

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา  
เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2  
DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITIES USING PROBLEM-BASED  
LEARNING BASE ON STEM EDUCATION ON GEOMETRIC  
TRANSFORMATION APPLICATION FOR GRADE 8 STUDENTS

Received: April 4, 2018

Revised: May 25, 2018

Accepted: June 19, 2018

ธีระชัย เอี่ยมผ่อง<sup>1</sup> อภิสิตธี ภาคพงศ์พันธุ์<sup>2\*</sup> และรักพร ดอกจันทร์<sup>3</sup>  
Theerachai Aiamphong<sup>1</sup> Apisit Pakapongpun<sup>2\*</sup> and Rakporn Dokchan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

<sup>1,2,3</sup>Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20130, Thailand

\*Corresponding Author, E-mail: apisit.buu@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 2) ศึกษา ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียน ตาคิลีประชาสรรค์ อำเภอตากิลี จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 57 คน โดยการอาสาสมัคร ดำเนินการวิจัยโดยใช้รูปแบบ การวิจัยกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า 1) กิจกรรม การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 85.95/82.86 และ 2) ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.67

**คำสำคัญ:** การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สะเต็มศึกษา การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต

## Abstract

The purposes of this research were 1) to develop of learning activities using Problem-Based Learning Base on STEM Education on Geometric Transformation Application for grade 8 students to be required efficiency and 2) to study the effective index of the learning activities using Problem-Based Learning base on STEM Education in Geometry Transformation Application for grade 8 students. The research sample consisted of 57 volunteer students of grade 8 in Takhliprachasan School, Nakhon Sawan Province, which is conducted by using Quasi - experimental research method. The research instruments were the learning activities and mathematical learning achievement test. The data were analyzed by mean, percentage and standard deviation. The results showed 1) The learning activities plans using Problem-Based-Learning base on STEM Education on Geometry Transformation Application for grade 8 students had effectively of 85.95/82.86 and 2) The effective index of learning activities using Problem-Based-Learning Base on STEM Education on Geometry Transformation Application for grade 8 students was 0.67.

**Keywords:** Problem-Based Learning, STEM Education, Geometric Transformation Application

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมนุษย์ต้องพัฒนาและปรับตัวให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในยุคของศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีคุณภาพ ดังนั้น การจัดการศึกษาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องปรับเปลี่ยนให้ทันต่อสถานการณ์ของโลกในยุคโลกาภิวัตน์ เป็นการเตรียมความพร้อมเยาวชนของชาติให้มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สามารถเผชิญกับสถานการณ์ของโลกที่ซับซ้อนได้ ในปัจจุบันหลายประเทศได้ตระหนักถึงความสำคัญของทักษะในศตวรรษที่ 21 จึงได้นำไปเป็นกรอบแนวคิดในการจัดการศึกษา (Office of the Education Council, 2016) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องกับสำคัญของคณิตศาสตร์และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมีการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้ทันต่อเหตุการณ์ปัจจุบัน กิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดควรเป็นเนื้อหาใกล้ตัวผู้เรียน ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทาง ดังนั้น การเรียนวิชาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ไปสู่เนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ หรือศาสตร์สาขาอื่นๆ และสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ทำให้นักเรียนมีความรู้สึกว่าการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีความน่าสนใจ มากกว่าเรียนเพื่อนำมาแก้ปัญหาในห้องเรียนเท่านั้น และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินัยพื้นฐาน (O-NET) ของโรงเรียนตาคสิประชาสรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 42 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2559 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (The National Institute of Educational Testing Service (Public Organization), 2016) พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์คิดเป็น 34.21 ในสาระที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 52.53 และในมาตรฐาน ค.3.2 มีคะแนนเฉลี่ย 47.06 ถึงแม้ว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์และคะแนน สาระที่ 3 เรขาคณิตของโรงเรียนตาคสิประชาสรรค์จะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า

ระดับประเทศแต่คะแนนในมาตรฐาน ค 3.2 ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าร้อยละ 50 จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า นักเรียนบางส่วนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอ่อน และนักเรียนบางส่วนมีปัญหาในการเข้าใจเกี่ยวกับสาระเรขาคณิต อาจเป็นเพราะด้วยเนื้อหาวิชาเรขาคณิตมีความยาก บทเรียนน่าเบื่อหน่าย ครูขาดการจัดการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรม ใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่ไม่เหมาะสม เช่น ใช้วิธีการสอนแบบบรรยายเป็นหลัก ทำให้นักเรียนขาดความกระตือรือร้นในการเรียน นอกจากนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ได้รับการจัดการเรียนรู้เป็นรายบุคคล ไม่ได้เรียนรู้แบบกลุ่ม ซึ่งปัญหาเหล่านี้อาจส่งผลให้นักเรียนขาดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันระหว่างบุคคล ส่งผลให้ไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ และอาจส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ลดลงอีกด้วย ผู้วิจัยจึงสนใจการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Office of the Education Council, 2016) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ 1) กำหนดปัญหา 2) ทำความเข้าใจปัญหา 3) ดำเนินการศึกษาค้นคว้า 4) สังเคราะห์ความรู้ 5) สรุปและประเมินค่าของคำตอบ 6) นำเสนอและประเมินผลงานมาบูรณาการร่วมกับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา STEM (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2014) ซึ่งเป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ผนวกความรู้ทางด้านศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ (S) คณิตศาสตร์ (M) และเทคโนโลยี (T) เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้มาประยุกต์ในกระบวนการแก้ปัญหา (E) ประกอบด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้งสองจะเริ่มต้นกระบวนการเรียนรู้จากปัญหาที่เกิดขึ้น สร้างความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนให้ร่วมกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มย่อยและได้ลงมือปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาค้นคว้าด้วยเหตุผลและการสืบค้นข้อมูลเพื่อเข้าใจกลไกของปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหา ฝึกฝนการสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการคิด ทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่ได้รับในห้องเรียนโดยนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ทั้งในห้องเรียนและชีวิตจริง จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการร่วมกับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ระบุและทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นศึกษาและรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) ขั้นทดสอบและประเมินผลงาน 5) ขั้นนำเสนอผลงานและประเมินค่าของคำตอบ และ 6) ขั้นพัฒนาทักษะ

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่บูรณาการเนื้อหาอื่นๆ เพื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

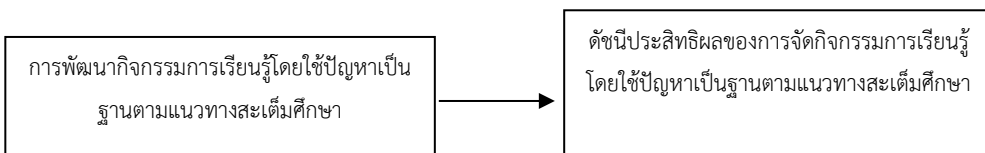
## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เพื่อศึกษาค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

## สมมติฐานของการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 75/75
2. ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่ามากกว่า 0.60

## กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## ขอบเขตของการวิจัย

### 1. ประชากร

นักเรียนห้องเรียนพิเศษ SMART Program ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนตากลิปราชาสรรค์ อำเภอตากลิ จังหวัดนครสวรรค์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 42

### 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษ SMART Program ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนตากลิปราชาสรรค์ อำเภอตากลิ จังหวัดนครสวรรค์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 42 โดยการอาสาสมัคร จำนวน 57 คน

### 3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เป็นเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

#### 4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

4.2 ตัวแปรตาม คือ ดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

#### 5. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 16 คาบ คาบละ 50 นาที ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต จำนวน 7 แผน ใช้เวลา 16 คาบ คาบละ 50 นาที ประกอบด้วย

1.1.1 ทดสอบก่อนเรียนและทบทวนการเลื่อนขนาน	จำนวน 2 คาบ
1.1.2 ทบทวนการสะท้อน	จำนวน 1 คาบ
1.1.3 ทบทวนการหมุน	จำนวน 1 คาบ
1.1.4 กิจกรรมเท่าหรือไม่...คิดอย่างไร	จำนวน 2 คาบ
1.1.5 กิจกรรมทางไหนใกล้สุด	จำนวน 2 คาบ
1.1.6 กิจกรรมบอกทางฉันหน่อย	จำนวน 1 คาบ
1.1.7 กิจกรรมกัณฑ์สม...กำเนิดไฟฟ้า และทดสอบหลังเรียน	จำนวน 7 คาบ

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบจำนวน 20 ข้อ และแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ

#### 2. สร้างเครื่องมือและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ศึกษาหลักสูตรและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต่างๆ

2.2 กำหนดโครงสร้างของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.3 ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตามโครงสร้างที่กำหนดไว้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความถูกต้องของการใช้คำและเนื้อหาแล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

2.4 นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยานิพนธ์แล้วไปเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลการประเมินความเหมาะสมของแผนอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.93$ ) 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ ระหว่าง 0.67 – 1.00

2.5 นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนห้องเรียนพิเศษที่มีระดับความสามารถในการเรียนรู้ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้

2.5.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมไม่ทัน จึงได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้านเวลาให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

2.5.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบปรนัย จำนวน 30 ข้อและแบบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ หลังจากทดลองใช้กับนักเรียนห้องเรียนพิเศษชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าความเชื่อมั่น แล้วคัดเลือกตามเกณฑ์ ได้ข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 20 ข้อ และแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.34 – 0.64 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 ขึ้นไป และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค เท่ากับ 0.77

2.6 จัดพิมพ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต่างๆ ฉบับสมบูรณ์ เพื่อใช้ในการวิจัย

### 3. การดำเนินการทดลอง

3.1 ดำเนินการทดสอบก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Pre – test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และอัตนัยจำนวน 2 ข้อ หลังจากนั้นผู้วิจัยตรวจให้คะแนนและบันทึกคะแนนเก็บไว้

3.2 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 7 แผน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3.3 ดำเนินการทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Post – test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ชุดเดียวกับการทดสอบก่อนจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

### 4. วิเคราะห์ข้อมูล

4.1 หาค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต

4.2 หาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณ

4.3 หาดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณ

## ผลการวิจัย

จากการทดลองจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์ การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า

1. ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 85.95/82.86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์
2. ดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์

## อภิปรายผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และตรวจสอบแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด และประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 85.95/82.86 ในการหาประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จะใช้คะแนนจากการประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน ซึ่งประกอบด้วย คะแนนจากการทำใบกิจกรรมกลุ่ม ความสำเร็จของชิ้นงาน และคะแนนจากใบงานท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนได้คะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละ 85.95 และได้คะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 82.86 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 75/75 เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการดำเนินการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอน โดยเริ่มตั้งแต่ศึกษาทฤษฎีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบกับ ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจะร่วมกันแก้ไขสถานการณ์ปัญหาด้วยกระบวนการทำงานเป็นกลุ่มย่อย ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ ทั้งด้านปัญญา ด้านทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์คิดสร้างสรรค์ ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และด้านคุณลักษณะ เช่น ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและทักษะการสื่อสาร มีการประเมินผล การทำกิจกรรมจากสภาพจริง และครูผู้สอนได้แจ้งคะแนนการทำกิจกรรมการเรียนรู้เป็นระยะเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรม โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นระบุและทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการเข้าใจปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจก่อนนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 – 6 ได้นำเสนอ คลิปวิดีโอ แผนภาพเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิต เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมระบุปัญหาและมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติตรวจสอบ รูปร่าง ขนาด และระยะห่าง ระหว่างรูปต้นแบบกับรูปที่เกิดจากการแปลงทางเรขาคณิตที่ผู้วิจัยได้นำมาเสนอ และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7 ผู้วิจัยได้นำเสนอคลิปวิดีโอ เรื่อง “วิกฤตการณ์พลังงานในประเทศไทย” แล้วให้นักเรียนได้ร่วมกันระบุ

สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นผู้วิจัยได้นำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาที่ได้กำหนดขึ้นคือ “กังหันลม...ผลิตไฟฟ้า” เพื่อให้ นักเรียนสามารถระบุปัญหาและเงื่อนไขเพื่อใช้แก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

1.2 ขั้นศึกษาและรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการรวบรวม ข้อมูลโดยการแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบภายในกลุ่ม ได้แก่ ประธาน ผู้ค้นคว้า ผู้บันทึก ผู้นำเสนอ นักเรียนแต่ละคนจะรู้บทบาทหน้าที่ของตนเองว่าจะต้องปฏิบัติหน้าที่อย่างไร ผู้วิจัยได้ จัดเตรียมแหล่งข้อมูล ที่นักเรียนจะนำไปประกอบในการเลือกยุทธวิธีหรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่ ใบความรู้ วัสดุ อุปกรณ์ ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ นักเรียนได้สืบค้นข้อมูล ค้นคว้าหาความรู้และนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณา แลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อลงข้อสรุปความเป็นไปได้ ข้อเด่น ข้อด้อย แล้วจึงเลือกใช้วิธีการที่ดีที่สุด ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดได้

1.3 ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงความสามารถในการกำหนดแบบแผน ขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ วางเป้าหมายความสำเร็จของวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้าง ชิ้นงาน โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1-6 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา เช่น การสร้างตาราง การหาแบบรูป การเขียนแผนผังหรือรูปภาพประกอบ เป็นต้น และในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7 นักเรียนจะต้องใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณหา ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีกังหันลม ที่ทำให้ระยะทางจากสถานที่ตั้งกังหันลมไปยังสถานีเก็บไฟฟ้าสั้นที่สุด โดยใช้สมบัติ การแปลงทางเรขาคณิตและออกแบบชิ้นงานภายใต้สถานการณ์เงื่อนไขที่กำหนด มีการวาดแบบร่างชิ้นงานพร้อมทั้งระบุ สัดส่วนของชิ้นงานอย่างชัดเจน ผู้วิจัยได้จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียน พร้อมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำใบรายการ สินค้ามารับอุปกรณ์ที่จะสร้างชิ้นงานจากผู้วิจัย ลงมือประดิษฐ์ใบพัดกังหันลมตามแบบที่ออกแบบไว้ให้แล้วเสร็จภายใน เวลาที่กำหนด ซึ่งในขั้นตอนนี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนทำงานด้วยความละเอียดและรอบคอบ เนื่องจากมีการวางแผน ก่อนลงมือแก้ปัญหา อีกทั้งได้แก้ปัญหาตามขั้นตอนที่วางแผนไว้

1.4 ขั้นทดสอบและประเมินผลงาน เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการตรวจสอบ ความถูกต้องของวิธีการแก้ปัญหาหรือคุณภาพของชิ้นงาน แล้วนำมาวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อพัฒนาวิธีการ แก้ปัญหาหรือปรับปรุงชิ้นงานของกลุ่มตนเองให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยที่กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1-6 นักเรียน จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ผ่านการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 7 นักเรียนแต่ละกลุ่มจะนำชิ้นงานใบพัดกังหันลมมาตรวจสอบประสิทธิภาพของไฟฟ้า ที่ผลิตได้โดยใช้อุปกรณ์ วัด กระแสไฟฟ้า มัลติมิเตอร์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้เตรียมอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าไว้เพียงพอสำหรับนักเรียนทุกกลุ่ม ในการทดสอบประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้อธิบายถึงขั้นตอนการใช้อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าให้นักเรียนได้เข้าใจถึงวิธีการใช้ อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะสามารถปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานของตนเองได้จนกว่าจะมีประสิทธิภาพ มากที่สุด

1.5 ขั้นนำเสนอผลงานและประเมินค่าของคำตอบ เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงความสามารถในการนำเสนอ ผลลัพธ์หรือวิธีการ หลังจากได้ผ่านการปรับปรุงพัฒนาจนมีความถูกต้อง หรือชิ้นงานมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจแล้ว โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องหารูปแบบการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือนำเสนอชิ้นงานให้น่าสนใจ กระชับ เช่น



การนำเสนอเป็นแผนภาพ ตาราง โดยนำเสนอผ่านกระดานขบรู๊ฟ มีการตอบข้อคำถามระหว่างนักเรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหา และครูคอยให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมประเด็นที่ยังมีข้อมูลไม่ครบถ้วน ในขั้นนี้จะส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการเชื่อมโยงและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.6 ขั้นพัฒนาทักษะ เป็นขั้นที่นักเรียนแสดงถึงการฝึกทักษะการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ปัญหาที่ปฏิบัติในกิจกรรมกลุ่ม เพื่อเพิ่มทักษะความชำนาญในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำงานหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมแต่ละกิจกรรม เพื่อเป็นการทบทวนและทดสอบความรู้ของนักเรียนแต่ละคน หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Choochaka (2013) พบว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ 84.00/78.70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phuangsombut (2009) พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพ 86.12/91.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. ดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.67 หรือคิดเป็นร้อยละ 67 หมายความว่า นักเรียนมีความรู้และพัฒนาการทางการเรียนเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนประสบความสำเร็จ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชาที่เรียนกับสาขาวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้ สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

ลักษณะที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่บูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นกระบวนการกลุ่ม การเรียนรู้จะเริ่มต้นด้วยปัญหา นักเรียนต้องอาศัยทักษะการเรียนรู้ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการเชื่อมโยง ทักษะการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มาบูรณาการสิ่งที่เรียนรู้ข้ามสาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี เพื่อนำมาพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานโดยใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรม ให้วิธีการแก้ไขปัญหาหรือชิ้นงานที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพสามารถเชื่อมโยงกับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว มีผลทำให้นักเรียนมีความรู้และพัฒนาการของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tawfik et al. (2014) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานผลการศึกษา พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบก่อนและหลังเรียนหลังจากได้รับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนวัดได้ร้อยละ 34.5 ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนวัดได้ร้อยละ 56.7 และผลการทดสอบ t-test พบว่า การเรียนระหว่างใช้ปัญหาเป็นฐาน Problem-Based Learning และ Service Learning ทำให้ผลคะแนนของนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การวิจัยครั้งนี้ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการการเรียนรู้หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้นจากก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ดีขึ้น ครูผู้สอนควรนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้

1.1 ครูควรรู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเองในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างชัดเจน เพราะครูนับว่าเป็นบุคคลสำคัญที่ทำให้กิจกรรมการเรียนรู้สำเร็จลุล่วง ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูจะมีบทบาทในการปฏิบัติกิจกรรมน้อย แต่ต้องเตรียมการหรือกิจกรรมให้นักเรียนได้ปฏิบัติและคอยสนับสนุนอำนวยความสะดวกให้นักเรียนได้ดำเนินการทำกิจกรรมได้อย่างราบรื่น

1.2 ครูควรมีความรู้ในเนื้อหาที่สอนเป็นอย่างดีทั้งเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และเนื้อหาในสาขาที่บูรณาการเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ควรต้องศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมและคอยช่วยส่งเสริมแนะนำให้นักเรียนได้เรียนรู้และช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมทั่วถึงกันเป็นกระบวนการกลุ่มเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพต่อผู้เรียนมากขึ้น

1.3 ก่อนการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูควรชี้แจง จุดประสงค์ การดำเนินกิจกรรม การวัดประเมินผลรวมทั้งการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มให้กับนักเรียนเพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกันก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

### 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่มีผลต่อทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการเชื่อมโยง เป็นต้น

2.2 ควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวทางสะเต็มศึกษากับสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อื่นๆ ที่เหมาะกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการกลุ่ม

## References

- Choochaka, A. (2013). *Development of learning activities using problem- based learning “introduction to real number” for matthayomsuksa 2* (Independent Study). Maha Sarakham: Mahasarakham University. [in Thai]
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014). *STEM Education*. Bangkok: Council Printing House. [in Thai]
- Office of the Education Council. (2016). *The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)*. Bangkok: Ministry of Education. [in Thai]
- Phuangsoambut, J. (2009). *The effects of development of learning activities using problem-based learning “linear equation of one variable” for matthayomsuksa 1* (Master thesis). Maha Sarakham: Mahasarakham Rajabhat University. [in Thai]
- Tawfik, A., Trueman, R. J., & Lorz, M. M. (2014). Engaging non-scientists in STEM through problem-based learning and service learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 8(2). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1417>
- The National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). (2016). *A result of the national test (O – NET) at Mathayomsuksa 3 in the academic year 2558*. Retrieved March 15, 2016, from <http://www.niets.or.th>