การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์

Learning Activities to Enhance the Mathematical Modelling in Mathematical Problem Solving on Derivatives and Applications of Derivatives

*เกวลี สืบญาติ[1] วันดี เกษมสุขพิพัฒน์[2] และชานนท์ จันทรา[3]

Kewalee Suebyat[1] Wandee Kasemsukpipat[2] and Chanon Chuntra[3]

[1]นิสิตปริญญาโท คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1]Master's student, Faculty of Education, Kasetsart University

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]Asst. Prof. Dr., Faculty of Education, Kasetsart University

[3]รองศาสตราจารย์ ดร. ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[3]Assoc. Prof. Dr., Faculty of Education, Kasetsart University

*Corresponding author. E-mail: kew26_tan@hotmail.com

Received: February 13, 2022
Revised: April 2, 2022
Accepted: June 13, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์และเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564 สาขาวิชารังสีเทคนิค คณะเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ์ ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาแคลคูลัส จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดเพิ่มเติม แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่าแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ คือ การให้นักศึกษาได้มีโอกาสในการฝึกปฏิบัติตามขั้นตอนของกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ได้แก่ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา ขั้นที่ 2 การสร้างและกำหนดแบบจำลองคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 การใช้คณิตศาสตร์เพื่อคำนวณผลเฉลยของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 4 การตีความ แปลความหมายและสร้างข้อสรุป ขั้นที่ 5 การตรวจสอบข้อสรุป และขั้นที่ 6 การประเมินเพื่อตัดสินใจแก้ปัญหาหรือปรับปรุงแบบจำลอง หรือสร้างแบบจำลองใหม่ โดยมีผู้สอนเป็นผู้ช่วยเหลือ เมื่อดำเนินการจนครบ 3 วงจรปฏิบัติการแล้ว นักศึกษามีความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์อยู่ในระดับชำนาญร้อยละ 80 ขึ้นไป

คำสำคัญ: แบบจำลองคณิตศาสตร์, การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์, อนุพันธ์, การประยุกต์ของอนุพันธ์

Abstract

The purposes of this research were to study the guideline for implementing learning activities to enhance the mathematical modelling and to study the ability to create mathematical models after using learning activities on derivatives and applications of derivatives of 40 first-year undergraduate students, who enrolled in Calculus in the first semester of the academic year 2021. The students were majoring in Radiological Technology, Faculty of Health Science Technology, HRH Princess Chulabhorn College of Medical Science, Chulabhorn Royal Academy. The research tools were lesson plans designed to enhance the mathematical modelling, activity worksheets and supplementary worksheets, a mathematical modelling test, a teacher reflection form, and students' journals. The results showed that the guideline for implementing learning activities is to engage the students to practice each steps of mathematical modelling with the teacher's assistance. The steps of the mathematical modelling were Step 1: understanding and analyzing the situation or problem, Step 2: creating and defining mathematical models, Step 3: using mathematics to calculate the solution of mathematical models, Step 4: interpreting and making a conclusion, Step 5: verifying the conclusion, and Step 6: assessing for decision making or improving the model or creating a new model. After completing all the 3 cycles, 80% or more of the students are able to create mathematical models at the professional level.

Keywords: Mathematical modelling, Mathematical problem solving, Derivatives, Applications of derivatives

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของเรานั้น มีสถานการณ์ปัญหามากมาย โดยแต่ละสถานการณ์ปัญหาที่พบในโลกจริงมีรูปแบบและวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันออกไป หากสถานการณ์ปัญหามีขนาดเล็ก ไม่ซับซ้อน สามารถดำเนินการหรือแก้ปัญหาโดยการลองผิดลองถูก หรือใช้ประสบการณ์ใช้ความคุ้นเคยที่เคยมีมาปรับใช้ แต่หากสถานการณ์ปัญหามีขนาดใหญ่ ซับซ้อน มีเงื่อนไขที่ต้องคำนึงหลายภาคส่วน จะไม่สามารถใช้การลองผิดลองถูกเพื่อแก้ไขสถานการณ์หรือปัญหานั้นได้ หากไม่มีประสบการณ์หรือไม่เคยพบสถานการณ์ปัญหานั้นมาก่อน เพราะอาจมีความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดโทษมากกว่าคุณ ดังนั้นในการดำเนินการแก้สถานการณ์ปัญหา ควรวิเคราะห์ทำความเข้าใจกับปัญหาในโลกจริง (Real World) สร้างแบบจำลอง (Model) ใช้คณิตศาสตร์ (Mathematics) มาช่วยหาคำตอบ ตีความ แปลความ สร้างข้อสรุป รวมไปถึงตรวจสอบข้อสรุปและประเมินผลสำหรับการตัดสินใจ เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างมีระบบ ระเบียบ และมีแบบแผน เมื่อพิจารณาทั้งสามส่วน คือ ปัญหาในโลกจริง แบบจำลอง และคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งนำมาประกอบรวมกันก่อให้เกิดเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่งในการแก้สถานการณ์ปัญหา

แบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นตัวแทนทางความคิดที่ได้จากการแปลงสถานการณ์ในโลกจริงที่ไม่เป็นคณิตศาสตร์ให้กลายเป็นคณิตศาสตร์ จากนั้นใช้กฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์หาคำตอบและทำการตีความ แปลค่า หรือแปลผลย้อนกลับให้ได้คำตอบของปัญหาในโลกจริง โดยผ่านการตรวจสอบอย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับ Anhalt and Cortez (2016) ได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ไว้อย่างรอบด้าน

ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ขั้นที่ 2 สร้างและกำหนดแบบจำลอง ขั้นที่ 3 คำนวณผลเฉลยของแบบจำลอง ขั้นที่ 4 ตีความผลเฉลยและสร้างข้อสรุป ขั้นที่ 5 ตรวจสอบข้อสรุป ขั้นที่ 6 สร้างและกำหนดแบบจำลองใหม่หรือปรับปรุง และขั้นที่ 7 รายงานวิธีการ ดังนั้นกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ถือเป็นยุทธวิธีอย่างหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งที่ไม่ซับซ้อนและซับซ้อน ซึ่งหากมีการฝึกฝนให้ปฏิบัติตามขั้นตอนกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ นักศึกษาจะมีโอกาสได้ใช้ความรู้ ทักษะต่าง ๆ เพื่อการเรียนรู้ พร้อมทั้งเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบระเบียบ ถือเป็นการช่วยให้นักศึกษาได้ฝึกฝนการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในห้องเรียนไปใช้ให้เกิดประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหาในโลกจริงหรือในชีวิตประจำวันนอกห้องเรียนได้ รวมถึงใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์และบริบทต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงในโลกผนวกกับการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์กับการแก้ปัญหา โดยใช้หลักการ กระบวนการ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการอธิบาย การให้เหตุผล และการคาดการณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญในการประเมินความฉลาดรู้คณิตศาสตร์ของ PISA 2021 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563)

หากมองย้อนกลับมาที่ปัญหาในห้องเรียนคณิตศาสตร์นั้น การจัดการเรียนการสอนเน้นให้นักศึกษาทำโจทย์ในชั้นเรียนและฝึกทำแบบฝึกหัดนอกชั้นเรียน โดยผลลัพธ์ที่ต้องการคือ ให้นักศึกษาแก้โจทย์ปัญหาหรือหาคำตอบจากปัญหาที่กำหนดให้ ประกอบกับผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงข้อค้นพบในการจัดการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสของผู้วิจัยที่ผ่านมา ซึ่งพบว่าเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องอนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์เป็นเนื้อหาที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักศึกษา ดังนั้นหากนำแบบจำลองคณิตศาสตร์เข้ามาใช้จะสามารถช่วยให้นักศึกษาแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับธัชพล พลรัตน์ และคณะ (2563) ที่กล่าวว่า ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นทฤษฎีที่มีลักษณะเป็นนามธรรมมากเกินไป คือ ผู้สอนมักจะมุ่งเน้นและให้ความสำคัญไปที่เนื้อหา หลักการ วิธีการ รวมไปถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเป็นหลัก เน้นฝึกให้ทำแบบฝึกหัดในบทเรียนมากกว่าฝึกให้ทำความรู้จักและหาวิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับปัญหาสถานการณ์จริงหรือปัญหาในชีวิตประจำวันที่เป็นบริบทใกล้ตัวของนักศึกษา ทำให้นักศึกษาไม่เข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งและมองไม่เห็นความสวยงามในวิชาแคลคูลัส ส่งผลให้นักศึกษาไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ ซึ่งเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งในวิชาแคลคูลัส ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชารังสีเทคนิค คณะเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ์ ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว วิชาแคลคูลัสเป็นวิชาพื้นฐานและมีความสำคัญทางการศึกษาในระดับอุดมศึกษา ดังที่ National Council of Teachers of Mathematics (2000) ได้กล่าวว่า วิชาแคลคูลัส เป็นสิ่งที่แสดงถึงความสามารถทางด้านสติปัญญาของมนุษย์ในการนำไปใช้สร้างสรรค์นวัตกรรมที่นักศึกษาสามารถสร้างเสริมทักษะการแก้ปัญหาส่งเสริมให้มีการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ ใช้สิ่งที่เรียนรู้ไปแก้ปัญหาที่ต้องเผชิญในอนาคตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ยิ่งไปกว่านั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของผู้วิจัยในครั้งนี้ นอกจากมุ่งหวังส่งเสริมให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติตามขั้นตอนกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้วยังมุ่งหวังช่วยให้นักศึกษานำความรู้ที่ได้ในวิชาแคลคูลัสไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ที่สำคัญคือหวังให้นักศึกษามีความตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของคณิตศาสตร์ที่มีต่อชีวิตประจำวันอย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ของนักศึกษาหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้และสามารถสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ จากการแปลงปัญหาในโลกจริงให้เป็นปัญหาคณิตศาสตร์ จากนั้นนำแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้ไปหาคำตอบและประยุกต์ใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหา โดยอาศัยกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์

กระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ หมายถึง ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา ขั้นที่ 2 การสร้างและกำหนดแบบจำลองคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 การใช้คณิตศาสตร์เพื่อคำนวณผลเฉลยของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 4 การตีความ แปลความหมาย และสร้างข้อสรุป ขั้นที่ 5 การตรวจสอบข้อสรุป และขั้นที่ 6 การประเมินเพื่อตัดสินใจแก้ปัญหา หรือปรับปรุงแบบจำลองหรือสร้างแบบจำลองใหม่

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ผลที่ได้จากแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการทำใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดเพิ่มเติมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์เป็น 3 ระดับ คือ ชำนาญ พัฒนา และปรับปรุง

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564 สาขาวิชารังสีเทคนิค คณะเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ์ ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัย คือ

2.1 ตัวจัดกระทำ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์

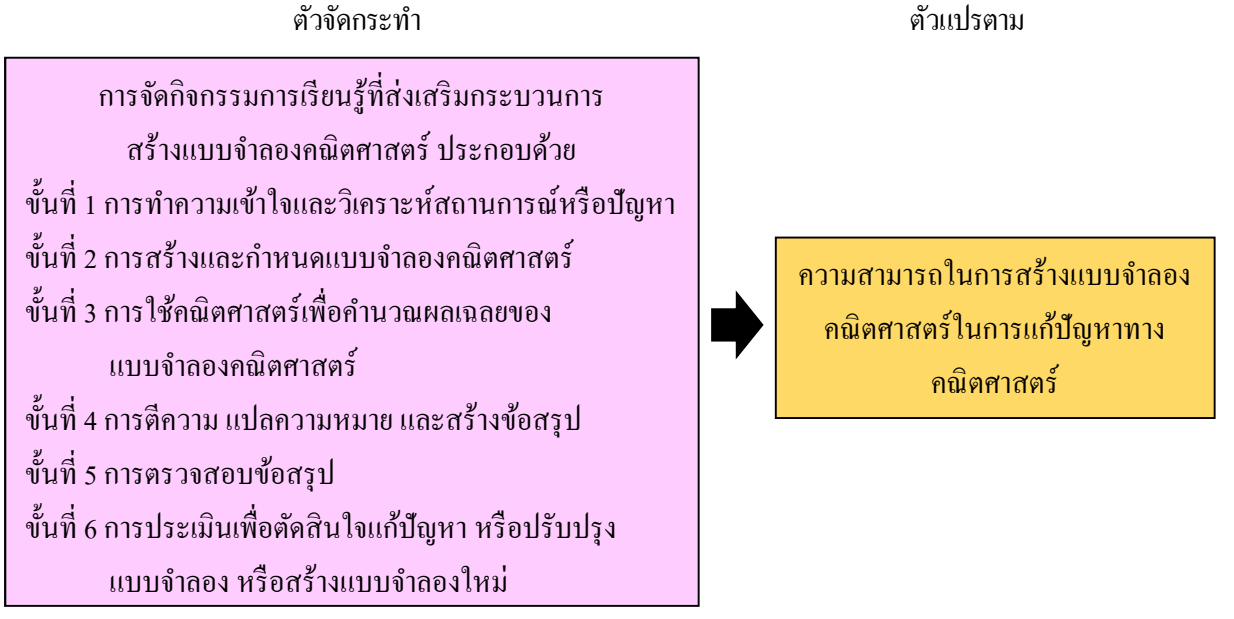
2.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ ในวิชาแคลคูลัส

4. ระยะเวลาในการทำวิจัย คือ 8 คาบ คาบละ 2 ชั่วโมง รวม 16 ชั่วโมง ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2564

กรอบแนวคิดการวิจัย

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ตามกรอบของ Anhalt and Cortez (2016)โดยมีการปรับลดส่วนของรายงานวิธีการลงเพื่อให้เข้ากับบริบทที่จะศึกษา ดังนั้นกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของงานวิจัยนี้จึงประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน เพื่อจะนำไปสู่ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งเขียนเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยได้ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

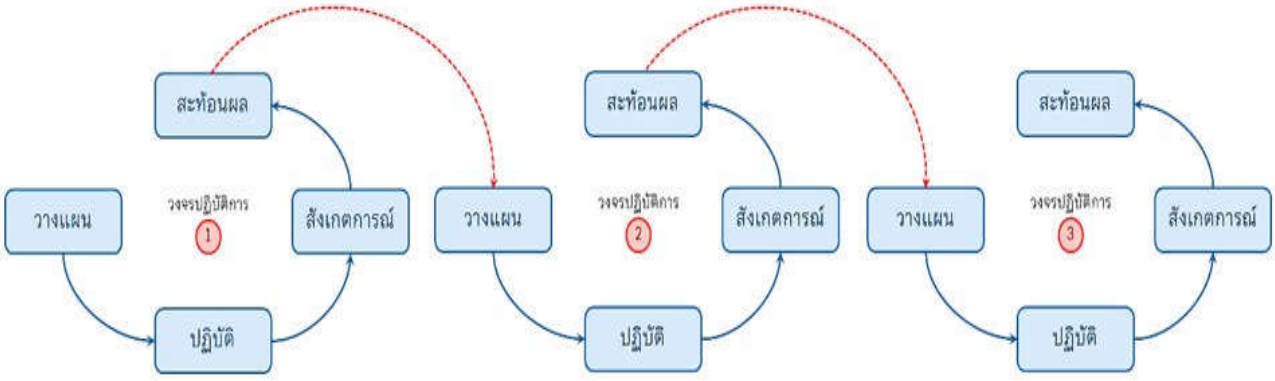
วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

สำหรับกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาแคลคูลัส สาขาวิชารังสีเทคนิค คณะเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ์ ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพมหานคร โดยได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 40 คน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สอนนักศึกษากลุ่มนี้

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการ 4 ขั้นตอน โดยทั้ง 4 ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นในลักษณะวงจรปฏิบัติการต่อเนื่องกัน 3 วงจร ตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1988) รายละเอียดของแต่ละขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและจัดทำแผนการเรียนรู้ ขั้นปฏิบัติ ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนตามแผนการเรียนรู้ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ขั้นสังเกตการณ์ ผู้วิจัยสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และขั้นสะท้อนผล ผู้วิจัยสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการ จากนั้นนำผลที่ได้มาใช้ในการวางแผนเพื่อปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปจนครบทั้ง 3 วงจร ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การดำเนินการของวงจรปฏิบัติการในชั้นเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับการวิจัยเรื่องการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ มีเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. แผนการเรียนรู้ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ จำนวน 8 แผน แต่ละแผนใช้เวลา 2 ชั่วโมง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ แผนการเรียนรู้ที่ 1-5 แนวคิดพื้นฐานและความสำคัญของแคลคูลัส ลิมิต ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน อนุพันธ์ และการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันต่าง ๆ ซึ่งมุ่งเน้นไปที่เนื้อหาเชิงทฤษฎี แต่สอดแทรกขั้นตอนของกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในเบื้องต้นไว้เพื่อเป็นเตรียมความพร้อมให้นักศึกษาคุ้นเคยกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ แผนการเรียนรู้ที่ 6 กฎลูกโซ่ของอนุพันธ์ย่อย การประยุกต์ของกฎลูกโซ่ ฟังก์ชันชัดแจ้ง ฟังก์ชันปริยาย และผลต่างเชิงอนุพันธ์รวม แผนการเรียนรู้ที่ 7 การประยุกต์ของอนุพันธ์เกี่ยวกับรูปแบบยังไม่กำหนดและกฎของโลปิตาล ความเร็วและความเร่ง และแผนการเรียนรู้ที่ 8 การประยุกต์ของอนุพันธ์ เกี่ยวกับปัญหาค่าสูงสุด-ต่ำสุด

2. ใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดเพิ่มเติมที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ใบกิจกรรม “การแปลงพาเพลิน” ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวน 10 สถานการณ์ โดยเน้นฝึกฝนให้ดำเนินการขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ร่วมกับแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “อัตราและกฎลูกโซ่พาเพลิน” ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาที่นำกฎลูกโซ่มาประยุกต์ใช้ 1 สถานการณ์ โดยเน้นฝึกฝนให้ดำเนินการขั้นที่ 1 จนถึงขั้นที่ 4 ดังนั้นในส่วนที่ 1 นี้มีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจและฝึกฝนให้นักศึกษาดำเนินการได้ 4 ขั้นตอน ต่อมาในส่วนที่ 2 ใบกิจกรรม “ความเร็วความเร่ง” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “ใต้ฟ้าบนดิน” ประกอบด้วยสถานการณ์อย่างละ 1 สถานการณ์ที่มี 4 และ 6 ปัญหาย่อยตามลำดับ ซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับการหาเวลา ระยะทาง ความเร็ว และความเร่งของวัตถุ โดยฝึกฝนให้ดำเนินการขั้นที่ 1 จนถึงขั้นที่ 6 แต่จะเน้นไปที่ขั้นที่ 4 และขั้นที่ 5 เป็นหลัก ดังนั้นในส่วนที่ 2 นี้มีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจและฝึกฝนให้นักศึกษาดำเนินการครบทั้ง 6 ขั้นตอน และท้ายสุดในส่วนที่ 3 ใบกิจกรรม “วางแผนการตลาด” ประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการลดราคาสินค้าเพื่อให้มีรายได้จากการขายสูงที่สุดจำนวน 3

สถานการณ์ และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน” เป็นสถานการณ์ปัญหาค่าสูงสุดที่มีความซับซ้อน มีบริบทใกล้ตัว และอยู่ในชีวิตประจำวันของนักศึกษาจำนวน 1 สถานการณ์ ซึ่งจะเน้นให้นักศึกษาฝึกดำเนินการขั้นที่ 1 จนถึงขั้นที่ 6 ดังนั้นในส่วนที่ 3 นี้มีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจและฝึกฝนให้นักศึกษาดำเนินการครบถ้วนทั้ง 6 ขั้นตอน โดยเพิ่มสถานการณ์ที่ซับซ้อนและมีบริบทที่ใกล้เคียงกับนักศึกษาทำให้ในการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนมีความซับซ้อนและท้าทายยิ่งขึ้น สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดเพิ่มเติมที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์

ใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดเพิ่มเติม	ขั้นตอนของกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์					
	ขั้นที่ 1	ขั้นที่ 2	ขั้นที่ 3	ขั้นที่ 4	ขั้นที่ 5	ขั้นที่ 6
การแปลงพาเพลิน	✓	✓				
อัตราและกฎลูกโซ่พาเพลิน	✓	✓	✓	✓		
ความเร็วความเร่ง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ใต้ฟ้าบนดิน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
วางแผนการตลาด	✓	✓	✓	✓	✓	✓
แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน	✓	✓	✓	✓	✓	✓

3. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ใช้สำหรับประเมินแบบฝึกหัดเพิ่มเติม ซึ่งจำแนกเป็น 6 ขั้นตอน โดยเกณฑ์การประเมินเป็นแบบรูบริค 3 ระดับ คือ ชำนาญ พัฒนา และปรับปรุง ซึ่งระดับชำนาญ หมายถึง ดำเนินการอย่างสมบูรณ์ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ มีคำอธิบายครบถ้วน ระดับพัฒนา หมายถึง ดำเนินการบางส่วน แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ มีคำอธิบายบางส่วน และระดับปรับปรุง หมายถึง แทบจะไม่ดำเนินการ แสดงให้เห็นถึงความไม่เข้าใจ ไม่มีคำอธิบาย

4. แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับผู้สอน ซึ่งเป็นการบันทึกข้อค้นพบระหว่างการจัดการเรียนรู้

5. แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษา ซึ่งเป็นการแสดงความคิดเห็นและความรู้สึกที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

สำหรับแนวทางการสร้างและพัฒนาเครื่องมือนั้น ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงผลลัพธ์การเรียนรู้ของหลักสูตรและมคอ.3 รายวิชาแคลคูลัส เพื่อกำหนดจุดประสงค์และจัดทำแผนการเรียนรู้พร้อมด้วยใบกิจกรรม แบบฝึกหัดเพิ่มเติม แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้นำแนวคิดของ Anhalt and Cortez (2016) มาปรับใช้ แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอน และแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับนักศึกษา ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ได้ผ่านการเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบและพิจารณาความเหมาะสมของจุดประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล จากนั้นปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความเหมาะสม 6 ด้าน ประกอบด้วย รูปแบบการจัดกิจกรรม กิจกรรมการเรียนรู้ ลำดับการจัดกิจกรรม ระยะเวลาในการดำเนินงาน งานที่ใช้ในการจัด

การเรียนรู้ และงานที่มอบหมายให้นักศึกษาทำ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า เครื่องมือทุกชนิดมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยแบบวงจรปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการดังนี้

1. ปฐมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ให้กับนักศึกษา เพื่อให้นักศึกษามีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 8 แผน โดยในแผนการเรียนรู้ที่ 6 ถึงแผนการเรียนรู้ที่ 8 จะมีใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดเพิ่มเติมให้

3. ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จนกระทั่งสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนจดบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักศึกษาลงในแบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการเรียนรู้ นักศึกษาเขียนบันทึกเกี่ยวกับความคิดเห็นและความรู้สึกที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้สอนลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนความคิดเห็นของนักศึกษา จากนั้นผู้สอนนำผลที่ได้มาทำการสะท้อนผลเพื่อปรับปรุงในครั้งถัดไป

5. หลังการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผน ผู้สอนนำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมของแต่ละแผนมาทำการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์การประเมินในแบบประเมินที่กำหนดไว้

6. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน คือ ความถี่และร้อยละ ซึ่งผู้วิจัยนำข้อมูลจากเครื่องมือต่าง ๆ มาวิเคราะห์ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบฝึกหัดเพิ่มเติม แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน และแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยการวิเคราะห์เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และตีความข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนและแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักศึกษา

2) ผู้วิจัยทำการจัดระเบียบเนื้อหาของข้อมูลตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

คณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร ใบกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดเพิ่มเติมควรมีลักษณะอย่างไร ปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้สอนรวมทั้งแนวทางการปรับปรุงและแก้ไข

3) ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการตรวจแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนและแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักศึกษาว่าสอดคล้องกันหรือไม่ จากนั้นสรุปข้อมูลโดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการดำเนินการเพื่อเป็นแนวทางในครั้งต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบฝึกหัดเพิ่มเติมที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์และแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน คือ ความถี่และร้อยละ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) นำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเขียนคำตอบตามแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์

2) นำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มตามระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ชำนาญ พัฒนา และควรปรับปรุง

3) ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ พร้อมทั้งสรุปลักษณะของความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา จากผลการวิเคราะห์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า ใบกิจกรรม “การแปลงพาเพลิน” ช่วยส่งเสริมและฝึกฝนให้ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาจนคล่อง ทำให้สามารถระบุสิ่งที่ต้องการหาคำตอบได้ แต่ด้วยสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายบริบทไม่สอดคล้องกัน ไม่ได้เรียงลำดับความยากง่ายของแต่ละบริบท ส่งผลให้ยากต่อการทำความเข้าใจ ดังนั้นผู้สอนจึงต้องใช้คำถามนำเป็นหลักเพื่อกระตุ้นความคิดของนักศึกษา รวมถึงต้องให้เวลาในการความเข้าใจและหาแนวทางการแก้ปัญหามากขึ้น ส่วนแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “อัตราและกฎลูกโซ่พาเพลิน” ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษานำความรู้ที่ได้จากการทำใบกิจกรรมมาใช้งานจริงกับโจทย์ที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น ซึ่งนักศึกษาส่วนใหญ่สามารถระบุปัญหาและทำให้สถานการณ์สมเหตุสมผลได้ แต่มีนักศึกษาบางส่วนที่ไม่เข้าใจ ไม่สามารถวาดภาพประกอบได้ ผู้สอนจึงต้องช่วยเหลือด้วยการอธิบายเพิ่มเติมเพื่อเสริมความเข้าใจและเสริมต่อความคิดของนักศึกษา ต่อมาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ใบกิจกรรม “ความเร็วความเร่ง” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “ใต้ฟ้าบนดิน” มีลักษณะของสถานการณ์ปัญหาที่คล้ายคลึงกันและใกล้ตัวนักศึกษา ดังนั้นผู้สอนจึงเป็นเพียงผู้ที่คอยให้ความช่วยเหลือเมื่อจำเป็น อาจใช้คำถามที่ช่วยกระตุ้นให้ใช้ประสบการณ์เดิมของนักศึกษามาจินตนาการ สร้างแผนภาพ วาดภาพประกอบ เพื่อช่วยให้เข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้ รวมถึงสถานการณ์

ปัญหามีการไต่ระดับ ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาค่อย ๆ ไต่ระดับทางความคิด ทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบสมเหตุสมผล และท้ายสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า ใบกิจกรรม “วางแผนการตลาด” ประกอบด้วย 3 สถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียงกันซึ่งเป็นบริบทของการวางแผนการขาย โดยสถานการณ์ปัญหาจะค่อย ๆ เพิ่มบริบทเข้าไปให้สมเหตุสมผลและสมจริงมากยิ่งขึ้น ช่วยส่งเสริมให้เข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้นได้ โดยเฉพาะในแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน” มีการเพิ่มบริบทเข้าไปมาก แต่นักศึกษายังคงเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้ สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการอย่างสมเหตุสมผลได้อย่างดี

ขั้นที่ 2 การสร้างและกำหนดแบบจำลองคณิตศาสตร์ จากผลการวิเคราะห์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า ใบกิจกรรม “การแปลงพาเพลิน” ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาระบุข้อมูลได้ ที่สำคัญช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถสร้างแบบจำลองได้ จากการที่ผู้สอนใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาเป็นคนช่างสังเกต โดยให้สังเกตจากคำสำคัญคำว่า “อัตรา” และหน่วยที่ให้มา ทำให้สามารถกำหนดตัวแปรได้อย่างถูกต้อง และนำไปสู่การสร้างแบบจำลองได้อย่างแม่นยำ สำหรับแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “อัตราและกฎลูกโซ่พาเพลิน” นั้นส่งเสริมให้นักศึกษาสร้างแบบจำลองได้จากการวาดแผนภาพประกอบ เพื่อนำไปสู่สมการหรือสูตรที่ใช้ในการหาคำตอบ ถือเป็นการเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาจริงให้เป็นปัญหาคณิตศาสตร์ที่สามารถหาคำตอบได้ ต่อมาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ใบกิจกรรม “ความเร็วความเร่ง” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “ใต้ฟ้าบนดิน” มีจุดเน้นคือ ผู้สอนใช้การตั้งคำถามเพื่อให้นักศึกษาตีความจากสิ่งที่กำหนดว่าหมายความว่าอย่างไร ทำให้นักศึกษาทราบค่าของตัวแปรได้จากการตีความ นำไปสู่การสร้างแบบจำลองได้ และท้ายสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า ใบกิจกรรม “วางแผนการตลาด” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน” ช่วยส่งเสริมการสร้างแบบจำลองด้วยการระบุข้อมูลที่กำหนดให้ทั้งหมด หลังจากนั้นผู้สอนจะใช้คำถามเพื่อแนะแนวทางหรือใช้คำถามกระตุ้นให้นักศึกษาคิดแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง ลำดับ สมการ ทำให้นักศึกษามองเห็นความสัมพันธ์สามารถกำหนดตัวแปรแต่ละตัวได้ และนำไปสู่แบบรูปหรือการสร้างแบบจำลองในรูปแบบสมการหรือฟังก์ชันได้

ขั้นที่ 3 การใช้คณิตศาสตร์เพื่อคำนวณผลเฉลยของแบบจำลองคณิตศาสตร์ จากผลการวิเคราะห์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า ใบกิจกรรม “การแปลงพาเพลิน” ใช้คณิตศาสตร์เรื่องอนุพันธ์โดยตรงในการหาคำตอบเกี่ยวกับอัตราการเปลี่ยนแปลง ซึ่งนักศึกษาสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเองเพราะเป็นการนำคณิตศาสตร์มาใช้โดยตรง ส่วนในแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “อัตราและกฎลูกโซ่พาเพลิน” เป็นการประยุกต์ใช้อนุพันธ์เรื่องของกฎลูกโซ่ในการแก้ปัญหา กล่าวคือ ต้องมีการสร้างกฎลูกโซ่ก่อนแล้วจึงนำความรู้เรื่องอนุพันธ์มาช่วยในการหาคำตอบ ดังนั้นผู้สอนต้องคอยแนะแนวทางและคอยให้คำแนะนำเมื่อนักศึกษาติดขัดหรือไม่สามารถดำเนินการต่อได้ ต่อมาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ใบกิจกรรม “ความเร็วความเร่ง” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “ใต้ฟ้าบนดิน” ส่งเสริมให้นักศึกษาประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องอนุพันธ์ในการหาความเร็วและความเร่งได้ ซึ่งนักศึกษาดำเนินการส่วนนี้ได้อย่างดี เนื่องจากนักศึกษามีความคุ้นเคยกับสถานการณ์ปัญหาในลักษณะนี้ และท้ายสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า ใบกิจกรรม “วางแผนการตลาด” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน” เป็นการใช้คณิตศาสตร์เรื่องอนุพันธ์อันดับหนึ่งมาช่วยในการหาจุดวิกฤตและอนุพันธ์อันดับสูงมาช่วยในการหาค่าสูงสุดของปัญหา ถือเป็นการที่ส่งเสริมให้นักศึกษาประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์เพื่อหาผลเฉลยของแบบจำลองได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากมีหลายขั้นตอนในการดำเนินการ

ดังนั้นผู้สอนต้องคอยใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักศึกษาใช้ความคิดว่าเมื่อถึงขั้นตอนนี้แล้วต้องทำขั้นตอนใดต่อ และต้องใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องใดมาช่วยหาคำตอบในแต่ละขั้นตอน

ขั้นที่ 4 การตีความ แปลความหมาย และสร้างข้อสรุป จากผลการวิเคราะห์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า ใบกิจกรรม “การแปลงพาเพลิน” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “อัตราและกฎลูกโซ่พาเพลิน” เป็นกิจกรรมที่เมื่อคำนวณหาคำตอบมาได้แล้วสามารถตอบคำถามได้ทันทีโดยไม่ต้องมีการแปลความหมาย เพราะถ้ามีการแปลความหมายก็ยังคงได้คำตอบเช่นเดิม จึงทำให้นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่ได้แสดงออกถึงการแปลความหมายเท่าที่ควร และในบางส่วนไม่ได้แสดงออกถึงการแปลความหมายเพราะไม่เห็นถึงความจำเป็น ทำให้ผู้สอนต้องคอยชี้ให้เห็นถึงความสำคัญและตระหนักถึงการแปลความหมาย ต่อมาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ใบกิจกรรม “ความเร็วความเร่ง” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “ใต้ฟ้าบนดิน” ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาแปลความหมายได้เป็นอย่างดี เพียงแต่ผู้สอนต้องคอยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักศึกษาคิดถึงว่าในบางสถานการณ์ปัญหา คำตอบที่หามาได้ไม่สามารถนำมาเป็นคำตอบได้ทันที ต้องมีการแปลความหมายจากคำตอบที่ได้ก่อน หลังจากนั้นผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักศึกษาคิดตามว่าคำตอบที่ได้มีค่าเป็นอย่างไร สามารถแปลความหมายได้อย่างไร ทำให้นักศึกษาตระหนักถึงความสำคัญในส่วนนี้มากยิ่งขึ้น และท้ายสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า ใบกิจกรรม “วางแผนการตลาด” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน” ช่วยส่งเสริมเรื่องการแปลความหมายเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือ สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ต้องมีการดำเนินการแปลความหมายทั้งระหว่างทางที่มีการคำนวณจนกระทั่งคำนวณเสร็จแล้วยังคงต้องมีการแปลความหมายจากคำตอบที่ได้ในเชิงคณิตศาสตร์กลับมาสู่คำตอบจริงของสถานการณ์ปัญหา เพราะหากขาดการตีความแปลความในส่วนนี้ จะทำให้คำตอบที่ได้ไม่ใช่คำตอบของสถานการณ์ปัญหาที่ต้องการ

ขั้นที่ 5 การตรวจสอบข้อสรุป จากผลการวิเคราะห์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า ใบกิจกรรม “การแปลงพาเพลิน” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “อัตราและกฎลูกโซ่พาเพลิน” ไม่เอื้อให้เกิดการตรวจสอบข้อสรุป แต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ใบกิจกรรม “ความเร็วความเร่ง” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “ใต้ฟ้าบนดิน” มีส่วนช่วยให้นักศึกษาตรวจสอบข้อสรุป ผู้สอนต้องใช้คำถามนำว่าคำตอบที่นักศึกษาได้จากการคำนวณเป็นคำตอบที่สมเหตุสมผลหรือไม่ สามารถตอบโดยไม่ตรวจสอบได้หรือไม่ ซึ่งนักศึกษาจะพบว่าต้องมีการตรวจสอบก่อนจึงจะสรุปได้ และท้ายสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า ใบกิจกรรม “วางแผนการตลาด” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน” ช่วยให้นักศึกษาตระหนักถึงการตรวจสอบข้อสรุปเป็นอย่างมาก โดยผู้สอนแนะแนวทางให้มีการใช้การตรวจสอบด้วยการคำนวณค่าก่อนและหลังของคำตอบ เพื่อแสดงให้เห็นเชิงประจักษ์ด้วยการเปรียบเทียบว่าคำตอบที่ได้ทำให้ได้ค่าสูงสุดซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องหลังจากมีการตรวจสอบข้อสรุปแล้ว

ขั้นที่ 6 การประเมินเพื่อตัดสินใจแก้ปัญหา หรือปรับปรุงแบบจำลอง หรือสร้างแบบจำลองใหม่ จากผลการวิเคราะห์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า ใบกิจกรรม “การแปลงพาเพลิน” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “อัตราและกฎลูกโซ่พาเพลิน” ไม่เอื้อให้เกิดการประเมิน แต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ใบกิจกรรม “ความเร็วความเร่ง” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “ใต้ฟ้าบนดิน” มีส่วนที่ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษามีการประเมินคำตอบที่ได้จากการคำนวณว่าเป็นคำตอบของสถานการณ์ปัญหาหรือไม่ และท้ายสุดในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า ใบกิจกรรม “วางแผนการตลาด” และแบบฝึกหัดเพิ่มเติม “แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน” ส่งเสริมให้นักศึกษาต้องดำเนินการประเมินเพื่อตัดสินใจโดยผู้สอนแนะแนวทางให้นักศึกษาพิจารณาและประเมินว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่เหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมต้องดำเนินการใหม่แต่ถ้าเหมาะสมแล้วสามารถตัดสินใจตอบปัญหาได้

ดังนั้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนที่ได้กล่าวไปในข้างต้น พบว่า การฝึกฝนและส่งเสริมให้นักศึกษาได้มีโอกาสใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 6 ขั้นตอน โดยได้รับความช่วยเหลือจากผู้สอนเมื่อจำเป็น ซึ่งความช่วยเหลืออาจอยู่ในรูปของการใช้คำถามเพื่อช่วยกระตุ้นความคิด หรือการใช้คำถามที่ช่วยให้นักศึกษาไต่ระดับความคิด สามารถนำประสบการณ์มาปรับใช้ รวมถึงการชี้แนะอย่างเหมาะสม ซึ่งถือเป็นแนวทางในการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาของนักศึกษา

2. การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ของอนุพันธ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สำหรับผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการนำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย “การแปลงพาเพลิน” ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 “ใต้ฟ้าบนดิน” ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ “แผนการตลาดของร้านค้าปลอดภัยไว้ก่อน” ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งวิเคราะห์จากการเขียนคำตอบของนักศึกษา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ) ของระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์								
	วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	ชำนาญ	พัฒนา	ปรับปรุง	ชำนาญ	พัฒนา	ปรับปรุง	ชำนาญ	พัฒนา	ปรับปรุง
การทำความเข้าใจปัญหา	25 (62.50)	14 (35.00)	1 (2.50)	26 (65.00)	14 (35.00)	0 (0.00)	39 (97.50)	1 (2.50)	0 (0.00)
การสร้าง/กำหนดแบบจำลอง	35 (87.50)	3 (7.50)	2 (5.00)	37 (92.50)	3 (7.50)	0 (0.00)	38 (95.00)	2 (5.00)	0 (0.00)
การคำนวณโดยใช้คณิตศาสตร์	32 (80.00)	7 (17.50)	1 (2.50)	32 (80.00)	8 (20.00)	0 (0.00)	37 (92.50)	3 (7.50)	0 (0.00)
การตีความแปลความ สร้างข้อสรุป	4 (10.00)	21 (52.50)	15 (37.50)	28 (70.00)	7 (17.50)	5 (12.50)	37 (92.50)	3 (7.50)	0 (0.00)
การตรวจสอบข้อสรุป	- -	- -	- -	28 (70.00)	10 (25.00)	2 (5.00)	32 (80.00)	5 (12.50)	3 (7.50)
การประเมินเพื่อตัดสินใจ	- -	- -	- -	26 (65.00)	12 (30.00)	2 (5.00)	33 (82.50)	4 (10.00)	3 (7.50)

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ จะสังเกตได้ว่า

1) ขั้นตอนที่มีพัฒนาการมาก มีพัฒนาการในระดับชำนาญเป็นไปอย่างก้าวกระโดดโดยพิจารณาจากผลต่างในระดับชำนาญของวงจรปฏิบัติการที่ 3 กับ วงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า พัฒนาการมากอันดับหนึ่ง คือ ขั้นที่ 4 การตีความแปลความหมาย และสร้างข้อสรุป กล่าวคือ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญเพียง 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10 อันเนื่องมาจากนักศึกษาไม่เขียนหรือไม่มีการแสดงออกถึงการตีความเพราะเห็นว่าไม่ได้มีความจำเป็นเมื่อคำนวณได้แล้วตอบทันที ไม่แปลความหมายเพื่อสรุปคำตอบ ต่อมาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญถึง 28 คน คิดเป็นร้อยละ 70 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญ 37 คน คิดเป็นร้อยละ 92.50 ส่วนอีก 3 คนที่เหลือ คิดเป็นร้อยละ 7.50 อยู่ในระดับพัฒนา ที่เป็นเช่นนี้เพราะลักษณะของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้เอื้อต่อการแปลความก่อนตอบ รวมถึงนักศึกษาตระหนักและเห็นความสำคัญของการแปลความหมายมากขึ้นจากวงจรก่อนหน้าแล้วทำให้ผลในขั้นตอนนี้มีพัฒนาการมาก สำหรับการพัฒนาการมากอันดับสอง คือ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา กล่าวคือ วงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญ 25 คน คิดเป็นร้อยละ 62.50 ต่อมาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญ 26 คน คิดเป็นร้อยละ 65 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญถึง 39 คน คิดเป็นร้อยละ 97.50 เหลือเพียง 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.50 อยู่ในระดับพัฒนา อันเนื่องมาจากนักศึกษาใช้ การวาดแผนภาพ การวาดรูปภาพประกอบ และการสร้างตารางมาช่วยทำให้สามารถทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้เป็นอย่างดี

2) ขั้นตอนที่มีพัฒนาการน้อย มีพัฒนาการในระดับชำนาญของการดำเนินการครบทั้ง 3 วงจรน้อย โดยการสังเกตค่าที่ได้จากวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า มีนักศึกษาที่อยู่ในระดับชำนาญน้อยที่สุดอันดับหนึ่ง คือ ขั้นที่ 5 การตรวจสอบข้อสรุป มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญ 32 คน คิดเป็นร้อยละ 80 สำหรับนักศึกษาที่อยู่ในระดับชำนาญน้อยอันดับสอง คือ ขั้นที่ 6 การประเมินเพื่อตัดสินใจแก้ปัญหา หรือปรับปรุงแบบจำลอง หรือสร้างแบบจำลองใหม่ มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญ 33 คน คิดเป็นร้อยละ 82.50 ที่ผลออกมาเป็นเช่นนี้เพราะนักศึกษาบางส่วนไม่ดำเนินการในขั้นตอนดังกล่าว คือ ไม่มีการตรวจสอบคำตอบหรือประเมินเพื่อตัดสินใจ แต่เลือกที่จะตอบทันทีหลังได้คำตอบจากการคำนวณ หรือในบางส่วนขาดร่องรอยการแสดงออกถึงขั้นตอนดังกล่าว จึงทำให้สองขั้นตอนนี้มีพัฒนาการน้อย

ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อดำเนินการจนครบวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงจรแล้ว จะสังเกตเห็นว่าผลการวิจัยเป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือ มีการนำผลในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้นในวงจรที่ 2 หลังจากนั้นมีการพัฒนา ปรับปรุง และดำเนินการซ้ำอีกในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยผลลัพธ์ที่ได้ของทั้ง 6 ขั้นตอน มีนักศึกษาร้อยละ 80 ขึ้นไปอยู่ในระดับความชำนาญ ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษากลุ่มนี้อยู่ในระดับชำนาญร้อยละ 80 ขึ้นไปทุกขั้นตอน อันเนื่องมาจากมีการดำเนินการซ้ำเพื่อนำข้อบกพร่องมาพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้กล่าวมาในข้างต้นแสดงให้เห็นถึงผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถนำมาอภิปรายผลการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การส่งเสริมให้นักศึกษาแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ เมื่อนักศึกษาไม่สามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ ผู้สอนควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักศึกษาให้สามารถคิดหาวิธีการแก้สถานการณ์ปัญหาได้ หรืออาจให้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักศึกษา ซึ่งช่วยให้นักศึกษาเข้าถึงและสามารถแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้ สอดคล้องกับ รุ่งทิวา บุญมาโตน และคณะ (2561) ที่ได้กล่าวว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นบทเรียนด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันรวมถึงการใช้คำถามปลายเปิดช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาได้คิดและลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งช่วยให้นักศึกษามีผลการเรียนที่ดี ยิ่งไปกว่านั้นการให้สถานการณ์ปัญหาที่เป็นบริบทใกล้ตัวและเป็นเรื่องที่นักศึกษาสนใจ ทำให้นักศึกษาเห็นคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษา สอดคล้องกับ สกล ตั้งเก้าสกุล และ อัมพร ม้าคนอง (2560) ที่ได้กล่าวว่า ถ้านักศึกษาได้เรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาในบริบทใกล้ตัวจะช่วยให้นักศึกษาตระหนักถึงประโยชน์และคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ รวมถึงสอดคล้องกับ ชนิดา จำปาอ่อน (2562) ที่ได้กล่าวว่า กิจกรรมที่สร้างขึ้นมานั้นหากเป็นเรื่องใกล้ตัวหรือชีวิตจริงจะทำให้นักศึกษามีความสนใจพร้อมทั้งเห็นคุณค่าของการเรียนคณิตศาสตร์ และจากผลการวิจัยในครั้งนี้ยังพบว่า ประสบการณ์เดิมของนักศึกษาส่งผลต่อการทำความเข้าใจ การวิเคราะห์ และการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ Polya (1957) ที่ได้กล่าวว่า การประยุกต์ใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมจะทำให้เข้าใจโจทย์ปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งถือเป็นตัวช่วยในการแก้ปัญหา สำหรับแนวทางในการเลือกสถานการณ์ปัญหาให้เหมาะสมนั้น นอกจากจะเลือกสถานการณ์ปัญหาที่นักศึกษามีความคุ้นเคย มีประสบการณ์ หรือเป็นบริบทใกล้ตัวแล้ว ยังต้องมีการจัดเรียงสถานการณ์ปัญหาจากง่ายไปหายาก กล่าวคือ ในช่วงแรกปัญหาอาจไม่ซับซ้อนมากนัก เพื่อฝึกให้นักศึกษาคุ้นเคยกับปัญหา เมื่อนักศึกษาปรับตัวได้แล้วจึงเพิ่มเงื่อนไขให้ปัญหามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น หลังจากนั้นนำกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ทั้ง 6 ขั้นตอนมาช่วยในการแก้สถานการณ์ปัญหา เพราะจะทำให้นักศึกษาทราบขั้นตอนการดำเนินการอย่างชัดเจน มีทิศทางในการแก้ปัญหาตั้งแต่เริ่มทำความเข้าใจกับปัญหาจนกระทั่งประเมินเพื่อตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ควรเลือกสถานการณ์ปัญหาที่เอื้อต่อการใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ได้ครบถ้วนทุกขั้นตอน เพราะหากฝึกฝนให้มีการดำเนินการเพียงแค่บางขั้นตอน เมื่อเจอสถานการณ์ปัญหาที่ต้องดำเนินการทุกขั้นตอน จะทำให้นักศึกษาไม่สามารถดำเนินการได้ดีเท่าที่ควร ยิ่งไปกว่านั้น ความช่วยเหลือของผู้สอนเมื่อยามจำเป็นนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ เช่น การแนะแนวทางเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองด้วยการสร้างแผนภาพ รูปภาพ หรือตาราง ล้วนแล้วแต่มีส่วนช่วยให้นักศึกษาสามารถทำความเข้าใจกับปัญหาและดำเนินการแก้ปัญหาได้ รวมไปถึงการชี้ให้เห็นว่าในบางครั้งเมื่อหาคำตอบได้แล้ว ไม่สามารถตอบได้ทันที ต้องมีการตรวจสอบคำตอบก่อน จะทำให้นักศึกษาเห็นถึงความจำเป็นและตระหนักถึงความสำคัญของการตรวจสอบคำตอบ ซึ่งส่งผลให้การดำเนินการตามขั้นตอนกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. การดำเนินการควรดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการต่อเนื่องกัน 3 วงจร ซึ่งส่งผลให้นักศึกษามีพัฒนาการที่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนทั้งในแง่ของข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ กล่าวคือ ในแง่ของข้อมูลเชิงปริมาณสังเกตได้จากผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในตารางที่ 2 นั้น จะเห็นว่า วงจรปฏิบัติการที่ 3 มีผลการวิจัยที่ดีมาก นักศึกษาร้อยละ 80 ขึ้นไปมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์อยู่ในระดับความชำนาญ ทั้ง 6 ขั้นตอน อันเนื่องมาจากการทำซ้ำ ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ในการทำซ้ำถึง 3 วงจร จะช่วยให้นักศึกษา

มีพัฒนาการที่โดดเด่นเป็นอย่างยิ่ง สังเกตได้จากใน 4 ขั้นตอนแรกของกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ เมื่อมีการดำเนินการทำซ้ำ 3 วงจร ส่งผลให้มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญถึงร้อยละ 90 ขึ้นไป แต่สำหรับในขั้นตอนที่ 5 และ 6 ที่มีการทำซ้ำเพียง 2 วงจร มีนักศึกษาอยู่ในระดับชำนาญร้อยละ 80 ขึ้นไป นอกจากนี้ในแง่ของข้อมูลเชิงคุณภาพสังเกตได้จากการเขียนอธิบายหรือการคิดหาวิธีการให้ได้มาซึ่งคำตอบ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักศึกษาได้รับประสบการณ์ในการเขียนเป็นครั้งแรก ทำให้ไม่รู้ว่าควรเขียนอย่างไร ไม่มีทิศทางในการเขียนอธิบาย ซึ่งนักศึกษาแต่ละคนได้ลองเขียนตามที่เข้าใจ ทำให้เห็นร่องรอยของส่วนที่เข้าใจถูกต้องและส่วนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ถือเป็นการลองผิดลองถูกของนักศึกษา หลังจากนั้นผู้สอนได้ตรวจและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับรวมถึงแนะนำหลักการเขียนในแต่ละส่วน ดังนั้นเมื่อมาถึงวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักศึกษาได้รับประสบการณ์ในลักษณะเดิมทำให้นักศึกษาสามารถเขียนอธิบายได้ดีขึ้น มีร่องรอยการเรียนรู้จากการเขียนที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ สามารถเขียนได้ชัดเจนและตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ ยุพิน พิพิธกุล (2545) ได้กล่าวถึงหลักจิตวิทยาในการเรียนรู้ในประเด็นของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เมื่อนักศึกษาได้รับประสบการณ์หนึ่งเป็นครั้งแรก จะมีความอยากรู้อยากเห็นและอยากคิดจะทำถือเป็นการลองผิดลองถูก และเมื่อได้รับประสบการณ์นั้นอีกครั้งจะสามารถดำเนินการได้หรือตอบโต้ได้ ซึ่งแสดงถึงการเกิดการเรียนรู้

3. กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยในครั้งนี้ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งตามหลักสถิติแล้วทำให้ไม่สามารถอ้างอิงไปยังประชากรได้ ดังนั้น รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มตัวอย่างเฉพาะที่มีลักษณะหรือบริบทใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์มีหลากหลายปัจจัยซึ่งแตกต่างกันไปตามเนื้อหาและลักษณะของนักศึกษา ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าบริบทของสถานการณ์ปัญหา ประสบการณ์ของนักศึกษา ความคุ้นเคยกับสถานการณ์ปัญหา การลงมือปฏิบัติ การฝึกฝนจากการทำซ้ำ การใช้คำถาม การให้คำแนะนำ และการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ผู้สอนควรใช้คำถามในเชิงการกระตุ้นความคิดของนักศึกษา หากแต่นักศึกษายังไม่สามารถดำเนินการต่อได้ อาจใช้คำถามนำหรือแนะแนวทางให้แก่นักศึกษาในเบื้องต้น เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาใช้ความคิดหรือใช้ประสบการณ์ของนักศึกษามาช่วยในการแก้สถานการณ์ปัญหา นอกจากนี้ใบกิจกรรมและแบบฝึกหัดเพิ่มเติมที่ผู้สอนออกแบบให้นักศึกษานั้น ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีบริบทที่ใกล้ตัวและเป็นที่น่าสนใจของนักศึกษา รวมถึงเป็นสถานการณ์ปัญหาที่เอื้อต่อการใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ครบทั้ง 6 ขั้นตอน ถือเป็นการฝึกฝนให้นักศึกษาได้สัมผัสกับสถานการณ์ที่ต้องดำเนินการให้ครบทุกขั้นตอน เพื่อให้นักศึกษาตระหนักและเห็นความสำคัญของแต่ละขั้นตอนของกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจเพื่อต่อยอดการวิจัยครั้งนี้ ในประเด็นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ช่วยพัฒนาความฉลาดรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจ รวมถึงการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ในการพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะในศตวรรษที่ 21

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการตีพิมพ์ผลงานวิจัย สำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ตามโครงการสนับสนุนนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาทักษะการคิด ของคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณานุกรม

ชนิดา จำปาอ่อน. (2562). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารวิชาการศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ, 8*(2), 1-13.

ธัชพล พลรัตน์, รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์ และ พิศุทธวรรณ ศรีภิรมย์ สิริ นิลกุล. (2563). การศึกษาสภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์จริง เรื่องการประยุกต์ของแคลคูลัส ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *Humanities, Social Sciences and arts, 12*(5), 474-492.

ยุพิน พิพิธกุล. (2545). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. บพิธการพิมพ์.

รุ่งทิวา บุญมาโตน วนินทร สุภาพ และ รัชฎา วิริยะพงศ์. (2561). การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 29*(2), 51-61.

สกล ตั้งเก้าสกุล และ อัมพร ม้าคนอง. (2560). การพัฒนาชุดกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 12*(3), 442-458.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). PISA 2021 กับการประเมินความฉลาดรู้คณิตศาสตร์. *FOCUS ประเด็นจาก PISA*, *53*, 1-4.

Anhalt, C. O., & Cortez, R. (2016). Developing understanding of mathematical modelling in secondary teacher preparation. *Journal of Mathematics Teacher Education, 19*(6), 523-545.

Kemmis, S & McTaggart, R. (1988). *The action research planer* (3rd ed.). Deakin University.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.

Polya. (1957). *How to solve it* (3rd ed.). Doubleday.