



The Effects of Feedback on The Ability to Mathematic Problem Solving on Linear Inequality of One Variable for Ninth Grade Students: Application of Frey and Fisher Model

Duangkamol Saengsawang¹ Chuthaphon Masantiah² and Darunee Tippayakulpairoj³

Faculty of Education, Ramkhamhaeng University, Thailand

¹E-mail: duangkamol961@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-6460-2374>

²E-mail: Chuthaphon.star@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0117-0426>

³E-mail: darunee.t@rumail.ru.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4874-2607>

Received 13/01/2024

Revised 18/01/2024

Accepted 25/01/2024

Abstract

Background and Aims: Mathematical problem-solving is an important skill in learning management in mathematics. Teachers should train students to develop their ability to solve mathematical problems regularly. As well as allowing students to solve math problems by themselves to know the shortcomings that need improvement. Including providing feedback and reflection on learning outcomes to students. Consequently, the purpose of this research was to compare students' mathematical problem-solving abilities before and after receiving feedback using Frey and Fisher's model.

Methodology: The research sample group was the grade 9 students from Chitjaichuen school in the first semester of the academic year 2023, a total of 29 students from cluster random sampling. The research instrument used consisted of (1) 3 Frey and Fisher's model learning management plans, which each learning management plan has the highest level of appropriateness (2) 3 Problem-solving work sheets with reliability values of 0.791, 0.903, and 0.864, respectively. Difficulty values were in the range of 0.240 - 0.604 and discriminatory power values were in the range of 0.438 - 0.750 and (3) Problem-solving ability test on the Linear Inequality of One Variable. There were 2 versions with reliability values of 0.916, and 0.788, respectively. Difficulty values were in the range of 0.366 - 0.625 and discriminatory power values were in the range of 0.411 - 0.833. The data analysis statistics were frequency, percentage, mean, standard deviation, and dependent sample t-test.



Results: The mathematical problem-solving ability of students by providing feedback using Frey and Fisher's model after learning was significantly higher than before learning at the .05 level. ($t = 13.877$, $p = .000$)

Conclusion: Results indicated that students' mathematical problem-solving skills showed significant and statistically significant improvements. When they received feedback using Frey and Fisher's model after engaging in learning activities. It is seen that this improvement is not likely due to chance. It provides clear evidence of the effectiveness of feedback approaches in increasing mathematical problem-solving abilities.

Keywords: Feedback; Frey and Fisher's Model; Mathematical Problem-solving Ability



ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3: การประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์

ดวงกมล แสงสว่าง¹ จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ² และ ดารุณี ทิพยกุลไพโรจน์³

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

บทคัดย่อ

ภูมิหลังและวัตถุประสงค์: การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นทักษะที่ถือเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งครูควรฝึกฝนให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการให้ข้อมูลย้อนกลับสะท้อนผลการเรียนรู้แก่ผู้เรียนเพื่อพัฒนาตนเองต่อไป การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระหว่างก่อนและหลังการได้รับข้อมูลย้อนกลับที่ประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์

ระเบียบวิธีการวิจัย: กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ จำนวน 3 แผน ซึ่งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (2) แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา จำนวน 3 ฉบับ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.791, 0.903 และ 0.864 ตามลำดับ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.240 – 0.604 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.438 – 0.750 และ (3) แบบทดสอบเรื่องโจทย์ปัญหาอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 2 ฉบับ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.916, และ 0.788 ตามลำดับ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.366 – 0.625 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.411 – 0.833 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติบรรยาย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอ้างอิง ได้แก่ สถิติทดสอบทีแบบค่าเฉลี่ยสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัย: การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 13.877, p = .000$)

สรุปผล: ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพวกเขาได้รับการพัฒนาโดยใช้แบบจำลองของเฟรย์และฟิชเชอร์หลังจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงนี้ไม่น่าจะเกิดจากโอกาส เป็นหลักฐานที่ชัดเจนถึงประสิทธิผลของแนวทางป้อนกลับในการเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คำสำคัญ : ข้อมูลย้อนกลับ; โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์; ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์นั้นช่วยให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ มีวิธีคิดอย่างเป็นระบบระเบียบช่วยให้สามารถวางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ และเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ในสาขาวิชาอื่นๆ (พงศพล จินตนาประเสริฐ, 2564) ซึ่งแม้ว่าคณิตศาสตร์จะสำคัญและมีความจำเป็นหลายประการ แต่การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์กลับยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ซึ่งจากผลการทดสอบ PISA 2015 (สถาบันส่งเสริมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) พบว่าคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ของประเทศไทย ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนส่วนใหญ่ยังต้องได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าปัญหาทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีหลายประการ ได้แก่ พื้นฐานความรู้ค่อนข้างอ่อนไม่เพียงพอต่อการเรียนในระดับที่สูงขึ้น การเผชิญสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ไม่คุ้นเคย ขาดทักษะการเชื่อมโยงประยุกต์ใช้ความรู้ ขาดทักษะการแก้ปัญหาที่ลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (วิไลวรรณ สุระวนิชกุล, 2562; คณาธิป นรสิงห์, 2564; Mailisman et al., 2020) เป็นต้น โดยปัญหาที่พบว่าเกิดกับผู้เรียนมากที่สุด คือ การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการตีความ และนำความรู้คณิตศาสตร์หลายเนื้อหาใช้ในการแก้ปัญหาร่วมด้วย

หากพิจารณาจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จะเห็นว่าในทุกหน่วยการเรียนรู้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา โดยเฉพาะเนื้อหาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีหน่วยการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ค่อนข้างมาก และจากสถิติผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนจิตใจขึ้นในบริบทของผู้วิจัยที่ได้จัดการเรียนการสอนในช่วง 3 ปีที่ผ่านมาพบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งหากพิจารณาตามตัวชี้วัดพบว่าผู้เรียนมีความบกพร่องในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร เป็นต้น โดยเฉพาะนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีผลการเรียนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ค่าเป้าหมายที่ทางโรงเรียนกำหนดไว้ไม่ถึงร้อยละ 50 (กลุ่มงานประกันคุณภาพการศึกษาโรงเรียนจิตใจขึ้น, 2565) และจากผลทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนจิตใจขึ้นในปีที่ผ่านมาแล้วยังไม่เป็นที่น่าพอใจเท่าที่ควร เนื่องจากมีจำนวนนักเรียนที่สอบผ่านไม่ถึงร้อยละ 50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด (กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจิตใจขึ้น, 2565) เช่นเดียวกับที่ณัฐพร นวนสาย (2559) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนที่ได้สังเกตเห็นปัญหาที่ว่าผลการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหานั้นค่อนข้างต่ำกว่ามาตรฐานซึ่งถือเป็นปัญหาที่ควรได้รับการพัฒนา และอีกประการหนึ่งคือเนื้อหาเรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวเป็นเนื้อหาในหน่วยแรกของภาคเรียนที่ 1 ซึ่งถือเป็นหน่วยที่ควรฝึกฝนให้ผู้เรียน

ได้เรียนรู้ให้เกิดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ต่อไป

การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น เป็นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยฝึกกระบวนการคิดของผู้เรียน สามารถสะท้อนได้ว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนนั้นอยู่ในระดับใด หากครูจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม กับผู้เรียน จะช่วยให้ผู้เรียนฝึกประสบการณ์การแก้โจทย์ปัญหาผ่านกระบวนการขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ รวมถึงมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ และนำประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ (กตกร กมลรัตน์สมบัติ, 2558) โดยขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มี 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนการแก้ปัญหา 3) ดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ตรวจสอบผล (Polya, 1957) และนอกจากผู้สอนจะต้องจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์แล้ว ผู้สอนจะต้องเป็นผู้ชี้แนะให้ผู้เรียนฝึกทำความเข้าใจปัญหา และสร้างบรรยากาศในการแก้ปัญหาให้กับผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และแตกต่างออกไปจากรูปแบบเดิมรวมถึงการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากข้อบกพร่องของตนเอง โดยอาจเริ่มจากการสอนให้เข้าใจปัญหา สอนให้รู้จักการวางแผนแก้ปัญหา สอนดำเนินการแก้ปัญหา และสอนให้รู้จักการตรวจสอบคำตอบของปัญหานั้นๆ ตลอดจนส่งเสริมการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การแก้ปัญหาอื่นๆ (สุสิริยา ธีรากุลนันทชัย, 2562) การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีวิธีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาหลากหลายวิธี ได้แก่ การใช้คำถาม การสังเกต การประเมินจากรายงานนักเรียน การใช้แบบทดสอบ และการใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค โดยการเลือกใช้วิธีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมถือมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่มีขั้นตอน ดังนั้นการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จึงต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นหลักว่าวิธีการหรือรูปแบบการประเมินแบบใดที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหนึ่งในวิธีการที่จะใช้ในการประเมินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม คือ การเขียนแสดงขั้นตอนในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ละขั้นตอนตั้งแต่ขั้นเริ่มต้นคือการวิเคราะห์โจทย์ไปจนถึงขั้นสุดท้ายคือการสรุปคำตอบ ซึ่งจะทำให้สามารถสะท้อนความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนในการแก้ปัญหาได้ดี (วรกมล บุญรักษา, 2561; วิไลวรรณ สุระวิชัยกุล, 2562; สุสิริยา ธีรากุลนันทชัย, 2562)

การประเมินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกระบวนการเรียนรู้และกระบวนการสอน ซึ่งการวัดและประเมินผลที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดคือ การประเมินเพื่อเรียนรู้ (Assessment for Learning) การประเมินขณะเรียนรู้ (Assessment as Learning) และการประเมินผลการเรียนรู้ (Assessment of Learning) (Isaacs et al., 2013) โดยการประเมินการเรียนรู้ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งการเรียนรู้ของผู้เรียนและการสอนของครู ซึ่งจัดเป็นการประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียนและบูรณาการการประเมินการเรียนรู้เข้ากับการสอน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560) โดยมีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดการประเมินขณะ

เรียนรู้ (Assessment as Learning) เนื่องจากในระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้การสอนถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างความรู้ของผู้เรียนจึงจำเป็นที่ผู้สอนจะต้องประเมินความรู้ ความเข้าใจของผู้เรียนขณะเรียนรู้ด้วย เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้ดีขึ้น ซึ่งจะต้องฝึกให้ผู้เรียนคิดทบทวนเกี่ยวกับการเรียนรู้ สอนให้เรียนรู้ถึงวิธีการวางแผน และปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งมีความสอดคล้องกับการประเมินเพื่อเรียนรู้ (Assessment for Learning) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ และเป็นการประเมินตลอดกระบวนการเรียนรู้มากกว่าการประเมินหลังเสร็จสิ้นกระบวนการ โดยข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะใช้ในการวินิจฉัยผู้เรียน วางแผนการจัดการเรียนรู้และการให้ข้อมูลย้อนกลับใช้เพื่อการปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียน หรือเรียกได้น่าว่าการประเมินมาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงและพัฒนาตนเองจากการได้รับข้อมูลย้อนกลับนั่นเอง (สง่า วงศ์ไชย, 2564)

ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) เป็นสารสนเทศในรูปแบบข้อความ เสียง หรือรูปภาพ ที่ให้แก่ผู้เรียนหลังการตอบสนองจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบความก้าวหน้าของตนเอง มองเห็นจุดแข็งและจุดอ่อนที่ต้องพัฒนา ทำให้สามารถพัฒนาความรู้ ทักษะ กระบวนการคิด และกระบวนการเรียนรู้ของตนเองได้เต็มศักยภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การทำความเข้าใจและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง โดยที่ข้อมูลย้อนกลับจะทำหน้าที่ประเมินหรือช่วยปรับปรุงการตอบสนองที่ผู้เรียนจะกระทำให้บรรลุเป้าหมายในขั้นต่อไป (กิตติทัศน์ หวานจำ, 2560; Springer 2021; Strozier, 2022) และจากผลการวิจัยของ Hattie and Timperley (2007) พบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับมีอิทธิพลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้งการใช้ผลการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนด้วย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับที่นำไปพัฒนาการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมีหลายโมเดลด้วยกัน โดยตัวอย่างโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับที่พบจากงานวิจัยที่ผ่านมา ได้แก่ โมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการเรียนรู้ของ Narciss and Huth (2002) โมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการเรียนรู้ของ Frey and Fisher (2011) ปรับปรุงจาก Hattie and Timperley (2007) และโมเดล 5 ขั้นของ Bangert-Drowns, Kulik, Kulik และ Morgan โดยโมเดลที่กล่าวมาข้างต้นล้วนเป็นโมเดลที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนได้ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับทำให้เห็นถึงความน่าสนใจของโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการเรียนรู้ของ Frey and Fisher (2011) ที่สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ในระยะยาว โดยมีความสอดคล้องกับการประเมินในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นไปที่ผู้เรียนเป็นสำคัญและใช้การวัดและประเมินผลเป็นสิ่งที่ขับเคลื่อนกระบวนการเรียนรู้ โดยโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการเรียนรู้ของ Frey and Fisher (2011) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจในการเรียน (Feed up) ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความเข้าใจเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Checking for understanding) ขั้นที่ 3 การให้ข้อมูลสารสนเทศ (Feedback) และ ขั้นที่ 4 การให้คำแนะนำ

(Feed forward) โดยในขั้นที่ 3 การให้ข้อมูลสารสนเทศ (Feedback) จะประกอบไปด้วยการให้ข้อมูลย้อนกลับ 4 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับหน้าที่ (Task level) 2) ระดับกระบวนการ (Process level) 3) ระดับการควบคุมตนเอง (Self-regulation level) และ 4) ระดับตนเอง (Self level) ดังจะเห็นได้ว่าเป็นโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีขั้นตอนอย่างเป็นระบบเช่นเดียวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นกระบวนการที่มีลำดับขั้น นอกจากนี้ ชนกพร พักสังข์ (2563) ได้นำโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับของเฟรย์และฟิชเชอร์ ไปใช้ในการพัฒนาทักษะการเขียนให้กับผู้เรียนซึ่งผลปรากฏว่าสามารถพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงปัญหาการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนซึ่งต้องเร่งพัฒนา อีกทั้งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับของเฟรย์และฟิชเชอร์ที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ในระยะยาวได้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์มาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวให้กับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำถามการวิจัย

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ในกระบวนการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระหว่างก่อนและหลังการได้รับข้อมูลย้อนกลับที่ประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนจิตใจชื่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ทั้งหมด 3 ห้องเรียน จำนวน 88 คน โดยลักษณะห้องเรียนเป็นแบบคละความสามารถที่มีทั้งนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนจิตใจชื่น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน เป็นจำนวน 29 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของ Frey and Fisher ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจในการเรียน (Feed up) (2) การตรวจสอบความเข้าใจเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Checking for understanding) (3) การให้ข้อมูลสารสนเทศ (Feedback) และ (4) การให้คำแนะนำ (Feed forward)

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

4. ขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องโจทย์ปัญหาอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ประกอบด้วย โจทย์ปัญหาอสมการเกี่ยวกับจำนวน โจทย์ปัญหาอสมการเกี่ยวกับผลบวกและผลต่าง และ โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน

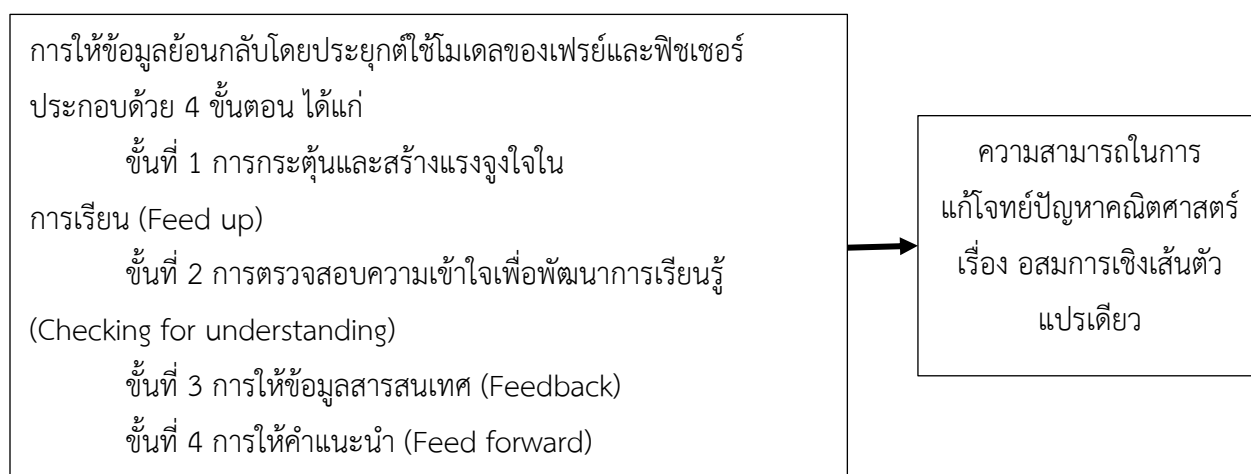
การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาค้นคว้าของการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์และโมเดลการให้ข้อมูลย้อนกลับของเฟรย์และฟิชเชอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปว่าการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการในการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ โดยที่ผู้เรียนจะต้องนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ของตนเองมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องการหาคำตอบ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนจะต้องมีส่วนร่วมในการฝึกฝนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างสม่ำเสมอเพื่อบ่มเพาะความสามารถและขยายความรู้ผ่านการแก้สถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย (อัมพร ม้าคอง, 2553; ทิวทัศน์ ชัชวาล, 2562; Krulik and Rudnick, 1987) และจากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าปัญหาที่พบส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา โดยกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกนำไปใช้พัฒนาผู้เรียนอย่างแพร่หลายคือกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา (Polya, 1957) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา ขั้นการวางแผน ขั้นการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา และขั้นการตรวจสอบ นอกจากนี้แล้วการจะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนนั้นสามารถพัฒนาได้หลายวิธี ทั้งจากการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอน การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการใช้รูปแบบการประเมินที่หลากหลาย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นวิธีการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนทราบข้อบกพร่องของตนเองที่ต้องปรับปรุงแก้ไขให้บรรลุเป้าหมายได้ อีกทั้งการให้ข้อมูลย้อนกลับตามโมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ (Frey and Fisher, 2011) เป็นแนวคิดของการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการได้มาซึ่งความรู้ เป็นโมเดลที่มีเป้าหมายในการทำให้ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของตนเองได้ในระยะยาว ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจในการเรียน (Feed up) เป็นการกระตุ้นความสนใจในการเรียนให้แก่ผู้เรียน

ซึ่งเป็นขั้นเริ่มต้นในกระบวนการเรียนรู้ (2) การตรวจสอบความเข้าใจเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Checking for understanding) เป็นการให้ผู้เรียนร่วมกันสำรวจข้อมูลความรู้ วางแผน และลงมือแก้ปัญหาหลังจากได้รับการกระตุ้นความสนใจในการเรียน (3) การให้ข้อมูลสารสนเทศ (Feedback) โดยผู้เรียนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามความสามารถของตนเองและช่วยให้ผู้เรียนสามารถสะท้อนความรู้ความเข้าใจของตนเองที่มีอยู่ออกมาได้ และ (4) การให้คำแนะนำ (Feed forward) เป็นการฝึกให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย เพิ่มความชำนาญและความเข้าใจ

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังภาพ



แผนภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (One Group Pretest – Posttest Design) ซึ่งผู้วิจัยสนใจศึกษาผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนจิตใจขึ้น ภาคเรียนที่ 1

ปีการศึกษา 2566 ทั้งหมด 3 ห้องเรียน จำนวน 88 คน โดยลักษณะห้องเรียนเป็นแบบความสามารถที่มีทั้งผู้เรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน (กลุ่มงานนโยบายและแผนงานโรงเรียนจิตใจขึ้น, 2566)

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนจิตใจขึ้น ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียนที่ความสามารถของผู้เรียน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม และกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power (Faul, Erdfelder, Lang and Buchner, 2007) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 27 คน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้สุ่มกลุ่มตัวอย่างมา 1 ห้องเรียน แล้วพบว่ามีนักเรียนจำนวน 29 คน ซึ่งเป็นจำนวนที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณ ในงานวิจัยครั้งนี้จึงใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 29 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ จำนวน 3 แผน แผนละ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

2.2 แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 3 ชุด ชุดละ 2 ข้อ

2.3 แบบทดสอบการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยเขียนแสดงวิธีทำ จำนวน 2 ชุด ชุดละ 3 ข้อ

3. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ เรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 แผน ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับตามโมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ และ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.1.2 วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และเขียนแผนการจัดการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ จำนวน 3 แผน แผนละ 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

3.1.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมระหว่างตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้และการวัดผลและประเมินผล ตลอดจนความถูกต้องของภาษา โดยการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.75, 4.77 และ 4.78 ตามลำดับ ซึ่งมีความเหมาะสมในอยู่ระดับมากที่สุด (บุญชม ศรีสะอาด, 2541)

3.2 แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวกับจำนวน โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวกับผลบวกและผลต่าง และโจทย์ปัญหาในชีวิตประจำวัน จำนวน 3 ฉบับ ฉบับละ 2 ข้อ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.2.1 ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู หนังสือเรียนคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สสวท.)) คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.2.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ และสร้างแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาอสมการ แบบอัตนัยให้ครอบคลุมเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้

3.2.3 นำแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อหาคุณภาพของแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยแต่ละฉบับมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ซึ่งถือว่าเป็นข้อคำถามที่สามารถนำไปใช้ได้

3.2.4 นำแบบฝึกทักษะที่ได้ปรับแก้แล้วตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้ (try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 74 คน โดยพิจารณาเลือกข้อคำถามจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีของครอนบราค ค่าความยากง่าย (p) มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.80 และหาค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ซึ่งแบบฝึกทักษะที่สร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ฉบับ ฉบับละ 3 ข้อ ผลการวิเคราะห์พบว่า

แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน ข้อคำถามผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 2 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.791 ค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.259 – 0.420 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.196 – 0.554

แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับผลบวกและผลต่าง ข้อคำถามผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 3 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.903 ค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.240 – 0.458 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.438 – 0.583

แบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน ข้อคำถามผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 3 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.864 ค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.542 – 0.604 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.500 – 0.750

3.2.5 ผู้วิจัยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ผ่านเกณฑ์ วัจนบัพละ 2 ข้อ จำนวน 3 ฉบับ รวมทั้งหมด 6 ข้อ

3.3 แบบทดสอบการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยเขียนแสดงวิธีทำ จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 3 ข้อ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.3.1 ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู หนังสือเรียนคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (สสวท.) และคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.3.2 วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างสาระสำคัญกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อกำหนดข้อสอบตามความเหมาะสม

3.3.3 สร้างแบบทดสอบอัตนัยแสดงวิธีทำให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ ประกอบไปด้วย โจทย์ปัญหาอสมการที่เกี่ยวกับจำนวน โจทย์ปัญหาอสมการที่เกี่ยวกับผลบวกและผลต่าง และโจทย์ปัญหาอสมการที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน

3.3.4 นำแบบทดสอบการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยแต่ละฉบับมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่สามารถนำไปใช้ได้

3.3.5 นำแบบทดสอบที่ได้ปรับแก้แล้วตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้ (try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 53 คน โดยพิจารณาเลือกข้อคำถามจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีของครอนบราค ค่าความยากง่าย (p) มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.80 และหาค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ซึ่งแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 3 ข้อ ผลการวิเคราะห์พบว่า

แบบทดสอบก่อนเรียน ข้อคำถามผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 3 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.916 ค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.563 – 0.625 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.667 – 0.833

แบบทดสอบหลังเรียน ข้อคำถามผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 3 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.788 ค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.366 – 0.580 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.411 – 0.732

3.3.6 คัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ มาสร้างเป็นแบบทดสอบที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 2 ฉบับ คือ แบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน ฉบับละ 3 ข้อ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยค้นคว้าเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทุกขั้นตอน โดยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

4.1 ก่อนการจัดการเรียนรู้ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ฉบับก่อนเรียน

4.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ จำนวน 3 แผน ใช้เวลาในการสอน 6 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

4.3 ระหว่างเรียน มีการตรวจให้คะแนนแบบฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

4.4 หลังสิ้นสุดการทดลอง ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฉบับหลังเรียน เรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

4.5 ผู้เรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์

4.6 นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ผล

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ค่าความยาก (p) และ ค่าอำนาจจำแนก (r)

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน

สถิติบรรยาย ได้แก่ จำนวน/ความถี่ และร้อยละ

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการได้รับข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์

สถิติบรรยาย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด

สถิติอ้างอิง ได้แก่ สถิติทดสอบทีแบบค่าเฉลี่ยสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้สอบ

ข้อมูลพื้นฐานของผู้สอบในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนจิตใจขึ้น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้สอบจำแนกตามเพศ และระดับความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์

ข้อมูลพื้นฐานของผู้สอบ		จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ	1.1 ชาย	14	48.28
	1.2 หญิง	15	51.72
	รวม	29	100.00
2. ระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์	2.1 กลุ่มเก่ง (เกรด 3.5, 4)	6	20.69
	2.2 กลุ่มปานกลาง (เกรด 2.5, 3)	11	37.93
	2.3 กลุ่มอ่อน (เกรด 1, 1.5, 2)	12	41.38
	รวม	29	100.00

จากตารางที่ 1 จำแนกผู้สอบตามเพศและระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่าผู้สอบส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 51.72 และเมื่อจำแนกตามระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่าผู้สอบส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในกลุ่มอ่อน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 41.38

ตอนที่ 2 ผลการใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการได้รับข้อมูลย้อนกลับที่ประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์

ผลการทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	Mean	SD	Min	Max	t	p
ก่อนเรียน	29	24	5.59	2.276	0	11	13.877*	.000
หลังเรียน	29	24	12.21	3.489	5	22		

*p < .05

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับที่ประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์สูงกว่าก่อนได้รับข้อมูลย้อนกลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 13.877$, $p = .000$) โดยคะแนน



ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.276 และคะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.489

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับที่ประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ จำแนกตามระดับความสามารถทางการเรียน

ระดับความสามารถ	การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	Mean	SD	Min	Max	t	p
เก่ง	ก่อนเรียน	6	24	7.17	2.483	4	11	8.076*	.000
	หลังเรียน	6	24	17.17	3.971	13	22		
ปานกลาง	ก่อนเรียน	11	24	5.82	1.991	1	8	13.042*	.000
	หลังเรียน	11	24	11.45	1.695	8	14		
อ่อน	ก่อนเรียน	12	24	4.58	2.065	0	7	11.910*	.000
	หลังเรียน	12	24	10.42	1.929	5	12		
รวม	ก่อนเรียน	29	24	5.59	2.276	0	11	13.877*	.000
	หลังเรียน	29	24	12.21	3.489	5	22		

* $p < .05$

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับที่ประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ จำแนกตามระดับความสามารถทางการเรียน พบว่า เมื่อคะแนนเต็ม 24 คะแนน ผู้เรียนที่มีความสามารถในกลุ่มเก่ง มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 7.17 คะแนน คะแนนหลังเรียนเท่ากับ 17.71 คะแนน โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 8.076, p = .000$) ผู้เรียนที่มีความสามารถในกลุ่มปานกลาง มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 5.82 คะแนน คะแนนหลังเรียนเท่ากับ 11.45 คะแนน โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 13.042, p = .000$) และผู้เรียนที่มีความสามารถในกลุ่มอ่อน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 4.58 คะแนน คะแนนหลังเรียนเท่ากับ 10.42 คะแนน โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 11.910, p = .000$)

อภิปรายผล

ผู้วิจัยอภิปรายผลการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำแนกเป็น 2 ประเด็น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนหลังเรียนจากการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์เป็นรูปแบบที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับในชั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนและผู้สอนจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันตลอดการเรียนรู้ซึ่งถือเป็นจุดเด่นที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง อันส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้แล้วสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมีโจทย์ที่หลากหลายรูปแบบซึ่งผู้เรียนจะได้พบเจอสถานการณ์โจทย์ปัญหาใหม่ๆ ที่ไม่คุ้นเคยได้เสมอ ผู้วิจัยจึงได้จัดประเภทของโจทย์ปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจโดยเริ่มจากโจทย์ที่มีความซับซ้อนน้อยไปจนถึงมาก จำนวน 3 หัวข้อการเรียนรู้ ได้แก่ โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับผลบวกและผลต่าง และโจทย์ปัญหาในชีวิตประจำวัน ประกอบกับการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นสามารถซักถามข้อสงสัย และตอบคำถามจากสิ่งที่ตนเองคิดโดยไม่ต้องกลัวครูตำหนิ เป็นบรรยากาศการเรียนรู้ของการรับฟังเพื่อเรียนรู้และพัฒนา อีกทั้งผู้เรียนจะได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีในรูปแบบการอธิบายผลการตอบและแบบให้คำชี้แนะซึ่งเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน (Attali & van der Kleij, 2017; Barana et al., 2021) จึงทำให้หลังจากที่ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์แล้วมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวสูงขึ้น และทำให้ภาพรวมของผู้เรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ได้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชนกรพร พักสังข์ (2563) ที่ได้ใช้เทคนิคการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ในการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนซึ่งพบว่าส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ที่สูงขึ้น เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ วิมลพันธ์ ทราหยทอง (2561) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนหลังจากการให้ข้อมูลย้อนกลับพบว่าผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

2. การใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ในการแก้โจทย์ปัญหาอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พิจารณาโดยจำแนกตามระดับความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนในกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน พบว่า กลุ่มผู้เรียนในทุกระดับความสามารถมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ในแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ผู้เรียนมีการใช้กระบวนการกลุ่มในการทำกิจกรรม โดยแบ่งผู้เรียนเป็นกลุ่มที่มีความสามารถคละกันทั้งกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน อีกทั้งผู้วิจัยได้มีการจูงใจผู้เรียนด้วยการให้คะแนนการทำกิจกรรมแก่ผู้เรียนเป็นกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนมีการช่วยเหลือ แนะนำกันภายในกลุ่ม และมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ และทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ไปพร้อมกัน ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น

หากพิจารณาตามระดับความสามารถของผู้เรียนจะพบว่า ผู้เรียนในกลุ่มเก่งเป็นกลุ่มที่มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ค่อนข้างดี ซึ่งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะมีการเชื่อมโยงและนำความรู้เดิมมาช่วยร่วมด้วย อีกทั้งกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับผ่านการทำกิจกรรมการเรียนการสอนนี้ ผู้เรียนในกลุ่มเก่งจะ

เป็นผู้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำแก่เพื่อนๆ ในกลุ่มให้กลุ่มของตนเองสามารถทำกิจกรรมสำเร็จลุล่วงไปได้ สอดคล้องกับ สุนทร์ สินธพานนท์ (2552) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มจะช่วยให้ผู้เรียนที่เก่งมีโอกาสช่วยเหลือผู้เรียนที่อ่อน เพราะถือความสำเร็จของกลุ่มเป็นเป้าหมายสำคัญ จึงทำให้ผู้เรียนในกลุ่มเก่งมีความสามารถในการแก้ปัญหาล้างเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สำหรับผู้เรียนในกลุ่มปานกลางเป็นกลุ่มที่ต้องได้รับคำชี้แนะและต้องได้รับการอธิบายเพิ่มพูนความรู้จึงสามารถต่อยอดความรู้ในการแก้ปัญหาด้วยตนเองได้ ซึ่งกระบวนการที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนในกลุ่มปานกลางได้คือ การได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบทันทีในกระบวนการเรียนการสอนทั้งจากครูและเพื่อนในกลุ่มเก่ง โดยรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบนี้มีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหามีการผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันออกมานำเสนอการแก้ปัญห และมีครูคอยช่วยเหลือแนะนำเมื่อผู้เรียนสงสัยหรือไม่แน่ใจ ซึ่งเมื่อผู้เรียนโดยเฉพาะผู้เรียนในกลุ่มปานกลางที่ได้รับการชี้แนะแนวทางที่ถูกต้องก็จะเกิดการเรียนรู้จากการอธิบายและการลงมือแก้ปัญหานั้นได้จึงส่งผลให้ผู้เรียนในกลุ่มปานกลางมีความสามารถในการแก้ปัญหาล้างเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสำหรับผู้เรียนในกลุ่มอ่อนซึ่งเป็นกลุ่มผู้เรียนที่เรียนรู้ได้ช้า แต่หากได้รับการอธิบายอย่างเป็นขั้นตอนและได้รับการกระตุ้นการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอทั้งจากเพื่อนและครูจะทำให้มีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้มากขึ้นได้ และเนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยออกแบบในครั้งนี้ค่อนข้างเอื้อประโยชน์ในการเรียนรู้ต่อผู้เรียนในทุกกลุ่ม แม้แต่ผู้เรียนในกลุ่มอ่อนที่จะได้รับการช่วยเหลือจากเพื่อนในกลุ่มเก่งและครูผู้สอนจากการทำกิจกรรมกลุ่ม ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดและแบบชี้แนะที่มีความเหมาะสมและส่งเสริมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนในกลุ่มอ่อนได้ตามที่ อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม (2555) ได้ศึกษารูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนในกลุ่มอ่อนจะได้รับคำแนะนำและกำลังใจจากครูผู้สอนขณะฝึกปฏิบัติอย่างใกล้ชิด จึงส่งผลให้ผู้เรียนในกลุ่มอ่อนมีความสามารถในการแก้ปัญหาล้างเรียนเช่นเดียวกับผู้เรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ โดยเฉพาะกับห้องเรียนที่มีการลดความสามารถทางการเรียน จึงควรที่จะนำรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับดังกล่าวนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหให้แก่ผู้เรียนต่อไป

1.2 เมื่อจำแนกตามระดับความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนพบว่า ผู้เรียนในทุกระดับความสามารถทางการเรียนทั้งในกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลางและอ่อน มีความสามารถในการแก้ปัญหาล้างเรียน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยโดยแบ่งกลุ่มผู้เรียนแบบลดความสามารถ ดังนั้นหากนำไปใช้จึงควรคำนึงถึงลักษณะการจัดกลุ่มความสามารถของผู้เรียนร่วมด้วย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรนำรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ไปพัฒนาความสามารถให้แก่ผู้เรียนในด้านอื่นที่ใกล้เคียงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น ความสามารถในการคิดเชื่อมโยง การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

2.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับในรูปแบบอื่นนอกเหนือจากการประยุกต์ใช้โมเดลของเฟรย์และฟิชเชอร์ ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้สูง ขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

- กตกร กมรัตน์สมบัติ. (2558). ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กลุ่มงานนโยบายและแผนงานโรงเรียนจิตใจขึ้น. (2566). แผนปฏิบัติการประจำปี 2566. ปราจีนบุรี: โรงเรียนจิตใจขึ้น.
- กลุ่มงานประกันคุณภาพการศึกษาโรงเรียนจิตใจขึ้น. (2565). รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา ประจำปีการศึกษา 2565. ปราจีนบุรี: โรงเรียนจิตใจขึ้น.
- กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนจิตใจขึ้น. (2565). รายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปราจีนบุรี: โรงเรียนจิตใจขึ้น.
- กิตติทัศน์ หวานฉ่ำ. (2560). ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คณาธิป นรสิงห์. (2564). กระบวนการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์กับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนกพร พักสังข์. (2563). การพัฒนาทักษะการเขียน โดยเทคนิคการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 18(2), 110-122. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/suedujournal/article/view/247250/167350>
- ณัฐพร นวนสาย. (2559). การพัฒนาทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. การประชุมวิชาการเสนอมผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560, วันที่ 18 มีนาคม 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- ทิวทัศน์ ชัชวาลย์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เรื่อง บทประยุกต์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหา DAPIC ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามของบาดแฮม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. สุวีริยะสาส์น



- พงศ์พล จินตนาประเสริฐ. (2564). การประเมินตนเองโดยใช้รูปแบบที่มีวิธีการต่างกันที่มีต่อการพัฒนาการทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์: วิธีแอนโนเทตประยุกต์และดัดแปลงแบบเลเยอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรกมล บุญรักษา. (2561). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ (STAD) ร่วมกับแนวคิด DAPIC ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 20(1), 15-27. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jhssrru/article/view/133353/99987>
- วิมลพันธ์ ทราทอง. (2561). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการสอนแนะให้รู้คิดร่วมกับการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วีไลวรรณ สุระวนิชกุล. (2562). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดโพลยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สง่า วงศ์ไชย. (2564). การพัฒนาคุณภาพงานเขียนโดยการให้ข้อมูลย้อนกลับ: กรณีศึกษาแบบทดสอบอัตนัยระดับชาติ. วารสารบัณฑิตศึกษา, 18(80), 1-14. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/SNGSJ/article/view/224488/167696>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2560). การประเมินเพื่อการเรียนรู้: การตั้งคำถามและการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สุนันท์ สินธพานนท์. (2552). นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุสิริยา อธิรากุลนันท์ชัย. (2562). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 7E ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม. (2555). ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.



- อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Attali, Y, & Kleij, F. (2017). Effects of feedback elaboration and feedback timing during computer-based practice in mathematics problem-solving. *Computer & Education*, 110, 154-169. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.012>
- Barana, A., Marchisio, M., & Sacchet, M. (2021). Interactive Feedback for Learning Mathematics in a Digital Learning Environment. *Education sciences*, 11(6), 1-21. <https://doi.org/10.3390/educsci11060279>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.
- Frey, N., & Fisher, D. (2011). *The formative assessment action plan*. Alexandria, VA: ASCD.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Isaacs, T., Zara, C., Herbert, G., Coombs, S. J. and Smith, C. (2013). *Key Concepts in Educational Assessment*. London: SAGE Publications Ltd.
- kulKrulik, S. & Rudnick, J.A. (1987). *Problem Solving. A Handbook for Teachers*. 2nd ed., Allyn and Bacon.
- Mailisman, N., Ikhsan, M., & Hajidin. (2020). Mathematics problem-solving skills of vocational high school students related to the 21st-century education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460(1), 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012014>
- Narciss, S., & Huth, K. (2002). *How to design informative tutoring feedback for multimedia learning*. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/228749053>
- Polya, G. (1957). *How to Solve It. A New Aspect of Mathematical Method*. 2nd Edition, Princeton University Press, Princeton.
- Springer, L.M. (2021). *Exploring Student Feedback Perceptions and Motivations: A Qualitative Descriptive Study*. Doctoral dissertation: Grand Canyon University.
- Strozier, T.D. (2022). *Exploring Culturally Relevant Feedback to African American Students in Mathematics*. Doctoral dissertation: Grand Canyon University.

