

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath

A STUDY OF ACHIEVEMENT OF GRADE 7 ON ONE VARIABLE LINEAR EQUATION PROBLEM SOLVING USING BAR MODEL WITH PHOTOMATH APPLICATION

รัฐวัฒน์ หอมรื่น^{1*} สมวงศ์ แพลงประสพโชค² และกฤษณะ โสขุม²
Ratthawat Homruean^{1*} Somwong Plangprasopchok² and Kritsana Sokhuma²

Received : 27 November 2022

Revised : 10 March 2023

Accepted : 11 April 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้บาร์โมเดล ร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้บาร์โมเดล ร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านห้วยกระเจา (สวัสดิชัยอุปถัมภ์) จังหวัดจันทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียน 24 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 10 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดล ร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath สถิติที่ใช้ในงานวิจัยคือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบที่แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath

¹หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

¹Master of Education Program Department of Mathematics Education, College of Teacher Education, Phranakhon Rajabhat University

²Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน E-mail: ratthawat39@gmail.com

สูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีพัฒนาการในระดับใช้ได้ 2) ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว บาร์โมเดล แอปพลิเคชัน Photomath

ABSTRACT

The purposes of this study were to: 1) study learning achievement on one variable Linear equation problem of grade 7 students by using bar model together with Photomath application. 2) evaluate satisfaction of students toward learning activities of grade 7 students by using bar model together with Photomath application. The study was conducted during the first semester of the 2022 academic year with grade 7 students at Ban Huangkrachae School. The experimental group consisted of 24 students, selected by purposive sampling. The students were taught for a total of 10 hour. The research instruments included: lesson plan, achievement test and satisfaction questionnaire. The statistics used in this study were: frequency, percent, arithmetic mean, standard deviation and paired t-test.

The results indicated that 1) The achievement of the experimental group after studying was higher than before studying at a .05 level of statistical significance and the development level was available 2) The scores on satisfaction showed a high satisfaction toward the instruction.

Keywords: Linear equation, Bar model, Photomath Application

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ มีเหตุผล มีความคิดที่เป็นระบบแบบแผน ช่วยให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา ถึงสิ่งที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต นำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาความคิดของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553: 56) อาจกล่าวได้ว่า การสอนคณิตศาสตร์ให้บรรลุผลมากที่สุด คือนักเรียนจะต้องมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามการสอนเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ยังคงเป็นปัญหามาโดยตลอด จะเห็นได้ชัดเจนจากผลประเมิน PISA ในปี ค.ศ. 2018 ประเทศไทยได้คะแนน 419 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยที่ 489 คะแนน (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562: 5) เช่นเดียวกับคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินัยพื้นฐาน (O-NET) ในระดับประเทศ และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนโรงเรียน

บ้านห้วงกระแจะ (สวัสดิชัยอุปถัมภ์) ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2560-2564 ที่มีผลคะแนนเฉลี่ยไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50

จากการศึกษาสภาพปัญหาและการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์โรงเรียนบ้านห้วงกระแจะ (สวัสดิชัยอุปถัมภ์) พบว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ยังไม่มีส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทำให้ไม่สามารถแก้ปัญหามathematics ได้ รวมถึงการแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่เป็นเนื้อหาในบทเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่นักเรียนจะศึกษาเกี่ยวกับการใช้สัญลักษณ์ ตัวแปรต่าง ๆ การแก้สมการ ตลอดจนแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้สมการ ดังนั้นสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวจึงเป็นบทเรียนที่สำคัญที่จะใช้เป็นพื้นฐานในการต่อยอดการเรียนรู้บทต่อไปในระดับที่สูงขึ้น แต่สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยากแก่การเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ที่ยังขาดความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาไม่สามารถแปลงข้อความจากโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปของสมการได้ ทำให้เมื่อพบปัญหาหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อนจะไม่อยากคิด ไม่อยากทำ และใช้วิธีจำคำตอบแทน โดยงานวิจัยของนักวิจัยท่านอื่น ๆ ยังพบว่าสภาพปัญหาที่ตรงกัน คือนักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวได้ เนื่องจากไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาและแปลงข้อความจากโจทย์ให้อยู่ในรูปของสมการได้ (จุฑารัตน์ บุญชูวงศ์, 2563: 4 และศุภลักษณ์ ภูสุวรรณ, 2561: 5) ดังนั้นหากปัญหาเหล่านี้ไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน อาจส่งผลให้นักเรียนคิดไม่เป็น ทำให้เกิดปัญหาในการเรียนคณิตศาสตร์ อันจะส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนต่อไป ครูจึงจำเป็นต้องหาวิธีการสอน เพื่อให้นักเรียนมีทักษะที่สามารถใช้ในการแก้โจทย์ปัญหามากยิ่งขึ้น จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำบาร์โมเดล (Bar Model) มาใช้ในการฝึกการคิดวิเคราะห์โจทย์ปัญหาให้กับนักเรียน โดยบาร์โมเดลเป็นวิธีการทำโจทย์ปัญหาโดยใช้การวาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ที่เกิดจากการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา แล้วนำมาเชื่อมโยงกับหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบ ทำให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดเกี่ยวกับพีชคณิตที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น จนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ บาร์โมเดลเป็นยุทธวิธีที่ประเทศสิงคโปร์นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาตั้งแต่ ค.ศ. 1983 จนถึงปัจจุบัน เป็นที่ยอมรับว่าช่วยให้นักเรียนเห็นภาพความสัมพันธ์อย่างเป็นรูปธรรม ทำให้มองเห็นกระบวนการหาคำตอบได้ง่ายขึ้น (ฟารีดา นาคสง่า, 2561: 32) อีกทั้งทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ของตัวไม่ทราบค่าในโจทย์ปัญหา สามารถนำไปใช้แก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อน ทำให้เข้าใจคำถามและคำนวณคำตอบได้ง่ายและรวดเร็ว (เกริกเกียรติ กุลจรัสอนันต์, 2561: 46 และศิริลักษณ์ ไซสงคราม, 2562: 65) ทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อความจากโจทย์ปัญหาและนำมาเชื่อมโยงกับความคิดทางคณิตศาสตร์ (กรทอง ไกรรี, 2554: 2 และ Lei, 2016: 26) อีกทั้งในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในด้านการศึกษามีแอปพลิเคชันทางคณิตศาสตร์ใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากมาย ทางผู้วิจัยจึงเห็นว่าการใช้แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนสามารถนำมาช่วยในการเรียนคณิตศาสตร์ได้ บางแอปพลิเคชันมีทั้งกราฟและภาพใหญ่ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ (ศุภณัฐ ชัยดี, 2558: 2) ทำให้นักเรียนสามารถหาคำตอบได้อย่างรวดเร็ว หนึ่งในนั้นคือแอปพลิเคชัน Photomath ที่มีรายละเอียดอธิบายวิธีคิดทุกขั้นตอน อธิบายความหมายของตัวแปร โดยมีจุดเด่นในด้านการนำมา

แก้สมการ เพราะหาคำตอบได้รวดเร็วและอธิบายวิธีการหาคำตอบอย่างสมเหตุสมผล ทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ด้วยตนเองหากยังไม่เข้าใจ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ร่วมกับการหาคำตอบหลังจากที่นักเรียนสร้างสมการได้แล้ว ทำให้นักเรียนสามารถทำโจทย์ปัญหาได้มากขึ้น รวดเร็ว แม่นยำ และยังตรวจสอบคำตอบได้ด้วยตนเองซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการให้เกิดในตัว ของนักเรียน

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำบาร์โมเดล ร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath มาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนบ้านห้วยกระเจา (สวัสดิชัยอุปถัมภ์) ให้ดียิ่งขึ้น ทั้งยังเพื่อปรับปรุง แนวทางการสอนให้มีประสิทธิภาพและเป็นไปตามแนวทาง เป้าหมายของการศึกษาที่ตั้งไว้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างก่อนและหลังการใช้บาร์โมเดล ร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการจัดการ เรียนรู้โดยใช้บาร์โมเดล ร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้าน ห้วยกระเจา (สวัสดิชัยอุปถัมภ์) ตำบลวังโตนด อำเภอนายายอาม จังหวัดจันทบุรี ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 24 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียน บ้านห้วยกระเจา (สวัสดิชัยอุปถัมภ์) จังหวัดจันทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีนักเรียน 24 คน ที่ได้จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดล ร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 แผน ใช้เวลาแผนละ 1 ชั่วโมง รวมระยะเวลาทดลอง 4 สัปดาห์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การแก้โจทย์ ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวโดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath ซึ่งแบ่งเป็น ข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเติมคำตอบ จำนวน 15 ข้อ 15 คะแนน และแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ 15 คะแนน รวมคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน

3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวโดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะระบุรายละเอียด ตัวชี้วัด บันทึกลงหลังการสอน สร้างและตรวจสอบความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath แบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเติมคำตอบ จำนวน 15 ข้อ และตอนที่ 2 เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งได้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 3 ท่าน ประเมินตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาและความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยทุกข้อมีค่าความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 จากนั้นนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 20 คน ซึ่งเคยเรียนเนื้อหานี้มาแล้ว นำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพแบบทดสอบรายข้อ ได้ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.30 - 0.75 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.30 - 0.80 หาความเชื่อมั่นของข้อสอบตอนที่ 1 แบบปรนัยชนิดเติมคำตอบ และตอนที่ 2 แบบอัตนัย ได้เท่ากับ 0.895 และ 0.940 ตามลำดับ

3. แบบสอบถามความพึงพอใจเป็นแบบวัดความรู้สึกรักของนักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยแบบสอบถามความพึงพอใจนี้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้ มีข้อคำถาม 5 ข้อ ด้านบรรยากาศการเรียนรู้ มีข้อคำถาม 3 ข้อ และด้านประโยชน์ที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้ มีข้อคำถาม 3 ข้อ รวมทั้งหมด 11 ข้อ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามอยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูล ดังนี้

1. ชี้แจงวัตถุประสงค์ และรายละเอียดของการวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบ แล้วทดสอบก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 10 แผน ซึ่งแต่ละแผนจะแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่

2.1 ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 ชั้นกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้บาร์โมเดลและแอปพลิเคชัน Photomath ซึ่งมีวิธีการดังนี้

- 2.2.1 ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาและวาดบาร์โมเดลจากโจทย์ปัญหานั้น
- 2.2.2 ลงมือแก้ปัญหาโดยใช้แอปพลิเคชัน Photomath หาคำตอบและศึกษาขั้นตอนการแก้สมการ
- 2.2.3 ทดลองแก้ปัญหาข้ออื่น ๆ ด้วยตนเองแล้วใช้แอปพลิเคชัน Photomath ช่วยตรวจสอบคำตอบ
- 2.2.4 สรุปคำตอบของโจทย์ปัญหาข้อนั้น ๆ
- 2.3 ขั้นสรุปการเรียนรู้ เป็นขั้นที่ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม
3. ทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
4. นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาสอบถามนักเรียน แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
5. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อตรวจสอบผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติ t - test for dependent sample หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และหาค่าดัชนีประสิทธิผล เพื่อดูพัฒนาการของนักเรียนโดยกำหนดเกณฑ์ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) สูงกว่า 0.5 โดยกำหนดสูตร

$$E.I. = \frac{P_2 - P_1}{\text{Total} - P_1}$$

เมื่อ	P ₁	แทน	ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนทุกคน
	P ₂	แทน	ผลรวมของคะแนนหลังเรียนทุกคน
	Total	แทน	ผลคูณของจำนวนนักเรียนกับคะแนนเต็ม

2. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดล ร่วมกับ แอปพลิเคชัน Photomath

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	n = 24		E.I.	t	p
	$\bar{X}$	S.D.			
ก่อนเรียน	4.83	3.37	0.564	11.177*	.000
หลังเรียน	19.04	8.11			

* $p < .05$

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดกิจกรรม พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังการได้รับการจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เท่ากับ 0.564 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 แสดงว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้มีพัฒนาการร้อยละ 56.40 อยู่ในระดับใช้ได้

ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath เป็นดังนี้

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดล ร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath

ข้อคิดเห็น	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
ด้านการจัดการเรียนรู้	4.67	0.58	มากที่สุด
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้	4.60	0.65	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้	4.47	0.93	มาก
รวม	4.59	0.29	มากที่สุด

ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath มีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดเท่ากับ 4.59 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณารายด้านสามารถสรุปได้ ดังนี้

ในด้านการจัดการเรียนรู้ มีความพอใจมากที่สุด ทำให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้การแก้สมการด้วยตนเองได้อย่างถูกต้อง และช่วยให้

นักเรียนสามารถแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวได้ดีขึ้น และนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการเรียนรู้ได้อย่างเป็นขั้นตอน

ในด้านบรรยากาศการเรียนรู้ มีความพอใจมากที่สุด ทำให้นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

ในด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ นักเรียนมีความพอใจมาก กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนรู้จักวิธีการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้มากขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath สูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.564 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยมีค่าเฉลี่ยหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร้อยละ 63.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.11 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บาร์โมเดล จะเน้นจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้การวาดรูปสี่เหลี่ยมแทนปริมาณที่ต้องการทราบ ซึ่งเป็นการช่วยให้นักเรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ภายในโจทย์จนท้ายที่สุดทำให้นักเรียนสามารถสร้างความคิดรวบยอดเป็นของตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ศิริลักษณ์ ไซสงคราม (2562: 65) ที่ได้กล่าวว่าบาร์โมเดล เป็นยุทธวิธีการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์วิธีหนึ่ง ที่ใช้วิธีวาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแทนสิ่งที่รู้ค่าและไม่รู้ค่าการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ประสบการณ์ตรงหรือเป็นรูปธรรม ทำให้เข้าใจคำถามและคำนวณหาคำตอบได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับคำกล่าวของ ฟารีดา นาคสง่า (2561: 65-66) ที่ว่าการบาร์โมเดลเป็นรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ในการพัฒนาทักษะและกระบวนการการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการวาดรูปภาพเหมือนหรือวาดรูปเรขาคณิตสามมิติรูปสองมิติหรือแถบเส้นและลายเส้นแทนสถานการณ์หรือเรื่องราวที่โจทย์กำหนดให้หรือวาดรูปเรขาคณิตเพื่อแสดงสถานการณ์ของโจทย์แล้วสามารถมองเห็นแนวทางการหาคำตอบได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ จิตติมา คงเมือง (2553: 70) ที่ทำการวิจัย เรื่อง การส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการวาดแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองช่วยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากแบบจำลองเป็นรูปภาพส่งผลให้นักเรียนมองเห็นภาพความสัมพันธ์ของข้อมูลในโจทย์ปัญหาได้ชัดเจน อีกทั้งทำให้นักเรียนเข้าใจโจทย์ปัญหามากยิ่งขึ้น เป็นผลให้นักเรียนตัดสินใจเลือกตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการในการแก้โจทย์ปัญหา ตลอดจนเขียนประโยคสัญลักษณ์เพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับผลวิจัยของ พิรดา วิชามุข (2562: 115) ที่ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาอัตราส่วนและร้อยละ ด้วยวิธีการสอนปกติควบคู่กับบาร์โมเดล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติควบคู่กับบาร์โมเดล สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ศุภลักษณ์ ภูสุวรรณ (2561: 9) ที่ทำการวิจัยเรื่อง พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

โรงเรียนมัธยมวัดสุทธาราม โดยใช้เทคนิคบาร์โมเดล ผลพบว่าผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 79.81/78.83 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากการสอนโดยใช้บาร์โมเดลแล้วสิ่งที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้นอีกหนึ่งสิ่ง คือ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาช่วยในการศึกษา การใช้แอปพลิเคชัน Photomath มาช่วยในการอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ ในการแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ช่วยให้นักเรียนสามารถตรวจสอบวิธีการและคำตอบได้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจและสามารถเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kartigeyan (2020: 123) ที่ได้ศึกษาการเรียนรู้เกี่ยวกับพีชคณิตโดยใช้แอปพลิเคชัน Photomath ในการตรวจสอบคำตอบเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียน โดยเพิ่มขึ้นจาก 8.5 คะแนน เป็น 9.5 คะแนน และนักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในแอปพลิเคชัน Photomath และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Raymund (2020: 408) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชัน Photomath ในการสอนพีชคณิตระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 46 คน แบบคละเทศ พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าทั้งบาร์โมเดลและแอปพลิเคชัน Photomath ล้วนมีส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น โดยบาร์โมเดลจะช่วยให้นักเรียนสามารถมองภาพของสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นรูปธรรม แล้วสะท้อนออกมาเป็นภาพจำลองโดยใช้การวาดภาพทางเรขาคณิต นำไปสู่การประยุกต์ใช้ภาพจำลองนั้น เพื่อตั้งเป็นสมการในลักษณะต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา โดยมีแอปพลิเคชัน Photomath เป็นตั้งเครื่องมือนำทาง ทั้งยังสามารถใช้ตรวจสอบคำตอบของปัญหาดังกล่าว ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจ สามารถเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยนักเรียนเห็นว่า การวาดภาพบาร์โมเดลทำให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สามารถเรียนรู้การแก้สมการด้วยตนเองได้อย่างถูกต้อง สามารถแก้สมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียวได้ดีขึ้น และนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการเรียนรู้ได้อย่างเป็นขั้นตอน นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิด แสดงความคิดเห็น และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนรู้จักการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภลักษณ์ ภูสุวรรณ (2561: 10) ที่พบว่าการใช้เทคนิคบาร์โมเดล เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดความสุขสนุกสนานในการเรียน จึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ในด้านครูผู้สอน ด้านเนื้อหา ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านการวัดประเมินผลโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ทั้งนี้ผู้วิจัยยังให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชัน Photomath ถือเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถแสวงหา

ความรู้และวิธีการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง และทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมมากขึ้น ทั้งยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้เสริมแรงให้กับนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถตรวจสอบและเรียนรู้ด้วยตนเองนอกเวลาเรียนได้ จึงส่งผลให้นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Bloom (1976: 52) ที่พูดถึงแรงจูงใจที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ใหม่ ได้แก่ เจตคติต่อตัววิชาที่เรียน ทศนคติ ความคิดเห็นเกี่ยวกับตนเอง การได้รับคำแนะนำและการเอาใจใส่ การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน การเสริมแรงจากผู้สอน การแก้ไขข้อผิดพลาด และสามารถรู้ผลการกระทำของตนเองว่าถูกต้องหรือไม่ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วัฒนศิริ ชมหมู่ (2561: 77) ที่ได้ศึกษาความพึงพอใจในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้สื่อ ชุดกิจกรรม Active Learning ร่วมกับแอปพลิเคชันทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เมื่อได้เรียนรู้จากชุดกิจกรรม Active Learning ร่วมกับแอปพลิเคชันทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ จุฑารัตน์ บุญชูวงษ์ (2563: 88) ได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้แอปพลิเคชัน Photomath พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แอปพลิเคชัน Photomath ในระดับมาก ทำให้เกิดความน่าสนใจและช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน ทั้งยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทั้งนี้ อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าแอปพลิเคชัน Photomath เป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ และจะส่งผลต่อเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

1. ครูควรอธิบายถึงการวาดรูปบาร์โมเดลก่อนทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนมีประสบการณ์ในการวาดภาพบาร์โมเดลมาก่อน จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงภาพบาร์โมเดลเข้ากับการสร้างสมการได้อย่างดี อีกทั้งยังช่วยให้ครูลดเวลาในการอธิบายถึงขั้นตอนการวาดบาร์โมเดลลง ส่งผลให้นักเรียนมีเวลาฝึกทำแบบฝึกหัดในชั่วโมงมากยิ่งขึ้น
2. เมื่อนักเรียนได้ใช้โทรศัพท์มือถือในห้องเรียน นักเรียนมีความสนใจ และมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มและครูผู้สอนมากขึ้น แต่นักเรียนอาจใช้โทรศัพท์มือถือผิดวัตถุประสงค์ ครูควรตรวจสอบและเน้นย้ำถึงข้อตกลงและข้อกำหนดในการใช้งานโทรศัพท์มือถือในการทำกิจกรรมให้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการจัดการเรียนรู้
3. เนื่องจากกลุ่มทดลองเป็นห้องเรียนที่ละความสามารถครูควรใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้ที่แตกต่างกันระหว่างเด็กเก่งและเด็กอ่อน เนื่องจากในบางคำถามที่เด็กเก่งตอบได้ แต่เด็กอ่อนไม่สามารถตอบได้ จะทำให้เด็กอ่อนเกิดความเบื่อหน่ายและไม่อยากที่จะเรียนรู้ต่อ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยควรศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้โดยใช้บาร์โมเดลร่วมกับแอปพลิเคชัน Photomath แล้ว นักเรียนมีทักษะ ความเข้าใจ และความคงทนในความรู้ มากน้อยเพียงใด

เอกสารอ้างอิง

- กรรทอง ไครรี. (2554). แบบฝึกการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้รูปบาร์โมเดล (Bar model). กรุงเทพฯ: เอ ทิม บิสซิเนส จำกัด.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- เกริกเกียรติ กุลจรัสนันต์. (2561). การศึกษาความสามารถในการสร้างสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวจากโจทย์ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วิธีบาร์โมเดล. ปรินูญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จิตติมา คงเมือง. (2553). การส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการวาดแบบจำลองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ปรินูญามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จุฑารัตน์ บุญชูวงษ์. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้ แอปพลิเคชัน Photomath สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- พรีดา วิชามุข. (2562). การศึกษาผลสัมฤทธิ์เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาอัตราส่วนและร้อยละ ด้วยวิธีสอนปกติควบคู่กับบาร์โมเดล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 18(2): 110-117.
- พาริดา นาคสง่า. (2561). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่อง เศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E ร่วมกับเทคนิคบาร์โมเดล. วิทยานิพนธ์ ปรินูญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- วัฒน์ศิริ ชมหมู่. (2561). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning ที่ร่วมกับแอปพลิเคชัน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบางแพปฐมพิทยา. งานวิจัยโครงการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมแลกเปลี่ยน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.
- ศิริลักษณ์ ไชยสงคราม. (2562). การพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค TGT ร่วมกับบาร์โมเดล (Bar Model). วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- ศุภณัฐ ชัยดี. (2558). GeoGebra เพื่อชีวิตที่ดีกว่าสำหรับชาวคณิตศาสตร์. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก:
<https://schaidee.files.wordpress.com/2015/07/geogebrafor560.pdf>
(2564, 13 เมษายน).
- ศุภลักษณ์ ภูสุวรรณ. (2561). พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมวัดสุทธาราม โดยใช้เทคนิคบาร์โมเดล. วิทยานิพนธ์
ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562).
ผลการประเมิน PISA 2018. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- Bloom, B. S. et al. (1976). **Human Characteristics and School Learning.** New York: McGraw-Hill.
- Kartigeyan, S. (2020). Learning Algebra Using Augmented Reality A Preliminary Investigation on the Application of Photomath for Lower Secondary Education. **International Journal of Emerging Technologies in Learning.** 15(16): 123-133.
- Lei, B. (2016). The effectiveness of using the model method to solve word problems. **Journal of Agricultural Produce Market Committee.** 21(3): 26-31.
- Raymund, M. (2020). Evaluation of Photo Math in Teaching Elementary Algebra. **Journal of Educational Research and Evaluation Visayas State University.** 4(4): 408-413.