,000
40,000	732,000	678,000
60,000	748,000	717,000
80,000	764,000	756,000
100,000	780,000	795,000

ระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 20,000 กิโลเมตร 40,000 กิโลเมตร 60,000 กิโลเมตร 80,000 กิโลเมตร และ 100,000 กิโลเมตร ตามลำดับ รถยนต์รุ่นปกติมีค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำกว่า รถยนต์รุ่นไฮบริดในช่วงแรก ๆ แต่เมื่อระยะทางการใช้งานยิ่งเพิ่มมากขึ้นรถยนต์รุ่นปกติจะยังมีค่าใช้จ่ายรวมที่ใกล้เคียงกับรถยนต์รุ่นไฮบริด และแพงกว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดที่ระยะ 100,000 กิโลเมตร

#### 5.4 ให้นักเรียนเขียนกราฟเส้นเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมตามระยะทางการใช้งานของรถยนต์ทั้งสองรุ่น (0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ



6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

กำหนดให้	$d$	แทน	ระยะทางการใช้งาน (กิโลเมตร)
	$K$	แทน	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (กิโลเมตรต่อลิตร)
	$C$	แทน	ราคาเครื่องยนต์ (บาท)
	$P$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)

7. ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

$$P = \left[ \frac{d}{K} \times 27.25 \right] + C$$

เมื่อ	$d$	แทน	ระยะทางการใช้งาน (กิโลเมตร)
	$K$	แทน	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (กิโลเมตรต่อลิตร)
	$C$	แทน	ราคารถยนต์ (บาท)
	$P$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)

ขั้นที่ 3 : ขั้นใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

แนวทางการเขียนตอบ

กำหนดให้ ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ไฮบริด  $\left[ \frac{d}{34} \times 27.25 \right] + 700000$  ... (1)

ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ปกติ  $\left[ \frac{d}{14} \times 27.25 \right] + 600000$  ... (2)

$$(1) = (2); \quad \left[ \frac{d}{34} \times 27.25 \right] + 700000 = \left[ \frac{d}{14} \times 27.25 \right] + 600000$$

$$0.801d + 700000 = 1.946d + 600000$$

$$1.145d = 100,000$$

$$d = 87,336$$

เมื่อ	$d$	แทน	ระยะทางการใช้งาน (กิโลเมตร)
	$K$	แทน	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (กิโลเมตรต่อลิตร)
	$C$	แทน	ราคารถยนต์ (บาท)
	$P$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด $P = \left[ \frac{d}{34} \times 27.25 \right] + 700000$	รถยนต์ปกติ $P = \left[ \frac{d}{14} \times 27.25 \right] + 600000$
5,000	704,006	609,732
10,000	708,015	619,464
15,000	712,022	629,196
20,000	716,029	638,928
40,000	732,059	677,857
60,000	748,088	716,786
80,000	764,118	755,714
85,000	768,125	765,446
86,000	768,926	767,393
87,000	769,728	769,339
87,500	770,129	770,313
100,000	780,147	794,643
200,000	860,294	989,286

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ระยะทางประมาณ 0-87,400 กิโลเมตร ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ไฮบริดจะสูงกว่า ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ปกติ แต่ที่ระยะทาง 87,400 กิโลเมตร เป็นต้นไป ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ไฮบริดจะต่ำกว่าค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ปกติ

ขั้นที่ 4 : ชั้นอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

การเลือกใช้รถยนต์ไฮบริดจะประหยัดและคุ้มค่าง่ารถยนต์ปกติก็ต่อเมื่อมีการใช้งานเกินกว่า 87,400 กิโลเมตรขึ้นไป แต่ถ้าต่ำกว่าระยะทางดังกล่าว รถยนต์รุ่นปกติจะประหยัดกว่า

**เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของกิจกรรม “รักษโลกด้วยไฮบริด”**

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ กิจกรรม “รักษโลกด้วยไฮบริด” (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>1. ด้านการทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)</b>		
ข้อ 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้อง</li> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาไม่ถูกต้อง</li> </ul>	1 0
ข้อ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)</b>		
ข้อ 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมไม่ได้หรือไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายแนวคิดได้เพียงบางส่วน</li> <li>● อธิบายแนวคิดไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบาย</li> </ul>	1 0.5 0
ข้อ 5.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างได้ถูกต้องเพียงกรณีใดกรณีหนึ่ง</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงและไม่อธิบาย</li> </ul>	1 0.5 0
ข้อ 5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● เขียนกราฟเส้น ได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● เขียนกราฟเส้นไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียน</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 5.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างได้เพียงบางส่วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงและไม่อธิบาย</li> </ul>	1 0.5 0
ข้อ 5.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>● เขียนกราฟเส้น ได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● เขียนกราฟเส้นไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียน</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ (ต่อ) กิจกรรม "รักษโลกด้วยไฮบริด" (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน) (ต่อ)		
ข้อ 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> <li>สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	<p>2</p> <p>1</p> <p>0</p>
3. ด้านการใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)		
ข้อ 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องส่วนใหญ่</li> <li>แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง</li> </ul>	<p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>0</p>
ข้อ 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	<p>2</p> <p>1</p> <p>0</p>
4. ด้านการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)		
ข้อ 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงไม่ถูกต้อง</li> </ul>	<p>2</p> <p>1</p> <p>0</p>

## แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

วันที่: \_\_\_\_\_ เวลา: \_\_\_\_\_

ชื่อกิจกรรม: รักโลกด้วยไฮบริด

ชื่อนักเรียน: 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_

ข้อ	พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง	นักเรียนคนที่				ข้อสังเกตเพิ่มเติม (ถ้ามี)
		1	2	3	4	
01	มี "ความกระตือรือร้น" ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง					
02	มี "การขีดเขียน/วาดรูปประกอบ" ขณะทำความเข้าใจปัญหาในชีวิตจริง					
03	ระบุ "สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา" ได้ถูกต้อง					
04	ระบุ "ข้อมูลหรือเงื่อนไข" ของสถานการณ์ได้ถูกต้อง					
05	อธิบาย "แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์" ได้ถูกต้องชัดเจน					
06	อธิบาย "ความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาในชีวิตจริงต้องการหา กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง" ได้ถูกต้อง					
07	เปลี่ยน "ข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง" ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้					
08	เข้าใจ "ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง" เป็นอย่างดี					
09	เลือกใช้ "ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์" ได้เหมาะสม					
10	สร้าง "ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์" ได้ถูกต้องชัดเจน					
11	ลงมือ "แก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์" ได้อย่างเป็นระบบ					
12	เขียน "แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์" ได้ถูกต้อง					
13	เขียน "อธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์" ได้อย่างชัดเจน					
14	มี "ความพยายาม" ที่จะแก้ปัญหาด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อื่น เมื่อติดขัด					
15	ระบุ "คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์" ได้ถูกต้อง					
16	มี "การเปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริงก่อน"					
17	แปลความหมาย "คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์" ให้เป็น "คำตอบของปัญหาในชีวิตจริง" ได้ถูกต้อง					
18	มี "ส่วนร่วมและความรับผิดชอบ" ในการแก้ปัญหาของกลุ่ม					
19	มี "ส่วนร่วมและความรับผิดชอบ" ในการอภิปราย" ของกลุ่ม					
20	มี "ส่วนร่วมและความรับผิดชอบ" ในการอภิปราย" ของชั้นเรียน					

การให้คะแนน 0 → ไม่มี 1 → มีน้อย 2 → มีมาก

**พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง**

**1. การทำความเข้าใจปัญหา**

(ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา/ ข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์/ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์)

---



---



---

**2. การค้นหาข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์**

(เปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์” ให้อยู่ในรูป “ตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์” ได้ถูกต้อง/ สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์)

---



---



---

**3. การใช้คณิตศาสตร์**

(แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ/ อธิบายกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ชัดเจน/ ได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์)

---



---



---

**4. การอธิบายคำตอบ**

(เปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาก่อนแปลความหมาย “คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ได้ถูกต้อง)

---



---



---

แบบสัมภาษณ์กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนเป้าหมาย

วันที่ : \_\_\_\_\_ เวลา \_\_\_\_\_

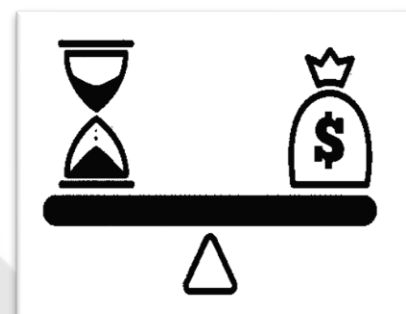
ชื่อกิจกรรม : รัชชโลภด้วยไฮบริด

ชื่อนักเรียน : \_\_\_\_\_

ประเด็นที่สัมภาษณ์		บันทึกคำตอบของนักเรียน
01	สถานการณ์นี้ต้องการหาอะไร	
02	สถานการณ์นี้กำหนดข้อมูลหรือเงื่อนไขอะไรให้บ้าง	
03	คำนวณหา “ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่น” อย่างไร	
04	ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นมีอะไรบ้าง	
05	ต้องใช้ความรู้วิชาอื่นมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงข้อนี้หรือไม่ และเป็นวิชาอะไร (ถ้ามี)	
06	ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญมีอะไรบ้าง	
07	ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ มีอะไรบ้าง	
08	นักเรียนเริ่มต้นสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร	
09	นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า คำตอบของตนเองถูกต้อง	
10	นักเรียนคิดว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบอื่นที่สามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงนี้อีกหรือไม่ อะไรบ้าง (ถ้ามี)	

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	
ช่วงที่ 2 (โครงสร้างที่ 2)	หัวข้อเรื่อง กิจกรรม “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”
ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	เวลา 180 นาที

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนในคาบนี้ มีจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก คือ เพื่อให้ให้นักเรียนได้ฝึกฝน จนมีประสบการณ์ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตจริง (Real-life problems) และกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) ปัญหาที่ใช้ในคาบเรียนนี้ได้แก่ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ซึ่งเป็นปัญหาในชีวิตจริงที่สามารถเกิดขึ้นได้ เมื่อต้องตัดสินใจว่าควรเลือกทำงานหรือเรียนต่อในสาขาใด



### 1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์: เพื่อให้นักเรียน

1.1.1 นำความรู้เกี่ยวกับ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ไปใช้ในการคำนวณหารายได้สุทธิของผู้ที่ตัดสินใจเลือกเรียนสัลดยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์ได้

1.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: เพื่อให้นักเรียน

1.2.1 ได้ลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด (กิจกรรม “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”) ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกลุ่ม

1.2.2 ได้สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่ม หน้าชั้นเรียนได้

1.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์: เพื่อให้นักเรียน

1.3.1 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นกลุ่ม

1.3.2 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเป็นกลุ่ม

1.3.3 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายหน้าชั้นเรียน

## 1.4 ด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

## 1.4.1 การทำใหม่

## 1.4.2 การเชื่อมโยง

## 1.4.3 การสะท้อนและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

## 2. สารการเรียนรู้

## 2.1 การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

การแก้สมการ คือ การหาคำตอบทั้งหมดของสมการ และสมการที่สามารถจัดอยู่ในรูป

$$ax + b = 0$$

เมื่อ  $x$  เป็นตัวแปร  $a, b$  เป็นค่าคงตัว และ  $a \neq 0$  เรียกว่าสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว  
(Linear equation with one variable)

**ตัวอย่างที่ 1** จงแก้สมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

**วิธีทำ** จากสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

นำ  $\frac{1}{2}$  มาลบทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$$

$$x = -\frac{2}{2}$$

ดังนั้น  $x = -1$

**ตรวจสอบ** แทน  $x$  ด้วย  $-1$  ในสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

จะได้  $-1 + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

$$-\frac{1}{2} = -\frac{1}{2} \text{ ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง}$$

ดังนั้น  $-1$  เป็นคำตอบของสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

**ตอบ**  $-1$

**ตัวอย่างที่ 2** จงแก้สมการ  $\frac{m}{10} = 100$

**วิธีทำ** จากสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

นำ 10 มาคูณทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\frac{m}{10} \times 10 = 100 \times 10$$

ดังนั้น  $m = 1,000$

**ตรวจสอบ** แทน m ด้วย 1,000 ในสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

จะได้  $\frac{1,000}{10} = 100$

$100 = 100$  ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง

ดังนั้น 1,000 เป็นคำตอบของสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

**ตอบ** 1,000

**ตัวอย่างที่ 3** จงแก้สมการ  $1.5y = -7.5$

**วิธีทำ** จากสมการ  $1.5y = -7.5$

นำ 1.5 มาหารทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\frac{1.5y}{1.5} = \frac{-7.5}{1.5}$$

ดังนั้น  $y = -5$

**ตรวจสอบ** แทน y ด้วย -5 ในสมการ  $1.5y = -7.5$

จะได้  $1.5 \times (-5) = -7.5$

$-7.5 = -7.5$  ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง

ดังนั้น -5 เป็นคำตอบของสมการ  $1.5y = -7.5$

**ตอบ** -5

### 3. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

- 3.1 ใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 1 “การศึกษาคือการลงทุน”
- 3.2 ใบความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”
- 3.3 ตัวอย่างการเขียนใบกิจกรรม เรื่อง “แมวจร” ตอนที่ 1 “รณรงค์ทำหมันแมวจรจัด” (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.4 ใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2 “การประกอบอาชีพที่คุ้มค่ากับการลงทุน”
- 3.5 เฉลยกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2 “การประกอบอาชีพที่คุ้มค่ากับการลงทุน” (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.6 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค สำหรับกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2 “การประกอบอาชีพที่คุ้มค่ากับการลงทุน” (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.7 แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.8 แบบสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป้าหมาย (สำหรับครูเท่านั้น)
- 3.9 เครื่องคิดเลข

### 4. กิจกรรมการเรียนรู้

#### 4.1 ขั้นนำ

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 90 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ครูจัดนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4 คน โดยที่แต่ละกลุ่มต้องประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ 1 คน ปานกลาง 2 คน และสูง 1 คน เพื่อลดความสามารถกัน

4.1.2 ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” เริ่มจากแจกใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 1 “การศึกษาคือการลงทุน” ให้นักเรียนทุกกลุ่ม จากนั้นอธิบายขั้นตอนหรือวิธีดำเนินการเรียนรู้ตามใบกิจกรรม

4.1.3 ครูให้นักเรียนชมวิดีโอที่เกี่ยวกับ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” จาก <https://www.youtube.com/watch?v=VrBWjMiRMSo> และศึกษาใบความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที) จากนั้น ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายความรู้ที่ได้จากการชมวิดีโอที่สนใจและศึกษาใบความรู้ โดยครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) ต้นทุนค่าเสียโอกาส คืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า คือต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อเราเลือกทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แล้วทำให้เราไม่สามารถทำอีกสิ่งหนึ่งได้]

(2) นักเรียนเคยเจอกับเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” หรือไม่ และเหตุการณ์หรือสถานการณ์นั้นเป็นอย่างไร

[นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้โดยอิสระ]

4.1.4 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปผลการอภิปราย และบันทึกผลการอภิปรายลงในใบกิจกรรมตอนที่ 1 (ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที) แล้วนำเสนอสถานการณ์ตัวอย่าง เรื่อง “การศึกษาระดับอุดมศึกษาเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าจริงหรือไม่”

4.1.5 ครูให้นักเรียนช่วยกันพิจารณาคำถามข้อที่ 1 ที่ถามว่า “จากข้อมูลหรือเงื่อนไขในสถานการณ์ตัวอย่าง ให้นักเรียนคำนวณหา “รายได้สุทธิ” ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ของผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงานกับเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา เป็นระยะเวลา 4 ปี หลังจากเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) “รายได้สุทธิ” คืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า รายได้สุทธิคือ รายได้ที่เหลือหลังจากหักค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แล้ว หรือสามารถคำนวณได้จาก เงินได้ – ค่าใช้จ่าย]

(2) ถ้าสมมติให้ นาย A มีเงินเดือน 1,000 บาท และมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 200 บาท นาย A จะมีรายได้สุทธิเท่าไร

[นักเรียนควรตอบว่า  $1,000 - 200 = 800$  บาท]

(3) ถ้าสมมติให้ นาย A มีเงินเดือน 1,000 บาท และมีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 1,500 บาท นาย A จะมีรายได้สุทธิเท่าไร

[นักเรียนควรตอบว่า  $1,000 - 1,500 = -500$  บาท]

(4) อัตราแรงงานขั้นต่ำสำหรับคนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายคือ 330 บาทต่อวัน ใน 1 ปี จะมีรายได้สุทธิจากการทำงานเท่าไร

[นักเรียนควรตอบว่า 118,800 บาท]

(5) ค่าเฉลี่ยของค่าบำรุงการศึกษาหรือค่าเทอมสำหรับนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาตรี คือ 40,000 บาทต่อปี รายได้สุทธิต่อปีสำหรับคนที่ศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาจะเป็นเท่าไร

[นักเรียนควรตอบว่า -40,000 บาท]

4.1.6 ครูให้เวลานักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบกิจกรรม ปรึกษาและนำแนวคิดของแต่ละคนมาแลกเปลี่ยนกันในกลุ่ม (ใช้เวลาประมาณ 5 นาที) จากนั้นตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนด้วยการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

4.1.7 เมื่อนักเรียนส่วนใหญ่เริ่มเข้าใจข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนดให้ในใบกิจกรรมแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์ตัวอย่างอีกครั้ง จากนั้นปรึกษากันภายในกลุ่มและนำแนวคิดของแต่ละคนมาแลกเปลี่ยนกัน แล้วช่วยกันระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหาและหาคำตอบปัญหาข้อที่ 1 และ 2 (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที) ในขณะที่นักเรียนกำลังลงมือทำกิจกรรมให้ครูเดินดูแล้วคอยสังเกตการมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน

4.1.8 เมื่อนักเรียนส่วนใหญ่แก้ปัญหาข้อที่ 1 และ 2 ได้แล้ว ให้ครูนำเสนอคำถามข้อที่ 3 “ถ้าเงินเดือนเฉลี่ยของผู้ที่จบปริญญาตรี คือ 15,000 บาท ผู้ที่เลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาจะต้องทำงานอีกกี่ปีจึงจะมี “รายได้สุทธิ” เท่ากับผู้ที่ตั้งใจเลือกทำงานหลังเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบ โดยใช้ทั้ง 3 ยุทธวิธี ได้แก่ ตาราง กราฟ และสมการ” แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) การหาคำตอบโดยใช้ตาราง มีวิธีการหรือขั้นตอนอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า คำนวณรายได้สุทธิจากการทำงาน และจากการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา แล้วใส่ลงในตารางเพื่อเปรียบเทียบกัน ตั้งแต่ปีที่ 1 เรื่อยไปจนถึงปีที่มีรายได้สุทธิเท่ากันหรือใกล้เคียง ก็จะได้คำตอบ]

(2) การหาคำตอบโดยใช้กราฟ มีวิธีการหรือขั้นตอนอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า จากค่าที่คำนวณได้ในตาราง ให้สร้างคู่ลำดับแล้วเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา (ปี) กับรายได้สุทธิ (บาท) ของผู้เลือกทำงานและผู้เลือกเรียนต่อระดับอุดมศึกษา จากนั้นลากเส้นเชื่อมระหว่างจุด จุดที่เส้นกราฟทั้งสองเส้นตัดกันคือปีที่รายได้สุทธิเท่ากัน]

(3) การหาคำตอบโดยใช้สมการ มีวิธีการหรือขั้นตอนอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า สมมติตัวแปรให้เป็นจำนวนปีที่รายได้สุทธิเท่ากัน จากนั้นสร้างสมการเพื่อหารายได้สุทธิของผู้ที่เลือกทำงาน และผู้เลือกเรียนต่อระดับอุดมศึกษา นำทั้งสองสมการมาเท่ากัน แล้วแก้สมการ]

4.1.9 เมื่อนักเรียนเริ่มเข้าใจยุทธวิธีต่าง ๆ แล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดและช่วยกันแก้ปัญหาและหาคำตอบของปัญหาข้อที่ 3 รวมถึงแสดงความคิดเห็นในข้อที่ 4 ในขณะที่นักเรียนกำลังลงมือทำกิจกรรมให้ครูเดินดูแล้วคอยสังเกตการณ์มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละคน (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

4.1.10 เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มทำเสร็จแล้วให้ออกมานำเสนอผลงานที่หน้าชั้นเรียน ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลงานและกล่าวสรุปแนวคิดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม จากนั้นนำเสนอตัวอย่างการเขียนใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 1

## 4.2 ชั้นสอน

ชั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 80 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ครูอธิบายแนวทางปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องช่วยกันแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดให้ เป็นกลุ่ม ได้แก่

- (1) การลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด
- (2) การสรุปและอภิปรายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- (3) การเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (ผลเฉลย) ในใบกิจกรรม
- (4) การนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน โดยเน้นย้ำว่า “ทุกคนในกลุ่มจะต้องเข้าใจผลเฉลยของกลุ่มและสามารถอธิบายได้”
- (5) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

4.2.2 ครูทบทวน “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” โดยการตั้งคำถามว่า “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญอะไรบ้าง”

[นักเรียนควรตอบว่า การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 ค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 ใช้คณิตศาสตร์ และขั้นที่ 4 อธิบายคำตอบ]

4.2.3 ครูสรุปอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ตรงกัน

4.2.4 ครูแจกใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2 “การประกอบอาชีพที่คุ้มค่ากับการลงทุน” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วนำเสนอปัญหาในชีวิตจริง “การประกอบอาชีพที่คุ้มค่ากับการลงทุน” ตลอดจนจูงใจให้นักเรียนอยากแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดผ่านการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

4.2.5 ครูดำเนินการตามขั้นตอนในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งเริ่มด้วย**ขั้นทำความเข้าใจปัญหา** โดยครูให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ของปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดอีกครั้ง แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) สถานการณ์นี้ เป็นเรื่องเกี่ยวกับอะไร

[นักเรียนควรตอบว่า การตัดสินใจเลือกสาขาที่จะศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาของบุคคลที่กำลังจะจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6]

(2) อาชีพหรือตำแหน่งในสายงานต่าง ๆ ที่ตลาดแรงงานต้องการมากที่สุดในประเทศไทย 5 อาชีพ มีอาชีพใดบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ช่างเครื่อง นักออกแบบ วิศวกรคอมพิวเตอร์ หนายความ และศัลยแพทย์]

(3) รายละเอียดของแต่ละอาชีพ ที่สถานการณ์กำหนดให้มีรายละเอียดด้านใดบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษา จำนวนปีที่เรียน และค่าบำรุงการศึกษาหรือค่าเทอม]

(4) นกดลอยากเรียนต่อทางด้านใด

[นักเรียนควรตอบว่า ศัลยแพทย์และวิศวกรคอมพิวเตอร์]

(5) สาเหตุใดที่ทำให้ นกดลลังเล และตัดสินใจไม่ได้ว่าควรเลือกเรียนต่อทางด้านใด

[นักเรียนควรตอบว่า ศัลยแพทย์ใช้เวลาเรียนนานกว่า แต่เงินเดือนมากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ ในขณะที่วิศวกรใช้เวลาเรียนน้อยกว่า แต่เงินเดือนน้อยกว่าศัลยแพทย์]

(6) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการหาคืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า ถ้า นกดลเลือกเรียนศัลยแพทย์ เขาต้องทำงานอีกกี่ปีจึงจะมีรายได้สุทธิมากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ และควรจะให้คำแนะนำให้ นกดลเลือกเรียนสาขาใด]

(7) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า รายละเอียดของแต่ละอาชีพ สาขาที่นกอกลงกำลังตัดสินใจเลือกเรียน และกำหนดให้ใช้ความรู้ เรื่อง ต้นทุนค่าเสียโอกาสในการหาคำตอบ]

4.2.6 เมื่อนักเรียนเข้าใจสถานการณ์ทั้งหมดแล้ว ครูนำนักเรียนเข้าสู่**ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์** โดยให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และมีอะไรบ้าง (ถ้ามี) แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น เช่น

(1) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้เพียงพอต่อการหาคำตอบหรือไม่

[นักเรียนควรตอบว่า ยังไม่เพียงพอ]

(2) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนต้องค้นคว้าเพิ่มเติมคืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า ข้อมูลจากใบกิจกรรมตอนที่ 1 ได้แก่ ต้นทุนค่าเสียโอกาส และยุทธวิธีในการคำนวณหารายได้สุทธิ]

4.2.7 เมื่อนักเรียนทราบว่าข้อมูลหรือเงื่อนไขใดที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมแล้ว ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากใบกิจกรรมตอนที่ 1 หรือจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก เช่น อินเทอร์เน็ต (ใช้เวลาประมาณ 8-10 นาที) จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) จากข้อมูลหรือเงื่อนไขในใบกิจกรรมตอนที่ 1 มีข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้างที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา

[นักเรียนควรตอบว่า

1. ต้นทุนค่าเสียโอกาส หรือค่าเสียโอกาส คือต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อเราเลือกทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แล้วทำให้เราไม่สามารถทำอีกสิ่งหนึ่งได้ หรือกล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าเสียโอกาสเป็นต้นทุนของการเลือก เพราะเมื่อเลือกทำสิ่งหนึ่งก็จะไม่ได้ทำอีกสิ่งหนึ่ง โดยเหตุผลหลักที่ต้องมีการเลือกเพราะทรัพยากรเป็นสิ่งที่มียู่อย่างจำกัด ทำให้เราไม่สามารถเลือกทำได้ทุกเรื่องหรือทำได้หลายเรื่องพร้อมกัน

2. การคำนวณหารายได้สุทธิ สามารถทำได้ 3 วิธีคือ ใช้ตาราง กราฟ และสมการ]

## 4.2.8 ครุณาเสนอตารางต่อไปนี้

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	ศัลยแพทย์	วิศวกรคอมพิวเตอร์
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

แล้วให้เวลานักเรียนแต่ละกลุ่มหารายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี  
 ถ้านักเลือกเรียนศัลยแพทย์เปรียบเทียบกับวิศวกรคอมพิวเตอร์ (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที)  
 จากนั้นตั้งคำถามถามนักเรียนว่า “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ของการเลือกเรียนศัลยแพทย์จะเท่ากับ  
 เท่าไร ซึ่งนักเรียนควรตอบว่า 3,200,000 บาท



(1) ปีที่เท่าไรที่รายได้สุทธิไม่ติดลบ

[นักเรียนควรตอบว่า ปีที่ 13]

(2) ปีแรกที่รายได้สุทธิไม่ติดลบ เป็นปีที่ศิษย์แพทย์ทำงานมาแล้วทั้งหมดกี่ปี

[นักเรียนควรตอบว่า 2 ปี]

(3) การแก้ปัญหา ควรใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใด ที่ง่ายและสะดวก

ที่สุด

[นักเรียนควรตอบว่า การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว]

4.2.10 ถ้ามีนักเรียนคนใดหรือกลุ่มใดสงสัยหรือไม่เข้าใจ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ให้ครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ดังรายละเอียดในสาระการเรียนรู้ หัวข้อ 2.1

4.2.11 เมื่อนักเรียนเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการคำนวณหารายได้สุทธิแล้ว ครูให้นักเรียนทุกคนพยายามค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการหาคำตอบกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาของตนเอง โดยไม่มีการปรึกษากัน (ใช้เวลาประมาณ 1-2 นาที)

4.2.12 เมื่อครูสังเกตว่านักเรียนส่วนใหญ่เริ่มคิดได้แล้ว ให้นักเรียนนำแนวคิดของตนเองมาแลกเปลี่ยนกันในกลุ่ม จนกระทั่งสามารถค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการหาคำตอบกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และ “สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ และสามารถนำไปใช้ในการค้นหาคำตอบได้

4.2.13 ถ้ามีนักเรียนกลุ่มใดมีข้อสงสัยหรือไม่สามารถปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และ “สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ได้ ครูอาจช่วยนักเรียนโดยการตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของสถานการณ์นี้ มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า วิศวกรคอมพิวเตอร์ใช้เวลาเรียน 4 ปี ค่าเทอมปีละ 40,000 บาท เงินเดือนปีละ 480,000 บาท ในขณะที่ศิษย์แพทย์ใช้เวลาเรียน 11 ปี ค่าเทอมปีละ 80,000 บาท เงินเดือนปีละ 720,000 บาท]

(2) การแก้ปัญหาี้ควรใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดที่ง่ายและสะดวกที่สุด

[นักเรียนควรตอบว่า สมการ]

(3) จากความสัมพันธ์ระหว่างรายได้สุทธิและเงินเดือน นักเรียนคิดว่า ควรปรับให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ควรปรับ

ปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า (Y)

รายได้สุทธิของวิศวกรคอมพิวเตอร์ในปีที่ n (บาท) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า ( $E_n$ )

รายได้สุทธิของศัลยแพทย์ในปีที่ n (บาท) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า ( $D_n$ )

เงินเดือนของวิศวกรคอมพิวเตอร์ต่อปี (บาท) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า (E)

เงินเดือนของศัลยแพทย์ต่อปี (บาท) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า (D) เป็นต้น]

4.2.14 ขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มกำลังปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ให้ครูเดินดูการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วคอยสังเกตการมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน

4.2.15 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้ปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ จนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้แล้ว ครูให้นักเรียนแสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างละเอียด โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้นั้น รวมทั้งสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้ ซึ่งเป็นขั้นใช้คณิตศาสตร์ จากนั้นเขียนลงในใบกิจกรรมของกลุ่ม

4.2.16 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้ว ครูให้นักเรียนทบทวนถึงสิ่งที่สถานการณ์นี้ต้องการหาคำตอบ แล้วเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ก่อน โดยการตั้งคำถามแล้วให้นักเรียนตอบ ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) ถ้าเปลี่ยน “รายได้สุทธิของทั้งสองอาชีพ” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์ได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้นมาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของรายได้สุทธิ ( $E_n$  หรือ  $D_n$ )]

(2) ถ้าเปลี่ยน “เงินเดือน” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์ได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้นมาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของเงินเดือน ( $E$  หรือ  $D$ )]

4.2.17 เมื่อเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์เรียบร้อยแล้ว ครูให้นักเรียนแปลความหมาย “คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ให้เป็น “คำตอบของปัญหาในชีวิตจริง” ซึ่งเป็น **ขั้นอธิบายคำตอบ** แล้วเขียนคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงลงใบกิจกรรม

4.2.18 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้คำตอบของปัญหาในชีวิตจริงแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่มที่หน้าชั้นเรียน หรือครูอาจใช้วิธีการสุ่มเลือกนักเรียนบางกลุ่มที่มีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่แตกต่างกัน (ถ้ามี)

4.2.19 ครูให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปราย “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของแต่ละกลุ่ม โดยประเด็นที่ใช้ในการอภิปรายมีดังนี้

- (1) ขั้นตอนใดมีความยุ่งยากซับซ้อนที่สุด ในการแก้ปัญหา เพราะเหตุใด
- (2) มีการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใดบ้างมาใช้ในการแก้ปัญหา
- (3) กลุ่มใดที่มีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้มีประสิทธิภาพที่สุด เพราะเหตุใด

(4) ถ้าเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” บางอย่างแล้ว จะส่งผลกระทบต่อ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้หรือไม่ อย่างไร

(5) การนำเสนอของกลุ่มใดที่มี “การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์” ได้ดีหรือชัดเจนที่สุด เพราะเหตุใด

#### 4.3 ชั้นสรุป

ชั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุป “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” โดยประเด็นที่ใช้ในการสรุปมีดังนี้

- (1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ต้องการหา คืออะไร
- (2) ข้อมูลและเงื่อนไขที่สำคัญของสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง
- (3) แนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง
- (4) ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้มีรูปแบบใดบ้าง
- (5) ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใดมีประสิทธิภาพที่สุด เพราะเหตุใด
- (6) ถ้าเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ปัญหาบางอย่างแล้ว “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้จะเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร
- (7) เราสามารถใช้ “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ในการค้นหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงกำหนดได้หรือไม่ เพราะเหตุใด เป็นต้น

## 5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
<p><b>ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์:</b></p> <p>1. นำความรู้เกี่ยวกับ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ไปใช้ในการคำนวณหารายได้สุทธิของผู้ที่ตัดสินใจเลือกเรียน ศัลยแพทย์กับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ได้</p>	<p><b>วิธีวัดผล:</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องของคำตอบในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2 (ข้อ 5, ข้อ 8)</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล:</b></p> <p>ใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง และครบถ้วนทุกวิธี ได้ 2 คะแนน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง บางส่วน หรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกวิธี ได้ 1 คะแนน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง ได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b></p> <p>ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>
<p><b>ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์/สมรรถนะทางคณิตศาสตร์:</b></p> <p>1. ได้ลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด (กิจกรรม “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2)</p> <p>2) ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกลุ่ม</p>	<p><b>วิธีวัดผล:</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องของคำตอบในใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล:</b></p> <p>ใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ตอนที่ 2</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b></p> <p>ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกแบบวิเคราะห์ซึ่งมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ดังตารางแนบ</p> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b></p> <p>ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 12 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>
<p>2. ได้สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่ม หน้าชั้นเรียนได้</p>	<p><b>วิธีวัดผล:</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องและชัดเจนของการอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล:</b></p> <p>แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจน จะได้ 3 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พอสื่อให้เข้าใจได้ จะได้ 2 คะแนน</li> </ul>

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด และประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
		<ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พอสื่อเข้าใจได้เพียงบางส่วน จะได้ 1 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนไม่อธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เลย จะได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b> ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>
<p><b>ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม</li> <li>2. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปรายของกลุ่ม</li> <li>3. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปรายหน้าชั้นเรียน</li> </ol>	<p><b>วิธีวัดผล:</b> พิจารณาพฤติกรรมหรือการแสดงออกของนักเรียน ขณะตอบคำถามหรือทำงานที่มอบหมายโดยมีครูเป็นผู้สังเกตแล้วบันทึกในแบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล:</b> แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b> ในแต่ละข้อของแบบสังเกตพฤติกรรม</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัด จะได้ 2 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็นเพียงเล็กน้อย จะได้ 1 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนไม่แสดงออกเลยตอบไม่ถูกต้องจะได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b> ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 2 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>

## 6. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

### 6.1 ด้านนักเรียน

(ระบุ ความรู้/ทักษะและกระบวนการ/คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนที่พบ)

---

---

---

---

---

---

---

---

### 6.2 ด้านผู้สอน

(ระบุ ปัญหาหรือผลการจัดการเรียนรู้/ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป)

---

---

---

---

---

---

---

---

### 6.3 ด้านอื่น ๆ (ถ้ามี)

---

---

---

---

---

---

---

---

ใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”	
ช่วงที่ 2 (โครงสร้างที่ 2)	ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
ตอนที่ 1 การศึกษาคือการลงทุน	
โรงเรียน.....	กลุ่มที่.....ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทำกิจกรรม.....
ชื่อ-สกุล 1. ....	3.....
2. ....	4.....

จุดประสงค์การเรียนรู้: เพื่อให้นักเรียน

คำนวณหาระยะเวลาที่สถานการณ์สองสถานการณ์จะมีรายได้สุทธิเท่ากัน

สื่ออุปกรณ์การเรียนรู้:

1. ใบความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”
2. เครื่องคิดเลข

วิธีดำเนินกิจกรรม:

ให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิดีโอที่เกี่ยวกับ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” จาก <https://www.youtube.com/watch?v=VrBWjMiRMSo> และศึกษาใบความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” แล้วร่วมกันอภิปรายความรู้เกี่ยวกับ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ในหัวข้อต่อไปนี้

1.1 ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) คืออะไร

1.2 ยกตัวอย่างเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” และสามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริงอย่างน้อย 2 เหตุการณ์

2. บันทึกผลการอภิปรายความรู้เกี่ยวกับ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”

3. คำนวณหา “รายได้สุทธิ” และ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ของสถานการณ์ตัวอย่างที่กำหนดให้ แล้วร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นว่าหลังจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายควรจะทำอะไรหรือเรียนต่อระดับอุดมศึกษา ซึ่งความคิดเห็นนี้ไม่มีผิดหรือถูกแต่ต้องอธิบายเหตุผลหรือแนวคิดประกอบ

4. นำเสนอ ร่วมกันอภิปรายแนวคิด และแสดงความคิดเห็นที่หน้าชั้นเรียน



สถานการณ์ตัวอย่าง:

### การศึกษาระดับอุดมศึกษาเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าจริงหรือไม่

เมื่อนักเรียนสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พวกเขาควรจะตัดสินใจเลือกอะไร ระหว่างเริ่มทำงานกับศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาตามมหาวิทยาลัยต่าง ๆ สำหรับประเทศไทย ถ้าคิดตามอัตราแรงงานขั้นต่ำ สำหรับคนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะอยู่ที่ 330 บาทต่อวัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของค่าบำรุงการศึกษาหรือค่าเทอมของการเรียนระดับอุดมศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหลักสูตร 4 ปี จะอยู่ที่ 40,000 บาทต่อปี

1. จากข้อมูลหรือเงื่อนไขในสถานการณ์ตัวอย่าง ให้นักเรียนคำนวณหา “รายได้สุทธิ” ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ของผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงานกับเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา เป็นระยะเวลา 4 ปี หลังจากเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

แนวคิด/วิธีการคำนวณ

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

สรุปรายได้สุทธิ

ปีที่	รายได้สุทธิจากการทำงาน (บาท)	รายได้สุทธิจากการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา (บาท)
1		
2		
3		
4		

2. จากข้อ 1 ให้นักเรียนคำนวณหา “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ของผู้ที่ตัดสินใจเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา หลังจากเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

---

---

---

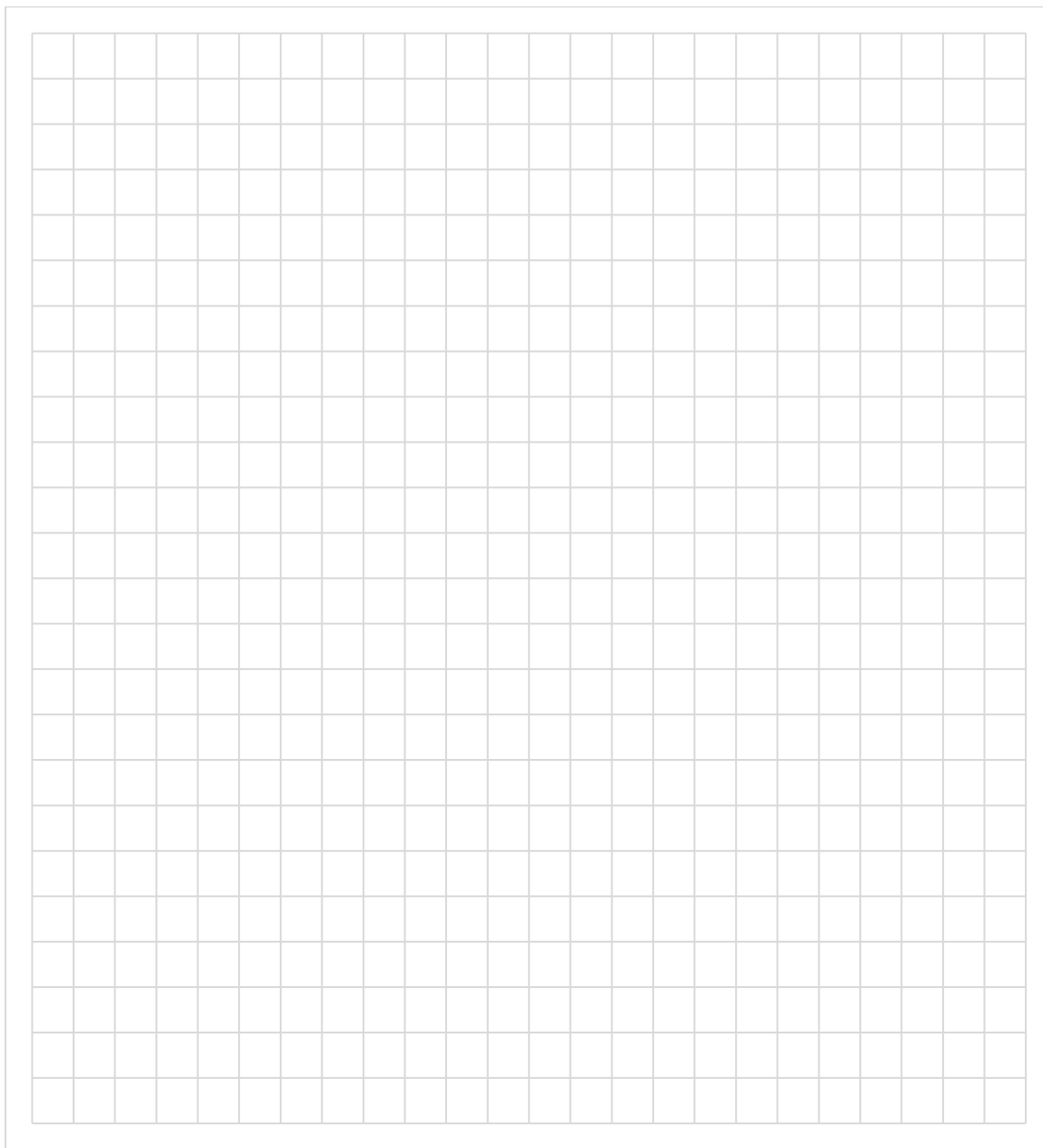
3. ถ้าเงินเดือนเฉลี่ยของผู้ที่จบปริญญาตรี คือ 15,000 บาท ผู้ที่เลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาจะต้องทำงานอีกกี่ปีจึงจะมี “รายได้สุทธิ” เท่ากับผู้ตัดสินใจเลือกทำงานหลังเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบ โดยใช้ทั้ง 3 ยุทธวิธี ได้แก่ ตาราง กราฟ และสมการ

แนวคิด/วิธีการคำนวณ

(1) ตาราง



(2) กราฟ





ตัวอย่างการเขียน ใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” (ตอนที่ 1)

บันทึกการอภิปราย:

1. ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) คืออะไร

ต้นทุนค่าเสียโอกาส หรือค่าเสียโอกาส คือต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อเราเลือกทำอะไรสิ่งหนึ่ง แล้วทำให้เราไม่สามารถทำอีกสิ่งหนึ่งได้ หรือกล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าเสียโอกาสเป็นต้นทุนของการเลือก เพราะเมื่อเลือกทำอะไรสิ่งหนึ่งก็จะไม่ได้ทำอีกสิ่งหนึ่ง โดยเหตุผลหลักที่ต้องมีการเลือกเพราะทรัพยากรเป็นสิ่งที่มียู่อย่างจำกัด ทำให้เราไม่สามารถเลือกทำได้ทุกเรื่องหรือทำได้หลายเรื่องพร้อมกัน

คำว่า "ค่าเสียโอกาส" คือ ถ้าเราเลือกลงทุนทางหนึ่งแล้วเราจะสูญเสียโอกาสที่เราจะได้รับถ้าเราเลือกลงทุนทางอื่นที่เราสละทิ้งไป ในการลงทุนเราก็จะเลือกลงทุนที่ถ้าเลือกแล้วเราจะมีค่าเสียโอกาสที่ต่ำที่สุด

2. ยกตัวอย่างเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” และสามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง อย่างน้อย 2 เหตุการณ์

ตัวอย่างที่ 1 นักร้องหรือนักแสดงที่โด่งดังมาก มีค่าตัววันละ 50,000 บาท ถ้าเลือกที่จะหยุดงานสักวันแล้วอยู่บ้านดูทีวี ค่าเสียโอกาส หรือ Opportunity Cost จะเท่ากับ 50,000 บาท อย่างไรก็ตาม หากเลือกที่จะไปทำงาน ค่าเสียโอกาสก็คือการอยู่บ้านดูทีวี และไม่ว่าจะเลือกทางไหน ค่าเสียโอกาสของทางเลือกอื่น ๆ ก็เกิดขึ้นเสมอ ดังนั้น ค่าเสียโอกาสที่แท้จริงก็คือผลตอบแทนที่ดีที่สุดในบรรดาตัวเลือกที่เราได้สละทิ้งไป

ตัวอย่างที่ 2 สมมติมีเงิน 1,000 บาทในกระเป๋า มีทางเลือก 3 ทาง คือ

1. ซื้อหนังสือการ์ตูนและเกมออนไลน์ 1,000 บาท
2. ฝากธนาคาร ได้ดอกเบี้ยร้อยละ 3 ต่อปี
3. ลงทุนหุ้น ผลตอบแทน 10% ต่อปี

ดังนั้นค่าเสียโอกาสของแต่ละทางเลือก ก็คือ ถ้าเลือกซื้อหนังสือการ์ตูนและเกมออนไลน์ ต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับผลตอบแทนหุ้น 10 % ต่อปี ถ้าเลือกฝากธนาคาร ต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับผลตอบแทนหุ้น 10 % ต่อปี ถ้าเลือกลงทุนหุ้น ต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับผลตอบแทนฝากธนาคาร 3 % ปี

### สถานการณ์ตัวอย่าง:

#### การศึกษาระดับอุดมศึกษาเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าจริงหรือไม่

เมื่อนักเรียนสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พวกเขาควรจะตัดสินใจเลือกอะไร ระหว่างเริ่มทำงานกับศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาตามมหาวิทยาลัยต่างๆ สำหรับประเทศไทย ถ้าคิดตามอัตราแรงงานขั้นต่ำ สำหรับคนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะอยู่ที่ 330 บาทต่อวัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของค่าบำรุงการศึกษาหรือค่าเทอมของการเรียนระดับอุดมศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหลักสูตร 4 ปี จะอยู่ที่ 40,000 บาทต่อปี

1. จากข้อมูลหรือเงื่อนไขในสถานการณ์ตัวอย่าง ให้นักเรียนคำนวณหา “รายได้สุทธิ” ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ของผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงานกับเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา เป็นระยะเวลา 4 ปี หลังจากเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

แนวคิด/วิธีการคำนวณ

เลือกทำงาน: รายได้วันละ 330 บาท 1 เดือน รายได้  $330 \times 30 = 9,900$  บาท  
ดังนั้นรายได้สุทธิต่อปี เท่ากับ  $9,900 \times 12 = 118,800$  บาท

เลือกศึกษาต่อ: รายจ่าย ปี ละ 40,000 บาท เป็นระยะเวลา 4 ปี ดังนั้นรายได้สุทธิต่อปีเท่ากับ  $-40,000$  บาท

สรุปรายได้สุทธิ

ปีที่	รายได้สุทธิจากการทำงาน (บาท)	รายได้สุทธิจากการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา (บาท)
1	118,800	-40,000
2	237,600	-80,000
3	356,400	-120,000
4	475,200	-160,000

2. จากข้อ 1 ให้นักเรียนคำนวณหา “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ของผู้ที่ตัดสินใจเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา หลังจากเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

แนวคิด/วิธีการคำนวณ

ต้นทุนค่าเสียโอกาสของผู้ที่ตัดสินใจเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาหลังจากเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คือเงินเดือนที่จะได้รับจากการทำงานทั้งหมด 4 ปี หลังเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเท่ากับ 475,200 บาท

3. ถ้าเงินเดือนเฉลี่ยของผู้ที่จบปริญญาตรี คือ 15,000 บาท ผู้ที่เลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาจะต้องทำงานอีกกี่ปีจึงจะมี “รายได้สุทธิ” เท่ากับผู้ตัดสินใจเลือกทำงานหลังเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบ โดยใช้ทั้ง 3 ยุทธวิธี ได้แก่ ตาราง กราฟ และสมการ

แนวคิด/วิธีการคำนวณ

เงินเดือนเฉลี่ยของผู้ที่จบปริญญาตรี คือ 15,000 บาท ต่อเดือน ดังนั้น รายได้สุทธิต่อปี คือ 180,000 บาท

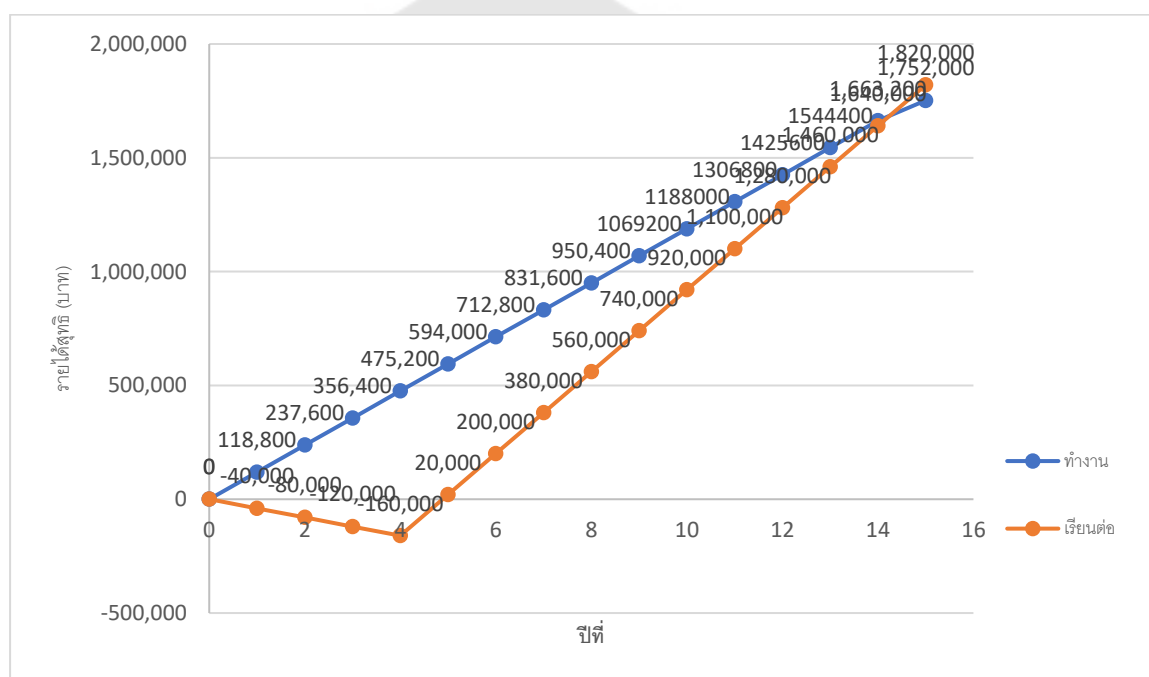
(1) ตาราง

ปีที่	รายได้สุทธิจากการทำงาน (บาท)	รายได้สุทธิจากการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา (บาท)
1	118,800	-40,000
2	237,600	-80,000
3	356,400	-120,000
4	475,200	-160,000
5	594,000	20,000
6	712,800	200,000
7	831,600	380,000
8	950,400	560,000
9	1,069,200	740,000
10	1,188,000	920,000
11	1,306,800	1,100,000
12	1,425,600	1,280,000
13	1,544,400	1,460,000
14	1,663,200	1,640,000
15	1,782,000	1,820,000

จากตาราง รายได้สุทธิของผู้ที่ตัดสินใจเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษากับผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงาน หลังเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จะเท่ากันในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งระหว่างปีที่ 14 และ 15 นั้นแสดงว่า ผู้ที่เลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาต้องทำงานอีกประมาณ 10-11 ปี จึงจะมีรายได้สุทธิเท่ากับผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงานหลังจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

## (2) นำเสนอในรูปแบบกราฟ

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา (ปี) กับรายได้สุทธิ (บาท) ของผู้ที่เลือกทำงานหลังเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และผู้ที่เลือกเรียนต่อระดับอุดมศึกษา



จากกราฟ จุดตัดของกราฟอยู่ระหว่างปีที่ 14 และ 15 หมายถึง รายได้สุทธิของผู้ที่ตัดสินใจเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษากับผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงานหลังเรียนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จะเท่ากันในช่วงใดช่วงหนึ่งระหว่างปีที่ 14 และ 15 นั้นแสดงว่า ผู้ที่เลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาต้องทำงานอีกประมาณ 10-11 ปี จึงจะมีรายได้สุทธิเท่ากับผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงานหลังจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

## (3) สมการ

สมมติให้  $x$  แทน ปีที่รายได้สุทธิของผู้ที่ตัดสินใจเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาเท่ากับ รายได้สุทธิของผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงาน โดยเริ่มคิดในปีที่เรียนระดับอุดมศึกษาชั้นปีที่ 4 เป็นปีแรก ในปีที่  $x$  รายได้สุทธิของผู้ที่ตัดสินใจเลือกเรียนต่อระดับอุดมศึกษาจะเท่ากับ

$$180,000x - 160,000 \text{ บาท}$$

และ รายได้สุทธิของผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงานจะเท่ากับ

$$118,800x + 475,200 \text{ บาท}$$

เมื่อรายได้สุทธิของผู้ที่ศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา = รายได้สุทธิของผู้ที่ทำงาน

$$\text{จะได้ว่า } 180,000x - 160,000 = 118,800x + 475,200$$

$$x = \frac{635,200}{61,200}$$

$$\approx 10.4 \text{ ปี}$$

นั่นคือ รายได้สุทธิจะเท่ากันในปีที่ 10.4

ดังนั้น ผู้ที่เลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาต้องทำงานอีกประมาณ 10.4 ปี จึงจะมีรายได้สุทธิเท่ากับผู้ที่ตัดสินใจเลือกทำงานหลังจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

4. หากนักเรียนต้องแนะนำเพื่อนหรือคนรู้จัก จะแนะนำคนเหล่านั้นว่าอย่างไร และเพราะเหตุใด (ควรเลือกทำงานหรือศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา)

-นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้หลากหลาย-

## ใบความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”

### Opportunity Cost



**ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost)** หรือค่าเสียโอกาส คือต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อเราเลือกทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แล้วทำให้เราไม่สามารถทำอีกสิ่งหนึ่งได้ หรือกล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าเสียโอกาสเป็นต้นทุนของการเลือก เพราะเมื่อเลือกทำสิ่งหนึ่งก็จะไม่ได้ทำอีกสิ่งหนึ่ง โดยเหตุผลหลักที่ต้องมีการเลือกเพราะทรัพยากรเป็นสิ่งที่มียู่อย่างจำกัด ทำให้เราไม่สามารถเลือกทำได้ทุกเรื่องหรือทำได้หลายเรื่องพร้อมกัน

### ตัวอย่าง ต้นทุนค่าเสียโอกาส

1. ให้การที่ปกติคนเราจะมีแฟนได้ครั้งละ 1 คน คือเงื่อนไขทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น ถ้าเลือก A เป็นแฟน ก็จะไม่สามารถเลือก B หรือคนอื่นเป็นแฟนได้ หรือถ้าเลือก B เป็นแฟน ก็จะไม่สามารถเลือก A หรือคนอื่นเป็นแฟนได้เช่นกัน จะเห็นว่ามีค่าเสียโอกาส คือ การที่ไม่ได้เป็นแฟนกับคนอื่นเมื่อเลือกแฟนเป็น A หรือ B
2. การที่ต้องเลือกระหว่างอ่านหนังสือหรือเล่นเกมในระหว่างช่วงสอบ การเล่นเกมก็จะทำให้เสียโอกาสอ่านหนังสือ และการอ่านหนังสือก็จะทำให้เสียโอกาสเล่นเกม
3. การเลือกงาน A ก่อนงาน B ทำให้มีโอกาที่งาน A จะกินเวลาของงาน B งานงาน B เสรีจไม่ทัน
4. คุณเป็นนักร้องหรือนักแสดงที่โด่งดังมาก มีค่าตัววันละ 50,000 บาท ถ้าคุณเลือกที่จะหยุดงานซักวันแล้วอยู่บ้านดูทีวีขึ้นมา ค่าเสียโอกาส หรือ Opportunity Cost ของคุณก็จะเท่ากับ 50,000 บาท อย่างไรก็ตาม หากคุณเลือกที่จะไปทำงาน ค่าเสียโอกาสของคุณก็คือการอยู่บ้านดูทีวี และไม่ว่าคุณจะเลือกทางไหน ค่าเสียโอกาสของทางเลือกอื่น ๆ ก็เกิดขึ้นเสมอ ดังนั้น ค่าเสียโอกาสที่แท้จริงก็คือผลตอบแทนที่ดีที่สุด ในบรรดาตัวเลือกที่เราได้สละทิ้งไป

5. สมมติมีเงิน 1,000 บาทในกระเป๋า มีทางเลือก 3 ทาง คือ

- (1) ซื้อหนังสือการ์ตูนและเกมออนไลน์ 1,000 บาท
- (2) ฝากธนาคาร ได้ดอกเบี้ยร้อยละ 3 ต่อปี
- (3) ลงทุนหุ้น ผลตอบแทน 10% ต่อปี

ดังนั้นค่าเสียโอกาสของแต่ละทางเลือก ก็คือ ถ้าเลือกซื้อหนังสือการ์ตูนและเกมออนไลน์ ต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับผลตอบแทนหุ้น 10 % ต่อปี ถ้าเลือกฝากธนาคาร ต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับผลตอบแทนหุ้น 10 % ต่อปี ถ้าเลือกลงทุนหุ้น ต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับผลตอบแทนฝากธนาคาร 3 %/ปี

คำว่า "ค่าเสียโอกาส" คือ ถ้าเราเลือกลงทุนทางหนึ่งแล้วเราจะสูญเสียโอกาสที่เราจะได้รับถ้าเราเลือกลงทุนทางอื่นที่เราสละทิ้งไป ในการลงทุนเราก็จะเลือกลงทุนที่ถ้าเลือกแล้วเราจะมีความเสียโอกาสที่ต่ำที่สุด

ใบกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส”	
ช่วงที่ 2 (โครงสร้างที่ 2)	ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
ตอนที่ 2 การประกอบอาชีพที่คุ้มค่ากับการลงทุน	
โรงเรียน.....	กลุ่มที่.....ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทำกิจกรรม.....
ชื่อ-สกุล 1. ....	3.....
2. ....	4.....

### สถานการณ์:



จากการสำรวจของ “แมนพาวเวอร์กรุ๊ป” บริษัทจัดหางานชื่อดังของไทย และกองวิจัยตลาดแรงงาน กรมการจัดหางาน กระทรวงแรงงาน ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับอาชีพหรือตำแหน่งงานในสายงานต่างๆ ที่ตลาดแรงงานต้องการมากที่สุดในประเทศไทย 5 อาชีพ ได้แก่

อาชีพ	รายได้ต่อเดือน (บาท)	ระดับการศึกษา	จำนวนปีที่เรียน	ค่าบำรุงการศึกษาหรือค่าเทอมต่อปี
ช่างเครื่อง	11,500	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	2	12,000
นักออกแบบ	35,000	ปริญญาตรี	4	42,500
วิศวกรคอมพิวเตอร์	40,000	ปริญญาตรี	4	40,000
ทนายความ	50,000	ปริญญาตรี	4	39,800
ศัลยแพทย์	60,000	ปริญญาตรี และเรียนต่อเฉพาะทาง	11	80,000

นภดลกำลังจะเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และตัดสินใจที่จะศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา เขามีความสามารถพิเศษด้านคอมพิวเตอร์และเก่งคำนวณ ในขณะที่เดียวกันก็มีความฝันอยากเป็นศัลยแพทย์มาตั้งแต่เด็ก เขารู้สึกว่าการเรียนศัลยแพทย์ใช้เวลาเรียนนานแต่ได้เงินเดือนเยอะกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ ในขณะที่วิศวกรคอมพิวเตอร์ใช้เวลาเรียนน้อยกว่า แต่กลับได้เงินเดือนน้อยกว่าศัลยแพทย์ เขายังเลือกไม่ถูกว่าควรเรียนต่อสาขาใดระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์

**คำถาม** จากความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ถ้านภดลเลือกเรียนศัลยแพทย์ เขาต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปีจึงจะมีรายได้สุทธิมากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ และถ้าจะให้คำแนะนำแก่นภดล นักเรียนจะแนะนำให้เขาเลือกเรียนสาขาใด เพราะเหตุใด

**หมายเหตุ** กิจกรรมนี้สามารถใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้

**ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)**

1. **สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)**

---



---

2. **ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)**

1. \_\_\_\_\_

---

2. \_\_\_\_\_

---

3. \_\_\_\_\_

---

4. \_\_\_\_\_

---

**ขั้นที่ 2 : ขั้นค้นหาข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)**

3. **ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)**

1. \_\_\_\_\_

---



---

2. \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---



---

4. ให้นักเรียนใช้ตารางต่อไปนี้เพื่ออธิบายว่า หลังจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ถ้านักเรียนเลือกเรียนศัลยแพทย์ รายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับวิศวกรคอมพิวเตอร์จะเป็นอย่างไร และต้นทุนค่าเสียโอกาสของนภาคจะเท่ากับเท่าไร (2 คะแนน)

ตารางเปรียบเทียบรายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี ระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	ศัลยแพทย์	วิศวกรคอมพิวเตอร์
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		

ต้นทุนค่าเสียโอกาสของนภาคจะเท่ากับ \_\_\_\_\_



6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหา คำตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

กำหนดให้

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

7. ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้คือ

เมื่อ

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

**ขั้นที่ 3 : ขั้นใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)**

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

---

---

---

---

---

---

---

---

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

**ขั้นที่ 4 : ขั้นอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)**

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## เฉลยกิจกรรม เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” (ตอนที่ 2)

**ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)**

**1. สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

จากความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ถ้านักดลเลือกเรียนศัลยแพทย์ ต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปีจึงจะมีรายได้สุทธิมากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ และควรจะแนะนำให้นักดลเลือกเรียนต่อสาขาใด อธิบายพร้อมเหตุผลประกอบ

**2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

1. อาชีพที่เป็นที่ต้องการของตลาดแรงงาน 5 อาชีพ ได้แก่ ช่างเครื่อง นักออกแบบ วิศวกรคอมพิวเตอร์ นายควม และศัลยแพทย์ พร้อมรายละเอียดของแต่ละอาชีพ ประกอบด้วย รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษา จำนวนปีที่เรียน และค่าบำรุงการศึกษาหรือค่าเทอม

2. นกดลอยู่ระหว่างการตัดสินใจว่าจะเลือกเรียนสาขาใด ระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์ เพราะวิศวกรคอมพิวเตอร์ใช้เวลาเรียนเพียง 4 ปี แต่ได้เงินเดือนน้อยกว่าศัลยแพทย์ ในขณะที่ศัลยแพทย์ใช้เวลาเรียนถึง 11 ปี แต่ได้เงินเดือนมากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์

3. ใช้ความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” คำนวณหาระยะเวลาที่ศัลยแพทย์จะมีรายได้สุทธิมากกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์

**ขั้นที่ 2 : ขั้นการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)**

**3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

1. ต้นทุนค่าเสียโอกาส หรือค่าเสียโอกาส คือต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อเราเลือกทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้วทำให้เราไม่สามารถทำอีกสิ่งหนึ่งได้ หรือกล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าเสียโอกาสเป็นต้นทุนของการเลือก เพราะเมื่อเลือกทำสิ่งหนึ่งก็จะไม่ได้ทำอีกสิ่งหนึ่ง โดยเหตุผลหลักที่ต้องมีการเลือกเพราะทรัพยากรเป็นสิ่งที่มียู่อย่างจำกัด ทำให้เราไม่สามารถเลือกทำได้ทุกเรื่องหรือทำได้หลายเรื่องพร้อมกัน

2. รายได้สุทธิ หมายถึง รายได้ที่เหลือหลังหักต้นทุน และค่าใช้จ่ายต่างๆ แล้ว

4. ให้นักเรียนใช้ตารางต่อไปนี้เพื่ออธิบายว่า หลังจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ถ้านักเรียนเลือกเรียนศัลยแพทย์ รายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับวิศวกรคอมพิวเตอร์จะเป็นอย่างไร และต้นทุนค่าเสียโอกาสของนักเรียนจะเท่ากับเท่าไร (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ศัลยแพทย์ ค่าเทอม 80,000 บาทต่อปี เงินเดือน 720,000 บาทต่อปี ในขณะที่วิศวกรคอมพิวเตอร์ ค่าเทอม 40,000 บาทต่อปี เงินเดือน 480,000 บาทต่อปี

ตารางเปรียบเทียบรายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 11 ปี ระหว่างศัลยแพทย์กับวิศวกรคอมพิวเตอร์

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	ศัลยแพทย์	วิศวกรคอมพิวเตอร์
1	-80,000	-40,000
2	-160,000	-80,000
3	-240,000	-120,000
4	-320,000	-160,000
5	-400,000	320,000
6	-480,000	800,000
7	-560,000	1,280,000
8	-640,000	1,760,000
9	-720,000	2,240,000
10	-800,000	2,720,000
11	-880,000	3,200,000

ดังนั้น ถ้านักเรียนเลือกเรียนศัลยแพทย์จะมีต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับ 3,200,000 บาท

5. จากตารางในข้อ 4 ถ้าณภคลดตัดสินใจเลือกเรียนศัลยแพทย์ หลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปี จึงจะมีรายได้สุทธิที่ไม่ติดลบ โดยให้นักเรียนคำนวณรายได้สุทธิของวิศวกรคอมพิวเตอร์ควบคู่ไปด้วย (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	ศัลยแพทย์	วิศวกรคอมพิวเตอร์
1	-80,000	-40,000
2	-160,000	-80,000
3	-240,000	-120,000
4	-320,000	-160,000
5	-400,000	320,000
6	-480,000	800,000
7	-560,000	1,280,000
8	-640,000	1,760,000
9	-720,000	2,240,000
10	-800,000	2,720,000
11	-880,000	3,200,000
12	-160,000	3,680,000
13	560,000	4,160,000

ดังนั้น ถ้าณภคลดตัดสินใจเลือกเรียนศัลยแพทย์ หลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไปอีก  $13 - 11 = 2$  ปี จึงจะมีรายได้สุทธิที่ไม่ติดลบ

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

กำหนดให้  $Y$  แทน ปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์  
 $E_n$  แทน รายได้สุทธิของวิศวกรคอมพิวเตอร์ในปีที่  $n$  (บาท)  
 $D_n$  แทน รายได้สุทธิของศัลยแพทย์ในปีที่  $n$  (บาท)  
 $E$  แทน เงินเดือนของวิศวกรต่อปี (บาท)  
 $D$  แทน เงินเดือนของศัลยแพทย์ต่อปี (บาท)

7. ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

$$Y = \frac{E_n - D_n}{D - E} \quad \text{เมื่อ } n \geq 1$$

เมื่อ  $Y$  แทน ปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์

$E_n$  แทน รายได้สุทธิของวิศวกรคอมพิวเตอร์ในปีที่  $n$  (บาท)

$D_n$  แทน รายได้สุทธิของศัลยแพทย์ในปีที่  $n$  (บาท)

$E$  แทน เงินเดือนของวิศวกรต่อปี (บาท)

$D$  แทน เงินเดือนของศัลยแพทย์ต่อปี (บาท)

ขั้นที่ 3 : ขั้นตอนการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

แนวทางการเขียนตอบ

$$Y = \frac{E_n - D_n}{D - E} \quad \text{เมื่อ } n \geq 1$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ เริ่มคิดจากปีที่ 12 (ปีแรกที่ศัลยแพทย์เริ่มทำงาน) จะได้ว่า } Y &= \frac{E_{12} - D_{12}}{D - E} \\ &= \frac{3,680,000 - 160,000}{720,000 - 480,000} \\ &= 16 \end{aligned}$$

เมื่อ  $Y$  แทน ปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์

$E_{12}$  แทน รายได้สุทธิของวิศวกรคอมพิวเตอร์ในปีที่ 12 (บาท)

$D_{12}$  แทน รายได้สุทธิของศัลยแพทย์ในปีที่ 12 (บาท)

$E$  แทน เงินเดือนของวิศวกรต่อปี (บาท)

$D$  แทน เงินเดือนของศัลยแพทย์ต่อปี (บาท)

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

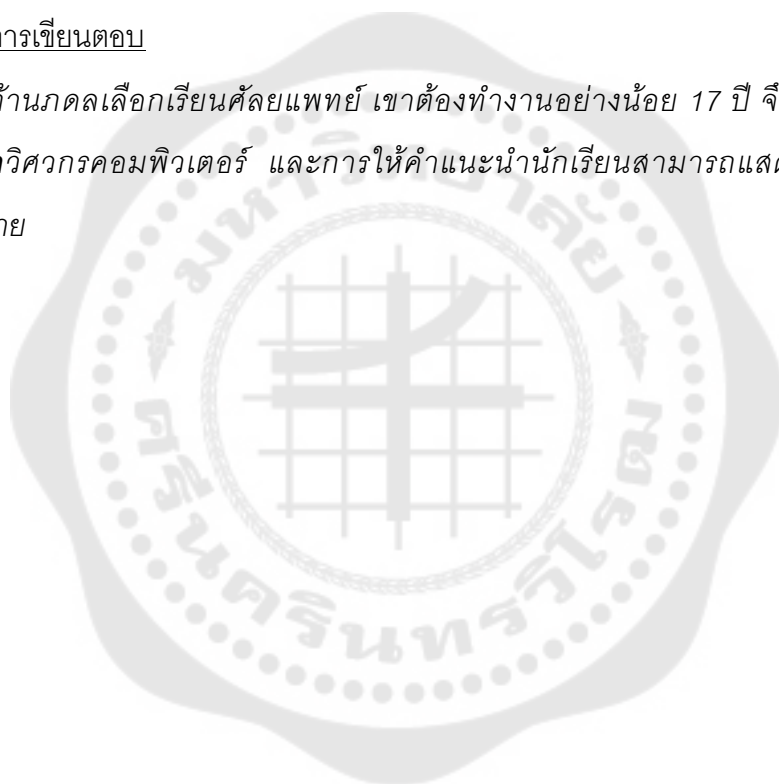
ปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์ คือ ปีที่ 16 เมื่อเริ่มคิดจากปีที่ 12 (ปีแรกที่ศัลยแพทย์เริ่มทำงาน)

**ขั้นที่ 4 : ขั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)**

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ถ้าภคตเลือกเรียนศัลยแพทย์ เขาต้องทำงานอย่างน้อย 17 ปี จึงจะมีรายได้สุทธิต่ำกว่าวิศวกรคอมพิวเตอร์ และการให้คำแนะนำนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้หลากหลาย



เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของกิจกรรม “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” (ตอนที่ 2)

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ กิจกรรม “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” (ตอนที่ 2) (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>1. ด้านการทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)</b>		
ข้อ 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้อง</li> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาไม่ถูกต้อง</li> </ul>	1 0
ข้อ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)</b>		
ข้อ 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายแนวคิดได้เพียงบางส่วน</li> <li>● อธิบายแนวคิดไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบาย</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายแนวคิดได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ หรืออธิบายแนวคิดได้ถูกต้อง ครบถ้วน เพียงกรณีใดกรณีหนึ่ง</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายแนวคิดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงและไม่อธิบาย</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ กิจกรรม “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” (ตอนที่ 2) (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน) (ต่อ)		
ข้อ 7	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
3. ด้านการใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)		
ข้อ 8	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	3
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องส่วนใหญ่	2
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง	0
ข้อ 9	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
4. ด้านการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)		
ข้อ 10	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงไม่ถูกต้อง	0

### แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

วันที่: \_\_\_\_\_ เวลา \_\_\_\_\_

ชื่อกิจกรรม: “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” (ตอนที่ 2)

ชื่อนักเรียน: 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_

ข้อ	พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง	นักเรียนคนที่				ข้อสังเกตเพิ่มเติม (ถ้ามี)
		1	2	3	4	
01	มี “ความกระตือรือร้น” ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง					
02	มี “การขีดเขียนวาดรูปประกอบ” ขณะทำความเข้าใจปัญหาในชีวิตจริง					
03	ระบุ “สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา” ได้ถูกต้อง					
04	ระบุ “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ได้ถูกต้อง					
05	อธิบาย “แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์” ได้ถูกต้องชัดเจน					
06	อธิบาย “ความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาในชีวิตจริงต้องการหา กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง” ได้ถูกต้อง					
07	เปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้					
08	เข้าใจ “ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง” เป็นอย่างดี					
09	เลือกใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ได้เหมาะสม					
10	สร้าง “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ได้ถูกต้องชัดเจน					
11	ลงมือ “แก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ได้อย่างเป็นระบบ					
12	เขียน “แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ได้ถูกต้อง					
13	เขียน “อธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ได้อย่างชัดเจน					
14	มี “ความพยายาม” ที่จะแก้ปัญหาด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อื่น เมื่อติดขัด					
15	ระบุ “คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ได้ถูกต้อง					
16	มี “การเปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริงก่อน”					
17	แปลความหมาย “คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ให้เป็น “คำตอบของปัญหาในชีวิตจริง” ได้ถูกต้อง					
18	มี “ส่วนร่วมและความรับผิดชอบ” ในการแก้ปัญหาของกลุ่ม					
19	มี “ส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปราย” ของกลุ่ม					
20	มี “ส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปราย” ของชั้นเรียน					

การให้คะแนน 0 → ไม่มี 1 → มีน้อย 2 → มีมาก

**พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง**

**1. การทำความเข้าใจปัญหา**

(ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา/ ข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์/ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์)

---



---



---

**2. การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์**

(เปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์” ให้อยู่ในรูป “ตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์” ได้ถูกต้อง/ สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์)

---



---



---

**3. การใช้คณิตศาสตร์**

(แก้ปัญหอย่างเป็นระบบ/ อธิบายกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ชัดเจน/ ได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์)

---



---



---

**4. การอธิบายคำตอบ**

(เปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาก่อนแปลความหมาย “คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ได้ถูกต้อง)

---



---



---

**แบบสัมภาษณ์กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์  
เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนเป้าหมาย**

วันที่: \_\_\_\_\_ เวลา \_\_\_\_\_

ชื่อกิจกรรม: “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” (ตอนที่ 2)

ชื่อนักเรียน: \_\_\_\_\_

ประเด็นที่สัมภาษณ์		บันทึกคำตอบของนักเรียน
01	สถานการณ์นี้ต้องการหาอะไร	
02	สถานการณ์นี้กำหนดข้อมูลหรือเงื่อนไขอะไรให้บ้าง	
03	คำถามหา “ปีที่รายได้สุทธิของศัลยแพทย์จะเท่ากับวิศวกรคอมพิวเตอร์” อย่างไร	
04	ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณหารายได้สุทธิของทั้งสองอาชีพมีอะไรบ้าง	
05	ต้องใช้ความรู้วิชาอื่นมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงข้อนี้หรือไม่ และเป็นวิชาอะไร (ถ้ามี)	
06	ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญมีอะไรบ้าง	
07	ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ มีอะไรบ้าง	
08	นักเรียนเริ่มต้นสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร	
09	นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า คำตอบของตนเองถูกต้อง	
10	นักเรียนคิดว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบอื่นที่สามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงนี้อีกหรือไม่ (ถ้ามี)	

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

ช่วงที่ 3 (โครงสร้างที่ 2)

หัวข้อเรื่อง กิจกรรม “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน”

ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เวลา 180 นาที



กิจกรรมการเรียนรู้การสอนในคาบนี้ มีจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก คือ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝน จนมีประสบการณ์และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาในชีวิตจริง (Real-life problems) และกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical modeling) ปัญหาที่ใช้ในคาบเรียนนี้ได้แก่ “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ซึ่งเป็นปัญหาในชีวิตจริงที่สามารถเกิดขึ้นได้ เมื่อต้องตัดสินใจว่าหลอดไฟประเภทไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

#### 1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์: เพื่อให้นักเรียน

1.1.1 นำความรู้เกี่ยวกับ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ไปใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่าย ซึ่งได้แก่ ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้าได้

1.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: เพื่อให้นักเรียน

1.2.1 ได้ลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด (กิจกรรม “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน”) ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกลุ่ม

1.2.2 ได้สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่ม หน้าชั้นเรียนได้

1.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์: เพื่อให้นักเรียน

1.3.1 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นกลุ่ม

1.3.2 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายเป็นกลุ่ม

1.3.3 มีส่วนร่วมและรับผิดชอบในการอภิปรายหน้าชั้นเรียน

1.4 ด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

1.4.1 การทำใหม่

1.4.2 การเชื่อมโยง

## 1.4.3 การสะท้อนและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

## 2. สารการเรียนรู้

## 2.1 การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

การแก้สมการ คือ การหาคำตอบทั้งหมดของสมการ และสมการที่สามารถจัดอยู่ในรูป

$$ax + b = 0$$

เมื่อ  $x$  เป็นตัวแปร  $a, b$  เป็นค่าคงตัว และ  $a \neq 0$  เรียกว่าสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

(Linear equation with one variable)

**ตัวอย่างที่ 1** จงแก้สมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

**วิธีทำ** จากสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

นำ  $\frac{1}{2}$  มาลบทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\begin{aligned} x + \frac{1}{2} &= -\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \\ x &= -\frac{2}{2} \end{aligned}$$

ดังนั้น  $x = -1$

**ตรวจสอบ** แทน  $x$  ด้วย  $-1$  ในสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

จะได้  $-1 + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

$$-\frac{1}{2} = -\frac{1}{2} \text{ ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง}$$

ดังนั้น  $-1$  เป็นคำตอบของสมการ  $x + \frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$

**ตอบ**  $-1$

**ตัวอย่างที่ 2** จงแก้สมการ  $\frac{m}{10} = 100$

**วิธีทำ** จากสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

นำ 10 มาคูณทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\frac{m}{10} \times 10 = 100 \times 10$$

ดังนั้น

$$m = 1,000$$

**ตรวจสอบ** แทน m ด้วย 1,000 ในสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

จะได้  $\frac{1,000}{10} = 100$

$$100 = 100 \quad \text{ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง}$$

ดังนั้น 1,000 เป็นคำตอบของสมการ  $\frac{m}{10} = 100$

**ตอบ** 1,000

**ตัวอย่างที่ 3** จงแก้สมการ  $1.5y = -7.5$

**วิธีทำ** จากสมการ  $1.5y = -7.5$

นำ 1.5 มาหารทั้งสองข้างของสมการ จะได้

$$\frac{1.5y}{1.5} = \frac{-7.5}{1.5}$$

ดังนั้น

$$y = -5$$

**ตรวจสอบ** แทน y ด้วย -5 ในสมการ  $1.5y = -7.5$

จะได้  $1.5 \times (-5) = -7.5$

$$-7.5 = -7.5 \quad \text{ซึ่งเป็นสมการที่เป็นจริง}$$

ดังนั้น -5 เป็นคำตอบของสมการ  $1.5y = -7.5$

**ตอบ** -5

### 3. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

3.1 ใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 1 “การทดสอบกำลังไฟ (วัตต์) ของหลอดไฟแต่ละประเภท”

3.2 ตัวอย่างการเขียนใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 1 “การทดสอบกำลังไฟ (วัตต์) ของหลอดไฟแต่ละประเภท” (สำหรับครูเท่านั้น)

3.3 หลอดไฟพร้อมกล่องบรรจุ (ขั้วเกลียวชนิด E27) 4 ประเภท ได้แก่ หลอดไส้ หลอดตะเกียบ หลอดฮาโลเจน และหลอดแอลอีดี (ควรปิดบังยี่ห้อของหลอดที่กล่องและตัวหลอดไฟด้วยเทปกาว)

3.4 ขั้วหลอดไฟ (ขั้วเกลียวชนิด E27) แบบมีสาย

3.5 เครื่องวัดกำลังไฟ (Watt meter)

3.6 เครื่องวัดความสว่าง (Lux meter)

3.7 ใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 2 “เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท”

3.8 ตัวอย่างการเขียนใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 2 “เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท” (สำหรับครูเท่านั้น)

3.9 ใบความรู้ เรื่อง “คู่มือการเลือกหลอดไฟ”

3.10 ใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3 “หลอดไฟประเภทไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด”

3.11 เฉลยกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3 “หลอดไฟประเภทไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด” (สำหรับครูเท่านั้น)

3.12 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค สำหรับกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3 “หลอดไฟประเภทไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด” (สำหรับครูเท่านั้น)

3.13 แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (สำหรับครูเท่านั้น)

3.14 แบบสัมภาษณ์กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป้าหมาย (สำหรับครูเท่านั้น)

3.15 เครื่องคิดเลข

## 4. กิจกรรมการเรียนรู้

### 4.1 ขั้นนำ

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 90 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ครูจัดนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4 คน โดยที่แต่ละกลุ่มต้องประกอบด้วยนักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ 1 คน ปานกลาง 2 คน และสูง 1 คน เพื่อทดสอบความสามารถกัน

4.1.2 ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” เริ่มจากแจกใบกิจกรรม เรื่อง “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 1 “การทดสอบกำลังไฟ (วัตต์) ของหลอดไฟแต่ละประเภท” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วอธิบายขั้นตอนหรือวิธีดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามใบกิจกรรม

4.1.3 ครูให้นักเรียนรับสื่ออุปกรณ์ ตามรายการที่ระบุในใบกิจกรรม กลุ่มละ 1 ชุด หลังจากตรวจสอบความครบถ้วนของอุปกรณ์แล้ว ครูให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทดสอบ หลอดไฟ แอลซีดี 3 ยี่ห้อ ได้แก่ Lekise, Nagas และ Panasonic จากวีดิทัศน์ <https://www.youtube.com/watch?v=RQfPcz6Cw34> พร้อมจดบันทึก กำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อลงในใบกิจกรรม (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที) ในประเด็นดังต่อไปนี้

- (1) เปรียบเทียบกำลังไฟที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ
- (2) สรุปความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ

4.1.4 ครูให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท (ใช้เวลาประมาณ 10 นาที) ใน 2 ประเด็น ดังนี้

- (1) กำลังไฟที่ใช้จริง (วัตต์)
- (2) ความสว่างของหลอดไฟเมื่อเปิดใช้งาน

4.1.5 ครูให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดไฟ พร้อมจดบันทึกขั้นตอนต่าง ๆ ลงในใบกิจกรรม (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที) ในขณะที่นักเรียนทำการทดลองให้ครูเดินดูแล้วคอยสังเกตการมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการทำกิจกรรม รวมถึงให้คำแนะนำนักเรียนแต่ละกลุ่มเมื่อมีข้อสงสัย

4.1.6 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองและบันทึกผลการทดลองเรียบร้อยแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอการขั้นตอน/วิธีการทดลอง ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลองของกลุ่มที่หน้าชั้นเรียน

4.1.7 ครูให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการทดลองในประเด็นดังต่อไปนี้

(1) ค่ากำลังไฟที่ใช้ ระหว่างค่าที่ระบุอยู่บนกล่องบรรจุกับค่าที่ได้จากการวัดเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

(2) หลอดที่กินไฟมากที่สุด คือหลอดใด เพราะเหตุใด

(3) หลอดที่กินไฟน้อยที่สุด คือหลอดใด เพราะเหตุใด

(4) หลอดที่ให้แสงสว่างมากที่สุด คือหลอดใด เพราะเหตุใด

(5) หลอดที่ให้แสงสว่างน้อยที่สุด คือหลอดใด เพราะเหตุใด

4.1.8 ครูแจกใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 2 “เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วอธิบายขั้นตอน/วิธีดำเนินกิจกรรมตามใบกิจกรรม

4.1.9 ครูให้นักเรียนศึกษาลักษณะสำคัญของหลอดไฟ 4 ประเภทได้แก่ หลอดไส้ หลอดตะเกียบ หลอดฮาโลเจน และหลอดแอลอีดี จากวิดีโอที่ <https://www.youtube.com/watch?v=mfzcB2Uz15Q> หลังจากนั้นครูให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปราย “ลักษณะสำคัญของหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท” โดยประเด็นที่ใช้ในการอภิปราย มีดังนี้

(1) สีของแสงหลอดไฟ

(2) วัสดุที่ใช้ในการผลิตหลอดไฟ

(3) ความร้อนของหลอดไฟ

(4) การใช้พลังงานไฟฟ้า (กินไฟมาก/น้อย)

(5) อายุการใช้งาน

(6) ลักษณะของการใช้งาน เช่น ในบ้าน โรงงาน หรือร้านอาหาร

(7) ประเด็นอื่น ๆ เพิ่มเติมตามความเหมาะสม

4.1.10 ครูแจกใบความรู้ เรื่อง “คู่มือการเลือกหลอดไฟ” ให้นักเรียนทุกคนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของหลอดไฟ ควบคู่กับการค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ภายนอก เช่น อินเทอร์เน็ต พร้อมเน้นย้ำให้นักเรียนสังเกตข้อความและสัญลักษณ์ต่างๆ ที่อยู่บนหลอดไฟ

และกล่องบรรจุหลอดไฟ แล้วให้นักเรียนช่วยกันสรุปและเขียนข้อสรุปลงในใบกิจกรรม (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

4.1.11 ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ข้อดี ข้อจำกัดของหลอดไฟแต่ละประเภท แล้วสรุปและบันทึกลงในใบกิจกรรม (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

4.1.12 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่ม วิเคราะห์ข้อดี ข้อจำกัดของหลอดไฟครบทุกประเภทแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอข้อดีและข้อจำกัดของหลอดไฟแต่ละประเภทที่หน้าชั้นเรียน

4.1.13 ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปคุณสมบัติ ข้อดี และข้อจำกัดของหลอดไฟแต่ละประเภท ในประเด็นดังต่อไปนี้

- (1) วัสดุที่ใช้ในการผลิตหลอดไฟ
- (2) ความร้อนของหลอดไฟ
- (3) สีของแสงหลอดไฟ
- (4) การใช้พลังงานไฟฟ้า
- (5) อายุการใช้งาน
- (6) ลักษณะของการใช้งาน
- (7) ตัวอย่างข้อดี และข้อจำกัดของหลอดไฟแต่ละประเภท

## 4.2 ขั้นสอน

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 80 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ครูอธิบายแนวทางปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องช่วยกันแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดให้ เป็นกลุ่ม ได้แก่

- (1) การลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด
- (2) การสรุปและอภิปรายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- (3) การเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (ผลเฉลย) ในใบกิจกรรม
- (4) การนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน โดยเน้นย้ำว่า “ทุกคนในกลุ่มจะต้องเข้าใจผลเฉลยของกลุ่มและสามารถอธิบายได้”

(5) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย (ถ้ามี)

4.2.2 ครูทบทวน “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” โดยการตั้งคำถามว่า “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญอะไรบ้าง”

[นักเรียนควรตอบว่า การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 ค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 ใช้คณิตศาสตร์ และขั้นที่ 4 อธิบายคำตอบ]

4.2.3 ครูสรุปอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ตรงกัน

4.2.4 ครูแจกใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3 “หลอดไฟประเภทไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วนำเสนอปัญหาในชีวิตจริง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3 “หลอดไฟประเภทไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด” ตลอดจนจูงใจให้นักเรียนอยากแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดผ่านการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

4.2.5 ครูดำเนินการตามขั้นตอนในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งเริ่มด้วยขั้นทำความเข้าใจปัญหา โดยครูให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ของปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนดอีกครั้ง แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) สถานการณ์นี้ เป็นเรื่องเกี่ยวกับอะไร

[นักเรียนควรตอบว่า การติดตั้งหลอดไฟภายในโคมออพฟิศ]

(2) โคมออพฟิศมีลักษณะเป็นอย่างไร และต้องการติดตั้งหลอดไฟที่มีคุณสมบัติอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า โคมออพฟิศมีจำนวนห้องทั้งหมด 5 ห้อง แต่ละห้องต้องใช้หลอดไฟชนิดหัวเกลียวชนิด E27 ปริมาณแสงภายในห้องอยู่ที่ 8,600 ลูเมน และการใช้งานโดยเฉลี่ยคือ ห้องละ 8 ชั่วโมง]

(3) รัยขายอุปกรณ์ไฟฟ้าเสนอรายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภทในด้านใดบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ราคา กำลังไฟ ใ้เกลียว ปริมาณแสง และอายุการใช้งาน]

(4) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการหาคืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า หลอดไฟชนิดใดที่จะช่วยประหยัดค่าหลอดไฟและค่าไฟฟ้าต่อปีมากที่สุด]

(5) “ความประหยัด” ในสถานการณ์นี้ ต้องพิจารณาจากสิ่งใด

[นักเรียนควรตอบว่า ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการติดตั้งและการใช้งานหลอดไฟ ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟมาติดตั้ง และค่าไฟที่เกิดจากการเปิดใช้งานหลอดไฟ]

(6) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ลักษณะของโคมออปติค คุณสมบัติของหลอดไฟที่ต้องการติดตั้ง รายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภท]

4.2.6 เมื่อนักเรียนเข้าใจสถานการณ์ที่กำหนดแล้ว ครูนำนักเรียนเข้าสู่ขั้น **ค้นหาข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์** โดยให้นักเรียนแต่ละคนพิจารณาว่า “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และมีอะไรบ้าง (ถ้ามี) แล้วตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น เช่น

(1) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้เพียงพอต่อการหาคำตอบหรือไม่

[นักเรียนควรตอบว่า ยังไม่เพียงพอ]

(2) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนต้องค้นคว้าเพิ่มเติมคืออะไร

[นักเรียนควรตอบว่า ความหมายของปริมาณแสง ความหมายของกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ]

4.2.7 เมื่อนักเรียนทราบว่าข้อมูลหรือเงื่อนไขใดที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมแล้ว ครูให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากใบกิจกรรมตอนที่ 1 และตอนที่ 2 (ใช้เวลาประมาณ 5 นาที) จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) จากข้อมูลในใบกิจกรรมตอนที่ 1 และ 2 “ปริมาณแสง” มีความหมายว่าอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า ปริมาณแสงเป็นปริมาณที่จะบอกค่าหลอดไฟให้ ความสว่างมากน้อยเพียงใด มีหน่วยเป็นลูเมน (lumen)]

(2) จากข้อมูลในใบกิจกรรมตอนที่ 1 และ 2 “กำลังไฟฟ้า” มีความหมายว่าอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า กำลังไฟฟ้าเป็นค่าที่บอกว่าหลอดไฟต้องใช้กำลังไฟเท่าใดในการทำงาน มีหน่วยเป็น “วัตต์” (w)]

(3) นักเรียนมีลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าไฟที่เกิดจากการใช้งานหลอดไฟแต่ละประเภท ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด และขั้นตอนที่ 4 พิจารณาเลือกหลอดไฟที่คุ้มค่า/ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด]

(4) นักเรียนมีแนวทางในการคำนวณค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟในระยะเวลา 1 ปี อย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า นำค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟครั้งแรกไปรวมกับค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟครั้งถัดไป (กรณีหลอดไฟหมดอายุการใช้งานก่อนระยะเวลา 1 ปี)]

(5) นักเรียนมีแนวทางในการคำนวณค่าไฟจากหลอดไฟแต่ละประเภทอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า เริ่มจากคำนวณหาค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท แล้วคำนวณหาค่าไฟในระยะเวลา 12 เดือน (ต่อปี) ของหลอดไฟแต่ละประเภท]

(6) ค่าใช้จ่ายรวมหรือค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้งานหลอดไฟ ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟรวมกับค่าไฟในระยะเวลา 1 ปี]

(7) นักเรียนมีหลักในการพิจารณาเลือกหลอดไฟอย่างไร

[นักเรียนควรตอบว่า ควรเลือกหลอดไฟที่มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุดในระยะเวลา 1 ปี]

4.2.8 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟและค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท (ใช้เวลาประมาณ 20 นาที) ขณะที่นักเรียนทุกกลุ่มกำลังคำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟและค่าไฟต่อเดือน ให้ครูเดินดูการทำงานของ

นักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วคอยสังเกตการมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบของนักเรียนแต่ละคน รวมถึงให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนมีข้อสงสัย

4.2.9 เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภทเสร็จแล้ว ครูตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบและแสดงความคิดเห็น ดังนี้

(1) หลอดไฟชนิดใด ที่หมดอายุการใช้งานก่อนระยะเวลา 1 ปี

[นักเรียนควรตอบว่า หลอดไส้]

(2) หลอดไฟชนิดใด ที่มีค่าใช้จ่ายรวมจากการซื้อหลอดไฟในระยะเวลา 1 ปี มากที่สุดและน้อยที่สุดตามลำดับ

[นักเรียนควรตอบว่า หลอดที่ค่าใช้จ่ายรวมมากที่สุด คือ หลอดตะเกียบ และหลอดที่ค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุด คือ หลอดไส้]

(3) หลอดไฟชนิดใด มีค่าไฟต่อเดือนสูงที่สุด และต่ำที่สุด ตามลำดับ

[นักเรียนควรตอบว่า หลอดฮาโลเจนมีค่าไฟต่อเดือนสูงสุด และหลอดตะเกียบมีค่าไฟต่ำสุด]

(4) การแก้ปัญหานี้ ให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใด

[นักเรียนควรตอบว่า การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว]

4.2.10 ถ้ามีนักเรียนคนใดหรือกลุ่มใดสงสัยหรือไม่เข้าใจ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ให้ครูทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ดังรายละเอียดในสาระการเรียนรู้ หัวข้อ 2.1

4.2.11 เมื่อนักเรียนเข้าใจวิธีการคำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภทแล้ว ครูให้นักเรียนทุกคนพยายามค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการหาคำกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาของตนเอง โดยไม่มีการปรึกษากัน (ใช้เวลาประมาณ 1-2 นาที)

4.2.12 เมื่อครูสังเกตว่านักเรียนส่วนใหญ่เริ่มคิดได้แล้ว ให้นักเรียนนำแนวคิดของตนมาแลกเปลี่ยนกันในกลุ่ม จนกระทั่งสามารถค้นหาความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการหาคำกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ได้ หลังจากนั้นให้นักเรียนทำการปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ให้อยู่ในรูปของตัวตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทาง

คณิตศาสตร์ และ “สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สอดคล้องกับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ และสามารถนำไปใช้ในการค้นหาคำตอบได้

4.2.13 ถ้ามีนักเรียนกลุ่มใดมีข้อสงสัยหรือไม่สามารถปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และ “สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ได้ ครูอาจช่วยนักเรียนโดยการตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญของสถานการณ์นี้ มีอะไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ลักษณะของไฮมออฟฟิศ คุณสมบัติของหลอดไฟที่ต้องการติดตั้ง รายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภท]

(2) “ความประหยัด” ในสถานการณ์นี้ ต้องพิจารณาจากสิ่งใด

[นักเรียนควรตอบว่า ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดจากการติดตั้งและการใช้งานหลอดไฟ ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟมาติดตั้ง และค่าไฟที่เกิดจากการเปิดใช้งานหลอดไฟ]

(3) การคำนวณหาจำนวนหลอดไฟที่ต้องใช้ในการติดตั้งทั้งหมด ต้องอาศัยข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ปริมาณแสง จำนวนห้องที่ต้องทำการติดตั้ง ราคาหลอดไฟ และอายุการใช้งานของหลอดไฟแต่ละประเภท]

(4) การคำนวณค่าไฟ ต้องอาศัยข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า กำลังไฟ จำนวนชั่วโมงการใช้งานโดยเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการคิดค่าไฟของการไฟฟ้า]

(5) จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าหลอดไฟและค่าไฟ นักเรียนคิดว่าควรปรับให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างไรบ้าง

[นักเรียนควรตอบว่า ควรปรับ

ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา  $t$  เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ  $i$  ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า ( $P_i$ )

จำนวนของหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า ( $n$ )

จำนวนครั้งที่ทำการติดตั้งหลอดไฟ (ครั้ง) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า ( $m$ )

ระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า ( $h$ )

ค่าไฟต่อยูนิตต่อเดือน ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า ( $u$ )

ระยะเวลาทั้งหมด (เดือน) ให้อยู่ในรูปของตัวไม่ทราบค่า ( $t$ ) เป็นต้น]

4.2.14 ขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มกำลังปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ครูเดินดูการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม แล้วคอยสังเกตการมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน

4.2.15 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้ปรับเปลี่ยนปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ จนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้แล้ว ครูให้นักเรียนแสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างละเอียด โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้นั้น รวมทั้งสรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้ ซึ่งเป็น **ขั้นใช้คณิตศาสตร์** จากนั้นเขียนลงในใบกิจกรรมของกลุ่ม

4.2.16 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้ว ครูให้นักเรียนทบทวนถึงสิ่งที่สถานการณ์นี้ต้องการหาคำตอบ แล้วเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ก่อน โดยการตั้งคำถามแล้วให้นักเรียนตอบ ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) ถ้าเปลี่ยน “จำนวนหลอดไฟ” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้นมาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของจำนวนหลอดไฟ ( $n$ )]

(2) ถ้าเปลี่ยน “จำนวนครั้งที่ทำการติดตั้งหลอดไฟ” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้นมาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของจำนวนครั้งที่ทำการติดตั้งหลอดไฟ ( $n$ )]

(3) ถ้าเปลี่ยน “ระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้นมาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน ( $m$ )]

(4) ถ้าเปลี่ยน “ค่าไฟต่อยูนิตต่อเดือน” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้นมาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของค่าไฟต่อยูนิตต่อเดือน ( $u$ )]

(5) ถ้าเปลี่ยน “ระยะเวลาทั้งหมด” โดยข้อมูลและเงื่อนไขอื่นของสถานการณ์ยังคงเหมือนเดิม นักเรียนยังสามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้มาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมได้หรือไม่ และอย่างไร จงอธิบาย

[นักเรียนควรตอบว่า สามารถใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เดิมที่สร้างขึ้นมาได้ เพียงเปลี่ยนค่าของระยะเวลาทั้งหมด ( $t$ )]

4.2.17 เมื่อเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์เรียบร้อยแล้ว ครูให้นักเรียนแปลความหมาย “คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ให้เป็น “คำตอบของปัญหาในชีวิตจริง” ซึ่งเป็น **ขั้นอธิบายคำตอบ** แล้วเขียนคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงลงไปกิจกรรม

4.2.18 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้คำตอบของปัญหาในชีวิตจริงแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่มที่หน้าชั้นเรียน หรือครูอาจใช้วิธีการสุ่มเลือกนักเรียนบางกลุ่มที่มีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่แตกต่างกัน (ถ้ามี)

4.2.19 ครูให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปราย “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของแต่ละกลุ่ม โดยประเด็นที่ใช้ในการอภิปรายมีดังนี้

- (1) ขั้นตอนใดมีความยุ่งยากซับซ้อนที่สุด ในการแก้ปัญหา เพราะเหตุใด
- (2) มีการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใดบ้างมาใช้ในการแก้ปัญหา
- (3) กลุ่มใดที่มีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้มีประสิทธิภาพที่สุด เพราะเหตุใด

(4) ถ้าเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” บางอย่างแล้ว จะส่งผลต่อ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้หรือไม่ อย่างไร

(5) การนำเสนอของกลุ่มใดที่มี “การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์” ได้ดีหรือชัดเจนที่สุด เพราะเหตุใด

### 4.3 ชั้นสรุป

ชั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุป “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” โดยประเด็นที่ใช้ในการสรุปมีดังนี้

- (1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ต้องการหา คืออะไร
- (2) ข้อมูลและเงื่อนไขที่สำคัญของสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง
- (3) แนวคิดหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้มีอะไรบ้าง
- (4) ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์นี้มีรูปแบบใดบ้าง
- (5) ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใดมีประสิทธิภาพที่สุด เพราะเหตุใด
- (6) ถ้าเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไข” ของสถานการณ์ปัญหาบางอย่างแล้ว “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ที่สร้างได้จะเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร
- (7) เราสามารถใช้ “การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ในการค้นหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงกำหนดได้หรือไม่ เพราะเหตุใด เป็นต้น

## 5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
<p><b>ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์:</b></p> <p>1. นำความรู้เกี่ยวกับ “การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว” ไปใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา t เดือน ของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อได้</p>	<p><b>วิธีวัดผล:</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องของคำตอบในใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3 (ข้อ 5, ข้อ 8)</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล:</b></p> <p>ใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องและครบถ้วนทุกวิธี ได้ 2 คะแนน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องบางส่วน หรือแสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกวิธี ได้ 1 คะแนน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้องหรือไม่แสดง ได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b></p> <p>ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>
<p><b>ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์/สมรรถนะทางคณิตศาสตร์:</b></p> <p>1. ได้ลงมือแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่กำหนด (กิจกรรม หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3) ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกลุ่ม</p>	<p><b>วิธีวัดผล:</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องของคำตอบในใบกิจกรรม เรื่อง หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล:</b></p> <p>ใบกิจกรรม เรื่อง หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” ตอนที่ 3</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b></p> <p>ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกแบบวิเคราะห์ซึ่งมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน ดังตารางแนบ</p> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b></p> <p>ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 12 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>
<p>2. ได้สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอ “กระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของกลุ่ม หน้าชั้นเรียนได้</p>	<p><b>วิธีวัดผล:</b></p> <p>พิจารณาความถูกต้องและชัดเจนของการอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและชัดเจน จะได้ 3 คะแนน</li> </ul>

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัดและประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
	<p><b>เครื่องมือวัดผล:</b></p> <p>แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พอสื่อให้เข้าใจได้ จะได้ 2 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนอธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พอสื่อเข้าใจได้เพียงบางส่วน จะได้ 1 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนไม่อธิบายและนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เลย จะได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b></p> <p>ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>
<p><b>ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม</li> <li>2. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปรายของกลุ่ม</li> <li>3. มีส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปรายหน้าชั้นเรียน</li> </ol>	<p><b>วิธีวัดผล:</b></p> <p>พิจารณาพฤติกรรมหรือการแสดงออกของนักเรียน ขณะตอบคำถามหรือทำงานที่มอบหมายโดยมีครูเป็นผู้สังเกตแล้วบันทึกในแบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p> <p><b>เครื่องมือวัดผล:</b></p> <p>แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</p>	<p><b>เกณฑ์การให้คะแนน:</b></p> <p>ในแต่ละข้อของแบบสังเกตพฤติกรรม</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัด จะได้ 2 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็นเพียงเล็กน้อย จะได้ 1 คะแนน</li> <li>● ถ้านักเรียนไม่แสดงออกเลย ตอบไม่ถูกต้องจะได้ 0 คะแนน</li> </ul> <p><b>เกณฑ์การประเมินผล:</b></p> <p>ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 2 คะแนน ถือว่าผ่าน</p>

## 6. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

### 6.1 ด้านนักเรียน

(ระบุ ความรู้/ทักษะและกระบวนการ/คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนที่พบ)

---

---

---

---

---

---

---

---

### 6.2 ด้านผู้สอน

(ระบุ ปัญหาหรือผลการจัดการเรียนรู้/ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป)

---

---

---

---

---

---

---

---

### 6.3 ด้านอื่นๆ (ถ้ามี)

---

---

---

---

---

---

---

---

ใบกิจกรรม เรื่อง “ปลอดภัยกับการใช้พลังงาน”	
ช่วงที่ 3 (โครงสร้างที่ 2)	ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
ตอนที่ 1 การทดสอบกำลังไฟ (วัตต์) ของหลอดไฟแต่ละประเภท	
โรงเรียน.....	กลุ่มที่.....ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทำกิจกรรม.....
ชื่อ-สกุล 1. ....	3.....
2. ....	4.....

จุดประสงค์การเรียนรู้ : เพื่อให้นักเรียน

1. ทดสอบกำลังไฟ (วัตต์) ของหลอดไฟแต่ละประเภท
2. เปรียบเทียบกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลาก ของหลอดไฟแต่ละประเภท

สื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ :

ให้นักเรียนตรวจสอบสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ตามรายการต่อไปนี้ พร้อมทั้งทำเครื่องหมาย

✓ ลงในช่องตรวจสอบหลังรายการที่ได้รับแล้วจนครบ

ลำดับที่	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม	ตรวจสอบ
1	หลอดไฟพร้อมกล่องบรรจุ (ขั้วเกลียวชนิด E27) 4 ประเภท ได้แก่		
	1.1 หลอดไส้	1 หลอด	
	1.2 หลอดตะเกียบ	1 หลอด	
	1.3 หลอดฮาโลเจน	1 หลอด	
	1.4 หลอดแอลซีดี	1 หลอด	
2	ขั้วหลอดไฟ (ขั้วเกลียวชนิด E27) แบบมีสาย	4 สาย	
3	เครื่องวัดการกินไฟ (Watt Meter)	1 เครื่อง	
4	เครื่องวัดความสว่าง (Lux Meter)	1 เครื่อง	

**วิธีดำเนินการกิจกรรมการเรียนรู้ :** ให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. รับสื่ออุปกรณ์ ดังรายการข้างต้น กลุ่มละ 1 ชุด  
 2. ศึกษาขั้นตอนการทดสอบหลอดไฟแอลอีดี 3 ยี่ห้อ ได้แก่ Lekise, Nagas และ Panasonic จากวีดิทัศน์ <https://www.youtube.com/watch?v=RQfPcz6Cw34> พร้อมจดบันทึกกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ ในประเด็นดังต่อไปนี้

2.1 เปรียบเทียบกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ (หาผลต่าง) พร้อมจดบันทึกลงในใบกิจกรรม 1 ข้อ 1

2.2 สรุปความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ พร้อมเขียนข้อสรุปลงในใบกิจกรรม 1 ข้อ 2

3. ออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของหลอดไฟ ทั้ง 4 ประเภท ใน 2 ประเด็น คือ (1) กำลังไฟที่ใช้จริง (วัตต์) (2) ความสว่างของหลอดไฟเมื่อเปิดใช้งาน พร้อมจดบันทึกขั้นตอนต่าง ๆ ลงในใบกิจกรรม 1 ข้อ 3

4. นำเสนอและร่วมกันอภิปรายแนวคิดและวิธีการออกแบบการทดลอง ตลอดจนผลการทดลองที่ได้

**ผลการศึกษาขั้นตอนการทดสอบหลอดไฟ:**

1. ตารางบันทึกการทดสอบกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแอลอีดี 3 ยี่ห้อ

ยี่ห้อหลอดไฟ	กำลังไฟ (วัตต์) ที่ระบุไว้บนฉลาก	กำลังไฟ (วัตต์) ที่วัดจากเครื่องวัดวัตต์มิเตอร์	ระยะเวลาที่ทดสอบ (นาท)	ผลต่างของกำลังไฟ (วัตต์)
Lekise				
Nagas				
Panasonic				

2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ

2.1 หลอดไฟทั้ง 3 ยี่ห้อ มีกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟเท่ากันหรือไม่ หรือแตกต่างกันอย่างไร

---

---

---

2.2 ให้นักเรียนสรุปผลต่างของกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ ตามลำดับจากมากไปน้อย

---

---

---

---

---

**การออกแบบการทดลอง:**

ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท ใน 2 ประเด็น คือ (1) กำลังไฟที่ใช้จริง (วัตต์) และ (2) ความสว่างของหลอดไฟเมื่อเปิดใช้งาน โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. นักเรียนมีขั้นตอน/วิธีการทดลองอย่างไร

---

---

---

---

---

---

---

## 2. ผลการทดลอง

ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในตารางต่อไปนี้

ชนิดของหลอดไฟ	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Watt)			ความสว่าง ที่วัดได้ (Lux)
	ค่าจากกล่องบรรจุ	ค่าที่ได้จากการวัด	ผลต่างของกำลังไฟ	
1. หลอดไส้				
2. หลอดตะเกียบ				
3. หลอดฮาโลเจน				
4. หลอดแอลอีดี				

## 3. สรุปผลการทดลอง

ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองตามประเด็นต่อไปนี้

(1) ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ (watt) ระหว่างค่าที่ระบุอยู่บนกล่องบรรจุกับค่าที่ได้จากการวัดเหมือนหรือต่างกันอย่างไร \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(2) หลอดที่กินไฟมากที่สุดคือหลอดใด เพราะเหตุใด \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(3) หลอดที่กินไฟน้อยที่สุดคือหลอดใด เพราะเหตุใด \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(4) หลอดที่ให้แสงสว่างมากที่สุดคือหลอดใด เพราะเหตุใด \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(5) หลอดที่ให้แสงสว่างน้อยที่สุดคือหลอดใด เพราะเหตุใด \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ตัวอย่างการเขียนใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” (ตอนที่ 1)**

ผลการศึกษาระดับชั้นตอนการทดสอบหลอดไฟ:

1. ตารางบันทึกการทดสอบกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแอลอีดี 3 ยี่ห้อ

ตัวอย่างการบันทึกผล

ยี่ห้อหลอดไฟ	กำลังไฟ (วัตต์) ที่ระบุไว้บนฉลาก	กำลังไฟ (วัตต์) ที่วัดจากเครื่องวัตต์มิเตอร์	ระยะเวลาที่ทดสอบ (นาที)	ผลต่างของกำลังไฟ (วัตต์)
Lekise	7	8.2	1	1.2
Nagas	7	7.9	1	0.9
Panasonic	6.5	7.3	1	0.8

2. สรุปความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ

2.1 หลอดไฟทั้ง 3 ยี่ห้อ มีกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟเท่ากันหรือไม่ หรือแตกต่างกันอย่างไร

ตัวอย่างการเขียนตอบ

หลอดไฟทั้ง 3 ยี่ห้อ มีกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟไม่เท่ากัน กล่าวคือ การใช้งานจริงจะมีกำลังไฟ (วัตต์) ที่สูงกว่าที่ระบุไว้บนฉลาก

2.2 ให้นักเรียนสรุปผลต่างของกำลังไฟ (วัตต์) ที่ใช้จริงกับที่ระบุไว้บนฉลากของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ ตามลำดับจากมากไปน้อย

ตัวอย่างการเขียนตอบ ยี่ห้อที่มีผลต่างจากมากไปน้อยตามลำดับ คือ (1) Lekise (2) Nagas

(3) Panasonis

### การออกแบบการทดลอง:

ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท ใน 2 ประเด็น คือ (1) กำลังไฟที่ใช้จริง (วัตต์) และ (2) ความสว่างของหลอดไฟเมื่อเปิดใช้งาน โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. นักเรียนมีขั้นตอนวิธีการทดลองอย่างไร

#### ตัวอย่างการเขียนตอบ

1. นำหลอดไส้ ยี่ห้อ A ต่อเข้ากับขั้วหลอดไฟ (ขั้วเกลียวชนิด E27)
2. นำสายจากขั้วหลอดไฟเสียบผ่านเครื่องวัดการกินไฟ (Wattmeter)
3. นำเครื่องวัดการกินไฟเสียบเข้ากับปลั๊ก แล้วกดเปิดไฟ ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที (เวลาจะแสดงอยู่บนเครื่องวัดการกินไฟ)

4. อ่านค่ากำลังไฟ (วัตต์) บนเครื่องวัดกำลังไฟแล้วจดบันทึก
5. วัดความสว่างโดยใช้เครื่องวัดความสว่าง จากนั้นจดบันทึก
6. ทดสอบหลอดที่เหลือในทำลักษณะเดียวกับขั้นตอนที่ 1 – 5 จนครบ

#### 2. ผลการทดลอง

(ผลการทดลองขึ้นอยู่กับยี่ห้อของหลอดไฟแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการทดลอง)

#### 3. สรุปผลการทดลอง

(สรุปผลการทดลองขึ้นอยู่กับยี่ห้อของหลอดไฟแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในการทดลอง)

ใบกิจกรรม เรื่อง “ปลอดภัยกับการใช้พลังงาน”	
ช่วงที่ 3 (โครงสร้างที่ 2)	ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
ตอนที่ 2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท	
โรงเรียน.....	กลุ่มที่.....ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทำกิจกรรม.....
ชื่อ-สกุล 1. ....	3.....
2. ....	4.....

จุดประสงค์การเรียนรู้: เพื่อให้นักเรียน

1. เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท
2. อธิบายข้อดีและข้อจำกัดของหลอดไฟแต่ละประเภท

สื่ออุปกรณ์การเรียนรู้:

ใบความรู้ เรื่อง “คู่มือการเลือกหลอดไฟ”

วิธีดำเนินการกิจกรรม:

1. ศึกษาลักษณะสำคัญของหลอดไฟ 4 ประเภท ได้แก่ หลอดไส้ หลอดตะเกียบ หลอดฮาโลเจน และหลอดแอลอีดี จากวีดิทัศน์ <https://www.youtube.com/watch?v=mfzcB2Uz15Q> และร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท อาทิเช่น สีของแสง หลอดไฟ วัสดุที่ใช้ในการผลิตหลอดไฟ ความร้อนของหลอดไฟ การใช้พลังงานไฟฟ้า (กินไฟมาก/น้อย) อายุการใช้งานลักษณะของการใช้งาน เช่น ในบ้าน โรงงาน หรือร้านอาหาร และอื่นๆ

2. ศึกษาใบความรู้ที่ 1 ประกอบกับการสังเกตข้อความและสัญลักษณ์ต่างๆ ที่อยู่บนกล่องบรรจุหลอดไฟรวมถึงบนหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท ซึ่งสัญลักษณ์เหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่อธิบายเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของหลอดไฟ เช่น กำลังไฟที่ใช้ อุณหภูมิสีของแสง ปริมาณแสง ระบบไฟฟ้า ฯลฯ จากนั้นร่วมกันสรุปและเขียนข้อสรุปลงในใบกิจกรรม 2 ข้อ 1

3. สรุปข้อดีและข้อจำกัดของหลอดไฟแต่ละประเภท พร้อมจดบันทึกลงในใบกิจกรรม 2

ข้อ 2

คุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท:

1. ตารางเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท

คุณสมบัติ	หลอดไส้ (Traditional incandescent)	หลอดตะเกียบ (Compact fluorescent )	หลอดฮาโลเจน (Halogen incandescent)	หลอดแอลอีดี (LED)
วัสดุที่ใช้ในการผลิตหลอดไฟ				
ความร้อนของหลอดไฟ				
สีของแสงหลอดไฟ				
การใช้พลังงานไฟฟ้า (กินไฟมาก/น้อย)				
อายุการใช้งาน				
ลักษณะของการใช้งาน เช่น ในบ้าน โรงงาน หรือ ร้านอาหาร				

## 2. ข้อดีและข้อจำกัดของหลอดไฟแต่ละประเภท

หลอดไฟ	ข้อดี	ข้อจำกัด
หลอดไส้ (Traditional incandescent)		
หลอดตะเกียบ (Compact fluorescent)		
หลอดฮาโลเจน (Halogen incandescent)		
หลอดแอลอีดี (LED)		

**ตัวอย่างการเขียนใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” (ตอนที่ 2)**

คุณสมบัติของหลอดไฟแต่ละประเภท:

**1. ตารางเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของหลอดไฟทั้ง 4 ประเภท**

ตัวอย่างการเขียน

คุณสมบัติ	หลอดไส้ (Traditional incandescent)	หลอดตะเกียบ (Compact fluorescent)	หลอดฮาโลเจน (Halogen incandescent)	หลอดแอลอีดี (LED)
วัสดุที่ใช้ในการผลิตหลอดไฟ	ไส้ทำจากทั้งสแตน	บรรจุไอปรอทและก๊าซอาร์กอนเล็กน้อย มีตัวนำในฉาบด้วยสารเรืองแสงชนิดต่าง ๆ	ไส้ทำจากทั้งสแตนเหมือนหลอดไส้ แต่ตัวหลอดมีขนาดเล็กกว่า	ไดโอด (สารกึ่งตัวนำประเภทหนึ่ง)
ความร้อนของหลอดไฟ	เมื่อมีความร้อนสูงมาก ระหว่างการส่องสว่างจึงเท่ากับว่ามีการสูญเสียพลังงานมาก	เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอดจะทำให้ไส้หลอดร้อนขึ้น	อุณหภูมิของหลอดร้อนมาก 100 - 400 องศา	ให้ประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูง
สีของแสงหลอดไฟ		Warm white, Cool white และ Day light		
การใช้พลังงานไฟฟ้า (กินไฟมาก/น้อย)	ให้ความร้อนสูงมาก ระหว่าง 100-400 องศาเซลเซียส แต่ประสิทธิภาพในการส่องสว่างต่ำเพียง 10-15 lm/W	ให้แสงสว่างของหลอดชนิดนี้อยู่ในระดับปานกลาง	400 - 500 W ขึ้นไป	ใช้พลังงานต่ำ แต่ให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างที่สูงมาก
อายุการใช้งาน	750 ชั่วโมง	2 ปี	2-3 ปี	50,000 ชั่วโมง หรือประมาณ 5 ปี ขึ้นไป
ลักษณะของการใช้งาน เช่น ในบ้าน โรงงาน หรือร้านอาหาร	ใช้กับงานส่องเน้น เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์บางชนิด เครื่องฉายสไลด์		ใช้ในการส่องสว่างตามท้องถนนและโรงงานอุตสาหกรรม	

## 2. ข้อดีและข้อจำกัดของหลอดไฟแต่ละประเภท

### ตัวอย่างการเขียนตอบ

หลอดไฟ	ข้อดี	ข้อจำกัด
<b>หลอดไส้</b> (Traditional incandescent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การติดตั้งสะดวกง่าย</li> <li>- ราคาไม่แพง</li> <li>- สามารถควบคุมแสงได้ว่าต้องการให้ส่องไปในทิศทางไหน</li> <li>- แสงมีความเป็นธรรมชาติไม่หลอกตา ทำให้เกิดความเพี้ยนของสีวัตถุที่กระทบกับแสงประเภทนี้น้อย</li> <li>- ไม่ต้องพึ่งพาอาศัยอุปกรณ์ชนิดอื่นในการจุดแสงสว่าง</li> <li>- หรีไฟได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้แสงน้อยกว่าเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับหลอดไฟประเภทอื่น</li> <li>- ให้ความร้อนสูง ส่งผลทำให้อุณหภูมิของห้องที่เปิดหลอดชนิดนี้สูงตามไปด้วย</li> <li>- อายุการใช้งานสั้น โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 750 – 2000 ชั่วโมงเท่านั้น อาจทำให้ต้องเปลี่ยนหลอดไฟบ่อยครั้งการการใช้หลอดประเภทอื่น</li> </ul>
<b>หลอดตะเกียบ</b> (Compact fluorescent)	<p>ถูกพัฒนามาทดแทนหลอดไส้ดั้งเดิม มีขนาดกระทัดรัด อายุการใช้งานยาวนานขึ้น ประหยัดไฟยิ่งขึ้น ให้กำลังส่องสว่างยิ่งขึ้น</p>	<p>มี UV และสารปรอท ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน</p>
<b>หลอดฮาโลเจน</b> (Halogen incandescent)	<p>กินไฟน้อยกว่าหลอดไส้ และให้แสงสีขาว และให้ค่าความถูกต้องของสีถึง 100 % มีอายุการใช้งานประมาณ นิยมใช้ให้แสงพวกเครื่องประดับ</p>	<p>มีความร้อนสูง</p>
<b>หลอดแอลอีดี</b> (LED)	<p>คุณภาพสูง ประหยัดไฟ แต่ไปด้วย ไม่มีการเผาไหม้เหมือนหลอดบางประเภท ดังนั้นจึงไม่เกิดความร้อน นอกจากนี้ยังมีขนาดเล็ก สามารถนำไปดัดแปลง จัดเรียงหรือ ตกแต่งได้หลากหลายประเภท ไม่ก่อให้เกิดสารพิษเหมือนหลอดฮาโลเจนหรือหลอดแสงจันทร์</p>	<p>ราคาแพง</p>

## ใบความรู้ เรื่อง “คู่มือการเลือกใช้หลอดไฟ”

### ประเภทหลอดไฟ

ในปัจจุบันมีหลอดไฟอยู่ 4 ชนิดที่นิยมนำมาติดตั้งใช้กันภายในบ้าน ที่พักอาศัย อาคาร และตึก สำนักงานต่าง ๆ ชนิดของหลอดไฟแต่ละชนิดมี ข้อดี และข้อเสีย ที่แตกต่างกันออกไป ต้องเลือกชนิดของหลอดไฟให้เหมาะสมกับการใช้งาน เราไปรู้จักชนิดของหลอดไฟแต่ละประเภทกันเลยดีกว่า

 <p><b>หลอดไส้ (อินแคนเดสเซนต์)</b></p>	<p><b>หลอดไส้หรืออินแคนเดสเซนต์ (Traditional incandescent)</b></p> <p>เป็นหลอดไฟที่มีประวัติการใช้งานมาอย่างยาวนาน ภายในหลอดเป็นไส้ที่ทำจากทังสเตน ให้ความร้อนสูงมากระหว่าง 100 - 400 องศาเซลเซียส ดังนั้น ข้อเสียของหลอดไฟชนิดนี้คือ มีความร้อนง่ายเนื่องจากกระบวนการทำงานที่ให้ความร้อนเข้าไปยังไส้ของหลอดไฟจนเกิดแสงสว่าง เมื่อมีความร้อนสะสมมาก ๆ ก็ทำให้อายุการใช้งานของหลอดไส้สั้นไม่นาน (ระยะเวลาการใช้งานประมาณ 750 ชั่วโมง) และอีกหนึ่งข้อเสียของหลอดไส้ คือเป็นหลอดที่กินไฟมาก ไม่ประหยัดค่าไฟ</p>
 <p><b>หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (CFL)</b></p>	<p><b>หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดตะเกียบ (Compact fluorescent)</b></p> <p>ถูกพัฒนามาทดแทนหลอดไส้ดั้งเดิม มีขนาดกระทัดรัด อายุการใช้งานยาวนานขึ้น ประหยัดไฟยิ่งขึ้น ให้กำลังส่องสว่างยิ่งขึ้น แต่ยังคงมี UV และสารปรอท ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน โทนสีของหลอดมีครบทั้ง 3 แบบ คือ Warm white, Cool white และ Day light ขั้วหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์มีทั้งแบบขั้วเกลียว จะมีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในตัวเปิดติดทันที ไม่กะพริบ และแบบขั้วเสียบบัลลาสต์ภายนอกแยกแต่ที่ตัวหลอดจะมีสตาร์ทเตอร์</p>
 <p><b>หลอดฮาโลเจน (Halogen)</b></p>	<p><b>หลอดฮาโลเจน (Halogen incandescent)</b></p> <p>กำเนิดแสงจากความร้อน โดยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดที่ทำจากทังสเตน ซึ่งเป็นการทำงานเดียวกับหลอดไส้ แต่มีข้อแตกต่างตรงการบรรจุสารตะกั่วฮาโลเจน เช่น ไอโอดีน คลอรีน ฟลูออรีน ลงในหลอดแก้วที่ทำด้วยควอทซ์ ซึ่งจะช่วยให้หลอดฮาโลเจนมีอายุการใช้งาน ปริมาณแสงสว่าง อุณหภูมิสี สูงกว่าหลอดไส้ แต่กินไฟน้อยกว่าหลอดไส้ และให้แสงสีขาว และให้ค่าความถูกต้องของสีถึง 100 % มีอายุการใช้งานประมาณ 1500-3000 ชม จึงนิยมใช้ให้แสงพวกเครื่องประดับ</p>
 <p><b>หลอด LED</b></p>	<p><b>หลอดแอลอีดี (LED)</b></p> <p>เป็นหลอดไฟทางเลือกใหม่ คุณภาพสูง แต่ราคาก็สูงตามไปด้วย หลักการทำงานของหลอดประเภทนี้คืออาศัยการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ จะไม่มีการเผาไหม้เหมือนหลอดบางประเภท ดังนั้นจึงไม่เกิดความร้อน นอกจากนี้ยังมีขนาดเล็ก สามารถนำไปติดตั้ง จัดเรียงหรือตกแต่งได้หลากหลายประเภท มีอายุการใช้งานถึง 50,000 – 60,000 ชั่วโมง และยังไม่ก่อให้เกิดสารพิษเหมือนหลอดฮาโลเจนหรือหลอดแสงจันทร์</p>

## เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพของหลอดไฟ

เกณฑ์	คำอธิบาย
ปริมาณแสง (Light output)	เป็นปริมาณที่จะบอกว่าหลอดไฟให้แสงสว่างมากน้อยเพียงใด (ทางเทคนิคเรียกปริมาณนี้ว่าฟลักซ์การส่องสว่าง) มีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen)
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (Power)	เป็นค่าที่บอกว่าหลอดไฟต้องใช้กำลังไฟเท่าใดในการทำงาน ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ (W) โดยหลอดที่มีค่าวัตต์มากคือเป็นหลอดที่กินไฟมาก แต่ไม่ได้หมายความว่าหลอดที่มีความสว่างมาก
ประสิทธิภาพของหลอด (Lamp efficiency)	หรือเรียกว่า เป็นการนำค่าแสงสว่าง (ลูเมน) มาหารด้วยค่าพลังงาน (วัตต์) ค่าที่ออกมา แปลได้ว่า หลอดไฟหลอดนี้ใช้พลังงาน 1 วัตต์ ให้แสงสว่างกี่ลูเมน ยิ่งสูงแปลว่า 1 วัตต์ให้แสงสว่างเยอะ ทำให้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น
ค่าอุณหภูมิสี (Color temperature)	มีหน่วยเป็น Kelvin (K) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากสีของท้องฟ้าในแต่ละช่วง มีตั้งแต่ 1,000-10,000 องศาเคลวิน (K) หลังๆ แบ่งออกเป็น 3 โทน <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daylight: มีอุณหภูมิสีที่ 6,000 K เป็นแสงโทนสีขาว เป็นสีที่ดูเป็นธรรมชาติมากที่สุด นิยมใช้เนื่องจากทำให้แสงที่สะท้อนจากวัตถุไม่เพี้ยน จะพบเห็นได้ตามสำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม บ้านเรือน</li> <li>2. Coolwhite: มีอุณหภูมิสี 4,000-5,000 K เป็นแสงโทนสีเหลืองขาว คุณสมบัติคือทำให้สีจากวัตถุคมชัดและเข้มข้น ไม่นิยมนำมาใช้ แต่จะถูกใช้ไปกับงานป้าย งานโชว์สินค้า ไฟบนเวที เป็นต้น</li> <li>3. Warmwhite: มีอุณหภูมิสีอยู่ที่ 2,000-3,000 K เป็นแสงโทนสีเหลืองเข้ม เป็นสีที่มีผลต่อความรู้สึก ทำให้อบอุ่นและผ่อนคลาย จึงเหมาะนำไปใช้ในสถานที่ให้บริการ อย่างร้านสปา โรงแรม หรือตามบ้านเรือนภายในห้องนอน ห้องน้ำ เป็นต้น</li> </ol>
ขั้วหลอดไฟ (Lamp base)	การจะซื้อหลอดไฟ เราจำเป็นต้องดูที่ขั้วหลอดไฟให้ตรงกับแท่นขั้วที่เราจะนำหลอดไฟไปใช้งาน ซึ่งปกติแล้วขั้วหลอดไฟที่นิยมใช้จะมี E27 E14 (ขั้วเกลียว) G10 (ขั้วขาตะเกียบ)

ใบกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน”	
ช่วงที่ 3 (โครงสร้างที่ 2)	ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
ตอนที่ 3 หลอดไฟประเภทไหนที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด	
โรงเรียน.....	กลุ่มที่.....ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทำกิจกรรม.....
ชื่อ-สกุล 1. ....	3.....
2. ....	4.....

### สถานการณ์:

ผู้ประกอบการของบริษัทแห่งหนึ่งว่าจ้างให้ วิศวกรออกแบบระบบไฟฟ้าภายในโฮมออฟฟิศ ซึ่งมีจำนวนห้องทั้งหมด 5 ห้อง โดยแต่ละห้องต้องใช้หลอดไฟขั้วเกลียวชนิด E27 ปริมาณแสงภายในห้องอยู่ที่ 8,600 ลูเมน และมีการใช้งานโดยเฉลี่ยคือ ห้องละ 8 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อให้ผลประโยชน์สูงสุดและประหยัดค่าใช้จ่าย วิศวกรจึงให้ร้านขายอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดต่อยู่ เสนอรายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภทมาเพื่อพิจารณาสั่งซื้อ ดังนี้

 <p>1. หลอดไส้</p>	ราคา: 18 บาท	 <p>2. หลอดตะเกียบ</p>	ราคา: 499 บาท (แพ็ค 6 หลอด)
	กำลังไฟ : 60 W		กำลังไฟ: 14 w
	ไส้เกลียว: E27		ไส้เกลียว: E27
	ปริมาณแสง: 1,350 lm		ปริมาณแสง: 810 lm
	อายุการใช้งาน: 1,000 ชม.		อายุการใช้งาน: 8,000 ชม.
 <p>3. หลอดฮาโลเจน</p>	ราคา: 59 บาท	 <p>4. หลอดแอลอีดี</p>	ราคา: 78 บาท
	กำลังไฟ : 60 W		กำลังไฟ : 60 W
	ไส้เกลียว: E27		ไส้เกลียว: E27
	ปริมาณแสง: 600 lm		ปริมาณแสง: 1450 lm
	อายุการใช้งาน: 50,000 ชม.		อายุการใช้งาน: 8 ปี (คำนวณจากการใช้งาน 2.7 ชม. ต่อวัน)

**คำถาม** เพื่อให้ผลประโยชน์สูงสุดและประหยัดค่าใช้จ่าย (ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้า) ต่อปีให้มากที่สุด วิศวกรควรติดตั้งหลอดไฟชนิดใด และเพราะเหตุใด

**ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)**

1. สิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

---



---



---

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. \_\_\_\_\_

---



---

2. \_\_\_\_\_

---



---

**ขั้นที่ 2 : ขั้นค้นหาข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)**

3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)

1. \_\_\_\_\_

---



---

2. \_\_\_\_\_

---



---

3. \_\_\_\_\_

---



---

\_\_\_\_\_

---



---

\_\_\_\_\_

#### 4. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในประเด็นต่อไปนี้

4.1 นักเรียนมีลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร (ตอบเรียงตามลำดับ)

(0.5 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 1 \_\_\_\_\_

ขั้นตอนที่ 2 \_\_\_\_\_

4.2 จากขั้นตอนการแก้ปัญหาในข้อ 4.1 นักเรียน มีแนวทางในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนอย่างไร (0.5 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 1 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหา คำตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

กำหนดให้

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

7. ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

หลอดไฟ	ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างได้

เมื่อ

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ แทน \_\_\_\_\_

**ขั้นที่ 3 : ชั้นใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)**

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

**ขั้นที่ 4 : ชั้นการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)**

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา (2 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

**เฉลยกิจกรรม เรื่อง “หลอดไฟกับการใช้พลังงาน” (ตอนที่ 3)**

**ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)**

**1. สิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

วิศวกรควรตัดสินใจเลือกติดตั้งหลอดไฟชนิดใด จึงจะประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งได้แก่ ค่าไฟฟ้าและค่าหลอดไฟต่อปีให้มากที่สุด

**2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

1. โคมออฟฟิศต้องการติดตั้งหลอดไฟ มีจำนวน 5 ห้อง แต่ละห้องต้องใช้หลอดไฟหัวเกลียวชนิด E27 ปริมาณแสงภายในห้องที่เหมาะสม อยู่ที่ 8,600 ลูเมน และมีการใช้งานโดยเฉลี่ยคือ ห้องละ 8 ชั่วโมงต่อวัน

2. รายละเอียดของหลอดไฟ 4 ชนิด ที่ร้านค้าเสนอมา ได้แก่ ราคา กำลังไฟ ชนิดไส้เกลียว ปริมาณแสง และอายุการใช้งาน

3. วิศวกรต้องตัดสินใจเลือกติดตั้งหลอดไฟที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

**ขั้นที่ 2 : ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)**

**3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

1. ปริมาณแสง หมายถึง ปริมาณที่จะบอกว่าหลอดไฟให้ความสว่างมากน้อยเพียงใดมีหน่วยเป็นลูเมน (lumen)

2. กำลังไฟ หมายถึง กำลังไฟฟ้าเป็นค่าที่บอกว่าหลอดไฟต้องใช้กำลังไฟเท่าใดในการทำงาน มีหน่วยเป็น “วัตต์” (w)

3. การคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า รอบการคิดค่าไฟของการไฟฟ้าจะคิดเป็นรอบเดือนหรือทุกๆ 30 วัน

#### 4. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในประเด็นต่อไปนี้

4.1 นักเรียนมีลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร (ตอบเรียงตามลำดับ)  
(0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟแต่ละประเภทมาติดตั้ง

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าไฟที่เกิดจากการเปิดใช้งานหลอดไฟแต่ละประเภท

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาเลือกหลอดไฟที่คุ้มค่า/ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

4.2 จากขั้นตอนการแก้ปัญหาในข้อ 4.1 นักเรียน มีแนวทางในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนอย่างไร (0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟมาติดตั้งทั้งหมด

1. คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟในครั้งแรก

2. คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟในครั้งถัดไป ในกรณีมีหลอดไฟหมดอายุก่อน 1 ปี

3. นำค่าใช้จ่ายจากข้อ 1 และ 2 มารวมกันจะได้เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟมาติดตั้งทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าไฟที่เกิดจากการเปิดใช้งานหลอดไฟแต่ละประเภท  
คำนวณหาค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท

คำนวณหาค่าไฟในระยะเวลา 12 เดือน (ต่อปี) ของหลอดไฟแต่ละประเภท

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าใช้จ่ายรวม ในระยะเวลา 1 ปี โดยการนำค่าหลอดไฟรวมกับค่าไฟฟ้า ในระยะเวลา 1 ปี

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาเลือกหลอดไฟที่คุ้มค่า/ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด โดยเลือกหลอดไฟที่มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุดในระยะเวลา 1 ปี

## 5. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท

### 5.1 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ (2 คะแนน)

#### แนวทางการเขียนตอบ

#### 1. คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟครั้งแรก

หลอดไฟ	จำนวนหลอดไฟต่อห้อง (หลอด)	จำนวนหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด (หลอด)	ราคาหลอดไฟต่อหลอด (บาท)	ราคาหลอดไฟรวม (บาท)
1. หลอดไส้	7	35	18	630
2. หลอดตะเกียบ	11	55	83	4,565
3. หลอดฮาโลเจน	14	70	59	4,130
4. หลอดแอลอีดี	6	30	78	2,340

#### 2. คำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการที่ต้องเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ เนื่องจากหลอดไฟหมดอายุการใช้งานภายในระยะเวลา 1 ปี

หลอดไฟ	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟในครั้งแรก (บาท)	จำนวนครั้งในการเปลี่ยนหลอดไฟ (ครั้ง)	ค่าใช้จ่ายรวมจากการซื้อหลอดไฟในระยะเวลา 1 ปี (บาท)
1. หลอดไส้	1,000	630	ประมาณ 1 ครั้ง	1,260
2. หลอดตะเกียบ	8,000	4,565	-	4,565
3. หลอดฮาโลเจน	50,000	4,130	-	4,130
4. หลอดแอลอีดี	70,000	2,340	-	2,340

## 5.2 การคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท ตามเงื่อนไขของการไฟฟ้า (1 คะแนน)

การคิดค่าไฟฟ้าในประเทศไทยจะใช้หน่วยวัดเป็นยูนิิต หรือหน่วย หรือกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งมีความหมายดังนี้

“สำหรับการใช้ไฟฟ้า 1 หน่วย หรือ 1 ยูนิิต

คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ ที่ใช้งาน 1 ชั่วโมง”

เมื่อ 1 กิโลวัตต์ = 1000 วัตต์ และอัตราปกติสำหรับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือนที่กำหนดโดยการไฟฟ้านครหลวง เป็นดังนี้

หน่วยที่	ราคาหน่วยละ (บาท)
1 - 15 หน่วย	2.3488 บาท
16 - 25 หน่วย	2.9822 บาท
26 - 35 หน่วย	3.2405 บาท
36 - 100 หน่วย	3.6237 บาท
101 - 150 หน่วย	3.7171 บาท
151 - 400 หน่วย	4.2218 บาท
401 หน่วย ขึ้นไป	4.4217 บาท

### แนวทางการเขียนตอบ

หลอดไฟ	กำลังไฟรวม (วัตต์)	จำนวนหน่วย ต่อวัน	จำนวนหน่วย ต่อเดือน	ค่าไฟต่อเดือน (บาท)
หลอดไส้	2,100	16.8	504	2,228.54
หลอดตะเกียบ	770	6.16	184.8	780.2
หลอดฮาโลเจน	4,200	33.6	1,008	4,457.1
หลอดแอลอีดี	1,800	14.4	432	1,910

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

กำหนดให้

$P_i$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$
$n$	แทน	จำนวนของหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด
$m$	แทน	จำนวนครั้งที่ทำการติดตั้งหลอดไฟ (ครั้ง)
$h$	แทน	ระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง)
$u$	แทน	ค่าไฟต่อยูนิตต่อเดือน
$t$	แทน	ระยะเวลารวมทั้งหมด (เดือน)

7. ให้นักเรียนเขียนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ตาราง 1 แสดง “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟฟ้าในระยะเวลา  $t$  เดือน

หลอดไฟ	ค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ (บาท) ในระยะเวลา $t$ เดือน	ค่าไฟฟ้าในระยะเวลา $t$ เดือน (บาท)
หลอดไส้ยี่ห้อ A	$18 \times n \times m$	$1.8 \times h \times n \times u \times t$
หลอดตะเกียบยี่ห้อ B	$84 \times n \times m$	$0.42 \times h \times n \times u \times t$
หลอดฮาโลเจนยี่ห้อ C	$59 \times n \times m$	$1.8 \times h \times n \times u \times t$
หลอดแอลอีดียี่ห้อ D	$78 \times n \times m$	$1.8 \times h \times n \times u \times t$

ตาราง 2 แสดง “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา  $t$  เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ  $i$

หลอดไฟ	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$ ( $P_i$ ) (บาท)
หลอดไส้ยี่ห้อ A	$P_A = (18 \times n \times m) + (1.8 \times h \times n \times u \times t)$
หลอดตะเกียบยี่ห้อ B	$P_B = (84 \times n \times m) + (0.42 \times h \times n \times u \times t)$
หลอดฮาโลเจนยี่ห้อ C	$P_C = (59 \times n \times m) + (1.8 \times h \times n \times u \times t)$
หลอดแอลอีดียี่ห้อ D	$P_D = (78 \times n \times m) + (1.8 \times h \times n \times u \times t)$

เมื่อ	$P_i$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$
	$n$	แทน	จำนวนของหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด (ครั้ง)
	$m$	แทน	จำนวนครั้งที่ทำการติดตั้งหลอดไฟ (ครั้ง)
	$h$	แทน	ระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง)
	$u$	แทน	ค่าไฟต่อยูนิตต่อเดือน
	$t$	แทน	ระยะเวลารวมทั้งหมด (เดือน)

### ขั้นที่ 3 : ขั้นใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ตาราง 1 แสดงค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟฟ้าในระยะเวลา 12 เดือน

หลอดไฟ	ค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ (บาท) ในระยะเวลา 12 เดือน	ค่าไฟฟ้าในระยะเวลา 12 เดือน (บาท)
หลอดไส้ยี่ห้อ A	1,260	28,002.48
หลอดตะเกียบยี่ห้อ B	4,565	13,927.40
หลอดฮาโลเจนยี่ห้อ C	4,130	57,615.20
หลอดแอลอีดียี่ห้อ D	2,340	25,262

ตาราง 2 แสดงค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา  $t$  เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ  $i$

หลอดไฟ	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$ ( $P_i$ ) (บาท)
หลอดไส้ยี่ห้อ A	$P_A = 28,002.48$
หลอดตะเกียบยี่ห้อ B	$P_B = 13,927.40$
หลอดฮาโลเจนยี่ห้อ C	$P_C = 57,615.20$
หลอดแอลอีดียี่ห้อ D	$P_D = 25,262$

เมื่อ	$P_i$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$
	$n$	แทน	จำนวนของหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด (ครั้ง)
	$m$	แทน	จำนวนครั้งที่ทำการติดตั้งหลอดไฟ (ครั้ง)
	$h$	แทน	ระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง)
	$u$	แทน	ค่าไฟต่อยูนิตต่อเดือน
	$t$	แทน	ระยะเวลารวมทั้งหมด (เดือน)

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ค่าใช้จ่ายจากการใช้หลอดไฟแต่ละประเภทเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยคือ

หลอดฮาโลเจน	57,615.20	บาท
หลอดไส้	28,002.48	บาท
หลอดแอลอีดี	25,262	บาท
หลอดตะเกียบ	13,927.40	บาท

ขั้นที่ 4 : ใช้อธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ดังนั้น ควรติดตั้งหลอดไฟชนิดหลอดตะเกียบ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดรวมกับค่าไฟน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับหลอดชนิดอื่น

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของกิจกรรม “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” (ตอนที่ 3)

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ กิจกรรม “หลุดไฟกับการใช้พลังงาน” (ตอนที่ 3) (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>1. ด้านการทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)</b>		
ข้อ 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้อง</li> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาไม่ถูกต้อง</li> </ul>	1 0
ข้อ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)</b>		
ข้อ 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 4.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายลำดับ/ขั้นตอนพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้องหรือไม่อธิบายเลย</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 4.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวทางในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายแนวทางในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบายเลย</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 5.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงและไม่อธิบาย</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงและไม่อธิบาย</li> </ul>	1 0.5 0

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ กิจกรรม “หลุดพ้นกับการใช้พลังงาน” (ตอนที่ 3) (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน) (ต่อ)</b>		
ข้อ 6	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
ข้อ 7	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
<b>3. ด้านการใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)</b>		
ข้อ 8	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	3
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องส่วนใหญ่	2
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง	0
ข้อ 9	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
<b>4. ด้านการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)</b>		
ข้อ 10	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงไม่ถูกต้อง	0

**แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง**

วันที่: \_\_\_\_\_ เวลา \_\_\_\_\_

ชื่อกิจกรรม: หลอดไฟกับการใช้พลังงาน (ตอนที่ 3)

ชื่อนักเรียน: 1. \_\_\_\_\_  
 2. \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_

ข้อ	พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง	นักเรียนคนที่				ข้อสังเกตเพิ่มเติม (ถ้ามี)
		1	2	3	4	
01	มี "ความกระตือรือร้น" ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง					
02	มี "การขีดเขียน/วาดรูปประกอบ" ขณะทำความเข้าใจปัญหาในชีวิตจริง					
03	ระบุ "สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา" ได้ถูกต้อง					
04	ระบุ "ข้อมูลหรือเงื่อนไข" ของสถานการณ์ได้ถูกต้อง					
05	อธิบาย "แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์" ได้ถูกต้องชัดเจน					
06	อธิบาย "ความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปัญหาในชีวิตจริงต้องการหา กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง" ได้ถูกต้อง					
07	เปลี่ยน "ข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริง" ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้					
08	เข้าใจ "ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง" เป็นอย่างดี					
09	เลือกใช้ "ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์" ได้เหมาะสม					
10	สร้าง "ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์" ได้ถูกต้องชัดเจน					
11	ลงมือ "แก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์" ได้อย่างเป็นระบบ					
12	เขียน "แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์" ได้ถูกต้อง					
13	เขียน "อธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในชีวิตจริงด้วยการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์" ได้อย่างชัดเจน					
14	มี "ความพยายาม" ที่จะแก้ปัญหาด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อื่น เมื่อติดขัด					
15	ระบุ "คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์" ได้ถูกต้อง					
16	มี "การเปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของปัญหาในชีวิตจริงก่อน"					
17	แปลความหมาย "คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์" ให้เป็น "คำตอบของปัญหาในชีวิตจริง" ได้ถูกต้อง					
18	มี "ส่วนร่วมและความรับผิดชอบ" ในการแก้ปัญหาของกลุ่ม					
19	มี "ส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปราย" ของกลุ่ม					
20	มี "ส่วนร่วมและความรับผิดชอบในการอภิปราย" ของชั้นเรียน					

การให้คะแนน 0 → ไม่มี

1 → มีน้อย

2 → มีมาก

<b>พฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</b>
<p><b>1. การทำความเข้าใจปัญหา</b> (ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา/ ข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์/ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์)</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p><b>2. การค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์</b> (เปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์” ให้อยู่ในรูป “ตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์” ได้ถูกต้อง/ สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์)</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p><b>3. การใช้คณิตศาสตร์</b> (แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ/ อธิบายกระบวนการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ชัดเจน/ ได้คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์)</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p><b>4. การอธิบายคำตอบ</b> (เปรียบเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กับข้อมูลหรือเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาก่อนแปลความหมาย “คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์” ให้เป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริง ได้ถูกต้อง)</p> <hr/> <hr/> <hr/>

**แบบสัมภาษณ์กระบวนการของการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์  
เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนเป้าหมาย**

วันที่: \_\_\_\_\_ เวลา \_\_\_\_\_

ชื่อกิจกรรม: หลอดไฟกับการใช้พลังงาน (ตอนที่ 3)

ชื่อนักเรียน: \_\_\_\_\_

ประเด็นที่สัมภาษณ์		บันทึกคำตอบของนักเรียน
01	สถานการณ์นี้ต้องการหาอะไร	
02	สถานการณ์นี้กำหนดข้อมูลหรือเงื่อนไขอะไรให้บ้าง	
03	คำนวณหา “ค่าใช้จ่ายรวมของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ” อย่างไร	
04	ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของหลอดไฟแต่ละยี่ห้อ มีอะไรบ้าง	
05	ต้องใช้ความรู้วิชาอื่นมาใช้ในการหาคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงข้อนี้หรือไม่ และเป็นวิชาอะไร (ถ้ามี)	
06	ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญมีอะไรบ้าง	
07	ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ มีอะไรบ้าง	
08	นักเรียนเริ่มต้นสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร	
09	นักเรียนทราบได้อย่างไรว่า คำตอบของตนเองถูกต้อง	
10	นักเรียนคิดว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบอื่นที่สามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงนี้อีกหรือไม่ อะไรบ้าง (ถ้ามี)	



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถ  
ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

แบบทดสอบวัดความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง	
ฉบับที่ 1	ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียน.....	ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทดสอบ.....
ชื่อ-สกุล .....	

### คำชี้แจง

- แบบทดสอบนี้ เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับความสามารถ ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
- แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 1 ข้อ และเป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์จากเนื้อหาในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
- แบบทดสอบนี้ใช้เวลาในการทำ 180 นาที
- ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล เลขที่ ชั้นเรียน และ วัน/เดือน/ปี ในแบบทดสอบนี้ให้ชัดเจน
- หากนักเรียนมีข้อสงสัยใด ๆ ให้ถามผู้คุมสอบเท่านั้น
- อนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขหรือเครื่องคำนวณในการทำแบบทดสอบฉบับนี้
- เมื่อหมดเวลาสอบให้ส่งแบบทดสอบฉบับนี้กับผู้คุมสอบ

ข้อที่ 1	แบบทดสอบ เรื่อง “รถพลังงานไฟฟ้า”
----------	----------------------------------

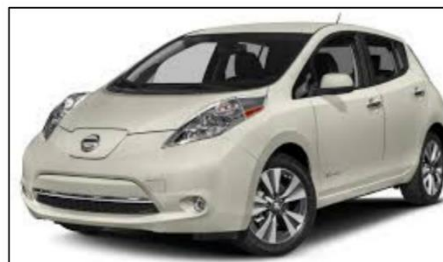
สถานการณ์ :

รุ่นไฮบริด (Honda Insight 2019)



ราคามาตรฐาน	700,000 บาท*
เครื่องยนต์	เบนซินไฮบริด 1.8
KPL	34
*ราคาเปิดตัวที่อเมริกา	

รุ่นพลังงานไฟฟ้า 100% (Nissan Leaf 2019)



ราคามาตรฐาน	1,000,000 บาท*
เครื่องยนต์	ไฟฟ้า 100%
KWH	40 (ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง)
*ราคาเปิดตัวที่อเมริกา	

“สัมผัสก้าวใหม่แห่งอนาคต กับรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ขายดีอันดับ 1 ของโลก นิสสัน ลีฟ มาพร้อมเทคโนโลยีสุดล้ำ พลังงานไฟฟ้า 100% ด้วยแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนความจุสูงถึง 40 KWH พร้อมมอเตอร์ทรงพลัง นิสสัน ลีฟ ใหม่ จึงเป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่โดดเด่นและมีเอกลักษณ์ ตอบสนองการเร่งได้ตั้งใจ และไปได้ไกลถึง 311 กิโลเมตร ต่อการชาร์จหนึ่งครั้ง”

**คำถาม** หากนำข้อมูลของรถยนต์ทั้งสองรุ่นดังกล่าวมาเปรียบเทียบกัน การเลือกใช้รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า 100% จะประหยัดและคุ้มค่ากว่ารถยนต์รุ่นไฮบริดหรือไม่ **จงอธิบายเหตุผลประกอบ**

ขั้นที่ 1: ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

---



---



---

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

(1) ข้อมูลของรถยนต์รุ่นไฮบริด (Honda Insight 2019) ได้แก่

---



---



---

(2) ข้อมูลรถยนต์พลังงานไฟฟ้า 100% (Nissan Leaf 2019) ได้แก่

---



---



---

ขั้นที่ 2: ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)

3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปนี้ มีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (2 คะแนน)

3.1 รถยนต์ไฮบริด (Hybrid Car) คือ

---



---



---

3.2 รถพลังงานไฟฟ้า คือ

---



---



---

3.3 KPL และ KWH หมายถึง

(1) KPL หมายถึง

---



---

ดังนั้น 34 KPL หมายถึง

(2) KWH หมายถึง \_\_\_\_\_

ดังนั้น 40 KWH หมายถึง \_\_\_\_\_

3.4 สมมติให้อัตราค่าไฟฟ้าอยู่ที่หน่วยละ 2 บาท ให้นักเรียนอธิบายวิธีการคิดค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์รุ่นไฟฟ้า 100% จนเต็ม (ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง)

#### 4. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในประเด็นดังต่อไปนี้

4.1 นักเรียนจะพิจารณาความความประหยัดและคุ่มค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่น โดยใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง และข้อมูลดังกล่าวมีรายละเอียดอย่างไร จงอธิบาย (0.5 คะแนน)

ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ใช้	รายละเอียด	
	รถยนต์รุ่นไฮบริด	รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า
1.		
2.		
3.		
4.		

4.2 กำหนดให้รถยนต์รุ่นไฮบริดเติมน้ำมันเบนซิน ชนิดแก๊สโซฮอล 95 และราคาปัจจุบันคือ ราคาลิตรละ 27.25 บาท เมื่อรถวิ่งได้ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร จะต้องจ่ายค่าน้ำมันเท่าไร (0.5 คะแนน)

---



---



---

4.3 การไฟฟ้าคิดอัตราค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่หน่วยละ 4 บาท เมื่อรถวิ่งได้ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า 100% จะต้องจ่ายค่าไฟเท่าไร (0.5 คะแนน)

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

4.4 กำหนดให้ค่าใช้จ่ายรวมพิจารณาจาก ราคารถรวมกับค่าน้ำมัน/ค่าไฟฟ้า เมื่อรถวิ่งได้ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร รถยนต์รุ่นไฮบริดและรถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า จะมีค่าใช้จ่ายรวมเป็นเท่าไร และค่าใช้จ่ายรวมของรถทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร (0.5 คะแนน)

รถยนต์	รายการค่าใช้จ่าย		
	ราคารถ	ค่าน้ำมัน/ค่าไฟฟ้าที่ 1,000 ก.ม.	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
รถยนต์รุ่นไฮบริด			
รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า			

สรุปได้ว่า

---



---



---



---

5. พิจารณาข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนระบุในข้อ 4 หากนำรถยนต์ทั้งสองรุ่นมาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 100,000 กิโลเมตร 200,000 กิโลเมตร 300,000 กิโลเมตร 400,000 กิโลเมตร และ 500,000 กิโลเมตร ตามลำดับ

5.1 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าน้ำมันของรถยนต์รุ่นไฮบริด และค่าไฟฟ้าของรถยนต์รุ่นไฟฟ้าตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าน้ำมันเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าของรถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าน้ำมัน (บาท) รถยนต์ไฮบริด	ค่าไฟฟ้า (บาท) รถยนต์พลังงานไฟฟ้า
100,000		
200,000		
300,000		
400,000		
500,000		

สรุปได้ว่า \_\_\_\_\_

5.2 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่น แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์พลังงานไฟฟ้า
100,000		
200,000		
300,000		
400,000		
500,000		

สรุปได้ว่า \_\_\_\_\_

ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นจะมีโอกาสเท่ากันหรือไม่ \_\_\_\_\_



**ขั้นที่ 3: ขั้นใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)**

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**ขั้นที่ 4: ขั้นอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)**

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## เฉลยแบบทดสอบข้อที่ 1 เรื่อง “รถพลังงานไฟฟ้า”

**ขั้นที่ 1: ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)**

**1. สิ่งที่ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

การใช้งานรถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า 100% จะประหยัดและคุ้มค่าง่ารถยนต์รุ่นไฮบริดหรือไม่ ให้อธิบายเหตุผลประกอบ

**2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

1. ข้อมูลของรถยนต์รุ่นไฮบริด (Honda Insight 2019) ได้แก่ ราคา 700,000 บาท เครื่องยนต์เบนซินไฮบริด ขนาด 1.8 KPL เท่ากับ 34

2. ข้อมูลรถยนต์พลังงานไฟฟ้า 100% (Nissan Leaf 2019) ได้แก่ ราคา 1,000,000 บาท เครื่องยนต์พลังงานไฟฟ้า 100% KWH เท่ากับ 40 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนความจุ 40 KWH การชาร์จเต็ม 1 ครั้ง วิ่งได้ 311 กิโลเมตร

**ขั้นที่ 2: ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)**

**3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปนี้ มีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (2 คะแนน)**

**3.1 รถยนต์ไฮบริด (Hybrid Car) คือ**

แนวทางการเขียนตอบ รถยนต์ไฮบริด (Hybrid Car) คือ รถประหยัดน้ำมันประเภทหนึ่งที่ใช้การผสมผสานพลังงานระหว่างน้ำมันและไฟฟ้า โดยหากเราขับรถด้วยความเร็วสูง รถก็จะใช้ระบบเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน แต่หากเราใช้ความเร็วต่ำก็จะปรับเป็นระบบไฟฟ้า โดยการดึงพลังงานจากแบตเตอรี่มาทำงานแทน ซึ่งส่วนนี้ก็จะช่วยให้เราประหยัดน้ำมันมากกว่ารถยนต์ทั่วไปนั่นเอง

**3.2 รถพลังงานไฟฟ้า คือ**

แนวทางการเขียนตอบ

รถพลังงานไฟฟ้า คือ รถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเก็บอยู่ในแบตเตอรี่หรืออุปกรณ์เก็บพลังงานไฟฟ้าแบบอื่น ๆ ข้อดีของรถพลังงานไฟฟ้า คือ ไม่มีไอเสียจึงช่วยลดแก๊สเรือนกระจกโดยรวมเป็นจำนวนมาก และไม่ใช้น้ำมัน แต่การใช้รถพลังงานไฟฟ้าต้องประสบกับอุปสรรคและข้อจำกัดมากมาย เช่น ราคาที่สูง และสถานบริการสำหรับชาร์จพลังงานยังไม่แพร่หลาย

### 3.3 34 KPL และ 40 KWH (ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง) หมายถึง

#### แนวทางการเขียนตอบ

(1) KPL หมายถึง อัตราการใช้เชื้อเพลิงหรืออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน ในหน่วย กิโลเมตรต่อลิตร ดังนั้น 34 KPL หมายถึง รถยนต์รุ่นไฮบริดมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันอยู่ที่ 34 กิโลเมตรต่อลิตร หรือน้ำมัน 1 ลิตร รถยนต์รุ่นนี้จะสามารถวิ่งได้ระยะทาง 34 กิโลเมตร

(2) KWH หมายถึง กิโลวัตต์ชั่วโมงเป็นปริมาณพลังงานที่ถูกใช้ในอัตรา 1,000 วัตต์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือ 1 หน่วยไฟฟ้า ดังนั้น 40 KWH (ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง) หมายถึง รถยนต์รุ่นไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้า 40 กิโลวัตต์ชั่วโมง หรือ 40 หน่วยไฟฟ้า ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

3.4 สมมติให้อัตราค่าไฟฟ้าอยู่ที่หน่วยละ 2 บาท ให้นักเรียนอธิบายวิธีการคิดค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์รุ่นไฟฟ้า 100% จนเต็ม (ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง)

#### แนวทางการเขียนตอบ

ความจุของแบตเตอรี่ คือ 40 KWH โดย 1 KWH มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยไฟฟ้า ดังนั้นจะชาร์จแบตเตอรี่รุ่นนี้จนเต็มจะต้องใช้ไฟทั้งหมด 40 หน่วย หน่วยละ 2 บาท คิดเป็นเงิน  $40 \times 2 = 80$  บาท

### 4. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในประเด็นดังต่อไปนี้

4.1 นักเรียนจะพิจารณาความความประหยัดและคุ้มค่าของรถยนต์ทั้งสองรุ่น โดยใช้ข้อมูลหรือเงื่อนไขใดบ้าง และข้อมูลดังกล่าวมีรายละเอียดอย่างไร จงอธิบาย (0.5 คะแนน)

#### แนวทางการเขียนตอบ

ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ใช้	รายละเอียด	
	รถยนต์รุ่นไฮบริด	รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า
1. ราคาของรถยนต์ทั้งสองรุ่น	700,000 บาท	1,000,000 บาท
2. การใช้พลังงาน	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน คือ 34 KPL หมายถึง 34 กิโลเมตรต่อลิตร	การชาร์จจะใช้พลังงานไฟฟ้า 40 KWH หรือ 40 หน่วยต่อการชาร์จเต็ม 1 ครั้ง และชาร์จเต็ม 1 ครั้งวิ่งได้ 311 กิโลเมตร

4.2 กำหนดให้รถยนต์รุ่นไฮบริดเติมน้ำมันเบนซิน ชนิดแก๊สโซฮอล์ 95 และราคาปัจจุบันคือ ราคาลิตรละ 27.25 บาท เมื่อรถวิ่งได้ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร จะต้องจ่ายค่าน้ำมันเท่าไร (0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

รถยนต์รุ่นไฮบริด (Honda Insight 2019) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน คือ 34 กิโลเมตรต่อลิตร ดังนั้น เมื่อรถวิ่งได้ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร จะต้องจ่ายค่าน้ำมัน

$$\frac{1,000}{34} \times 27.25 = 801.47 \text{ บาท}$$

4.3 การไฟฟ้าคิดอัตราค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ยอยู่ที่หน่วยละ 4 บาท เมื่อรถวิ่งได้ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า 100% จะต้องจ่ายค่าไฟเท่าไร (0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า 100% ใช้พลังงานไฟฟ้า 40 KWH หรือ 40 หน่วย ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง และจะวิ่งได้ 311 กิโลเมตร ดังนั้นในระยะทาง 1,000 กิโลเมตร ต้องชาร์จอย่างน้อย 4 ครั้ง

ชาร์จ 1 ครั้ง จะใช้พลังงานไฟฟ้า 40 หน่วย ชาร์จ 4 ครั้ง จะพลังงานไฟฟ้า

$$40 \times 4 = 160 \text{ หน่วย}$$

ค่าไฟหน่วยละ 4 บาท ดังนั้น เมื่อรถวิ่งได้ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร จะต้องจ่ายค่าไฟ

$$160 \times 4 = 640 \text{ บาท}$$

4.4 กำหนดให้ค่าใช้จ่ายรวมพิจารณาจาก ราคารวมกับค่าน้ำมัน/ค่าไฟฟ้า เมื่อรถวิ่งได้ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร รถยนต์รุ่นไฮบริดและรถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า จะมีค่าใช้จ่ายรวมเป็นเท่าไร และค่าใช้จ่ายรวมของรถทั้งสองรุ่นแตกต่างกันอย่างไร (0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

รถยนต์	รายการค่าใช้จ่าย		
	ราคา (บาท)	ค่าน้ำมัน/ค่าไฟฟ้าที่ 1,000 ก.ม. (บาท)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
รถยนต์รุ่นไฮบริด	700,000	801.47 บาท	700,801.47
รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า	1,000,000	640	1,000,640

สรุปได้ว่า ที่ระยะทางการใช้งานที่ 1,000 กิโลเมตร รถยนต์รุ่นไฮบริดมีค่าใช้จ่ายรวมที่ถูกกว่ารถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า

5. พิจารณาข้อมูลหรือเงื่อนไขที่นักเรียนระบุในข้อ 4 หากนำรถยนต์ทั้งสองรุ่นมาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 100,000 กิโลเมตร 200,000 กิโลเมตร 300,000 กิโลเมตร 400,000 กิโลเมตร และ 500,000 กิโลเมตร ตามลำดับ

5.1 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าน้ำมันของรถยนต์รุ่นไฮบริด และค่าไฟฟ้าของรถยนต์รุ่นไฟฟ้าตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าน้ำมันเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าของรถยนต์ทั้งสองรุ่นแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าน้ำมัน (บาท) รถยนต์ไฮบริด	ค่าไฟฟ้า (บาท) รถยนต์พลังงานไฟฟ้า
100,000	80,000	51,000
200,000	160,000	102,000
300,000	240,000	153,000
400,000	320,000	204,000
500,000	400,000	255,000

สรุปได้ว่า ระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 100,000 กิโลเมตร 200,000 กิโลเมตร 300,000 กิโลเมตร 400,000 กิโลเมตร และ 500,000 กิโลเมตร ตามลำดับ รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้ามีค่าไฟฟ้าถูกกว่าค่าน้ำมันของรถยนต์รุ่นไฮบริด

5.2 ให้นักเรียนคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมของรถทั้งสองรุ่นตามระยะทางการใช้งานดังกล่าว และอธิบายว่าค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่น แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (1 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	
	รถยนต์ไฮบริด	รถยนต์พลังงานไฟฟ้า
100,000	780,000	1,051,000
200,000	860,000	1,102,000
300,000	940,000	1,153,000
400,000	1,020,000	1,204,000
500,000	1,100,000	1,255,000

สรุปได้ว่า ระยะทางการใช้งานที่เท่ากัน คือ 100,000 กิโลเมตร 200,000 กิโลเมตร 300,000 กิโลเมตร 400,000 กิโลเมตร และ 500,000 กิโลเมตร ตามลำดับ รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้ามีค่าใช้จ่ายรวมที่แพงกว่ารถยนต์รุ่นไฮบริด

ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ทั้งสองรุ่นจะมีโอกาสเท่ากันหรือไม่ มี

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาคำตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

กำหนดให้	$d$	แทน	ระยะทางการใช้งาน (กิโลเมตร)
	$C_{\text{ไฮบริด}}$	แทน	ราคารถยนต์รุ่นไฮบริด (บาท)
	$C_{\text{ไฟฟ้า}}$	แทน	ราคารถยนต์รุ่นไฟฟ้า (บาท)
	$P_{\text{ไฮบริด}}$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์รุ่นไฮบริด (บาท)
	$P_{\text{ไฟฟ้า}}$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์รุ่นไฟฟ้า (บาท)

7. ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

$$P_{\text{ไฮบริด}} = C_{\text{ไฮบริด}} + \left[ \frac{d}{34} \times 27.25 \right] \dots(1)$$

$$P_{\text{ไฟฟ้า}} = C_{\text{ไฟฟ้า}} + \left[ \frac{d}{311} \times 158.4 \right] \dots(2)$$

เมื่อ	$d$	แทน	ระยะทางการใช้งาน (กิโลเมตร)
	$C_{\text{ไฮบริด}}$	แทน	ราคารถยนต์รุ่นไฮบริด (บาท)
	$C_{\text{ไฟฟ้า}}$	แทน	ราคารถยนต์รุ่นไฟฟ้า (บาท)
	$P_{\text{ไฮบริด}}$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์รุ่นไฮบริด (บาท)
	$P_{\text{ไฟฟ้า}}$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์รุ่นไฟฟ้า (บาท)

ขั้นที่ 3: ชั้นใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

กำหนดให้

$$P_{\text{ไฮบริด}} = P_{\text{ไฟฟ้า}}$$

จะได้ว่า

$$\left[ \frac{d}{34} \times 27.25 \right] + C_{\text{ไฮบริด}} = \left[ \frac{d}{311} \times 158.4 \right] + C_{\text{ไฟฟ้า}}$$

$$\left[ \frac{d}{34} \times 27.25 \right] + 700000 = \left[ \frac{d}{311} \times 158.4 \right] + 1000000$$

$$0.8d + 700000 = 0.5d + 1000000$$

$$d = 1000000$$

เมื่อ	$d$	แทน	ระยะทางการใช้งาน (กิโลเมตร)
	$C_{\text{ไฮบริด}}$	แทน	ราคารถยนต์รุ่นไฮบริด (บาท)
	$C_{\text{ไฟฟ้า}}$	แทน	ราคารถยนต์รุ่นไฟฟ้า (บาท)
	$P_{\text{ไฮบริด}}$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์รุ่นไฮบริด (บาท)
	$P_{\text{ไฟฟ้า}}$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์รุ่นไฟฟ้า (บาท)

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ไฮบริดจะเท่ากับค่าใช้จ่ายรวมของรถยนต์ไฟฟ้าที่ระยะทางประมาณ 1,000,000 กิโลเมตร

ขั้นที่ 4: ขั้นตอนิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหานี้ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

การเลือกใช้รถยนต์รุ่นพลังงานไฟฟ้า จะประหยัดและคุ้มค่าง่ารถยนต์รุ่นไฮบริด ก็ต่อเมื่อมีการใช้งานที่ระยะทางมากกว่า 1,000,000 กิโลเมตรขึ้นไป ถ้าระยะทางการใช้งานรถยนต์ของคนไทยโดยเฉลี่ยอยู่ที่ปีละ 20,000 กิโลเมตร และอายุการใช้งานเฉลี่ยของรถยนต์ 1 คัน คือ 4-5 ปี จึงคิดว่าการตัดสินใจเลือกใช้รถยนต์รุ่นไฟฟ้านั้น ไม่ประหยัดและไม่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์รุ่นไฮบริด

**เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของแบบทดสอบ “รถพลังงานไฟฟ้า”**

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ แบบทดสอบ “รถพลังงานไฟฟ้า” (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>1. ด้านการทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)</b>		
ข้อ 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้อง</li> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาไม่ถูกต้อง</li> </ul>	1 0
ข้อ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)</b>		
ข้อ 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 4.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายแนวคิดพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน หรือไม่อธิบาย</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 4.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายแนวคิดพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน หรือไม่อธิบาย</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 4.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายแนวคิดพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน หรือไม่อธิบาย</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 4.4	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวคิดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายแนวคิดพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน หรือไม่อธิบาย</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 5.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างได้ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่อธิบาย</li> </ul>	1 0
ข้อ 5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายความแตกต่างไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง</li> </ul>	1 0.5 0

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ แบบทดสอบ “รถพลังงานไฟฟ้า” (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน) (ต่อ)</b>		
ข้อ 6	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปแบบ หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปแบบ หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปแบบ หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
ข้อ 7	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
<b>3. ด้านการใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)</b>		
ข้อ 8	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	3
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องส่วนใหญ่	2
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง	0
ข้อ 9	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
<b>4. ด้านการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)</b>		
ข้อ 10	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงไม่ถูกต้อง	0

<b>แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง</b>	
<b>ฉบับที่ 2</b>	<b>ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น</b>
โรงเรียน.....	ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทดสอบ.....
ชื่อ-สกุล .....	

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบนี้ เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน ที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 1 ข้อ และเป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์จากเนื้อหาในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

3. แบบทดสอบนี้ใช้เวลาในการทำ 180 นาที

4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ – สกุล เลขที่ ชั้นเรียน และวัน/เดือน/ปี ในแบบทดสอบนี้ให้ชัดเจน

5. หากนักเรียนมีข้อสงสัยใด ๆ ให้ถามผู้คุมสอบเท่านั้น

6. อนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขหรือเครื่องคำนวณในการทำแบบทดสอบฉบับนี้

7. เมื่อหมดเวลาสอบให้ส่งแบบทดสอบฉบับนี้กับผู้คุมสอบ

ข้อที่ 2	แบบทดสอบ เรื่อง “อาชีพในฝันของเด็กไทย”
----------	----------------------------------------

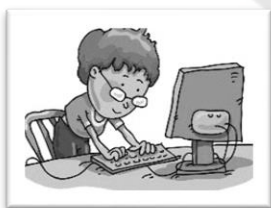
สถานการณ์ :

จากการสำรวจเด็กไทยที่มีอายุ 7-14 ปี จำนวน 2,684 คน พบว่า อาชีพที่เด็กไทยใฝ่ฝันอยากทำมากที่สุดคืออาชีพ “หมอ” เนื่องจาก เป็นอาชีพที่ได้ช่วยเหลือผู้อื่น ได้รับบุญ และมีรายได้ดี รองลงมาคือ อาชีพ “ครู” ด้วยเหตุผลอยากสอนเด็กไทยให้เป็นคนดีมีความรู้ และ อันดับสุดท้าย ได้แก่ “นักกีฬาอีสปอร์ตหรือนักแคสเกม (Cast game)” ซึ่งแต่ละอาชีพมีรายได้และระดับการศึกษาดังนี้



อาชีพ	รายได้ (บาท)	ระดับการศึกษา	จำนวนปีที่เรียน	ค่าบำรุงการศึกษาหรือค่าเทอมต่อปี
นักกีฬาอีสปอร์ต	300,000 ต่อปี	ไม่จำกัดวุฒิการศึกษา	-	-
ครู	15,000 ต่อเดือน	ปริญญาตรี	4	34,000
แพทย์ทั่วไป	60,000 ต่อเดือน	ปริญญาตรี	6	80,000

สาเหตุที่นักกีฬาอีสปอร์ต หรือนักแคสเกม เป็นอาชีพที่มาแรงติดเทรนด์ท็อป 3 อาชีพในฝันของเด็กไทยปีนี้เป็นปีแรก เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคใหม่ เกมที่เคยเล่นกันสนุกๆ ระหว่างเพื่อนกลายเป็นเกมกีฬาที่มีผู้เล่นหลักร้อยล้านคนทั่วโลก พัฒนาจนเกิดการแข่งขันระดับโลกเงินรางวัลมีตั้งแต่หลักแสนจนถึงหลักล้าน อีกทั้ง กีฬาอีสปอร์ตยังเป็นกีฬาสาธิตในเอเชียนเกมส์ ครั้งที่ 18 ที่ประเทศอินโดนีเซียอีกด้วย



ณัฐอายุ 18 ปี กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีรายได้จากการเป็นนักแคสเกม (Cast game) ประมาณ 10,000 บาทต่อเดือน ณัฐจึงสนใจอาชีพนักกีฬาอีสปอร์ต ในขณะที่เดียวกันก็มีความฝันอยากเป็นแพทย์มาตั้งแต่เด็ก เขาจึงยังเลือกไม่ถูกว่าควรเลือกประกอบอาชีพนักกีฬาอีสปอร์ตหรือเรียนต่อแพทย์

**คำถาม** จากความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ถ้าณัฐเลือกเรียนแพทย์ เขาต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปีจึงจะมีรายได้สุทธิมากกว่านักกีฬาอีสปอร์ต หรือนักแคสเกม และถ้าจะให้คำแนะนำแก่ณัฐ นักเรียนจะแนะนำให้เขาเลือกทางใดเพราะเหตุใด

**ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)**

1. **สิ่งที่สถานการณ์ต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)**

---

---

---

---

2. **ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)**

1. \_\_\_\_\_

---

2. \_\_\_\_\_

---

3. \_\_\_\_\_

---

**ขั้นที่ 2 : ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)**

3. **ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปนี้ มีรายละเอียดอย่างไรบ้าง**

3.1 **ต้นทุนค่าเสียโอกาส คือ (1 คะแนน)**

---

---

---

---

---

3.2 **รายได้สุทธิ คือ (1 คะแนน)**

---

---

---

---

4. ให้นักเรียนใช้ตารางต่อไปนี้เพื่ออธิบายว่า หลังจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ถ้าฉันเลือกเรียนแพทย์ รายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 6 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬาอาชีพหรือ นักแคสเกมจะเป็นอย่างไร และ ต้นทุนค่าเสียโอกาสของฉันถ้าเลือกเรียนต่อแพทย์จะ เท่ากับเท่าไร (2 คะแนน)

ตารางเปรียบเทียบรายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 6 ปี ระหว่างแพทย์กับนักกีฬาอาชีพ

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	แพทย์ทั่วไป	นักกีฬาอาชีพ
1		
2		
3		
4		
5		
6		

ดังนั้น ถ้าฉันเลือกเรียนแพทย์จะมีต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับ \_\_\_\_\_ บาท

5. จากตารางในข้อ 4 ถ้าฉันตัดสินใจเลือกแพทย์ หลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไป อีกกี่ปี จึงจะมีรายได้สุทธิที่ไม่ติดลบ (2 คะแนน)

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	แพทย์ทั่วไป	นักกีฬาอาชีพ
1		
2		
3		
4		
5		
6		

ดังนั้น ถ้าฉันตัดสินใจเลือกเรียนแพทย์ หลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไปอีก \_\_\_\_\_ ปี จึงจะมีรายได้สุทธิที่ไม่ติดลบ



ขั้นที่ 3 : ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

---

---

---

---

---

---

---

---

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

ขั้นที่ 4 : ใช้อธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา (2 คะแนน)

---

---

---

---

---

---

---

---

## เฉลยแบบทดสอบ เรื่อง “อาชีพในฝันของเด็กไทย”

**ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)**

**1. สิ่งที่คุณต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

จากความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” ถ้าเลือกเรียนแพทย์ ต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปีจึงจะมีรายได้สุทธิมากกว่านักกีฬาอีสปอร์ต หรือนักแคสเกม และจะให้คำแนะนำแก่ผู้อื่นอย่างไร อธิบายพร้อมเหตุผล

**2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่คุณกำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

1. อาชีพในฝันของเด็กไทยอายุ 7-14 ปี 3 อันดับแรก ได้แก่ หมอ ครู และนักกีฬาอีสปอร์ต หรือนักแคสเกม (Cast game) พร้อมรายละเอียดของแต่ละอาชีพ ประกอบด้วย รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษา จำนวนปีที่เรียน และค่าบำรุงการศึกษาหรือค่าเทอม

2. อยู่นักระหว่างการตัดสินใจว่าจะเลือกแพทย์ หรือประกอบอาชีพนักกีฬาอีสปอร์ต

3. ใช้ความรู้ เรื่อง “ต้นทุนค่าเสียโอกาส” คำนวณหาระยะเวลาที่แพทย์จะมีรายได้สุทธิต่อเดือน มากกว่านักกีฬาอีสปอร์ต

**ขั้นที่ 2 : ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)**

**3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปนี้ มีรายละเอียดอย่างไรบ้าง**

**3.1 ต้นทุนค่าเสียโอกาส คือ (1 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

ต้นทุนค่าเสียโอกาส หรือค่าเสียโอกาส คือต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อเราเลือกทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้วทำให้เราไม่สามารถทำอีกสิ่งหนึ่งได้ หรือกล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าเสียโอกาสเป็นต้นทุนของการเลือก เพราะเมื่อเลือกทำสิ่งหนึ่งก็จะไม่ได้ทำอีกสิ่งหนึ่ง โดยเหตุผลหลักที่ต้องมีการเลือกเพราะทรัพยากรเป็นสิ่งที่มียู่อย่างจำกัด ทำให้เราไม่สามารถเลือกทำได้ทุกอย่างหรือทำได้หลายเรื่องพร้อมกัน

**3.2 รายได้สุทธิ คือ (1 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

รายได้สุทธิ คือ รายได้หลังจากหักค่าใช้จ่ายทั้งหมดแล้ว

4. ให้นักเรียนใช้ตารางต่อไปนี้เพื่ออธิบายว่า หลังจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ถ้าเลือกรเรียนแพทย์ รายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 6 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬาอีสปอร์ตหรือนักแคสเกมจะเป็นอย่างไร และต้นทุนค่าเสียโอกาสของเลือกรเรียนต่อแพทย์จะเท่ากับเท่าไร (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

แพทย์ ค่าเทอม 80,000 บาทต่อปี เงินเดือน 720,000 บาทต่อปี ในขณะที่นักกีฬาอีสปอร์ต รายได้ต่อปี 300,000 บาท และมีรายได้จากการแคสเกม เดือนละ 10,000 บาท รวมเป็น 420,000 บาทต่อปี

ตารางเปรียบเทียบรายได้สุทธิตลอดระยะเวลา 6 ปี ระหว่างแพทย์กับนักกีฬาอีสปอร์ต

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	แพทย์ทั่วไป	นักกีฬาอีสปอร์ต
1	-80,000	420,000
2	-160,000	840,000
3	-240,000	1,260,000
4	-320,000	1,680,000
5	-400,000	2,100,000
6	-480,000	2,520,000

ดังนั้น ถ้าเลือกรเรียนแพทย์จะมีต้นทุนค่าเสียโอกาส เท่ากับ 2,2520,000 บาท

5. จากตารางในข้อ 4 ถ้าเลือกรเรียนแพทย์ หลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไปอีกกี่ปี จึงจะมีรายได้สุทธิที่ไม่ติดลบ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ปีที่	รายได้สุทธิต่อปี	
	แพทย์ทั่วไป	นักกีฬาอีสปอร์ต
1	-80,000	420,000
2	-160,000	840,000
3	-240,000	1,260,000
4	-320,000	1,680,000
5	-400,000	2,100,000
6	-480,000	2,520,000
7	240,000	2,940,000

ดังนั้น ถ้าณัฐตัดสินใจเลือกเรียนแพทย์ หลังจากเรียนจบเขาต้องทำงานต่อไปอีก  
 $7 - 6 = 1$  ปี จึงจะมีรายได้สุทธิที่ไม่ติดลบ

6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหา  
 คำตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์  
 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

กำหนดให้	$Y$	แทน	ปีที่รายได้สุทธิของแพทย์จะเท่ากับนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ต
	$E_n$	แทน	รายได้สุทธิของนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ตในปีที่ $n$ (บาท)
	$D_n$	แทน	รายได้สุทธิของแพทย์ในปีที่ $n$ (บาท)
	$E$	แทน	เงินเดือนของนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ตต่อปี (บาท)
	$D$	แทน	เงินเดือนของแพทย์ต่อปี (บาท)

7. ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ  
 สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

$$Y = \frac{E_n - D_n}{D - E} \quad \text{เมื่อ } n \geq 1$$

เมื่อ	$Y$	แทน	ปีที่รายได้สุทธิของแพทย์จะเท่ากับนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ต
	$E_n$	แทน	รายได้สุทธิของนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ตในปีที่ $n$ (บาท)
	$D_n$	แทน	รายได้สุทธิของแพทย์ในปีที่ $n$ (บาท)
	$E$	แทน	เงินเดือนของนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ตต่อปี (บาท)
	$D$	แทน	เงินเดือนของแพทย์ต่อปี (บาท)

ขั้นที่ 3 : ขั้นใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดย  
 ละเอียด (3 คะแนน) (ใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณได้)

แนวทางการเขียนตอบ

$$Y = \frac{E_n - D_n}{D - E} \quad \text{เมื่อ } n \geq 1$$

เมื่อ เริ่มคิดจากปีที่ 7 (ปีแรกที่แพทย์เริ่มทำงาน) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{E_7 - D_7}{D - E} \\
 &= \frac{2,940,000 - 240,000}{720,000 - 420,000} \\
 &= 9
 \end{aligned}$$

เมื่อ	Y	แทน	ปีที่รายได้สุทธิของแพทย์จะเท่ากับนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ต
	$E_7$	แทน	รายได้สุทธิของนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ตในปีที่ 7 (บาท)
	$D_7$	แทน	รายได้สุทธิของแพทย์ในปีที่ 7 (บาท)
	E	แทน	เงินเดือนของนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ตต่อปี (บาท)
	D	แทน	เงินเดือนของแพทย์ต่อปี (บาท)

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ปีที่รายได้สุทธิของแพทย์จะเท่ากับนักกีฬาอาชีพ-สปอร์ต คือ ปีที่ 9 เมื่อเริ่มคิดจากปีที่ 7 (ปีแรกที่แพทย์เริ่มทำงาน)

**ขั้นที่ 4 : ขั้นตอนิบายคำตอบ (2 คะแนน)**

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ ปัญหานี้ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ถ้าฉันเลือกรับเลือกเรียนแพทย์ เขาต้องทำงานอย่างน้อย 10 ปี จึงจะมีรายได้สุทธิตกกว่านักกีฬาอาชีพ-สปอร์ต และการให้คำแนะนำนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้หลากหลาย

**เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของกิจกรรม “อาชีพในฝันของเด็กไทย”**

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ แบบทดสอบ “อาชีพในฝันของเด็กไทย” (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>1. ด้านการทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)</b>		
ข้อ 1	● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้อง	1
	● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาไม่ถูกต้อง	0
ข้อ 2	● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด ไม่ถูกต้อง	0
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)</b>		
ข้อ 3	● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ไม่ถูกต้อง	0
ข้อ 4	● อธิบายแนวคิดได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● อธิบายแนวคิดพอสื่อให้เข้าใจได้ เพียงบางส่วน	1
	● อธิบายแนวคิดไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบายเลย	0
ข้อ 5	● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายแนวคิดได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● แสดงวิธีการคำนวณ หรืออธิบายแนวคิดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● แสดงวิธีการคำนวณ และอธิบายแนวคิดไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบาย	0
ข้อ 6	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ แบบทดสอบ “อาชีพในฝันของเด็กไทย” (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน) (ต่อ)		
ข้อ 7	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
3. ด้านการใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)		
ข้อ 8	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	3
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องส่วนใหญ่	2
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง	0
ข้อ 9	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
4. ด้านการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)		
ข้อ 10	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงไม่ถูกต้อง	0

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง	
ฉบับที่ 3	ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียน.....ชั้น.....วัน/เดือน/ปี ที่ทดสอบ..... ชื่อ-สกุล.....	

### คำชี้แจง

1. แบบทดสอบนี้ เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 1 ข้อ และเป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์จากเนื้อหาในรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1
3. แบบทดสอบนี้ใช้เวลาในการทำ 180 นาที
4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ – สกุล เลขที่ ชั้นเรียน และวัน/เดือน/ปี ในแบบทดสอบนี้ให้ชัดเจน
5. หากนักเรียนมีข้อสงสัยใด ๆ ให้ถามผู้คุมสอบเท่านั้น
6. อนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขหรือเครื่องคำนวณในการทำแบบทดสอบฉบับนี้
7. เมื่อหมดเวลาสอบให้ส่งแบบทดสอบฉบับนี้กับผู้คุมสอบ

ข้อที่ 3	แบบทดสอบ เรื่อง “หลอดไฟแบบไหนประหยัดที่สุด”
----------	---------------------------------------------

**สถานการณ์:**

ครอบครัวของมะลิตัดสินใจซื้อบ้านใหม่ เป็นบ้าน 2 ชั้น มี 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ และ 1 ห้องรับแขก ขณะนี้อยู่ระหว่างตกแต่งและติดตั้งระบบไฟฟ้าภายในบ้าน จากการสำรวจของช่างไฟพบว่า แต่ละห้องต้องติดตั้งหลอดไฟบนเพดานในจำนวนที่แตกต่างกัน ดังนี้



ห้องนอนขนาดใหญ่ จำนวน 3 หลอด





ห้องนอนขนาดกลาง จำนวน 2 หลอด

ห้องนอนขนาดเล็ก จำนวน 1 หลอด

ห้องน้ำ 2 ห้อง ห้องละ 1 หลอด

ห้องรับแขก จำนวน 4 หลอด

และได้ทำใบเสนอรายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภทเพื่อให้พิจารณาสั่งซื้อ ดังนี้

1. หลอดไส้		ราคา: 18 บาท	2. หลอดตะเกียบ		ราคา: 499 บาท (แพ็ค 6 หลอด)
		กำลังไฟ : 60 W			กำลังไฟ: 14 w
		อายุการใช้งาน: 1,000 ชม.			อายุการใช้งาน: 8,000 ชม.
3. หลอดฮาโลเจน		ราคา: 59 บาท	4. หลอดแอลอีดี		ราคา: 78 บาท
		กำลังไฟ : 60 W			กำลังไฟ : 60 W
		อายุการใช้งาน: 50,000 ชม.			อายุการใช้งาน: 8 ปี

**คำถาม** ถ้าคนเราใช้เวลาอยู่บ้านเฉลี่ยวันละ 10 ชั่วโมง และอายุของบ้านที่นับตั้งแต่วันก่อสร้างจนถึงวันที่ต้องปรับปรุงหรือซ่อมแซมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 15 ปี อยากรทราบว่าเพื่อให้ผลประโยชน์สูงสุดและประหยัดค่าใช้จ่าย (ค่าหลอดไฟ และค่าไฟฟ้า) ในช่วงระยะเวลา 15 ปีให้มากที่สุด มะลิควรติดตั้งหลอดไฟชนิดใด

ขั้นที่ 1 : ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. สิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)

---

---

---

---

2. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)

1. \_\_\_\_\_

---

---

---

2. \_\_\_\_\_

---

ขั้นที่ 2 : ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)

3. ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปนี้ มีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (2 คะแนน)

3.1 กำลังไฟ หมายถึง

---

---

---

---

---

---

---

---

3.2 หลักการคิดค่าไฟของการไฟฟ้า

---

---

---

---

---

---

---

---





## 5.2 การคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท ตามเงื่อนไขของการไฟฟ้า (1 คะแนน)

การคิดค่าไฟฟ้าในประเทศไทยจะใช้หน่วยวัดเป็นยูนิต หรือหน่วย หรือกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งมีความหมายดังนี้

“สำหรับการใช้ไฟฟ้า 1 หน่วย หรือ 1 ยูนิต

คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ ที่ใช้งาน 1 ชั่วโมง”

เมื่อ 1 กิโลวัตต์ = 1000 วัตต์ และอัตราปกติสำหรับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือนที่กำหนดโดยการไฟฟ้านครหลวง เป็นดังนี้

หน่วยที่	ราคาหน่วยละ (บาท)
1 - 15 หน่วย	2.3488 บาท
16 - 25 หน่วย	2.9822 บาท
26 - 35 หน่วย	3.2405 บาท
36 - 100 หน่วย	3.6237 บาท
101 - 150 หน่วย	3.7171 บาท
151 - 400 หน่วย	4.2218 บาท
401 หน่วย ขึ้นไป	4.4217 บาท

หลอดไฟ	กำลังไฟรวมต่อวัน (วัตต์)	จำนวนหน่วยต่อวัน	จำนวนหน่วยต่อเดือน	ค่าไฟต่อเดือน (บาท)
1. หลอดไส้				
2. หลอดตะเกียบ				
3. หลอดฮาโลเจน				
4. หลอดแอลอีดี				





## เฉลยแบบทดสอบ เรื่อง “หลอดไฟแบบโหนดประหยัดที่สุด”

**ขั้นที่ 1 :** ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)

1. **สิ่งที่สถานการณ์ปัญหาต้องการหา มีอะไรบ้าง (1 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

มะลิควรติดตั้งหลอดไฟชนิดใดในบ้าน จึงจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งได้แก่ ค่าไฟฟ้า และค่าหลอดไฟ ในระยะเวลา 15 ปีให้มากที่สุด

2. **ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้ มีอะไรบ้าง (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

- บ้านของมะลิ มี 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ และ 1 ห้องรับแขก แต่ละห้องต้องติดตั้งหลอดไฟบนเพดานในจำนวนที่แตกต่างกัน ดังนี้ ห้องนอนขนาดใหญ่ จำนวน 3 หลอด ห้องนอนขนาดกลาง จำนวน 2 หลอด ห้องนอนขนาดเล็ก จำนวน 1 หลอด ห้องน้ำ 2 ห้อง ห้องละ 1 หลอด และห้องรับแขก จำนวน 4 หลอด

- ใบเสนอรายละเอียดของหลอดไฟแต่ละประเภท

- คนเราใช้เวลาอยู่บ้านเฉลี่ยวันละ 10 ชั่วโมง และอายุของบ้านที่นับตั้งแต่วันที่ก่อสร้างจนถึงวันที่ต้องปรับปรุงหรือซ่อมแซมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 15 ปี

**ขั้นที่ 2 :** ขั้นค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)

3. **ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมมีหรือไม่ และข้อมูลหรือเงื่อนไขที่ค้นคว้าเพิ่มเติมนั้นมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง (ถ้ามี) (2 คะแนน)**

แนวทางการเขียนตอบ

- กำลังไฟ หมายถึง กำลังไฟฟ้าเป็นค่าที่บอกว่าหลอดไฟต้องใช้กำลังไฟเท่าใดในการทำงาน มีหน่วยเป็น “วัตต์” (w)

- รอบการคิดค่าไฟของการไฟฟ้าจะคิดเป็นรอบเดือนหรือทุกๆ 30 วัน

#### 4. ให้นักเรียนอธิบายแนวคิดในประเด็นต่อไปนี้

4.1 นักเรียนมีลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไร (ตอบเรียงตามลำดับ)  
(0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟมาติดตั้งทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าไฟที่เกิดจากการเปิดใช้งานหลอดไฟแต่ละประเภท

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาเลือกหลอดไฟที่คุ้มค่า/ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด

4.2 จากขั้นตอนการแก้ปัญหาในข้อ 4.1 นักเรียน มีแนวทางในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนอย่างไร (0.5 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟมาติดตั้งทั้งหมด

1. คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟในครั้งแรก

2. คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟในครั้งถัดไป ในกรณีมี

หลอดไฟหมดอายุการใช้งาน

3. นำค่าใช้จ่ายจากข้อ 1 และ 2 มารวมกันจะได้เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซื้อหลอดไฟมาติดตั้งทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าไฟที่เกิดจากการเปิดใช้งานหลอดไฟแต่ละประเภท

คำนวณหาค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท

คำนวณหาค่าไฟในระยะเวลา 15 ต่อปี ของหลอดไฟแต่ละประเภท

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าใช้จ่ายรวม ในระยะเวลา 15 ปี โดยการนำค่าหลอดไฟรวมกับค่าไฟฟ้า ในระยะเวลา 15 ปี

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาเลือกหลอดไฟที่คุ้มค่า/ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด โดยเลือกหลอดไฟที่มีค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุดในระยะเวลา 15 ปี

5. ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท (กำหนดให้ 1 ปี มี 365 วัน)

5.1 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

1. คำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟครั้งแรก

ตารางแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟในครั้งแรก

หลอดไฟ	ราคาหลอดไฟ/หลอด (บาท)	ราคาหลอดไฟรวม (บาท)
1. หลอดไส้	18	216
2. หลอดตะเกียบ	83	996
3. หลอดฮาโลเจน	59	708
4. หลอดแอลอีดี	78	936

2. คำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการที่ต้องเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ เนื่องจากหลอดไฟหมดอายุการใช้งาน

ตารางแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมจากการซื้อหลอดไฟในระยะเวลา 1 ปี

หลอดไฟ	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)	จำนวนครั้ง ในการเปลี่ยนหลอดไฟ (ครั้ง)	ค่าใช้จ่ายรวมจากการซื้อหลอดไฟใน ระยะเวลา 15 ปี (บาท)
1. หลอดไส้	1,000	55	$216 + 990 = 1,206$
2. หลอดตะเกียบ	8,000	7	$996 + 581 = 1,577$
3. หลอดฮาโลเจน	50,000	1	$708 + 59 = 767$
4. หลอดแอลอีดี	70,000	-	936

## 5.2 การคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อเดือนของหลอดไฟแต่ละประเภท ตามเงื่อนไขของการไฟฟ้า (1 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

หลอดไฟ	กำลังไฟรวมต่อวัน (วัตต์)	จำนวนหน่วย ต่อวัน	จำนวนหน่วย ต่อเดือน	ค่าไฟต่อเดือน (บาท)
หลอดไส้	720	7.2	216	991.91
หลอดตะเกียบ	168	1.68	50.4	182.63
หลอดฮาโลเจน	720	72	216	991.91
หลอดแอลอีดี	720	7.2	216	991.91

## 6. จากข้อ 4 และ 5 ให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลหรือเงื่อนไข ที่จำเป็นต่อการคำนวณหาค่าตอบของสถานการณ์นี้ให้อยู่ในรูปของตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

กำหนดให้

$P_i$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$
$n$	แทน	จำนวนของหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด
$m$	แทน	จำนวนครั้งที่เปลี่ยนหลอดไฟ
$h$	แทน	ระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง)
$u$	แทน	ค่าไฟต่อหน่วยต่อเดือน
$t$	แทน	ระยะเวลารวมทั้งหมด (เดือน)

7. ให้นักเรียนเขียน**ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์**ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 6 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ตารางแสดง “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟฟ้าในระยะเวลา  $t$  เดือน

หลอดไฟ	ค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ (บาท) ในระยะเวลา $t$ เดือน	ค่าไฟฟ้าในระยะเวลา $t$ เดือน (บาท)
หลอดไส้ยี่ห้อ A	$(18 \times n) \times (1 + m)$	$7.2 \times h \times n \times u \times t$
หลอดตะเกียบยี่ห้อ B	$(83 \times n) \times (1 + m)$	$1.68 \times h \times n \times u \times t$
หลอดฮาโลเจนยี่ห้อ C	$(59 \times n) \times (1 + m)$	$7.2 \times h \times n \times u \times t$
หลอดแอลซีดียี่ห้อ D	$(78 \times n) \times (1 + m)$	$7.2 \times h \times n \times u \times t$

ตารางแสดง “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ของค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา  $t$  เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ  $i$

หลอดไฟ	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$ ( $P_i$ ) (บาท)
หลอดไส้ยี่ห้อ A	$P_A = [(18 \times n) \times (1 + m)] + (7.2 \times h \times n \times u \times t)$
หลอดตะเกียบยี่ห้อ B	$P_B = [(83 \times n) \times (1 + m)] + (1.68 \times h \times n \times u \times t)$
หลอดฮาโลเจนยี่ห้อ C	$P_C = [(59 \times n) \times (1 + m)] + (7.2 \times h \times n \times u \times t)$
หลอดแอลซีดียี่ห้อ D	$P_D = [(78 \times n) \times (1 + m)] + (1.68 \times h \times n \times u \times t)$

เมื่อ	$P_i$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$
	$n$	แทน	จำนวนของหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด
	$m$	แทน	จำนวนครั้งที่เปลี่ยนหลอดไฟ
	$h$	แทน	ระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง)
	$u$	แทน	ค่าไฟต่อหน่วยต่อเดือน
	$t$	แทน	ระยะเวลาทั้งหมด (เดือน)

### ขั้นที่ 3 : ชั้นใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)

8. ให้นักเรียนแสดงวิธีในการค้นหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 7 โดยละเอียด (3 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ตารางแสดงค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ และค่าไฟฟ้าในระยะเวลา 15 ปี หรือ 180 เดือน

หลอดไฟ	ค่าใช้จ่ายจากการซื้อหลอดไฟ (บาท) ในระยะเวลา 180 เดือน	ค่าไฟฟ้าในระยะเวลา 180 เดือน (บาท)
หลอดไส้ยี่ห้อ A	1,206	178,544
หลอดตะเกียบยี่ห้อ B	1,577	32,873
หลอดฮาโลเจนยี่ห้อ C	767	178,544
หลอดแอลซีดียี่ห้อ D	936	178,544

ตารางแสดงค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา  $t$  เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ  $i$

หลอดไฟ	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$ ( $P_i$ ) (บาท)
หลอดไส้ยี่ห้อ A	$P_A = 179,750$
หลอดตะเกียบยี่ห้อ B	$P_B = 34,450$
หลอดฮาโลเจนยี่ห้อ C	$P_C = 179,311$
หลอดแอลซีดียี่ห้อ D	$P_D = 179,480$

เมื่อ	$P_i$	แทน	ค่าใช้จ่ายรวมในระยะเวลา $t$ เดือน ของหลอดประเภท/ยี่ห้อ $i$
	$n$	แทน	จำนวนของหลอดไฟที่ใช้ทั้งหมด
	$m$	แทน	จำนวนครั้งที่เปลี่ยนหลอดไฟ
	$h$	แทน	ระยะเวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง)
	$u$	แทน	ค่าไฟต่อยูนิตต่อเดือน
	$t$	แทน	ระยะเวลาทั้งหมด (เดือน)

9. ให้นักเรียนสรุปคำตอบที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในข้อ 8 (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ค่าใช้จ่ายจากการใช้หลอดไฟแต่ละประเภทเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยคือ

หลอดไส้	179,750	บาท
หลอดแอลอีดี	179,480	บาท
หลอดฮาโลเจน	173,311	บาท
หลอดตะเกียบ	34,450	บาท

ขั้นที่ 4 : ใช้อธิบายคำตอบ (2 คะแนน)

10. ให้นักเรียนแปลความหมายคำตอบที่ได้จากข้อ 9 ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหา (2 คะแนน)

แนวทางการเขียนตอบ

ดังนั้น ถ้าคนเราใช้เวลาอยู่บ้านเฉลี่ยวันละ 10 ชั่วโมง และอายุของบ้านที่นับตั้งแต่วันที่ก่อสร้างจนถึงวันที่ต้องปรับปรุงหรือซ่อมแซมโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 15 ปี เพื่อให้ผลประโยชน์สูงสุดและประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุด มะลิควรติดตั้งหลอดตะเกียบ

**เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของแบบทดสอบ “หลอดไฟแบบโหนดประหยัดที่สุด”**

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ แบบทดสอบ “หลอดไฟแบบโหนดประหยัดที่สุด” (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>1. ด้านการทำความเข้าใจปัญหา (3 คะแนน)</b>		
ข้อ 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาได้ถูกต้อง</li> <li>● ระบุสิ่งที่สถานการณ์ต้องการหาไม่ถูกต้อง</li> </ul>	1 0
ข้อ 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด ไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน)</b>		
ข้อ 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมได้ถูกต้องเพียงบางส่วน</li> <li>● ระบุข้อมูลหรือเงื่อนไขในปัญหาที่ต้องค้นคว้าเพิ่มเติมไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 4.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายลำดับ/ขั้นตอนการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 4.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● อธิบายแนวทางในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนได้ถูกต้องครบถ้วน</li> <li>● อธิบายแนวทางในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนไม่ถูกต้อง</li> </ul>	0.5 0
ข้อ 5.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง</li> </ul>	2 1 0
ข้อ 5.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง ครบถ้วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน</li> <li>● แสดงวิธีการคำนวณไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงและไม่อธิบาย</li> </ul>	1 0.5 0

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ของ แบบทดสอบ “หลอดไฟแบบไหนประหยัดที่สุด” (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)		คะแนน
<b>2. ด้านการค้นคว้าข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ (10 คะแนน) (ต่อ)</b>		
ข้อ 6	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● ปรับเปลี่ยน “ข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญ” ให้อยู่ในรูปตัวแปร หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
ข้อ 7	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	2
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
<b>3. ด้านการใช้คณิตศาสตร์ (5 คะแนน)</b>		
ข้อ 8	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน	3
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องส่วนใหญ่	2
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	1
	● แสดงวิธีการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดง	0
ข้อ 9	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● สรุปคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง	0
<b>4. ด้านการอธิบายคำตอบ (2 คะแนน)</b>		
ข้อ 10	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงได้ถูกต้อง เพียงบางส่วน	1
	● แปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกมาเป็นคำตอบของปัญหาในชีวิตจริงไม่ถูกต้อง	0



ภาคผนวก จ  
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

### รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งได้แก่ เครื่องมือสำหรับการศึกษาสภาพการเรียนรู้การสอนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียนและครู ประกอบด้วย (1) แบบสอบถามความเชื่อที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนและครู (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงสำหรับนักเรียน และ (3) แบบสัมภาษณ์สภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาสำหรับครู และเครื่องมือสำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง สำหรับนักเรียน ประกอบด้วย (1) กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง (3) แบบสังเกตพฤติกรรมในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และ (4) แบบสัมภาษณ์การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤเบศ ลากยั้งยง  
โปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
3. อาจารย์ ดร.รัชพล พลรัตน์  
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายมัธยม)
4. อาจารย์ ดร.ธีรเชษฐ เรืองสุขอนันต์  
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)
5. อาจารย์ ดร.จิตติมา ชอบเอียด  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวอิสริยา ปรมัตถการ
วัน เดือน ปี เกิด	12 ธันวาคม 2528
สถานที่เกิด	กำแพงเพชร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2540 ประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา พ.ศ. 2546 มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสุนารีวิทยา พ.ศ. 2552 ศษ.บ. (การสอนคณิตศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2556 ค.ม. (การศึกษาคณิตศาสตร์) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2562 กศ.ด. (คณิตศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	100/10 หมู่บ้านชัยพฤกษ์ ถนนสุขุมวิท 5 แขวงออกเงิน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220

