



การบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

The Integration of CPA Process and Mathigon Program to Enhance Mathematical Problem-solving
competency on Ratio, Proportion and Percentage among Seventh-grade Students

ฐิตารีย์ สำรี^{1*} และจักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม²
Thitaree Sumree^{1*} and Chakkrid Klin-eam²

¹สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

²สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สังกัดภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹Mathematics Education, Faculty of Education, Naresuan University, Mueang, Phitsanulok 65000, Thailand

²Mathematics, Department of Mathematics, Faculty of Science, Naresuan University, Mueang, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author, e-mail: Meuanphun17@gmail.com

(Received: Jun 25, 2024; Revised: Oct 5, 2024; Accepted: Oct 7, 2024)

บทคัดย่อ

ทักษะและกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นองค์ประกอบสำคัญของทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนา ผู้วิจัยจึงมุ่งหาวิธีพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะดังกล่าว โดยการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอน และ 2) ศึกษาผลการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัยที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 20 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาและการตรวจสอบแบบสามเส้า ด้านแหล่งข้อมูล และการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกประเด็น ผลการวิจัยพบว่า 1) สภาพการบูรณาการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนเริ่มต้นด้วยการใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมจับต้องได้ แล้วเปลี่ยนไปเป็นภาพเพื่อช่วยให้ได้แสดงแนวคิด จากนั้นจึงพัฒนาไปสู่การนำเสนอแนวคิดเชิงนามธรรม โดยมีการประเมินอย่างต่อเนื่อง มีการสร้างการเชื่อมโยง และการใช้เทคโนโลยี 2) ผลการบูรณาการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนพบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นและอยู่ในระดับดี โดยด้านความสามารถด้านการทำความเข้าใจปัญหามีระดับสูงที่สุด รองลงมาคือ การดำเนินการแก้ปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหาและการตรวจสอบคำตอบ ตามลำดับ

คำสำคัญ : กระบวนการ CPA โปรแกรมแมททิกอน อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Abstract

The skills and processes of mathematical problem-solving are important components of 21st century skills that learners should be developed. Therefore, researchers aim to find ways to develop learners to have such skills. The research aimed to 1) study the integration of the CPA process and the Mathigon program and 2) study the results of the integration of the CPA process and the Mathigon program to promote the ability to solve mathematical problems on ratios, proportions and percentages of Mathayom 1 students.



The target group was 20 Mathayom 1 students of a secondary school in Sukhothai Province, who is studying in the second semester of the 2023 academic year. The research instruments consisted of three learning management plans, a learning management reflection form, activity sheets, and a mathematics problem-solving ability test. Data was analyzed using content analysis and triangulation of data sources, and analysis using separate scoring criteria. The research results found that 1) The condition of the integration between CPA process and the Mathigon program started with using tangible media and changed to images to help illustrate concepts. It then developed into the presentation of abstract concepts including continuous assessment, creation of connections, and the use of technology. 2) The results of integrating CPA process and the Matrix program found that learners had increased ability to solve mathematical problems and were at a good level. The ability to understand problems was at the highest level, followed by problem-solving operations, problemsolving planning, and answer checking, respectively.

Keywords: CPA Process, Mathigon program, Ratio proportion and percentage, Mathematical problem-solving competency

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ และถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ministry of Education, 2017) ซึ่งในปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงในทุก ๆ ด้าน โดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความรู้และนวัตกรรมเกิดขึ้นอย่างหลากหลายในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้มนุษย์อยู่เฉยไม่ได้ต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสังคมในยุคศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนร่วมในทุก ๆ การกระทำของมนุษย์เป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดความท้าทายใหม่ ๆ และความรู้ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว การเรียนรู้เฉพาะในห้องเรียนจึงไม่เพียงพอ ผู้เรียนต้องสามารถศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตัวเอง ทำให้เส้นแบ่งการเรียนรู้ในห้องเรียนกับนอกห้องเรียนหายไป ดังนั้นการจัดการศึกษาในปัจจุบันจำเป็นต้องเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถทางด้านเทคโนโลยีและนำเทคโนโลยีมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าและพัฒนาศักยภาพของตนเอง (Kongsilp, 2018) และนักเรียนในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้พื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ท้าทายและซับซ้อน 3) คุณลักษณะที่พึงประสงค์เพื่อจัดการกับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งทักษะต่าง ๆ นี้ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาการศึกษาไทยสู่การศึกษาที่เป็นมาตรฐานในระดับสากล โดยเฉพาะทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญสำหรับนักเรียนเช่นกัน เพราะความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นของคู่กัน เมื่อมีความรู้แล้วจำเป็นต้องมีทักษะจึงจะสามารถนำความรู้นั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ และทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาที่ยังรวมทักษะอื่น ๆ ที่สำคัญเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นผู้ที่มีทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาที่มีความรู้ ประสบการณ์ ระบบการคิดและการตัดสินใจที่ดีพอ (Makanong, 2011)

ผู้วิจัยในฐานะครูประจำการโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งพบว่า นักเรียนควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาทักษะสำคัญในด้านการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะโจทย์ปัญหาที่นักเรียนต้องทำการวิเคราะห์โจทย์เอง และจากผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test, O-NET) รายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยในสาระจำนวนและพีชคณิตต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ คือ ปีการศึกษา 2563 คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ คือ 25.56 คะแนนเฉลี่ยระดับโรงเรียน คือ 17.36 และปีการศึกษา 2564 คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ คือ 24.49 คะแนนเฉลี่ยระดับโรงเรียน คือ 0.00 เนื่องจากไม่มีนักเรียนที่สอบได้คะแนนในสาระจำนวนและพีชคณิต ซึ่งถือว่าเป็นคะแนนที่ควรได้รับการปรับปรุงและพัฒนาอย่างเร่งด่วน จากการสอบถามนักเรียนพบว่า นักเรียนเข้าใจบทเรียนในสาระจำนวนและพีชคณิตเกี่ยวกับการเรียงระบบจำนวนและประยุกต์ใช้เกี่ยวกับจำนวนในขั้นพื้นฐานได้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถเข้าใจและประยุกต์ใช้อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง เมื่อได้เผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหานักเรียนไม่สามารถใช้จินตนาการตีความหมายของโจทย์ปัญหานั้น เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ ผู้วิจัยจึงศึกษาการบูรณาการกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรมเพื่อนำไปสู่



ขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นนามธรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete-pictorial-abstract (CPA) เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการสอนเชิงรูปธรรม (Concrete) ขั้นการสอนเชิงรูปภาพ (Pictorial) และขั้นการสอนเชิงนามธรรม (Abstract) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner, 1966) 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการเรียนรู้จากการกระทำ (Enactive) การเรียนรู้จากจินตนาการ (Iconic) และการใช้สัญลักษณ์ (Symbolic) ตามลำดับ (Leong *et al.*, 2015) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA เหมาะสมกับนักเรียนตั้งแต่ระดับปฐมวัยไปจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จะช่วยให้นักเรียนแปลงปัญหาจากสิ่งที่จับต้องได้เป็นรูปภาพหรือแผนภาพ และแปลงสถานการณ์ต่าง ๆ เป็นข้อความเชิงพีชคณิตที่เป็นตัวแทนเชิงนามธรรมได้ ซึ่งจะส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ และจากผลการวิจัยของ (Chotwinyu *et al.*, 2022) พบว่า หลังนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ CPA นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผ่านเกณฑ์คะแนนร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้คนในยุคดิจิทัลให้ความสนใจและใช้เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ อย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น จนกลายเป็นส่วนหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวผู้สอนคณิตศาสตร์จึงนำเทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัล โดยผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรมแมทิกอน ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ทางคณิตศาสตร์แบบไดนามิกที่สามารถใช้ผ่านเว็บไซต์ได้และเปิดให้ใช้งานฟรี เหมาะกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในเรื่องของเรขาคณิตและเศษส่วนเป็นอย่างยิ่ง ครูผู้สอนสามารถนำโปรแกรมนี้ไปช่วยใช้เป็นสื่อในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และเหมาะที่จะใช้บูรณาการร่วมกับกระบวนการ CPA เพราะเป็นส่วนช่วยให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นภาพอย่างเป็นรูปธรรมในขั้นการสอนเชิงรูปภาพมากยิ่งขึ้น

จากเหตุผลและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสภาพการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทิกอน เพื่อส่งเสริมความสามารถทักษะการแก้ปัญหามathematics เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งเป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหามathematics ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทิกอน เพื่อส่งเสริมความสามารถทักษะการแก้ปัญหามathematics เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทิกอน เพื่อส่งเสริมความสามารถทักษะการแก้ปัญหามathematics เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการแบบเดียว โดยเน้นการศึกษาด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการที่ต่อเนื่องกัน มีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนตามแนวคิดของ (Kemmis & McTaggart, 1988) ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ

ผู้เข้าร่วมการวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในอำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 20 คน

ขอบเขตการวิจัย เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ รายวิชาคณิตศาสตร์ 2 (ค21102) เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 เวลาในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสะท้อนผลการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทิกอน บันทึกประเด็นปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะแต่ละขั้นตอน โดยผู้วิจัยและครูประจำการผู้ร่วมสังเกตการณ์ โดยสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกวงจรปฏิบัติการ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป

2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในรูปแบบอัตนัยจำนวน 3 สถานการณ์ตามวงจรปฏิบัติการ ทำการทดสอบกับนักเรียนเป็นรายบุคคลหลังจากดำเนินการในแต่ละวงจรปฏิบัติการเสร็จสิ้น และวิเคราะห์การเขียนคำตอบของนักเรียนโดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกประเด็น (Analytic scoring) ตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) การวางแผนการแก้ปัญหา 3) ดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) การตรวจสอบคำตอบ ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence : IOC) โดยผู้วิจัยใช้แบบประเมินความสอดคล้องข้อคำถามกับองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์พบว่า มีค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ และตรวจสอบความเที่ยง แบบวิธีความสอดคล้องภายใน ค่าความค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach's Alpha มีค่าอยู่ที่ 0.826 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอน เพื่อส่งเสริมความสามารถทักษะการแก้ปัญหามathematics เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้น ม.1 จำนวน 3 แผน แต่ละแผนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ตามกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอน โดยมีรายละเอียด คือ แผนที่ 1 เรื่องอัตราส่วน ใช้สถานการณ์ “กาแฟในฝัน” แผนที่ 2 เรื่องสัดส่วน ใช้สถานการณ์ “ห้องครัวของฉัน” และแผนที่ 3 เรื่องร้อยละ ใช้สถานการณ์ “ซูเปอร์มาร์เก็ต” แผนที่ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.19 - 4.39 เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.04 - 0.35 ซึ่งไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความเหมาะสมในระดับมากและสามารถนำไปใช้ได้ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะและปรับปรุงแก้ไขแล้ว คือ 1) ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ข้นทบทวนความรู้เดิมควรใช้สื่อที่นักเรียนสามารถจับต้องได้แบบเป็นรูปธรรมเพื่อให้สอดคล้องกับกระบวนการ CPA ที่อยู่ในชั้น C มากยิ่งขึ้น จึงปรับปรุงนำสื่อในชั้น C ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 มาใช้ในการทบทวนความรู้เดิม

2. ใบกิจกรรม เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นสถานการณ์กลุ่มวงจรปฏิบัติละ 1 ใบกิจกรรมประกอบด้วย 3 สถานการณ์ ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของใบกิจกรรม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะและปรับปรุงแก้ไขแล้ว คือ ปรับเพิ่มข้อคำถามให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดโจทย์ปัญหาและแก้ปัญหาในแต่ละสถานการณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการบูรณาการตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องกันจนครบ 3 วงจรปฏิบัติการ รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแบ่งกลุ่มนักเรียนความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน เพื่อให้ภายในกลุ่มช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ร่วมกันศึกษาข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ผ่านโปรแกรมแมททิกอน และมอบหมายให้ทำใบกิจกรรม โดยระดมแนวคิดที่หลากหลายและลงมือแก้สถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จะสังเกตและจดบันทึกพฤติกรรมผลที่เกิดขึ้นระหว่างจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นรายบุคคลและนำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผล ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากผู้วิจัย ผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) วิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดอีกครั้ง เมื่อครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ทำการตัดทอนข้อมูลที่สำคัญ เพื่อคัดเลือกข้อมูลที่สำคัญที่สามารถตอบคำถามในประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) ข้อดีและปัญหาที่พบ 2) แนวทางการปรับปรุงแก้ไขสำหรับจากการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนครั้งต่อไป

2. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรมและแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ได้จากผู้เข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูล ศึกษา ร่องรอยการทำงานของนักเรียนจากใบกิจกรรม และการตอบคำถามในชั้นเรียนรวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างดำเนินการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อประกอบการอธิบายผลที่เกิดขึ้น และรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา วิเคราะห์การเขียนคำตอบของนักเรียน จากเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกประเด็นตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ดังตารางที่ 1



ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา จำแนกตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ และระดับคุณภาพ

รายการประเมิน	คะแนน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
1. การทำความเข้าใจปัญหา	3	ดี	ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการหาครบถ้วนถูกต้อง
	2	พอใช้	ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการหาบางส่วนไม่ถูกต้อง
	1	ต้องปรับปรุง	ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการหาได้ถูกต้องน้อยมากหรือไม่ถูกต้องเลย
2. วางแผนแก้ปัญหา	3	ดี	ระบุแนวทางแก้ปัญหาได้เหมาะสมและเขียนประโยคคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง
	2	พอใช้	ระบุแนวทางแก้ปัญหาซึ่งอาจนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง แต่ยังมีบางส่วนผิดโดยอาจเขียนประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง
	1	ต้องปรับปรุง	ระบุแนวทางแก้ปัญหาส่วนใหญ่ไม่ถูกต้อง
3. ดำเนินการแก้ปัญหา	3	ดี	นำแนวทางแก้ปัญหาไปใช้แสดงวิธีทำได้อย่างละเอียดและถูกต้อง
	2	พอใช้	นำแนวทางแก้ปัญหาไปใช้แสดงวิธีทำได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ละเอียด
	1	ต้องปรับปรุง	นำแนวทางแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้องทั้งหมดและไม่ละเอียด
4. การตรวจสอบคำตอบ	3	ดี	ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้อย่างถูกต้องและใช้สัญลักษณ์ถูกต้อง
	2	พอใช้	ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบไม่ถูกต้องครบถ้วนหรือใช้สัญลักษณ์ไม่ถูกต้อง
	1	ต้องปรับปรุง	ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบไม่ถูกต้อง

ผลการวิจัย

1. สภาพการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนเพื่อส่งเสริมความสามารถทักษะการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จากการดำเนินการตามแบบแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยเน้นการศึกษาด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการที่ต่อเนื่องกัน ผู้วิจัยได้สรุปข้อดี ปัญหาและแนวทางแก้ไข สะท้อนในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้อยู่โดยใช้ กระบวนการ CPA ร่วมกับโปรแกรมแมททิกอน จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ และเก็บรวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรม ดังนี้

ขั้นการสอนเชิงรูปธรรม (C : Concrete) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสำรวจวิเคราะห์ ส่วนผสมและอุปกรณ์ที่กำหนดให้ในการทำกิจกรรมได้ถูกต้องและชัดเจนว่าจะทำกิจกรรมในเรื่องของอัตราส่วน โดยการทวง ส่วนผสมต่าง ๆ ที่กำหนดให้ และเห็นถึงความกระตือรือร้นมีความพร้อมที่อยากจะเรียนรู้ แต่นักเรียนบางกลุ่มขาดการวางแผน ขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรม ผสมเครื่องดื่มโดยไม่ได้นิ่งถึงปริมาณของส่วนผสมแต่ละชนิดว่าเหมาะสมกับปริมาณเครื่องดื่ม 1 แก้วหรือไม่ ทำให้เมื่อเทส่วนผสมทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้วมีปริมาณที่ล้นออกมาจากขอบแก้ว ผู้วิจัยแนะนำให้ให้นักเรียนวางแผน การปฏิบัติกิจกรรมโดยการวัดปริมาตรของแก้วก่อน เพื่อคำนวณส่วนผสมแต่ละชนิดให้มีอัตราส่วนรวมกันทั้งหมดไม่เกิน 1 แก้ว ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 จึงมีการวางแผนเพิ่มเติมโดยการคำนึงถึงภาชนะที่ใช้ก่อนลงมือปฏิบัติกิจกรรม แต่เกิดปัญหาเมื่อ ตัวเลขของโจทย์ในสถานการณ์มีค่ามากทำให้พบข้อจำกัดในการทำปฏิบัติกิจกรรมขั้นการสอนเชิงรูปธรรมว่าไม่เหมาะสมกับ เนื้อหาเรื่องสัดส่วนที่ตัวเลขมีค่ามากเกินไป ผู้วิจัยแนะนำให้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมในขั้นรูปธรรมในข้อที่สามารถ ปฏิบัติได้และข้อที่ตัวเลขมีค่าน้อย และใช้การเทียบบัญญัติไตรยางศ์มาช่วยหาคำตอบในข้อที่ตัวเลขมีค่ามาก

ขั้นการสอนเชิงรูปภาพ (P : Pictorial) ด้วยโปรแกรมแมททิกอน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนให้ความสนใจ กับโปรแกรมแมททิกอน เนื่องจากมีสีสันและรูปทรงทางเรขาคณิตที่หลากหลายให้นักเรียนได้ลองปฏิบัติและเป็นการเรียนรู้ที่ เชื่อมโยงมาจากขั้นการสอนเชิงรูปธรรมทำให้นักเรียนมองภาพการเปรียบเทียบอัตราส่วนหลายอัตราส่วนพร้อม ๆ กันได้ชัดเจน



มากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยนำเครื่องมือ Number bar มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ยังพบข้อจำกัดของ Number bar ที่นำมาใช้แทนส่วนผสมยังไม่มีค่าตัวเลขกำกับ เมื่อทำการรวมกันเป็นภาพของส่วนผสมทั้งหมดจะชัดเจนในการเปรียบเทียบอัตราส่วนแต่ยังไม่สามารถมีตัวเลขบอกจำนวนอัตราส่วนหรือรวมเลขกันแบบอัตโนมัติ นักเรียนยังต้องนับจำนวนอัตราส่วนด้วยตนเองอยู่ ผู้วิจัยจึงกำหนดปริมาณและสีของ Number bar ในโปรแกรมอย่างชัดเจน กำหนด 1 หน่วย แทนปริมาณของส่วนผสม 10 มิลลิลิตร เมื่อนักเรียนนำไปใช้จะง่าย สะดวกและรวดเร็วต่อการคำนวณมากยิ่งขึ้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยจึงปรับปรุงและออกแบบรูปแบบ โดยใช้เครื่องมือ Bucket of zero จัดกิจกรรมในเรื่องสัดส่วน สามารถหาผลรวมได้แบบอัตโนมัติ แต่ยังสามารถในกรณีที่สัดส่วนจำกัดไม่เกิน 12 เมื่อนักเรียนสามารถจินตนาการภาพในเบื้องต้นได้ ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนคำตอบของแต่ละกลุ่มภายในห้องเรียนเพื่อเป็นการตรวจสอบเพิ่มเติมว่านักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องสัดส่วนและแก้ปัญหาสัดส่วนได้หรือไม่ และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยปรับปรุงใช้เครื่องมือ Prime factor circles ที่นักเรียนสามารถลากจำนวนเงินเหรียญและจำนวนชิ้นของสินค้ามารวมกันแล้วจะได้ผลคูณที่ต้องการทันทีทำให้ง่ายต่อการคำนวณอัตราส่วนและร้อยละ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้เร็วมากยิ่งขึ้น

ขั้นการสอนเชิงนามธรรม (A : Abstract) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและนำข้อมูลที่ได้จากขั้น C และขั้น P มาใช้ โดยเขียนอัตราส่วนโดยใช้สัญลักษณ์ได้ถูกต้อง แต่เมื่ออัตราส่วนสองอัตราส่วนที่มีหน่วยต่างกัน นักเรียนไม่ได้ระบุหน่วยให้ชัดเจนทำให้เข้าใจความหมายคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยใช้คำถามนำโดยยกตัวอย่างจากโจทย์ของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ตั้งขึ้นมาเพื่อให้นักเรียนในห้องเรียนช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องและช่วยกันแก้ไขคำตอบพร้อมกันในห้องเรียนว่าแต่ละกลุ่มมีข้อผิดพลาดตรงไหนและควรแก้ไขอย่างไร ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนสามารถออกแบบโจทย์ปัญหาสัดส่วนในรูปแบบข้อความได้ แต่ยังไม่สมบูรณ์ในการเขียนสมการของสัดส่วนตรงกับสัดส่วนผกผัน เมื่อตั้งสมการไม่ถูกต้องก็ส่งผลต่อการแก้สมการและความถูกต้องของคำตอบ ผู้วิจัยแนะนำให้ให้นักเรียนสังเกตทิศทางของปริมาณสองปริมาณจากโจทย์ที่นักเรียนสร้างขึ้นว่าไปในทิศทางเดียวกันหรือทิศทางตรงกันข้าม อาจจะเขียนเป็นภาพหรือตารางเพื่อให้สังเกตได้ง่ายยิ่งขึ้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนแต่ละกลุ่มมีแนวคิดการสร้างโจทย์ปัญหาเรื่องร้อยละที่หลากหลายโดยเชื่อมโยงจากประสบการณ์เดิมที่ได้รับจากทั้งสองวงจรปฏิบัติการ สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อยู่ในระดับดี

2. ผลการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนเพื่อส่งเสริมความสามารถทักษะการแก้ไข ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาหระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยวิเคราะห์จากใบกิจกรรมที่วัด องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหา 4 องค์ประกอบ โดยมีรายละเอียดจำแนกตามวงจรปฏิบัติการ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าร้อยละของความสามารถในการแก้ปัญหาหระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการ กระบวนการ CPA และ โปรแกรมแมททิกอน จำแนกตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วงจรปฏิบัติการและระดับคุณภาพ

องค์ประกอบ ความสามารถ ในการแก้ปัญหา	ระดับคุณภาพจำแนกตามองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหา (ร้อยละ)								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. การทำความเข้าใจปัญหา	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
2. วางแผนแก้ปัญหา	40.00	40.00	20.00	100.00	0.00	0.00	100.00	00.00	0.00
3. ดำเนินการแก้ปัญหา	20.00	40.00	40.00	20.00	60.00	20.00	80.00	20.00	0.00
4. การตรวจสอบคำตอบ	100.00	0.00	0.00	60.00	40.00	0.00	80.00	20.00	0.00
รวมเฉลี่ย (ร้อยละ)	65.00	20.00	15.00	70.00	25.00	5.00	90.00	10.00	0.00
ระดับคุณภาพโดยรวม	ดี			ดี			ดี		

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยวิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 3 สถานการณ์ ที่วัดตามรายการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา 4 องค์ประกอบ โดยมีรายละเอียดจำแนกตามวงจรปฏิบัติการแต่ละสถานการณ์ ดังตารางที่ 3 และเฉลี่ยร้อยละขององค์ประกอบรายด้าน ดังตารางที่ 4



ตารางที่ 3 ค่าร้อยละของความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทติคอน จำแนกตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สถานการณ์และระดับคุณภาพ

องค์ประกอบ ความสามารถ ในการแก้ปัญหา	ระดับคุณภาพจำแนกตามองค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหา (ร้อยละ)								
	สถานการณ์ที่ 1			สถานการณ์ที่ 2			สถานการณ์ที่ 3		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. การทำความเข้าใจปัญหา	90.00	10.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
2. วางแผนแก้ปัญหา	40.00	45.00	15.00	65.00	25.00	10.00	70.00	20.00	10.00
3. ดำเนินการแก้ปัญหา	60.00	25.00	15.00	65.00	20.00	15.00	65.00	25.00	10.00
4. การตรวจสอบคำตอบ	55.00	20.00	25.00	55.00	35.00	10.00	60.00	30.00	10.00
รวมเฉลี่ย (ร้อยละ)	51.25	25.00	13.75	71.25	20.00	8.75	72.50	18.75	7.50
ระดับคุณภาพโดยรวม	ดี			ดี			ดี		

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทติคอน จำแนกตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และระดับคุณภาพ

องค์ประกอบความสามารถ ในการแก้ปัญหา	รวมเฉลี่ยร้อยละ จากทั้ง 3 สถานการณ์			ระดับคุณภาพ โดยรวม
	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)	
1. การทำความเข้าใจปัญหา	96.67	3.33	0.00	ดี
2. วางแผนแก้ปัญหา	58.33	30.00	11.67	ดี
3. ดำเนินการแก้ปัญหา	63.33	23.33	13.33	ดี
4. การตรวจสอบคำตอบ	56.67	28.33	15.00	ดี

1.3 การดำเนินการแก้ปัญหา

วิธีทำ.....

เฉลย A คำนวณ $50\% \times 10,000 = 50 \times 10,000 = 5000$

.....

..... คำนวณ $10,000 - 5000 = 5000$ บาท

.....

..... คำนวณ $25\% \times 10,000 = 25 \times 10,000 = 2500$

.....

..... คำนวณ $10,000 - 2500 = 7500$ บาท

.....

..... คำนวณ $15\% \times 7500 = 15 \times 7500 = 1125$

.....

..... คำนวณ $7500 - 1125 = 6375$

.....

ตอบ..... เขียนเป็นเลขไทย แล้วตอบ A

3

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนชั้นดำเนินการแก้ปัญหาที่ได้รับระดับคุณภาพ ดี

อภิปรายผลการวิจัย

1. สภาพการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทติคอน เพื่อส่งเสริมความสามารถทักษะการแก้ไขปัญหามathematics เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ขั้นการสอนเชิงรูปธรรม (C : Concrete) นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมผ่านกระบวนการกลุ่ม แต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กันทำงานร่วมกันคิดและแก้ปัญหา ตั้งแต่การวิเคราะห์ส่วนผสมและอุปกรณ์ การวางแผน การดำเนินการแก้ปัญหาร่วมกัน โดยในขั้นนี้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงผ่านสิ่งที่นักเรียนจับต้องได้ ได้ใช้ความคิดและเผชิญปัญหาด้วยตนเอง ทำให้สามารถเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองร่วมกันภายในกลุ่ม ช่วยกันแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำกิจกรรม โดยเฉพาะเรื่องการวางแผนใน



การแก้ปัญหา นักเรียนบางกลุ่มยังขาดการวางแผนในการปฏิบัติกิจกรรมใน กิจกรรม “คาเฟ่ของฉัน” โดยครูผู้สอนช่วยแนะนำ ให้ร่วมกันวางแผนการปฏิบัติกิจกรรมภายในกลุ่มคำนวณปริมาตรแก้วที่จะใช้เทส่วนผสมก่อนลงมือปฏิบัติกิจกรรม ตรงกับทฤษฎี การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) ของ Phirttikun (2012) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนสร้างความรู้ให้เกิดขึ้น ในตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีครูเป็นผู้แนะนำ กระตุ้นหรืออำนวยความสะดวกให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมายและนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในวงจรปฏิบัติการถัดไป จึงมีการวางแผนเพิ่มเติมโดยการคำนึงถึงภาษาขณะที่ใช้ก่อนลงมือปฏิบัติกิจกรรมแต่ยังเกิดปัญหาใน วงจรปฏิบัติการที่ 2 ในเรื่องสัดส่วน เมื่อสัดส่วนมีค่ามากทำให้การสอนโดยใช้สิ่งของที่จับต้องได้มีข้อจำกัด ครูจึงกระตุ้นให้ นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหาวิธีการคิดแก้ปัญหาจากเรื่องที่เคยเรียนผ่านมาและได้ข้อสรุปโดย การใช้การเทียบบัญญัติไตรยางศ์เข้ามาช่วย ซึ่งสอดคล้องกับ Chalermchai *et al.* (2020) ที่กล่าวว่า การแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดจากการทำงานอยู่เพียงลำพังจะไม่สามารถทำได้ต้องอาศัยความร่วมมือกันของสมาชิกที่มีความสามารถต่างกันเพื่อให้เห็น มุมมองของปัญหาได้กว้างขึ้นนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จ

ขั้นการสอนเชิงรูปภาพ (P : Pictorial) ด้วยโปรแกรมแมทติกอน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนได้ปฏิบัติ กิจกรรมในโปรแกรมแมทติกอน ในห้องคอมพิวเตอร์ เป็นการเชื่อมโยงความรู้มาจากขั้น C เมื่อทำการรวมกันเป็นภาพของ ส่วนผสมทั้งหมดจะชัดเจนในด้านการเปรียบเทียบอัตราส่วนแต่ยังไม่สามารถมีตัวเลขบอกจำนวนอัตราส่วนหรือรวมเลขกัน แบบอัตโนมัติได้ ครูผู้สอนจึงอธิบายและแนะนำเพิ่มเติมในขณะทำกิจกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ผู้วิจัยจึงปรับปรุง และออกแบบรูปแบบการใช้เครื่องมือในโปรแกรมแมทติกอน ให้เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องสัดส่วนและร้อยละ เพื่อให้นักเรียน สามารถทำความเข้าใจปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละได้ง่ายยิ่งขึ้น เมื่อนักเรียนสามารถจินตนาการภาพในเบื้องต้น ที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมแมทติกอน ผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนคำตอบของแต่ละกลุ่ม ภายในห้องเรียนเพื่อเป็นการตรวจสอบเพิ่มเติมว่านักเรียนเข้าใจถูกต้องหรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับ Boonjong (2017) ที่กล่าวว่า ครูผู้สอนใช้เทคนิคการสอนที่หลากหลายเสริมสร้างบรรยากาศให้เหมาะสมต่อการเรียนรู้ จัดแหล่งเรียนรู้ ห้องเรียนที่เอื้อต่อ การใช้เทคโนโลยีให้ผู้เรียนได้ค้นคว้า และสืบค้นข้อมูลเพื่อเพิ่มพูนทักษะให้เกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องสามารถส่งเสริมให้ ผู้เรียนเข้าถึงการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นการสอนเชิงนามธรรม (A : Abstract) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและนำข้อมูลที่ได้ จาก C และ P มาใช้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถเขียนอัตราส่วนโดยใช้สัญลักษณ์ได้ถูกต้องแต่สับสนเมื่ออัตราส่วนมี หน่วยที่ต่างกัน ผู้วิจัยใช้คำถามนำและให้นักเรียนในห้องเรียนช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องและช่วยกันแก้ไขคำตอบพร้อมกัน ในห้องเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสร้างโจทย์ปัญหาสัดส่วนได้และมีแนวคิดการสร้างโจทย์ ปัญหาเรื่องร้อยละที่หลากหลายโดยเชื่อมโยงจากประสบการณ์เดิมที่ได้รับ โดยครูผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นแนวคิดและตรวจสอบ ความถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ อยู่ในระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับ Ministry of Education of Singapore (2013) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete-pictorial-abstract เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้พูดคุย อภิปรายแนวทางการแก้ปัญหาพร้อมกับผู้อื่น ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนา แนวคิดในการแก้ปัญหาและกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น ถูกกระตุ้นความคิดด้วยคำถาม ทำให้นักเรียนเกิดแรงบันดาลใจ ในการฝึกหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์กับตัวนักเรียนเมื่อต้องนำไปใช้ในสถานการณ์จริง

2. ผลการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทติกอน เพื่อส่งเสริมความสามารถทักษะการแก้ไข ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาหยาบด้านจากใบกิจกรรมและแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาพบว่า การบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมทติกอน สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้ 1) การทำความเข้าใจ ปัญหา นักเรียนสามารถระบุปัญหาประเด็นที่โจทย์ต้องการถามได้ชัดเจน เนื่องจากในระหว่างการทำกิจกรรมนักเรียนเริ่มต้น จากการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มก่อน และได้ช่วยกันวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่โจทย์ต้องการร่วมกัน ส่งผลให้นักเรียน สามารถเขียนตอบในขั้นทำความเข้าใจปัญหาได้ 2) วางแผนการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนสามารถวางแผนแก้ปัญหาได้ในการปฏิบัติ กิจกรรมกลุ่มโดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำในระหว่างการทำกิจกรรม การวางแผนในขั้นนี้มีความสำคัญ เพราะจะส่งผล ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น ซึ่งนักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาได้ในรูปแบบที่หลากหลาย 3) ดำเนินการ แก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้เพื่อคำนวณหาคำตอบที่ต้องการ ซึ่งนักเรียนบางส่วนสามารถ



แก้ปัญหาได้แต่ไม่สามารถเขียนตอบในชั้นวางแผนได้ เพราะนักเรียนอาศัยประสบการณ์การแก้ปัญหาที่ได้จากการบูรณาการ กระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอน จึงเกิดการเข้าใจภาพที่หลากหลายเข้ามาช่วยในการหาคำตอบตามความเข้าใจ ของตนเองได้แต่ยังไม่เป็นลำดับขั้นตอน และ 4) ตรวจสอบคำตอบ นักเรียนสามารถนำคำตอบที่ได้มาตรวจสอบเพื่อเป็นการทบทวน คำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยนักเรียนส่วนมากสามารถตรวจสอบคำตอบได้ถูกต้อง แต่ในบางเนื้อหาที่ยังไม่สามารถ ตรวจสอบคำตอบเนื่องจากคำตอบที่ได้ยังไม่ถูกต้อง เพราะพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน ครูผู้สอนจึงมีบทบาทสำคัญที่จัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นและส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยการทำความเข้าใจ ชวน นักเรียนเริ่มชำนาญในขั้นตอนของการแก้ปัญหาทั้ง 4 ด้าน อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chang *et al.* (2017) ที่ชี้ให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ผ่านขั้นตอนนี้ สามารถเกิดขึ้นได้แตกต่างไปตามความสามารถของแต่ละบุคคล เน้นอนว่า อาจจะขึ้นอยู่กับ การนำบทเรียนของครูหรือแม้กระทั่งความพร้อมและองค์ความรู้เดิมของนักเรียน การเรียงสับเปลี่ยนของ CPA จะปรากฏในบรรยากาศของห้องเรียน ฉะนั้นเราจึงมีความจำเป็นที่ครูยังคงต้องแสดงให้เห็นทั้ง 3 ขั้นตอน แต่การตอบสนองต่อ การเรียนรู้ของนักเรียนก็เป็นไปตามความสามารถของนักเรียนเอง และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนแล้วนั้น ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาโดยรวมอยู่ในระดับดี ในทุกด้าน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างขั้นการสอนเชิงรูปธรรม ขั้นการสอนเชิงรูปภาพและขั้นการสอนเชิงนามธรรมไปสู่การ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chotwinyu *et al.* (2022) ที่กล่าวว่า หลังนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ CPA นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผ่านเกณฑ์คะแนนร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของ นักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรม ระบุข้อมูลสำคัญ เงื่อนไข และ สิ่งที่ต้องหาคำตอบ วาดแผนภาพเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลและสร้างสมการจากแผนภาพ แก้สมการโดยใช้สมบัติการ เท่ากันเกี่ยวกับการบวกและการคูณได้ เชื่อมโยงความรู้และมโนทัศน์ ระหว่างเชิงรูปธรรม เชิงรูปภาพ และเชิงนามธรรมได้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 20 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย จากการศึกษาสภาพการบูรณาการกระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนพบว่า ครูผู้สอนต้องออกแบบสถานการณ์ปัญหาให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้ง่าย เตรียมและพัฒนาสื่อและอุปกรณ์การสอน ให้พร้อมและสอดคล้องกับบทเรียนที่จะให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นเพื่ออำนวยความสะดวกและให้การ จัดกิจกรรม การเรียนรู้ของผู้เรียนมีประสิทธิภาพมากที่สุด การใช้คำถามนำของครูผู้สอนเป็นสิ่งสำคัญและช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดแนวคิด และสามารถรวมแลกเปลี่ยนแนวคิดกันในชั้นเรียนจนนำไปสู่การสรุปสาระสำคัญของบทเรียนได้อย่างถูกต้องชัดเจน ผลการบูรณาการ กระบวนการ CPA และโปรแกรมแมททิกอนพบว่า ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา 2 ด้านเพิ่มขึ้น คือ ด้านการวางแผนแก้ปัญหาและด้านการดำเนินการแก้ปัญหา และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมี ความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นทั้ง 4 ด้าน โดยด้านความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหานักเรียนมีระดับความสามารถ ร้อยละสูงสุด รองลงมาคือ ด้านดำเนินการแก้ปัญหา ด้านวางแผนการแก้ปัญหาและการตรวจสอบคำตอบ ตามลำดับ เนื่องจากในการวิจัยพบว่า ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละอย่างถูกต้อง ชัดเจนและเข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น วิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการใช้กระบวนการ CPA ร่วมกับ โปรแกรมแมททิกอน เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และนักเรียนสามารถสร้างการคิดให้เป็น ภาพผ่านโปรแกรมแมททิกอนได้แต่ยังไม่หลากหลายและเชื่อมโยงไปสู่เนื้อหาอื่นได้อย่างมีข้อจำกัด ผู้วิจัยจึงเสนอว่า สามารถ จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ CPA ร่วมกับโปรแกรมทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ ได้ เช่น โปรแกรม Desmos ที่จะช่วย ส่งเสริมทั้งด้านมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และส่งเสริมด้านทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยกระบวนการ จัดการเรียนรู้และกิจกรรมที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Boonjong, J. (2017). *A study of teachers' opinions on media use technology in teaching and learning management of schools in the Ubon Ratchathani diocese* [Online]. Retrieved October 3, 2023, from: <http://www.edu-journal.ru.ac.th/index.php/abstractData/viewIndex/1566.ru> (in Thai)
- Bruner, J.S. (1966). *Studies in Cognitive Growth: A Collaboration at the Center for Cognitive Studirs*. New York: John Wiley & Sons.
- Chalermchai, W., Sucaromana, U., Pahuyut, P. & Suriyadsin, S. (2020). The effects of group dynamics activities on the enhancement of the teamwork of student council committee members. *Rajapark journal*, 14(37), 188-203. (in Thai)
- Chang, S. H., Lee, N. H. & Koay P. L. (2017). Teaching and learning with concrete – pictorial - abstract sequence: A proposed model. *The Mathematics Educator*, 17(1), 1-28.
- Chotwinyu, N., Kongthip, Y. & Chaladgarn, T. (2022). A study of mathematical problem-solving ability in linear equations in one variable of grade 7 students using Concrete-Pictorial-Abstrace: CPA Approach. *Journal of Industrial Education*, 21(1), 33-43. (in Thai)
- Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planer*. (3rd Ed.). Geelong: Deakin University Press.
- Kongsilp, N. (2018). *Teaching Mathematics in 21st Century*. (1st Ed.). Pathum Thani: Pimpijit. (in Thai)
- Leong, Y. H., Ho, W. K. & Cheng, L. P. (2015). Concrete-Pictorial-Abstract: Surveying its origins and charting its future. *The Mathematics Educator*, 16(1), 1-18.
- Makanong, A. (2011). *Mathematical Skills and Processes: Development for Advancement*. (1st Ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Ministry of Education. (2017). *The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (Revised Edition)*. (1st Ed.). Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Publisher. (in Thai)
- Ministry of Education Singapore. (2013). *Nurturing Early Learners* (6th Ed.). Singapore: Author.
- Phirttikun, S. (2012). Quality of students derived from active learning process. *Journal of Educational Administration Burapha University*, 6(2), 1-13. (in Thai)