



ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐาน ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์*

EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES BASED ON CONCEPTUAL CHANGE APPROACH ON MATHEMATICAL REASONING ABILITY

อุทัย มีสิทธิกุล*, ไพโรจน์ น่วมนุ้ม

Uthai Meesitthikun*, Pairot Nuamnoom

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok., Thailand

*Corresponding author E-mail: lordkafe02@gmail.com

*Tel: 085-228-0023

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐาน 2) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐานเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 และ 3) ศึกษาพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในช่วงระหว่างการทดลอง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษในจังหวัดชัยนาทซึ่งเลือกแบบเจาะจง โดยเป็นโรงเรียนที่จัดห้องเรียนในลักษณะคละระดับความสามารถ ใช้เวลาทดลอง 4 สัปดาห์ รวม 12 คาบ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อนเรียนมีค่าความเชื่อมั่น 0.75 และฉบับหลังเรียนมีค่าความเชื่อมั่น 0.76) ใบกิจกรรมและแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระต่อกันและแบบกลุ่มเดียว และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังทดลองสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น โดยนักเรียนสามารถอธิบายและหาข้อสรุปความสัมพันธ์จากสถานการณ์ได้และสามารถแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปได้สมเหตุสมผล

คำสำคัญ: การปรับโนทัศน์, การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์, พัฒนาการทางการเรียน, หลักการนับเบื้องต้น, การวิจัยกึ่งทดลอง

Abstract

This research article aimed to: 1) compare the students' mathematical reasoning ability before and after receiving mathematics learning activities based on the conceptual change approach; 2) compare the students' mathematical reasoning ability after receiving mathematics

learning activities based on the conceptual change approach with the 60 percent criterion; and 3) study the progression of students' mathematical reasoning ability during the experiment. The sample consisted of 30 Grade 11 students from an extra-large secondary school in Chai Nat province, selected by purposive sampling. The students were in a mixed-ability classroom. The experiment was conducted over a period of 4 weeks, totaling 12 periods. This study utilized a quasi-experimental research design. The research instruments included mathematics lesson plans based on the conceptual change approach, mathematical reasoning ability tests (the pretest reliability was 0.75 and the posttest reliability was 0.76), activity sheets, and an interview form. The data were analyzed using arithmetic mean, standard deviation, dependent samples t-test, one-sample t-test, and content analysis. The research findings revealed that: 1) the students' mathematical reasoning ability after the intervention was higher than before the intervention at a statistical significance level of .05; 2) the students' mathematical reasoning ability after the intervention was higher than the 60 percent criterion at a statistical significance level of .05; and 3) the progression of students' mathematical reasoning ability improved in a positive direction. The students were able to explain and draw conclusions regarding relationships from the given situations, as well as logically provide reasons to support or argue against the conclusions.

Keywords: Conceptual Change, Mathematical Reasoning, Learning Progression, Fundamental Counting Principle, Quasi-experimental Research

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ อีกทั้งความเจริญก้าวหน้าของมนุษยชาติ ล้วนมีคณิตศาสตร์เป็นรากฐานสำคัญ รวมถึงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ ใช้คณิตศาสตร์เป็น เครื่องมือในการพัฒนาความคิดที่หลากหลาย สามารถวิเคราะห์ปัญหาและการคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และ แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) การจัดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ควรมีคุณภาพได้ มาตรฐานสากล พัฒนาคนไทยให้มีทักษะการคิด สังเคราะห์ สร้างสรรค์ ต่อยอด นวัตกรรม และมีทักษะชีวิต ทักษะอาชีพ สารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี มีการเรียนรู้ต่อเนื่องตลอดชีวิตทันสมัย และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงเป้าหมายและ ลักษณะของคนไทยในอีก 20 ปีข้างหน้า ตามกรอบยุทธศาสตร์ ชาติ (พ.ศ. 2561 - 2580) (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561)

แม้ว่าคณิตศาสตร์จะเป็นวิชาที่สำคัญและมีความจำเป็นต่อการเรียนรู้อย่างยิ่ง แต่พบว่า การจัดการเรียนรู้ ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร พิจารณาได้จากผลการประเมินหลายงาน เช่น ผลการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2567 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน นักเรียนทั่วประเทศได้คะแนนวิชาคณิตศาสตร์เพียง 26.53 คะแนน ซึ่งเมื่อเทียบกับ วิชาอื่นแล้วเป็นวิชาที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2567) นอกจากนี้ ผลการ ประเมินจากโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) พบว่า นักเรียนมีคะแนน เฉลี่ยของคณิตศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยสากล (OECD, 2022) สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่พบในสถานศึกษาที่ใช้ใน การวิจัยครั้งนี้ กล่าวคือ จากการสังเกตการณ์สอนและการสัมภาษณ์ครูผู้สอนของโรงเรียนขนาดพิเศษในจังหวัด ชัยนาท พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีปัญหาในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์และการโต้แย้งข้อสรุปที่ต้องใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา



คณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ที่โรงเรียนกำหนด ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ทักษะที่ใช้ในชีวิตจริง ซึ่งมีทักษะพื้นฐานที่สำคัญ คือ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อวิเคราะห์ สรุป และอธิบายปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง และสมเหตุสมผล โดยอาศัยความรู้ ความเข้าใจ และหลักการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์หรือข้อมูลที่กำหนด รวมถึงสามารถยืนยันหรือโต้แย้งข้อสรุปต่าง ๆ ได้อย่างมีหลักเกณฑ์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจนำ “แนวคิดการปรับโนทัศน์ (Conceptual Change Approach)” มาเป็นกรอบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

แนวคิดการปรับโนทัศน์ เป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์เดิมผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ใหม่และการจัดโครงสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีหลักการสำคัญ 2 ข้อ ได้แก่ 1) การปรับโนทัศน์เดิม (Conceptual Refinement) ด้วยการตรวจสอบมโนทัศน์เดิมของผู้เรียนที่อาจมีความคลาดเคลื่อน ไม่สมบูรณ์ หรือไม่ชัดเจน แล้วปรับแก้ให้มีความถูกต้อง ชัดเจน และเพียงพอต่อการสร้างมโนทัศน์หรือความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยการใช้ตัวอย่าง ข้อมูล สถานการณ์ หรือวิธีการที่เหมาะสม และ 2) การสร้างมโนทัศน์ใหม่และการจัดโครงสร้างองค์ความรู้ (Conceptual Construction and Restructuring) โดยอาศัยการปรับหรือขยายต่อยอดจากมโนทัศน์เดิมที่ผ่านการปรับแก้แล้ว ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ การค้นหาความสัมพันธ์ และการสร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผล ผู้วิจัยจึงสนใจนำ “แนวคิดการปรับโนทัศน์” มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐาน ซึ่งหมายถึงการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ดัดแปลงจากแนวคิดการปรับโนทัศน์ (Posner, G. J. et al., 1982); (Stepans, J. I. & Schmidt, D. L., 2009) ให้เหมาะสมกับธรรมชาติของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมีคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ทำให้ให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาและมุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงหรือปรับโนทัศน์หรือความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องหรือสมบูรณ์มากขึ้นด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการเชื่อมโยงมโนทัศน์หรือความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์นั้นไปสู่การสร้างมโนทัศน์หรือความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์และจัดโครงสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ค้นหาความสัมพันธ์ และสร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผล โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นที่ 1 ตรวจสอบมโนทัศน์หรือความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาเป็นเครื่องมือกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความเข้าใจที่มี เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปสู่การเปลี่ยนแปลงหรือการปรับในขั้นต่อไป ขั้นที่ 2 ปรับมโนทัศน์หรือความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่าง ข้อมูล หรือสถานการณ์หรือวิธีการที่เหมาะสม เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือความไม่สมบูรณ์ของมโนทัศน์เดิมหรือความรู้เดิมของนักเรียนจากขั้นแรก ขั้นที่ 3 สร้างมโนทัศน์หรือความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนใช้มโนทัศน์หรือความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ของตนเองในกาวิเคราะห์และความเข้าใจตัวอย่าง ข้อมูล หรือสถานการณ์ดังกล่าว จากนั้น เชื่อมโยงความสัมพันธ์และหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงครูเชื่อมโยงข้อสรุปนั้นไปสู่สรุปความหมายของมโนทัศน์หรือความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์และจัดโครงสร้างความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบและมีเหตุผล ขั้นที่ 4 นำมโนทัศน์หรือความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์ไปใช้งาน โดยนำเสนอข้อมูลปัญหา หรือสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนนำมโนทัศน์หรือความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์ไปอธิบายตัวอย่างข้อมูล หรือแก้ปัญหา หรือสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Xin, Y. P. ที่พบว่า การเผชิญกับภาวะขัดแย้งทางปัญญาและการจัดโครงสร้างมโนทัศน์ใหม่ส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและการให้เหตุผลระดับสูงทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ (Xin, Y. P., 2018)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโน้ตส์เป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยศึกษากับเนื้อหาเรื่อง “หลักการนับเบื้องต้น” ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความเหมาะสมอย่างยิ่ง เพราะเป็นบทเรียนที่นักเรียนมักเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ง่ายและชัดเจน (เช่น ความสับสนระหว่างหลักการบวกและหลักการคูณ หรือการแยกระหว่างการเรียงสับเปลี่ยนกับการจัดหมู่) นอกจากนี้ เนื้อหานี้ยังจัดเป็นความรู้พื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและมีการต่อยอด เช่น การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลมที่ต้องอาศัยความรู้เรื่องการเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้นตรง หากนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนตั้งแต่เรื่องหลักการนับเบื้องต้น ก็จะส่งผลกระทบต่อตรงต่อการทำความเข้าใจเนื้อหาที่สูงขึ้นตามมา อีกทั้งยังเป็นเนื้อหาที่ต้องอาศัยการให้เหตุผลในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหามากกว่าการท่องจำสูตร และมีโจทย์ปัญหาที่หลากหลายที่สามารถนำมาใช้สร้างภาวะขัดแย้งทางปัญญาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ได้เป็นอย่างดี ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการนำแนวทางนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโน้ตส์เป็นฐานระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโน้ตส์เป็นฐาน หลังทดลองกับเกณฑ์ร้อยละ 60
3. เพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโน้ตส์เป็นฐาน ในช่วงระหว่างทดลอง

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ที่ใช้แบบแผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มเดียววัดซ้ำก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) โดยมีการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง เพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมถึงมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในระหว่างการทดลอง 3 ระยะ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานเขตมัธยมศึกษาอุทัยธานี ชัยนาท สำนักงานคณะกรรมการขั้นพื้นฐาน มีจำนวนทั้งหมด 3,842 คน และกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียนซึ่งมีนักเรียน 30 คนที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ของโรงเรียนขนาดพิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยนาท โดยผู้วิจัยดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) บนพื้นฐานของเกณฑ์การพิจารณาที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน ได้แก่ 1) เป็นโรงเรียนสหศึกษาที่จัดห้องเรียนในลักษณะคละระดับความสามารถ (Mixed Ability Classroom) ซึ่งสะท้อนความหลากหลายของผู้เรียนในสภาพการณ์จริง 2) ผู้เรียนในกลุ่มตัวอย่างต้องผ่านการเรียนเนื้อหาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรียบร้อยแล้ว เพื่อให้มั่นใจได้ว่ามีโครงสร้างความรู้พื้นฐานเพียงพอต่อการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เป็นไปตามเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นที่กำหนดไว้ในงานวิจัยทางการศึกษา



การสร้างเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐาน จำนวน 12 แผน แผนละ 1 คาบ (คาบละ 55 นาที) เนื้อหาที่ใช้ คือ หลักการนับเบื้องต้น วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอน การพัฒนา ดังนี้

1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการปรับโมทัศน์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างกรอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐาน

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2566) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่อง หลักการนับเบื้องต้น รวมถึงศึกษาวิธีการวัดและประเมินผล เพื่อนำมาเป็นกรอบในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และจัดลำดับเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

1.3 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาเรื่อง หลักการนับเบื้องต้น ทั้งหมด จำนวน 17 หัวข้อย่อย เพื่อวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) ที่อาจเกิดขึ้นในการสร้างความรู้ใหม่ของผู้เรียน จากนั้นผู้วิจัยทำการคัดเลือกหัวข้อที่มีประเด็นโมทัศน์คลาดเคลื่อนสำคัญ และมีความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐาน จำนวน 12 หัวข้อ เพื่อนำมาจัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการทดลอง จำนวน 12 แผน ส่วนเนื้อหาในหัวข้อที่เหลืออีก 5 หัวข้อ ผู้วิจัยจัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เพื่อให้เนื้อหาครอบคลุมตามที่หลักสูตรกำหนด

1.4 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐาน ให้มีความสอดคล้องกับกรอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยในแต่ละแผนจะประกอบด้วยรายละเอียดหัวข้อเรื่อง สาระสำคัญ และกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนตามแนวคิดการปรับโมทัศน์ เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงโมทัศน์ไปสู่ความเข้าใจที่ถูกต้อง

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐานที่สร้างขึ้น จำนวน 12 แผน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา องค์ประกอบของแผน และความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการทดลองต่อไป ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 12 แผนเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้กับแนวคิดการปรับโมทัศน์และจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่าทุกแผนมีค่า IOC เท่ากับ 1 จากนั้นจึงนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ฉบับ ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประเมินผู้เรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัยฉบับละ 4 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ฟังก์ชันลอการิทึม และเวกเตอร์ กำหนดเวลาในการทำแบบวัดฉบับละ 55 นาที โครงสร้างของข้อสอบในแต่ละข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับคำถามย่อย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 วัดการให้เหตุผลด้านการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล จำนวน 2 คำถาม และส่วนที่ 2 วัดการให้เหตุผลด้านการพิจารณาความสมเหตุสมผลของข้อสรุปจำนวน 2 คำถาม โดยมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) เป็นแนวทางในการประเมินสำหรับกระบวนการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้านหลัก ดังนี้

ด้านที่ 1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล จะพิจารณาจากการแสดงแนวคิดระบุความสัมพันธ์ (0-3 คะแนน ตามระดับความถูกต้อง) และการระบุข้อสรุปของความสัมพันธ์นั้น (0 - 1 คะแนน)

ด้านที่ 2 การอธิบายข้อสรุป จะพิจารณาจากการยืนยันหรือโต้แย้งข้อสรุปในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ (0 - 1 คะแนน) ร่วมกับการให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้ง โดยอิงความชัดเจนและการเลือกใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับข้อมูล (0 - 3 คะแนน)

ผู้วิจัยได้นำแบบวัดเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยพบว่า ข้อสอบทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จากนั้นจึงนำแบบวัดไปทดลองใช้ (Try-out) กับ นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ ซึ่งผลการวิเคราะห์ พบว่า ฉบับก่อนเรียน มีค่าความยาก อยู่ในช่วง 0.28 - 0.69 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.25 - 0.50 และมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.688 ซึ่งแม้จะมีค่าต่ำกว่า 0.70 เล็กน้อย แต่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้สำหรับการวัดระดับชั้นเรียนเพื่อ ประเมินความรู้เดิมที่ผู้เรียนยังไม่ได้เกิดการเรียนรู้จริง (Fraenkel, J. R. et al., 2009) ในขณะที่ฉบับหลังเรียน มีค่าความยาก อยู่ในช่วง 0.43 - 0.71 ค่าอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.27 - 0.49 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76 ซึ่งค่าสถิติทั้งหมดที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ตามหลักการวัดและประเมินผลทางการศึกษา (กล่าวคือ มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80, ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป) ผู้วิจัยจึงนำแบบวัดดังกล่าวไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริงกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2.2 ใบกิจกรรมวัดพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลระหว่างเรียน ผู้วิจัยสร้างใบกิจกรรม เพื่อติดตามพัฒนาการ จำนวน 3 ฉบับ (ฉบับละ 1 ข้อใหญ่) โดยแต่ละฉบับประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาและ คำถามย่อย 4 ข้อ ซึ่งออกแบบให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียนในคาบที่ 4, 8 และ 12 ตามลำดับ เพื่อประเมิน ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3 ระยะตลอดช่วงการทดลอง โดยข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรมจะถูก นำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาและอธิบายรูปแบบการคิดของ ผู้เรียน ซึ่งใบกิจกรรมทั้ง 3 ฉบับได้ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พบว่า ทุกข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1 จึงนำไปใช้เก็บข้อมูลได้

2.3 แบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึกกับนักเรียนที่เป็นตัวแทน จำนวน 6 คน ซึ่งคัดเลือกแบบเจาะจงโดยใช้เกณฑ์ระดับคะแนนดิบที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์ก่อนเรียน แบ่งเป็น นักเรียนกลุ่มระดับดี (คัดเลือกจากกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ 67 ของคะแนนเต็ม จำนวน 2 คน) กลุ่มปานกลาง (คัดเลือกจากกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนระหว่างร้อยละ 33 ถึง ร้อยละ 67 ของคะแนนเต็ม จำนวน 2 คน) และกลุ่มปรับปรุง (คัดเลือกจากกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำกว่า ร้อยละ 33 ของคะแนนเต็ม จำนวน 2 คน) เพื่อสืบค้นกระบวนการคิด ภายหลังจากที่ผู้เรียนทำใบกิจกรรมในแต่ละ ระยะเสร็จสิ้น เพื่อสืบค้นกระบวนการคิดและเบื้องหลังการให้เหตุผลในเชิงคุณภาพ จากนั้นผู้วิจัยจะนำข้อมูลจาก การบันทึกเสียงและผลงานในใบกิจกรรมมาทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสรุปพัฒนาการใน การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้มีความชัดเจนและครอบคลุมยิ่งขึ้น แบบสัมภาษณ์ได้ผ่านการ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความครอบคลุมและความ เหมาะสมของคำถามในการสืบค้นกระบวนการให้เหตุผล พบว่า ทุกข้อมีค่า IOC เท่ากับ 1 จึงนำแบบสัมภาษณ์ ดังกล่าวไปใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวเอง ดังต่อไปนี้

ก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึง สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และใบกิจกรรมวัด พัฒนาการ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อน เรียนกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียน ใช้เวลาทดสอบ 55 นาที (ตามที่ระบุในคุณสมบัติเครื่องมือ) จากนั้นนำผลงานของผู้เรียนมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้ คะแนนแบบแยกองค์ประกอบที่กำหนดไว้



2. ระยะดำเนินการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นจำนวน 12 แผน (12 คาบ) โดยใช้เวลาจัดการเรียนการสอน 3 คาบต่อสัปดาห์ รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐานอย่างเป็นระบบ

3. ระยะระหว่างการทดลอง ในทำระยะการเรียนรู้ที่ 1 (คาบที่ 4) ระยะที่ 2 (คาบที่ 8) และระยะที่ 3 (คาบที่ 12) ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำใบกิจกรรมวัดพัฒนาการ จากนั้นดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึกกับนักเรียนตัวแทนจำนวน 6 คน ซึ่งคัดเลือกจากเกณฑ์การแบ่งระดับความสามารถโดยพิจารณาจากคะแนนแบบวัดก่อนเรียนแบ่งเป็นกลุ่มระดับดี ปานกลาง และปรับปรุง กลุ่มละ 2 คน เพื่อสืบค้นกระบวนการคิดและตรวจสอบความถูกต้องของเหตุผลเพิ่มเติม โดยบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ต่อไป

4. ระยะหลังการทดลอง เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ครบ 12 คาบ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน และดำเนินการสัมภาษณ์เพิ่มเติมในกรณีที่ผู้เรียนบางรายอธิบายแนวคิดหรือกระบวนการคิดได้ไม่ชัดเจนเพียงพอจากการตอบ เพื่อให้คะแนนได้ตรงกับความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ร้อยละ 60

วิเคราะห์คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ฉบับหลังเรียน โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นทดสอบความแตกต่างเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (One-Sample t-test) ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป Jamovi

2. การเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระต่อกัน (Paired-Samples t-test) ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูป Jamovi

3. การวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผล

ผู้วิจัยมุ่งเน้นการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เชิงลึกผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากข้อมูลร่องรอยการเขียนตอบในใบกิจกรรมประกอบกับข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึกในแต่ละระยะของการทดลอง (คาบที่ 4, 8 และ 12) เพื่อจำแนกลักษณะการคิดและระดับความสามารถในการให้เหตุผลที่เปลี่ยนแปลงไป

ผลการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐาน มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต $\bar{X}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโมทัศน์เป็นฐาน

ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test	P - value
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ด้านที่ 1 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล	8	5.83	1.76	7.07	1.23	4.57*	<0.001
ด้านที่ 2 การอธิบายข้อสรุป	8	3.90	1.32	5.77	1.36	6.70*	<0.001
ภาพรวม	16	9.73	2.42	12.83	2.25	7.40*	<0.001

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐาน มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยเลขคณิต $\bar{X}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐาน

ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t-test	P - value
ด้านที่ 1 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล	8	4.80	7.07	1.23	10.10*	<0.001
ด้านที่ 2 การอธิบายข้อสรุป	8	4.80	5.77	1.36	3.90*	<0.001
ภาพรวม	16	9.60	12.83	2.25	7.89*	<0.001

*มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

3. ผลการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนช่วงระหว่างการทดลอง พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐาน มีพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจำแนกพัฒนาการตามรายด้านได้ดังนี้

ด้านที่ 1 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล (พิจารณาจาก ความสามารถในการระบุและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และการหาข้อสรุปของความสัมพันธ์)

นักเรียนทุกกลุ่มมีพัฒนาการในทิศทางที่ดีขึ้นตามลำดับ โดยนักเรียนกลุ่มระดับดีและปานกลางสามารถเปลี่ยนผ่านจากการแยกแยะเงื่อนไขในระดับพื้นฐาน ไปสู่การคิดเชิงนามธรรมที่ซับซ้อนในรูปสัญลักษณ์ที่ทางการในช่วงของการทดลอง สำหรับกลุ่มที่ควรได้รับการพัฒนา (กลุ่มปรับปรุง) พบพัฒนาการที่เด่นชัดจากการใช้การสังเกตเชิงตัวเลขเฉพาะกรณีในระยะแรก มาเป็นการหาข้อสรุปผ่านการสังเกตแบบรูป (Pattern) จนสามารถสรุปผลได้ถูกต้องมากขึ้น

ด้านที่ 2 การอธิบายเหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุป (พิจารณาจาก การพิจารณาข้อสรุปว่าถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง และการให้เหตุผลสนับสนุนการพิจารณาดังกล่าว)

นักเรียนแสดงพัฒนาการจากการให้เหตุผลเชิงรูปธรรมไปสู่การอธิบายเชิงตรรกะที่มีหลักการรองรับ โดยในระยะแรกนักเรียนกลุ่มที่ควรได้รับการพัฒนามักตัดสินใจความถูกต้องโดยการแจกแจงข้อมูลดิบ แต่ในระยะที่ 2 และ 3 เริ่มมีการอ้างอิงกฎเกณฑ์ทั่วไปและกล่าวเผชิญหน้ากับความเชื่อเดิมผ่านสภาวะขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict) ในขั้นที่ 2 ขณะที่นักเรียนกลุ่มระดับดีและปานกลางแสดงทักษะการให้เหตุผล โดยสามารถโต้แย้งข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนผ่านการคำนวณเปรียบเทียบค่าจริงเพื่อยืนยันเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล

อภิปรายผล

การวิจัยเกี่ยวกับผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการอภิปรายผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐานมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สาเหตุที่ได้ผลเช่นนั้น เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้น ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลได้อย่างเป็นระบบรายด้าน กล่าวคือ ด้านการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลได้รับการพัฒนาผ่านขั้นที่ 1 และขั้นที่ 3 โดยขั้นที่ 1 กระตุ้นให้ผู้เรียนตระหนักถึงข้อจำกัดของมโนทัศน์เดิม ขณะที่ขั้นที่ 3 ฝึกให้ผู้เรียนเชื่อมโยง



ความรู้ที่ปรับแก้แล้วเข้ากับหลักการทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ เช่น การสังเกตแบบรูป (Pattern) ส่วนด้านการอธิบายเหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปได้รับการพัฒนาผ่านขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 ที่กำหนดให้ผู้เรียนต้องสร้างข้อสรุปทั่วไป (Generalization) และนำมโนทัศน์ไปประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลาย จนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) อย่างสมบูรณ์ (Posner, G. J. et al., 1982)

ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Lee, G. & She, H. C. ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวความคิดการปรับมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มปกติทั้งในด้านความเข้าใจมโนทัศน์และการให้เหตุผล (Lee, G. & She, H. C., 2010) รวมทั้งสอดคล้องกับ Xin, Y. P. และ Limón, M. ที่ยืนยันว่าการเผชิญกับภาวะขัดแย้งทางปัญญาและการจัดโครงสร้างมโนทัศน์ใหม่ส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาการของการให้เหตุผลระดับสูง (Xin, Y. P., 2018); (Limón, M., 2001)

2. ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวความคิดการปรับมโนทัศน์เป็นฐานมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สาเหตุที่ได้ผลเช่นนั้น เนื่องจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลได้อย่างเป็นระบบทั้งสองด้าน กล่าวคือ ด้านการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลเกิดจากขั้นที่ 1 และขั้นที่ 3 ที่ฝึกให้ผู้เรียนดึงความสัมพันธ์จากประสบการณ์เดิมมาเชื่อมโยงกับความรู้ที่ปรับแก้แล้ว จนสามารถจัดโครงสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้อย่างเป็นระบบ ส่วนด้านการอธิบายเหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปเกิดจากขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 ที่ฝึกให้ผู้เรียนเปลี่ยนผ่านจากการอธิบายด้วยตัวอย่างเฉพาะกรณีไปสู่การใช้สัญลักษณ์ทางการ เช่น แฟกทอเรียลและการจัดหมู่ รวมทั้งฝึกโต้แย้งข้อสรุปผ่านการคำนวณเปรียบเทียบค่าจริง จนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) อย่างสมบูรณ์ (Posner, G. J. et al., 1982) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Lee, G. & She, H. C. ที่พบว่า กระบวนการปรับมโนทัศน์ช่วยพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลในสถานการณ์จริงได้สูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ (Lee, G. & She, H. C., 2010) และสอดคล้องกับ Xin, Y. P. และ Limón, M. ที่ยืนยันว่าการใช้สถานการณ์ขัดแย้งทางปัญญาเป็นกลไกสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาการให้เหตุผลระดับสูง (Xin, Y. P., 2018); (Limón, M., 2001)

3. ผลการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการดีขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้ง 2 ด้านในทุกกลุ่ม สาเหตุที่นักเรียนแต่ละกลุ่มมีพัฒนาการแตกต่างกันในแต่ละระยะ เกิดจากความแตกต่างของฐานความรู้เดิม (Prior Knowledge) โดยนักเรียนกลุ่มดีและปานกลางมีฐานความรู้ที่แข็งแรงและเป็นระบบ ทำให้สามารถดึงข้อมูลมาเชื่อมโยงกับมโนทัศน์เดิมได้ทันที (Ausubel, D. P., 1968) ในขณะที่กลุ่มปรับปรุงต้องใช้ระยะเวลาในการปรับมโนทัศน์พื้นฐานก่อน ผ่านกระบวนการในขั้นที่ 3 ที่เน้นให้นักเรียนสรุปความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Kilpatrick, J. et al. ที่ระบุว่าความสามารถในการให้เหตุผลต้องอาศัยการเชื่อมโยงข้อมูลอย่างมีความหมาย (Kilpatrick, J. et al., 2001) และสอดคล้องกับ Zirbel, E. L. ที่ยืนยันว่าการให้ผู้เรียนได้อธิบายปัญหาด้วยภาษาของตนเองช่วยให้เกิดการยอมรับความรู้ใหม่ได้อย่างมีความหมายและยั่งยืน (Zirbel, E. L., 2004)

อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก จำนวน 30 คนที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) รวมทั้งการใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดหลายครั้งตามอนุกรมเวลา (One-Group Time-Series Design) ซึ่งไม่มีกลุ่มควบคุม ดังนั้น การนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้หรืออ้างอิงในบริบทอื่น จึงควรคำนึงถึงความคล้ายคลึงของสภาพแวดล้อมและบริบทของห้องเรียนประกอบด้วย

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาพบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่า เกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถ ในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้นตามลำดับทั้ง 3 ระยะ โดยพบว่า นักเรียนส่วนมาก สามารถอธิบายและหาข้อสรุปความสัมพันธ์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงสามารถแสดง เหตุผลเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์ แสดงให้เห็นว่าการจัด กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐาน สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการให้ เหตุผลของนักเรียนได้ ในส่วนข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ และรวบรวม “มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน” ของนักเรียนที่มักเกิดขึ้นในเนื้อหา นั้น ๆ ไว้ล่วงหน้า เพื่อใช้เป็นข้อมูลใน การออกแบบสถานการณ์ปัญหาใน ขั้นที่ 1 และ 2 ที่สามารถดึงความเข้าใจเดิมของนักเรียนออกมาได้ชัดเจนที่สุด เมื่อนักเรียนเผชิญกับสภาวะขัดแย้งทางปัญญา ครูต้องใช้ความอดทนและเน้นการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้อภิปราย แทนการบอกคำตอบหรือเฉลย เพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบและปรับโนทัศน์ด้วยตนเอง นอกจากนี้ ใน ขั้นที่ 3 และ 4 ครูอาจใช้สื่อการเรียนรู้ วิธีการหรือกลวิธี (เช่น การใช้แผนภาพหรือตาราง) เพื่อช่วยให้นักเรียนจัดระบบความคิด และมองเห็นแบบรูปของความสัมพันธ์ได้ง่ายขึ้น รวมถึงควรเลือกใช้เนื้อหาที่เป็นมโนทัศน์หลักและนักเรียนมัก สับสน เช่น หลักการนับเบื้องต้น มาจัดกิจกรรมเพื่อให้เกิดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ มากกว่าการเน้นการจำและใช้ สูตรเพียงอย่างเดียว รวมถึงเน้นการฝึกใช้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ใหม่ในสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อความคงทน ของการเรียนรู้การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาในการตีความผล 3 ประการ ได้แก่ 1) กลุ่มตัวอย่างมีขนาด เล็ก ($n = 30$) และได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากโรงเรียนเพียงแห่งเดียว ซึ่งอาจ จำกัดความสามารถในการอ้างอิงผลไปยังประชากรที่กว้างขึ้น 2) การวิจัยใช้แบบแผน One-Group Time-Series Design ซึ่งไม่มีกลุ่มควบคุม (Control Group) ทำให้ไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่าผลการพัฒนาที่เกิดขึ้นเป็นผล จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการปรับโนทัศน์เป็นฐานเพียงปัจจัยเดียว และ 3) การวิจัยไม่ได้ติดตามผล ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง จึงไม่สามารถยืนยันความคงทนของมโนทัศน์ใหม่ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในระยะยาวได้ ข้อจำกัดดังกล่าวควรได้รับการพิจารณาในการวิจัยครั้งต่อไป และสำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้ 1) การศึกษาตัวแปรด้านความเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากในการทดลอง พบว่า นักเรียนบางส่วนยัง มีความกังวลเมื่อต้องใช้มโนทัศน์เดิมในสถานการณ์ใหม่ที่ซับซ้อนกว่าเดิม 2) ควรศึกษารูปแบบการโต้แย้ง (Argumentation) หรือเทคนิคการอภิปรายที่ส่งเสริมทักษะการตรวจสอบความสมเหตุสมผลให้มีประสิทธิภาพ สูงสุด เนื่องจาก พบว่า พัฒนาการที่เด่นชัดของนักเรียนมักเกิดขึ้นในช่วงที่มีการอภิปรายและแลกเปลี่ยนแนวคิดที่ ขัดแย้งกัน และ 3) การศึกษาความคงทนของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Retention) โดยควรติดตามผลหลังการ ทดลอง 3 - 6 เดือน เพื่อประเมินความคงทนของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ใหม่ที่นักเรียนสร้างขึ้น เนื่องจาก พบว่า ในระยะท้ายของการทดลอง นักเรียนบางส่วนยังมีแนวโน้มจะกลับไปใช้การจัดขั้นตอนวิธีแบบเดิมเมื่อเผชิญโจทย์ที่ ยากขึ้น การติดตามผลจึงช่วยยืนยันประสิทธิภาพของกรอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการ ปรับโนทัศน์เป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2567). รายงานผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ม. 3 ปีการศึกษา 2567. เรียกใช้เมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2569 จาก <https://shorturl.asia/r4uGs>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: 3-คิว มีเดีย.



- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2561). ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580. เรียกใช้เมื่อ 12 กุมภาพันธ์ 2569 จาก <https://www.nesdc.go.th>
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Fraenkel, J. R. et al. (2009). *How to Design and Evaluate Research in Education*. (8th ed.). United States of America: McGraw Hill.
- Kilpatrick, J. et al. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.
- Lee, G. & She, H. C. (2010). Facilitating students' conceptual change and scientific reasoning involving the unit of combustion. *Research in Science Education*, 40. 479-504. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9130-4>.
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 357-380.
- OECD. (2022). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing.
- Posner, G. J. et al. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Stepans, J. I. & Schmidt, D. L. (2009). *Inquiry: The Key to Exemplary Science*. From Wyoming to Florida, They Ask, "Why Wasn't I Taught This Why?". Arlington, VA: National Science Teachers Association.
- Xin, Y. P. (2018). The effect of a conceptual model-based approach on 'additive' word problem solving of elementary students struggling in mathematics. *ZDM-Mathematics Education*, 51,139-150. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-1002-9>.
- Zirbel, E. L. (2004). Framework for Conceptual Change. *Astronomy Education Review*, 3(1), 62-76.