

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ

The development of academic achievement in Mathematics on linear equations in one variable through CIPPA model Teaching method of matthayom 1 students at Wat Samaedam School

¹ไวยทยา ปิยรุ่งโรจน์, ²กัญณภัทร หุ่นสุวรรณ และ ³สมภาพร มณีอ่อน

¹Waitaya Piyaungroj, ²Kannaphat Hunsuwan and ³Samaporn Manee-on

¹นักศึกษานิเทศศาสตร์หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

^{2,3}อาจารย์ประจำหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

¹Master of Education Program in Curriculum and Instruction Bangkokthonburi University

^{2,3}Lecturer Master of Education Program in Curriculum and Instruction Bangkokthonburi University

¹Corresponding Author. E-mail: Waitaya13@gmail.com

Received March 20, 2024; Revised May 31, 2024; Accepted August 8, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 70 2) ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนวัดแสงดำ ทั้งหมด 107 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/3 จำนวน 35 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้วิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความก้าวหน้าทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 21.60 คิดเป็นร้อยละ 72 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 70 2) ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน มีค่าเท่ากับ 0.63 ($<g> = 0.63$) อยู่ในระดับปานกลาง หรือคิดเป็นร้อยละ 63 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดลอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.34$, S.D. = 0.68)

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน; คณิตศาสตร์ ; ซิปปาโมเดล.

Abstract

The objectives of this research are: 1) to develop learning achievement in mathematics on linear equations in one variable for Matthayom 1 students at Wat Samaedam School to meet the criteria of 70 percent; 2) to study the progress of learning in mathematics on linear equations in one variable through the CIPPA model teaching method for Matthayom 1 students; and 3) to study the satisfaction of Matthayom 1 students with the CIPPA model teaching method. This research is quasi-experimental. The population is 107 Matthayom 1 students in the second semester of the academic year 2023 at Wat Samaedam School. The sample used in this research is 35 Matthayom 1/3 students, which were obtained with a simple random sampling method. The research tools used in this study were: 1) a lesson plan on linear equations in one variable; 2) an achievement test; and 3) a questionnaire of students' satisfaction with the CIPPA model teaching method. Statistics used in this study included percentage, mean, standard deviation, and normalized gain. The findings of this study showed that 1) the learning achievement in mathematics on linear equations in one variable of Matthayom 1 students at Wat Samaedam School has an overall average score of 21.60 ($\bar{X} = 21.60$), accounting for 72 percent, which is higher than the specified criteria of 70 percent.; 2) the learning progress in mathematics on linear equations with one variable through the CIPPA model teaching method for Matthayom 1 students. There is an academic progress value of 0.63 ($\langle g \rangle = 0.63$) at a medium level (medium gain) or 63 percent, which is in line with the set assumptions. and 3) The students' satisfaction with the CIPPA Model teaching method is overall at a high level ($\bar{X} = 4.34$, S.D. = 0.68).

Keywords: Learning achievement; Mathematics; CIPPA model

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์นั้นนับวันยิ่งเพิ่มความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากสภาพทางสังคมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการสื่อสารข้อมูลต่างๆ ที่สามารถทำได้

อย่างรวดเร็วและไม่มีข้อจำกัด การพัฒนาคุณภาพของมนุษย์ วิทยาการสาขาวิชาต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สังคมศาสตร์ ตลอดจนความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีล้วนต้องอาศัยความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน ดังนั้นการที่มนุษย์จะสามารถดำรงชีพในยุคปัจจุบันได้อย่างมีความสุขจึงจำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน สถานศึกษาจึงต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยมุ่งเน้นการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมาไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากครูส่วนใหญ่ใช้วิธีการสอนแบบบรรยายอย่างเดียว ไม่ส่งเสริมหรือกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิด ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจกระบวนการและขาดความเข้าใจอย่างต่อเนื่องในบทเรียน ขาดทักษะในการคิดคำนวณ แก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่เป็น และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ต่ำ การที่จะทำให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรต้องอาศัยปัจจัยหลายประการ หนึ่งในปัจจัยเหล่านั้น คือ การจัดกระบวนการเรียนการสอน ครูผู้สอนจำเป็นต้องมีความเข้าใจวัตถุประสงค์ของหลักสูตร เข้าใจสภาพปัญหาต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ตลอดจนสามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนได้

การจัดการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดลเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดของนักเรียน โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองภายใต้การทำงานของกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาและค้นหาคำตอบในบทเรียน สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เป็นไปตามเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (ทิศนา แคมมณี, 2564) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดลมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นหนึ่งในความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญสามารถนำไปใช้ต่อในระดับการศึกษาขั้นที่สูงขึ้น รวมถึงนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงคำ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงคำ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงคำที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดล

สมมติฐานของการวิจัย

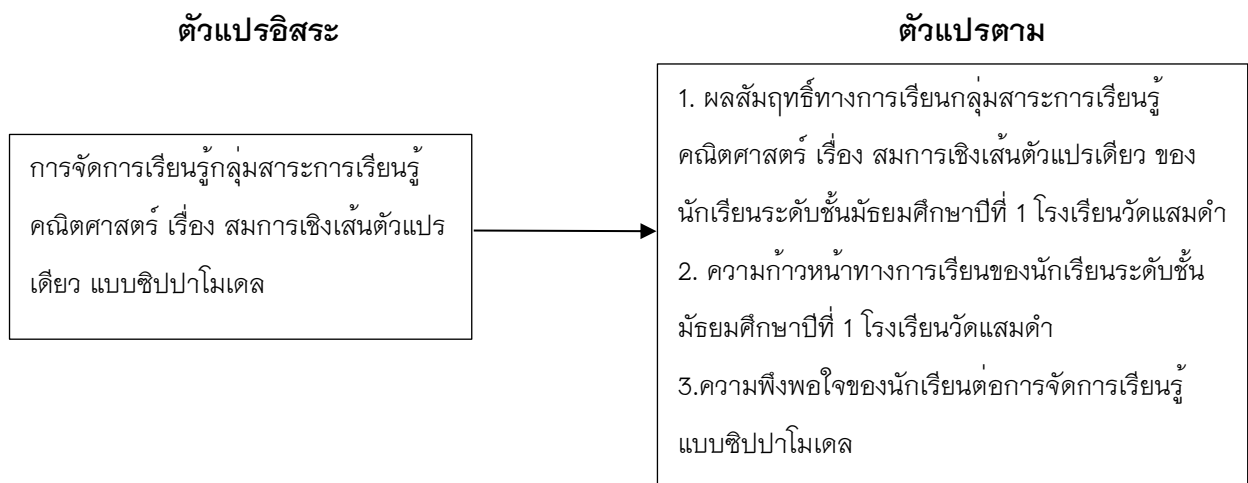
1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปร

เดียวของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ เป็นไปตามเกณฑ์ที่สถานศึกษา กำหนดร้อยละ 70

2. ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ มากกว่าร้อยละ 50

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi – Experimental Research) มีการทดสอบก่อนและหลังเรียน (One Group Pretest – Posttest Design) โดยการจับฉลากที่ใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนวัดแสงดำ จำนวน 107 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้อง มีนักเรียนจำนวน 35 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนจัดการเรียนรู้

แผนจัดการเรียนรู้ใช้ขอบเขตเนื้อหาตามหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อใช้ในการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล ประกอบไปด้วย 6 แผนการเรียนรู้ ดังนี้

แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปัญหาและตัวแปร	จำนวน 1 ชม.
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ประโยคภาษาและประโยคสัญลักษณ์	จำนวน 1 ชม.
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง คำตอบของสมการ	จำนวน 1 ชม.
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติการเท่ากัน	จำนวน 1 ชม.
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแก้สมการ	จำนวน 2 ชม.
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	จำนวน 4 ชม.

ในแต่ละแผนจะมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ขั้นการทบทวนความรู้เดิม
- ขั้นที่ 2 ขั้นการแสวงหาความรู้ใหม่
- ขั้นที่ 3 ขั้นการศึกษาเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม
- ขั้นที่ 4 ขั้นการแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจ
- ขั้นที่ 5 ขั้นสรุปและจัดระเบียบความรู้
- ขั้นที่ 6 ขั้นแสดงผลงาน
- ขั้นที่ 7 ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของแผนจัดการเรียนรู้ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตรวจสอบความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ว่า มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยกำหนดคะแนนประเมินด้วยมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามแบบของลิเคิร์ท (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) ดังนี้

- คะแนน 5 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
- คะแนน 4 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
- คะแนน 3 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
- คะแนน 2 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
- คะแนน 1 หมายถึง องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นนำผลการตรวจสอบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมาวิเคราะห์หาผลการประเมินความเหมาะสมโดยการหาค่าเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2560) ดังนี้

- ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดให้แบบทดสอบที่มีคะแนนข้อที่ถูกต้องเท่ากับ 1 คะแนนและค่าคะแนนข้อที่ผิดเท่ากับ 0 คะแนน

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์นั้น ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จำนวน 3 ท่าน แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งการตรวจสอบครั้งนี้ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และเมื่อเครื่องมือได้แก้ไขและผ่านการตรวจสอบแล้ว ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน แล้วนำคะแนนที่ได้มาหาค่าความยากง่าย, อำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นแบบ KR-20 ซึ่งค่าความยากง่ายที่ควรได้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20–0.80 โดยค่าความยากง่ายที่ได้อยู่ระหว่าง 0.23 – 0.70, ค่าอำนาจจำแนกที่ควรได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยค่าอำนาจจำแนกที่ได้อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.67 ส่วนค่าความเชื่อมั่นที่ควรได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป โดยค่าความเชื่อมั่นที่ได้มีค่าเป็น 0.78

3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล ผู้วิจัยกำหนดให้คะแนนในแบบประเมินความพึงพอใจอยู่ในรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคิร์ท ที่มีความหมายของเกณฑ์การให้คะแนน คือ “คะแนน 5 หมายถึงมากที่สุด” “คะแนน 4 หมายถึง มาก” “คะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง” “คะแนน 2 หมายถึง น้อย” “คะแนน 1 หมายถึง น้อยที่สุด”

การตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความพึงพอใจนั้น ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จำนวน 3 ท่าน แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งการตรวจสอบครั้งนี้ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และเมื่อเครื่องมือได้แก้ไขและผ่านการตรวจสอบแล้ว ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try-out) กลุ่มทดลองที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีการของครอนบาค (Cronbach, 1990) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคที่ได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Hair et al., 2006) โดยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาที่ได้เท่ากับ 0.80

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการดังต่อไปนี้
2. ขออนุญาตเข้าทำการเก็บการทดลองจากคณะศึกษาศาสตร์ ดำเนินการขออนุญาตเพื่อทำการทดลองและการวิจัย
3. ทำความเข้าใจกับนักเรียนถึงวิธีการดำเนินการทดลอง จุดประสงค์การทดลอง และวิธีการประเมินผลการเรียน
4. ให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น เพื่อเก็บข้อมูลคะแนนก่อนเรียนดำเนินการสอนตามแผนจัดการเรียนรู้เก็บคะแนนระหว่างทำการทดลองของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทุกชั่วโมง
5. ให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบ เพื่อเก็บข้อมูลคะแนนหลังเรียน
6. ให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบถามความพึงพอใจ

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ วิเคราะห์โดยการหาค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)

2. ความก้าวหน้าทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ วิเคราะห์ด้วยการหาค่า normalized gain <g>

3. ความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป แล้วเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยกับเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2560) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51 – 5.00	หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 – 4.50	หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 – 3.50	หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51 – 2.50	หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนและร้อยละของคะแนนทดสอบก่อนการทดลองสอนและภายหลังการทดลองสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (30 คะแนน)	คะแนนระหว่างเรียน							คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	รวม (60 คะแนน)	
คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	7.43	6.54	6.34	6.40	6.74	6.86	6.34	39.23	21.60
ร้อยละ (P)	24.76	65.4	63.4	64	67.4	68.6	63.4	65.38	72

จากตารางที่ 1 พบว่า ก่อนการทดลองจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล นักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้คะแนนโดยเฉลี่ยรวมเท่ากับ 7.43 ($\bar{X} = 7.43$) คิดเป็นร้อยละ 24.76 และหลังการทดลองได้คะแนนโดยเฉลี่ยรวมเท่ากับ 21.60 ($\bar{X} = 21.60$) คิดเป็นร้อยละ 72 ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ความก้าวหน้าทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ โดยรวมกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน ตามวิธี Normalized gain มีผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนทดสอบก่อนการทดลอง คะแนนทดสอบหลังการทดลองและคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ

คะแนนทดสอบผลการเรียนรู้ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)				ความก้าวหน้าทางการเรียน		
คะแนนก่อนเรียนโดยรวม		คะแนนหลังเรียนโดยรวม		วิธี Normalized Gain		
คะแนนเฉลี่ย	% Pretest	คะแนนเฉลี่ย	% Posttest	< g >	ร้อยละ	ระดับ
7.43	24.76	21.60	72	0.63	63	ปานกลาง

จากตารางที่ 2 พบว่า จากผลการทดลองสอน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล นักเรียนที่เข้ารับการทดลองจำนวน 35 คน ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีผลคะแนนก่อนเรียนโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ

7.43 ($\bar{X} = 7.43$) คิดเป็นร้อยละ 24.76 (% Pre-test) และผลคะแนนหลังเรียนโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 21.60 ($\bar{X} = 21.60$) คิดเป็นร้อยละ 72 (% Post-test) เมื่อนำมาคำนวณโดยใช้วิธี Normalized Gain (Hake, 1998) พบว่า มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 0.63 ($\langle g \rangle = 0.63$) ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง (Medium Gain) หรือมีความก้าวหน้าทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 63 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. ความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงคำที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงคำที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

ความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านสภาพแวดล้อม	4.24	0.71	มาก
2. ด้านการเรียนการสอน	4.64	0.63	มากที่สุด
3. ด้านสื่อ / นวัตกรรมการสอน	4.36	0.64	มาก
4. ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.12	0.69	มาก
รวม	4.34	0.68	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า หลังการทดลองจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล นักเรียนที่เข้ารับการทดลองมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.34$) เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 1) ด้านการเรียนการสอนเท่ากับ 4.64 ($\bar{X} = 4.64$) 2) รองลงมาคือ ด้านสื่อ / นวัตกรรมการสอนเท่ากับ 4.36 ($\bar{X} = 4.36$) 3) ด้านด้านสภาพแวดล้อมเท่ากับ 4.24 ($\bar{X} = 4.24$) และค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 4) ด้านประโยชน์ที่ได้รับเท่ากับ 4.12 ($\bar{X} = 4.12$) ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงคำ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงคำ พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 21.60 ($\bar{X} = 21.60$) คิดเป็นร้อยละ 72 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 70 เนื่องจากการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดลช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า

ทำกิจกรรมต่างๆ แสดงและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น รวมถึงมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม นอกจากนี้ครูยังได้ปรับเนื้อหาให้เหมาะสมเพื่อผู้เรียนสามารถเรียนรู้ร่วมกันอย่างมีความสุขการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดลเน้นการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ในทุกขั้นตอน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการจัดการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดลของทิตนา แชมมณี (2564) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของโพลิน หนูเปีย (2563) ที่ได้ทำวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบชิปปาโมเดลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบชิปปาโมเดลกับเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 21.24 คิดเป็นร้อยละ 70.80

2. ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ พบว่าความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำ มีค่าเท่ากับ 0.63 ($\langle g \rangle = 0.63$) อยู่ในระดับปานกลาง (Medium Gain) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดลส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจที่เรียนรู้ด้วยการมีส่วนร่วมกับเนื้อหาการเรียนรู้ผ่านรูปแบบกิจกรรม ให้นักเรียนมีความใฝ่รู้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลด้วยตนเอง ในระหว่างเรียนผู้เรียนมีส่วนร่วมฝึกทำกิจกรรมเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น ตอบคำถาม กระตุ้นความคิด ระดมสมอง รวมถึงการนำเสนอ ซึ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเรียน การเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองตามทฤษฎีของธอร์นไดค์ (Thorndike's Connectionism Theory) เมื่อบุคคลได้รับผลที่พึงพอใจย่อมอยากจะทำซ้ำและถ้าได้รับผลที่ไม่พึงพอใจจะไม่อยากเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนที่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการวิจัยของอรุณี ทองปัน (2558) ซึ่งได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบชิปปา (CIPPA Model) โดยใช้ข้อมูลท้องถิ่นกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเทศบาลบ้านสุขสำราญ จังหวัดอุบลราชธานี ผลการวิจัยพบว่า ดัชนีประสิทธิผลของการเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบชิปปา โดยใช้ข้อมูลท้องถิ่น กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.6660 หมายความว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 66.60

3. ความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดล พบว่าผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดแสงดำที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดล เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.34$) ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบชิปปาโมเดลเน้นให้

ผู้เรียนมีโอกาสในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น แลกเปลี่ยนความรู้กันและฝึกทักษะกระบวนการต่างๆ อย่างต่อเนื่อง แต่ละขั้นตอนช่วยให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมหลากหลายที่มีลักษณะให้ผู้เรียนได้มีการเคลื่อนไหวทางกาย ทางสติปัญญา ทางอารมณ์ และทางสังคม อย่างเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนตื่นตัว สามารถรับรู้และเรียนรู้ได้อย่างดี ขั้นตอนทั้ง 6 มีคุณสมบัติตามหลักการ CIPP ส่วนขั้นตอนที่ 7 เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ จึงทำให้รูปแบบมีคุณสมบัติครบตามหลัก CIPPA ผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจในสิ่งที่เรียน สามารถอธิบาย ชี้แจง ตอบคำถามได้ดี นอกจากนั้นยังได้พัฒนาทักษะ การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นกลุ่ม การสื่อสาร รวมถึงเกิดความใฝ่รู้ใฝ่เรียนด้วย ผลการวิจัยสอดคล้องกับการวิจัยของ เสฏฐวุฒิ ไกรศรี และ สมจิตรา เรืองศรี (2563) ผู้วิจัยเรื่องการพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการ โดยการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบซิปปา เรื่อง สมการ พบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

2) ครูผู้สอนควรนำการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดลไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นอื่นหรือ ในเนื้อหาอื่นต่อไป เพื่อให้ผู้เรียนมีพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เป็นไปตามเกณฑ์และมีศักยภาพ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับที่สูงขึ้น และครูผู้สอนสามารถนำการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดล มาจัดกิจกรรมบูรณาการกับสาระการเรียนรู้อื่นๆ ต่อไปได้

3) ครูผู้สอนควรนำการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดลมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ต่อไป จะช่วยฝึกฝนพัฒนาด้านความคิดของนักเรียนและทำให้นักเรียนกล้าแสดงออกผ่านกระบวนการจับกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการนำเสนอหน้าชั้นเรียน สามารถดึงศักยภาพของผู้เรียน และเพิ่มพูนความสามารถในการคิดของนักเรียน

3) ควรส่งเสริมให้มีการจัดกิจกรรมส่งเสริมผู้เรียนมีโอกาสเลือกเรียนรู้ในรูปแบบ ต่าง ๆ ที่หลากหลาย และมีการเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัยเหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละวัย เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

4) ครูผู้สอนควรนำการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดลมาช่วยสร้างบรรยากาศในการ เรียนที่ดี เน้นผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติ ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนได้ปรับเปลี่ยนมุมมองและมีทัศนคติที่ดีต่อการ เรียน ทำให้ผู้สอนสามารถพัฒนาทักษะด้านการสื่อสารให้แก่ผู้เรียนและนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดลกับกลุ่มตัวอย่างในระดับอื่น ๆ เช่น นักเรียนระดับประถมศึกษา เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่เชื่อถือได้และมีความเที่ยงตรงมากขึ้น

2) ควรนำการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาโมเดลไปใช้กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ทิศนา ขัมมณี. (2564). *ศาสตร์การสอน*. (พิมพ์ครั้งที่ 25). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น
- ไพลิน หนูเปีย. (2563). *การศึกษามลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบซิปปาโมเดล (CIPPA Model) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. โรงเรียนวัดโนนสะอาด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพิจิตร เขต 1.
- มาเรียม นิลพันธุ์. (2558). *วิธีวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 9). นครปฐม: ศูนย์วิจัยและพัฒนาทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- เสฏฐวุฒิ ไกรศรี และสมจิตรา เรืองศรี. (2563). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการ โดยการจัดการเรียนรู้แบบซิปปา (CIPPA Model) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อรุณี ทองบัน. (2558). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบซิปปา (CIPPA Model) โดยใช้ข้อมูลท้องถิ่นกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. โรงเรียนเทศบาลบ้านสุขสำราญ จังหวัดอุบลราชธานี.
- Cronbach, L. J. (1990). *Essentials of psychological testing* (5th ed.). New York : Harper Collins Publisher
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis*. (6th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64.