การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

กวิน เหลืองโสภาพันธ์[1,*], พิชญ์สินี ชมภูคำ[2]

[1,2]สาขาวิชาวิจัยและเทคโนโลยีการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น

Received: 27 June 2023

Revised: 7 August 2023

Accepted: 7 September 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model และ (2) ศึกษาความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เป็นวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น ตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนโกวิทธำรงเชียงใหม่ จำนวน 1 ห้องเรียน 37 คน โดยการเลือกตัวอย่างแบบกลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ฐานนิยม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การแปรผัน และ t – test ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ผลการวิจัย พบว่า (1) กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 เนื้อหา 8 แผน เวลา 17 ชั่วโมง มีผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ EVOAC Model อยู่ในระดับ ดีมาก และ (2) ผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนผลต่างเฉลี่ย 21.51 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

คำสำคัญ: ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ความสามารถทางคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้

[*] ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: 6490051001@feu.edu

The Mathematical-Modeling-Based Learning Management to Promote the Mathematics' Abilities of Grade 12 Students

Kawin Lueangsophaphan[1,*], Phichsinee Chomphucome[2]
[1,2]Research and Technology in Learning Management, Faculty of Education, The Far Eastern University

Received: 27 June 2023
Revised: 7 August 2023
Accepted: 7 September 2023

Abstract

The objectives of this research were (1) to create the learning management using mathematical modeling which was EVOAC model and (2) to study the mathematics' abilities after learning with mathematical modeling on the topic of applied derivatives and integrals of functions of grade 12 students. This study was a pre–experimental research. The sample from cluster sampling was 1 classroom, 37 students of grade 12 at Kowitthamrong Chiang Mai School. The data were analyzed by percentage, mean, mode, standard deviation, coefficient of variation and t – test for research hypothesis investigation. The results showed that (1) learning plans using a mathematical modeling, EVOAC model, consisting of 3 contents, 8 lesson plans spending 17 hours. The suitability assessment of the learning management plans applying EVOAC model was at a very good level and (2) the results of mathematics' abilities assessment after learning with this model were higher with having the difference of mean of 21.51. Moreover, it was found the mean after learning was higher than before learning at 0.01 significantly.

Keywords: Mathematical modeling, Mathematics' abilities, Learning management

[*] Corresponding Author; E-mail: 6490051001@feu.edu

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยุคสมัยแห่งนวัตกรรมการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี (Disruptive Innovation) และสิ่งอำนวยความสะดวกมากมายยังคงมีการแข่งขันที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่ว่าจะเป็นทางด้านเศรษฐกิจ การศึกษา การคมนาคม และอื่น ๆ ดังนั้น ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะพัฒนาทักษะการเรียนรู้ และการทำงานให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์ถือเป็นหนึ่งในวิชาที่มีส่วนในการพัฒนานวัตกรรม เป็นรากฐานขององค์ความรู้ต่าง ๆ และยังเป็นวิชาที่ใช้ในพัฒนาสมรรถนะของบุคคลในการทำงานด้วย ทั้งนี้แนวโน้มของทุกอาชีพบ่งชี้ว่าบุคคลต้องมีความสามารถที่จะเข้าใจสื่อสาร ใช้และอธิบายแนวคิดและวิธีการที่ยึดถือการคิดแบบคณิตศาสตร์เป็นหลัก (IPST, 2015) โดยคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ministry of Education, 2017) คุณลักษณะสำคัญนี้เป็นความสามารถของบุคคลที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูล องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ มาใช้ในการคิดเพื่อทำความเข้าใจ หรือหาคำตอบของปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล มีการให้เหตุผลเกี่ยวกับวิธีที่เลือกใช้นำเสนอตัวแทนความคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อสื่อสาร และสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ให้บุคคลอื่นเข้าใจ ซึ่งเรียกว่า “ความสามารถทางคณิตศาสตร์” (Sonchiu, 2020)

ในการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบพัฒนากระบวนการคิด และการจัดการ ดังที่ Chomphucome (2018) และ Gonphila (2021) ได้เสนอแนวคิดและขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดและการจัดการ เพื่อให้คิดค้น ค้นคว้า แก้ปัญหา ด้วยตนเองและเป็นกลุ่ม สอดคล้องกับชีวิตจริง ลักษณะการจัดกิจกรรมจะต้องก่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประโยชน์ในชีวิตจริง เน้นการฝึกทักษะการสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ทั้งการคิดและการจัดการ มุ่งให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข สนุกกับการคิดสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ใช้กระบวนการกลุ่มระดมความคิด ร่วมกันอภิปราย วิเคราะห์ วางแผนหาแนวทางปฏิบัติ เพื่อการเรียนรู้และพัฒนาส่งเสริมศักยภาพ โดยเฉพาะด้านความรู้ความเข้าใจ ความมีเหตุผล การแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คำนึงถึงการพัฒนาของผู้เรียนแต่ละช่วงชั้นเรียนทั้งด้านความสามารถ ความสนใจ อารมณ์ สังคม และความแตกต่างระหว่างบุคคล อีกทั้งการจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ประสบการณ์จริง เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง เน้นประสบการณ์ที่ได้รับ

ตามยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีทักษะสำคัญ คือ การคิด การปฏิบัติ และการคิดขั้นสูง เพื่อเตรียมคนให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในอนาคต ปรับตัวอยู่ได้ในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง (OCPPE, 2017) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมทักษะด้านการคิด ได้แก่ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะการแก้ปัญหา ที่ต้องอาศัยเครื่องมือในการเปลี่ยนข้อความ สถานการณ์ ให้ปฏิบัติเป็นขั้นตอนไปสู่ระบบสัญลักษณ์และแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล เรียกว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และส่งเสริมกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการเลือกเนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาทักษะการคิดคำนวณ และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ ดังที่ Panpanya (2014) และ Kanachan et al. (2020) กล่าวว่า การประยุกต์อนุพันธ์ และปริพันธ์ของฟังก์ชันจะสามารถช่วยในการจัดการเรียนรู้เพื่ออธิบายข้อมูลที่เป็นสถานการณ์ปัญหาจากนามธรรมเป็นรูปธรรม ผู้เรียนจะ

สามารถเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างรวดเร็ว เห็นภาพความเป็นจริงในสถานการณ์ปัญหามากขึ้น อันเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยสนับสนุน และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดคำนวณ และทักษะการแก้ปัญหา จากเหตุผลดังกล่าวการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ตามทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2. เพื่อศึกษาความสามารถทางคณิตศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

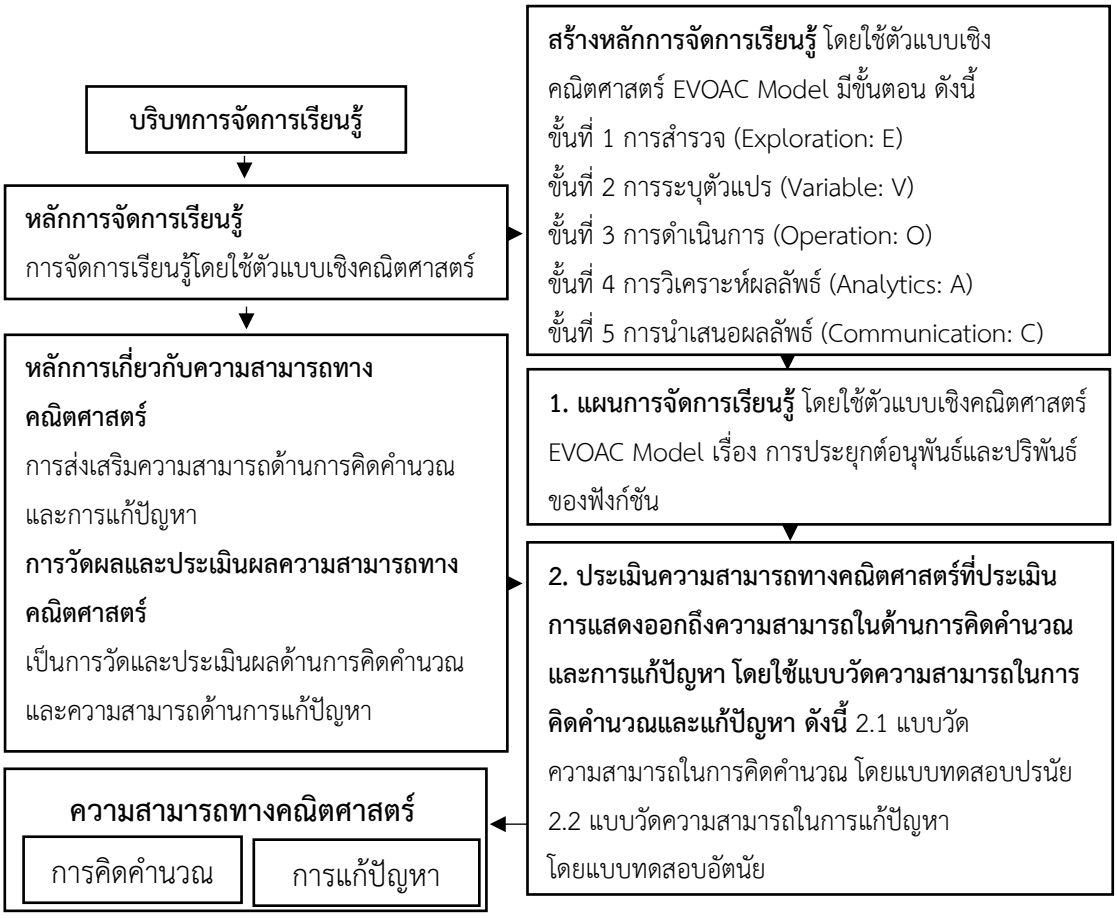
1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนโดยใช้หลักการตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึง ตัวแทนสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาต่าง ๆ ที่ต้องการหาคำตอบซึ่งเขียนในรูปแบบสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ฟังก์ชัน หรือสมการทางคณิตศาสตร์ (Viriyapong, 2021) ซึ่ง Wangsila (2018) Nenthien (2017) Hernández et al. (2017) ได้เสนอหลักการ แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 การประมวลผล ขั้นที่ 4 การดำเนินการ/ การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 5 การปรับแต่ง/ การทำซ้ำ ขั้นที่ 6 การแปลความหมายและการตรวจสอบ และขั้นที่ 7 การนำเสนอผลลัพธ์ อย่างเป็นขั้นตอน

2. ความสามารถทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางการคิดคำนวณ และการคิดแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการอ้างเหตุผลเพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล ตลอดจนนำความรู้ไปใช้ในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ให้บุคคลอื่นเข้าใจ โดยการวัดผลประเมินผลความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินตามสภาพจริงที่มีความครอบคลุมด้านความรู้ความคิดทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ตามสมรรถภาพแต่ละด้าน ดังนี้ (1) ด้านการคิดคำนวณ ประเมินจากการแสดงด้วยพฤติกรรม รู้ จำ และนำไปใช้ ที่สามารถแสดงออกด้วยพฤติกรรม ได้แก่ บอกนิยาม ทฤษฎีบท และข้อตกลงต่าง ๆ อธิบายและยกตัวอย่างประกอบ ตลอดจนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง โดยใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลโดยแบบทดสอบแบบปรนัย (2) ด้านการแก้ปัญหา ประเมินการแสดงขั้นตอนของการแก้ปัญหาและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่มีรายละเอียดชัดเจน เพียงพอที่จะใช้ประเมิน นอกจากนี้ควรมีการบันทึกเพิ่มเติมในกรณีที่ผู้เรียนแสดงความสามารถในการมองปัญหาย้อนกลับ โดยการตรวจสอบขั้นตอนการแก้ปัญหา วิธีแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้ ตลอดจนการขยายผลการแก้ปัญหาให้อยู่ในรูปของหลักการทั่วไปได้ โดยที่เกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พิจารณาได้จากประเด็น คือ (1) ความเข้าใจปัญหา (2) การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา

(3) การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา และ (4) การสรุปคำตอบ (IPST, 2017) โดยใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลโดยแบบทดสอบแบบอัตนัย

3. หลักการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุเชิงผล เป็นลักษณะการประเมินของผู้ผลิต สร้าง หรือพัฒนาสื่อ ในขั้นก่อนทดลองใช้ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการใช้ ตามหลักการของ Buason (2017) เป็นกระบวนการประเมินความเหมาะสมของนวัตกรรม ซึ่งการประเมินในส่วนนี้เป็น การมุ่งพิจารณาว่านวัตกรรมที่สร้างขึ้นมานั้นมีความเหมาะสมถูกต้องมากน้อยเพียงไร ทั้งในแง่รูปลักษณ์ที่เหมาะสมของนวัตกรรมตามหลักวิชาการออกแบบและในแง่ความเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้นวัตกรรม โดยการประเมินความเหมาะสมก็สามารถใช้วิธีการ คือ ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบนวัตกรรมหรือนักเทคโนโลยีทางการศึกษาเป็นผู้พิจารณาประเมิน จนกระทั่งการวิเคราะห์แปลผลการประเมินอาจใช้ค่าเฉลี่ยสำหรับตัดสินใจบ่งบอกสถานภาพความเหมาะสม

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

นักเรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ฯ

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre–Experimental Research) มีแบบแผนเป็นแบบกลุ่มเดียววัดผลสองครั้ง (One – Group Pretest Posttest Design) คือ O_1 X O_2 โดยระหว่างการใช้แผนการจัดการเรียนรู้มีการประเมินเมื่อสิ้นสุดในแต่ละเนื้อหา ดังนี้ (1) การหาอนุพันธ์ฟังก์ชัน (2) การหาปริพันธ์ของฟังก์ชัน (3) การหาพื้นที่ใต้โค้ง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของการประเมินและเป้าหมายการตรวจสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ ตามแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของการประเมินและเป้าหมายตามแบบแผนการทดลอง

การประเมิน	เป้าหมายความสามารถทางคณิตศาสตร์	แบบแผน
ประเมินก่อนเรียน		O_1
การประเมินหลังสิ้นสุดในแต่ละเนื้อหา	อนุพันธ์ของฟังก์ชัน	X
	ปริพันธ์ของฟังก์ชัน	
	การหาพื้นที่ใต้โค้ง	
ประเมินหลังเรียน		O_2

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 5 ห้องเรียน 194 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนโกวิทธำรงเชียงใหม่

ตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1 ห้องเรียน 37 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนโกวิทธำรงเชียงใหม่ โดยได้จากการเลือกตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling)

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน จำนวน 8 แผน และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 17 ชั่วโมง ได้แก่ (1) แผนที่ 1 เรื่อง ฟังก์ชันเพิ่มและฟังก์ชันลด จำนวน 2 ชั่วโมง (2) แผนที่ 2 เรื่อง ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดสัมพัทธ์จำนวน 3 ชั่วโมง (3) แผนที่ 3 เรื่อง ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดสัมบูรณ์ จำนวน 2 ชั่วโมง (4) แผนที่ 4 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับค่าสูงสุดและต่ำสุด จำนวน 2 ชั่วโมง (5) แผนที่ 5 เรื่อง การประยุกต์ปริพันธ์ไม่จำกัดเขต จำนวน 2 ชั่วโมง (6) แผนที่ 6 เรื่อง การหาพื้นที่ปิดล้อมระหว่างแกนกับเส้นโค้ง จำนวน 2 ชั่วโมง (7) แผนที่ 7 เรื่อง การหาพื้นที่ปิดล้อมระหว่างเส้นโค้ง จำนวน 2 ชั่วโมง และ (8) แผนที่ 8 เรื่อง การประยุกต์การหาพื้นที่ปิดล้อมด้วยเส้นโค้ง จำนวน 2 ชั่วโมง

2. แบบประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ 1) แบบวัดความสามารถด้านการคิดคำนวณ เป็นแบบปรนัย 2) แบบวัดความสามารถด้านการแก้ปัญหา เป็นแบบอัตนัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ การสอนคณิตศาสตร์ และหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ โดยเก็บข้อมูล ดังนี้

1.1 การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model ตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้ค่าดัชนีความเหมาะสม ตามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)

1.2 การประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบปรนัยกับจุดประสงค์การเรียนรู้ พบว่า แบบทดสอบปรนัยทั้งหมด 28 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.67 – 1.00 สรุปได้ว่า แบบทดสอบปรนัยมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา สามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อ และมีผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบอัตนัยกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 10 ข้อ พบว่า แบบทดสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนั้น แบบทดสอบอัตนัยมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา สามารถนำไปใช้ได้จำนวน 7 ข้อ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล (Try out) คือ นักเรียนโรงเรียนเทพบดินทร์วิทยาเชียงใหม่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 33 คน ในการนำแบบทดสอบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้ มีผลการสอบ ดังนี้

2.1 แบบทดสอบปรนัยได้ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.39 – 0.70 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.50 – 0.83 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปรนัยทั้งฉบับ (KR-20) เป็น 0.86 โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ ค่าความยาก ตั้งแต่ 0.2 – 0.8 แสดงว่า แบบทดสอบมีความยากที่เหมาะสม ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป แสดงว่า แบบทดสอบมีอำนาจจำแนกในระดับดีขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่น ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป แสดงว่าแบบทดสอบนั้นใช้ได้มีความเชื่อมั่นในระดับสูง (Chomphucome, 2022)

2.2 แบบทดสอบอัตนัยได้ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.31 – 0.61 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.32 – 0.40 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัยทั้งฉบับด้วยวิธีของฮอยท์ เป็น 0.82 โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ ค่าความยากตั้งแต่ 0.2 – 0.8 แสดงว่า แบบทดสอบมีความยากที่เหมาะสม ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป แสดงว่า แบบทดสอบมีอำนาจจำแนกในระดับดีขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่น ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป แสดงว่าแบบทดสอบนั้นใช้ได้มีความเชื่อมั่นในระดับสูง (Chomphucome, 2022)

3. การเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

3.1 การเก็บข้อมูล เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหา โดยประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์จากการทดสอบเมื่อสิ้นสุดในแต่ละเนื้อหา

3.2 การเก็บข้อมูลตามแบบแผนการทดลอง (O_1 X O_2) คือ การทดสอบก่อนเรียน และการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบปรนัยวัดความสามารถด้านการคิดคำนวณ และแบบทดสอบอัตนัยวัดความสามารถด้านการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การหาค่าทางสถิติพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ฐานนิยม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์การแปรผัน และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติอนุมาน ได้แก่ t – test (Paired Difference for Means Test) (Chomphucome, 2022)

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตารางที่ 2 รายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้		เทคนิค
รูปแบบทั่วไป	**รูปแบบ EVOAC**	**การจัดการเรียนรู้**
ขั้นนำ เป็นขั้นการเตรียมความพร้อม ตรวจสอบและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	**ขั้นที่ 1 การสำรวจ (Exploration: E)** เป็นขั้นของการสำรวจสถานการณ์ปัญหา ระบุปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นคิด	1. การใช้คำถาม 2. การใช้สถานการณ์จริง 3. การแก้โจทย์ปัญหาตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาและหาผลลัพธ์ 4. การเชื่อมโยงความรู้ 5. การเปรียบเทียบ 6. การวิเคราะห์เงื่อนไข 7. การจับคู่คิด (Think Paired Share) 8. การระดมแลกเปลี่ยนความคิด (Discussion)
ขั้นสอน เป็นขั้นการนำองค์ความรู้เดิมมาสร้างองค์ความรู้ใหม่ รับรู้ และเข้าใจตามจุดมุ่งหมาย	**ขั้นที่ 2 การระบุตัวแปร (Variable: V)** เป็นขั้นของการระบุสิ่งที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา พร้อมทั้งดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการแทนสิ่งที่ได้ในรูปของฟังก์ชัน หรือการเขียนในรูปสัญลักษณ์	
	ขั้นที่ 3 การดำเนินการ (Operation: O) เป็นขั้นของการดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้คำตอบของตัวแปรจากฟังก์ชันต่าง ๆ	
	ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Analytic: A) เป็นขั้นของการแปรผลคำตอบจากขั้นตอนที่ 3 ถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ว่าสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาหรือไม่	
ขั้นสรุป เป็นขั้นการทบทวน สรุป ตรวจสอบ ความรู้อย่างเป็นระบบ	**ขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์ (Communication: C)** เป็นขั้นของการสรุปผลลัพธ์ เพื่ออธิบายและตอบคำถามปัญหาที่ระบุในสถานการณ์	

จากข้อมูลตารางที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ละเอียดและชัดเจนกว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทุกเนื้อหาสาระ ในการวิจัยครั้งนี้ได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model ครบทุกขั้นตอน จำนวน 8 แผน เวลาที่ใช้ทั้งหมด 17 ชั่วโมง ตามผลการเรียนรู้ จุดประสงค์ และเนื้อหา เรื่องการประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมีเทคนิคการจัดการเรียนรู้สำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหา

การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 5 ขั้นตอน เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน

เนื้อหาและค่าสถิติ / ด้านการประเมิน	อนุพันธ์ของฟังก์ชัน	ปริพันธ์ของฟังก์ชัน	การหาพื้นที่ใต้โค้ง	รวม	การแปลผล
	$\bar{x}$ (s)	$\bar{x}$ (s)	$\bar{x}$ (s)	$\bar{x}$ (s)	
1. เนื้อหาสาระ	5(0)	5(0)	5(0)	5(0)	ดีมาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้	4.90(0.31)	4.97(0.18)	4.97(0.18)	4.94(0.20)	ดีมาก
3. สื่อการเรียนรู้	4.93(0.26)	4.80(0.41)	5(0)	4.91(0.15)	ดีมาก
4. การวัดและประเมินผล	4.60(0.51)	4.87(0.35)	4.93(0.26)	4.80(0.30)	ดีมาก
5. รูปแบบของแผน ฯ	5(0)	5(0)	5(0)	5(0)	ดีมาก
สรุป	**4.89(0.32)**	**4.93(0.25)**	**4.98(0.20)**	**4.93(0.19)**	**ดีมาก**

จากข้อมูลตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์ และปริพันธ์ของฟังก์ชัน จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยมีการประเมิน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.94 ด้านสื่อการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 ด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 และด้านรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 ซึ่งผลการประเมินในทุกด้านมีความความเหมาะสมในระดับ ดีมาก และมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.19

2. ผลการศึกษาความสามารถทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดและประเมินผล โดยประเมินเมื่อจบแต่ละเนื้อหาทั้งหมด 3 เนื้อหา ดังตารางที่ 4 – 5 และประเมินตามแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 4 – 7

ตารางที่ 4 ค่าสถิติของคะแนนผลความสามารถทางคณิตศาสตร์ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model เมื่อจบแต่ละเนื้อหา

เนื้อหา	คะแนนเต็ม	Max.	Min.	$\bar{X}$	S	C.V.
อนุพันธ์ของฟังก์ชัน	20	19	10	14.05	2.48	0.18
ปริพันธ์ของฟังก์ชัน	20	20	10	15.43	2.17	0.14
การหาพื้นที่ใต้โค้ง	20	19	12	15.86	2.52	0.16

จากข้อมูลตารางที่ 4 สรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยเนื้อหาเรื่อง การหาพื้นที่ใต้โค้งมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 15.86 คะแนน และมีค่าคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกับเนื้อหาเรื่อง ปริพันธ์ของฟังก์ชัน ที่มีคะแนนเฉลี่ย คือ 15.43 คะแนน สำหรับเนื้อหาเรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชันมีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าเนื้อหาอื่น คือ 14.05 คะแนน และมีคะแนนการกระจายมากกว่าเนื้อหาอื่น คือ C.V. เท่ากับ 0.18

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ระดับคุณภาพของความสามารถทางคณิตศาสตร์ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model เมื่อจบแต่ละเนื้อหา

เนื้อหา	ร้อยละ (จำนวน) ตามระดับคุณภาพ					ฐานนิยม
	ยอดเยี่ยม	ดีมาก	ดี	พอใช้	กำลังพัฒนา	
อนุพันธ์ของฟังก์ชัน	8.11(3)	10.81(4)	45.95(17)	35.14(13)	0(0)	ดี
ปริพันธ์ของฟังก์ชัน	18.92(7)	37.84(14)	37.84(14)	5.41(2)	0(0)	ดีมาก, ดี
การหาพื้นที่ใต้โค้ง	32.43(12)	18.92(7)	24.32(9)	24.32(9)	0(0)	ยอดเยี่ยม

จากข้อมูลตารางที่ 5 พบว่า ผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ ตามเนื้อหา 3 เนื้อหา ได้แก่ (1) อนุพันธ์ของฟังก์ชัน มีนักเรียนร้อยละ 45.95 ได้ผลการประเมินในระดับ ดี (2) ปริพันธ์ของฟังก์ชัน มีนักเรียนร้อยละ 37.84 ได้ผลการประเมินในระดับ ดี และดีมากเท่ากัน (3) การหาพื้นที่ใต้โค้ง มีนักเรียนร้อยละ 32.43 ได้ผลการประเมินในระดับ ยอดเยี่ยม และในภาพรวมพบว่า เมื่อเรียนจบแต่ละเนื้อหาจากการจัดการเรียนรู้ EVOAC Model ร้อยละของนักเรียนมีแนวโน้มระดับคุณภาพเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 6 ค่าสถิติของคะแนนผลความสามารถทางคณิตศาสตร์ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ความสามารถทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$ (S)		C.V.		ผลต่างคะแนน $\bar{x}$ (S)	t – test	p – value
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
การคิดคำนวณ	20	5.54 (2.75)	15.03 (1.83)	0.50	0.12	9.49 (2.24)	25.72***	4.59E-25
การแก้ปัญหา	25	8.41 (3.43)	20.43 (2.16)	0.41	0.11	12.03 (2.28)	32.10***	2.17E-28
ความสามารถทางคณิตศาสตร์	45	13.95 (5.10)	35.46 (3.28)	0.37	0.09	21.51 (3.48)	37.64***	8.32E-31

***ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากข้อมูลตารางที่ 6 พบว่า ผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังเรียนคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความสามารถด้านการคิดคำนวณ และด้านการแก้ปัญหา คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนผลต่างเฉลี่ย 9.49 และ 12.03 คะแนน ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันหลังเรียนน้อยกว่าก่อนเรียน แสดงได้ว่าค่าการกระจายของคะแนนหลังเรียนนักเรียนมีคะแนนใกล้เคียงกันกว่าก่อนเรียน เมื่อทดสอบด้วยค่าสถิติ t – test พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ทั้งด้านการคิดคำนวณ และด้านการแก้ปัญหา ด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ ในภาพรวมผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนผลต่างเฉลี่ย 21.51 คะแนน

ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันหลังเรียนน้อยกว่าก่อนเรียน แสดงได้ว่า หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนใกล้เคียงกันกว่าก่อนเรียนเมื่อทดสอบด้วยค่าสถิติ t – test พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ระดับคุณภาพของความสามารถทางคณิตศาสตร์ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ความสามารถทางคณิตศาสตร์	ร้อยละ (จำนวน) ตามระดับคุณภาพ					ฐานนิยม
	ยอดเยี่ยม	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	
การคิดคำนวณ	10.81(4)	21.62(8)	59.46(22)	8.11(3)	0(0)	**ดี**
การแก้ปัญหา	18.92(7)	76.68(28)	5.41(2)	0(0)	0(0)	**ดีมาก**
ความสามารถทางคณิตศาสตร์	8.11(3)	54.05(20)	37.84(14)	0(0)	0(0)	**ดีมาก**

จากข้อมูลตารางที่ 7 พบว่า ผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการคิดคำนวณ มีนักเรียนร้อยละ 59.46 ได้ผลการประเมินในระดับ ดี ด้านการแก้ปัญหา มีนักเรียนร้อยละ 76.68 ได้ผลการประเมินในระดับ ดีมาก และพบว่าหลังจัดการเรียนรู้ EVOAC Model ผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม มีนักเรียนร้อยละ 54.05 ได้ผลการประเมินในระดับ ดีมาก และมีร้อยละของนักเรียนมีระดับคุณภาพเพิ่มสูงขึ้น

อภิปรายผล

1. ผลการสร้างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตามรูปแบบ EVOAC Model เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ พบว่า (1) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model มีขั้นตอนชัดเจนนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้นี้มีความเหมาะสมระดับ ดีมาก และนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้จริง เนื่องจากผู้วิจัยได้สร้างและออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของ EVOAC Model และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้ลงมือปฏิบัติจริง ตามทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้เกิดความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นไปตามวงจรการเรียนรู้ และองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ หลักสูตร (Curriculums) การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ (Objective) กระบวนการเรียนรู้ (Learning) และการวัดผลประเมินผล (Evaluation) ซึ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นได้จากการสังเคราะห์จากเอกสารที่หลากหลายที่เน้นการคิดคำนวณ และการแก้ปัญหา ซึ่งในแต่ละเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์สามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการคิดคำนวณ และการแก้ปัญหา ตามสถานการณ์ปัญหา สอดคล้องกับหลักการ และงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ของ Wangsila (2018) Nenthien (2017) Hernández et al. (2017) สรุปขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 การประมวลผล ขั้นที่ 4 การดำเนินการ/ การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 5

การปรับแต่ง/ การทำซ้ำ ขั้นที่ 6 การแปลความหมายและการตรวจสอบ และขั้นที่ 7 การนำเสนอผลลัพธ์ นอกจากนี้ในการนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยก่อนนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model ไปใช้ได้หาประสิทธิภาพความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีความสอดคล้องตามหลักการของ Buason (2013) ที่เสนอให้มีการประเมินความเหมาะสมของนวัตกรรมการศึกษา และหลักการของ Fongsri (2008) สรุปได้ว่า ในการผลิตนวัตกรรมใด ๆ ก่อนที่จะนำไปใช้จริงควรต้องมีการหาประสิทธิภาพก่อน เพื่อให้นวัตกรรมนั้นเกิดประสิทธิภาพสูงสุดตามเป้าหมาย ดังนั้นในการผลิตนวัตกรรมทางการศึกษาที่มีประสิทธิภาพแล้วจะช่วยให้ผู้เรียนบรรลุผลสำเร็จได้ตามเป้าหมายที่กำหนด นวัตกรรมทางการศึกษาที่ครูผู้สอนสร้างขึ้นมีขั้นตอนในการหาประสิทธิภาพนวัตกรรมตามขั้นตอนหลักการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาแล้วให้มีการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งเน้นการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมเชิงเหตุเชิงผล (Rational Approach) โดยประเมินด้านลักษณะและเนื้อหาสาระของนวัตกรรม หลังการประเมินแล้วให้มีการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของหลักการดังกล่าว ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุดสามารถนำไปใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่าง และสอดคล้องเกี่ยวกับรูปแบบการวิจัย และการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยของ Kanthawat (2018) เรื่อง การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า แนวทางการในจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนในแผนการจัดการเรียนรู้ ควรให้ความสำคัญกับการเลือกสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับประสบการณ์ของนักเรียน หรือความสนใจร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด และมีการอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์ ตีความ ประเมินผลลัพธ์ และความรอบคอบในการทำงาน

2. ผลการศึกษาความสามารถทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model เมื่อจบแต่ละเนื้อหา พบว่า อนุพันธ์ของฟังก์ชัน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.05 คะแนน ปริพันธ์ของฟังก์ชันมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.43 คะแนน และการหาพื้นที่ใต้โค้ง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.86 คะแนน และหลังการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ EVOAC Model พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถด้านการคิดคำนวณ เท่ากับ 15.03 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยของความสามารถด้านการแก้ปัญหา เท่ากับ 20.43 คะแนน ซึ่งคะแนนความสามารถในการคิดคำนวณน้อยกว่าความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องด้วย การจัดการเรียนรู้โดยใช้ EVOAC Model เป็นการเน้นตามกระบวนการแก้ปัญหา รวมไปถึงเป็นการประยุกต์อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชัน ที่ใช้ตัวกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการใช้สถานการณ์จริง มีกระบวนการแก้ปัญหาตามขั้นตอน 5 ขั้นตอนของ EVOAC Model และพบว่าผลการเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สอดคล้องกับวิธีการประเมินผลโดยมีการประเมินระหว่างเรียน และการประเมินก่อนและหลังเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanthawat (2018) เรื่อง การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เรื่องลำดับและอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังนี้ นักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ได้เหมาะสมและสอดคล้อง สามารถสร้างตัวแปรเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในการทำกระบวนการเชิงคณิตศาสตร์ เลือกใช้หลักการกลยุทธ์ได้อย่างถูกต้อง และสามารถเลือกสถานการณ์พร้อมอธิบายการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้

อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yodsawarin et al. (2016) เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตผ่านเกณฑ์ มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการทำความเข้าใจสถานการณ์จริง การปรับเปลี่ยนสถานการณ์จริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการแปลความหมายคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เป็นคำตอบของสถานการณ์จริงได้ถูกต้องพร้อมทั้งอธิบายได้ชัดเจนขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ครูควรศึกษารายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างเข้าใจทุกขั้นตอนตาม EVOAC Model ก่อนนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอน ให้เหมาะสมกับเนื้อหา หรือกลุ่มสาระการเรียนรู้

1.2 การจัดการเรียนรู้ตาม EVOAC Model ควรเลือกเทคนิค และเทคโนโลยีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ สถานการณ์ ตลอดจนสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21

1.3 การจัดการเรียนรู้ตาม EVOAC Model ควรใช้สถานการณ์ที่สอดคล้องกับความสามารถพื้นฐานทางการคำนวณและการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดขั้นสูงตามทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนคุณลักษณะและสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ในยุคปัจจุบัน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบการจัดการเรียนรู้ควบคู่กับการใช้เทคโนโลยีที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองทุกที่ทุกเวลาและสอดคล้องกับความเหมาะสมต่อทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.2 การวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนานวัตกรรมรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

2.3 การวิจัยเกี่ยวกับสื่อเทคโนโลยีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

Buason, R. (2013). *Qualitative research in education***.** Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Buason, R. (2017). *Research and Development in educational Innovation.* 2nd ed. Bangkok: Chulalongkorn University. (in Thai)

Chomphucome, P. (2018). *Mathematics Learning Management.* [Online]. Retrieved May 22, 2023, from: http://www.phichsinee.cmru.ac.th/develop/article/file/3103131916.23. (in Thai)

Chomphucome, P. (2022). *Statistics for Research.* [Online]. Retrieved May 22, 2023, from: http://www.phichsinee.cmru.ac.th/elearning/stat_research. (in Thai)

Fongsri, P. (2008). *Educational assessment: concept into practice*. 5th ed. Bangkok: Dan Suttha Publishing. (in Thai)

Gonphila, N. (2021). *The Effect of Organizing Learning Using Realistic Mathematics Education About Ratio and Percentage on Mathematical Problem-Solving Ability and Mathematics Learning Achievement of Mathayomsuksa I Students.* Thesis of Master of Education Program in Mathematics. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

Hernández, L., Rachel L., Mathew F., and Rose Z. (2017). Mathematical Modeling in the High School Curriculum. *The Variable: An SMTS Periodical*, 2(2), 18–25.

IPST. (2017). *Programme for International Student Assessment Framework 2015*. Bangkok: IPST. (in Thai)

Kanachan, J., Kaewkhamson, K., Nongharnpituk, P., and Khansila, P. (2020). A Study of Learning Achievement in the Applications of Derivative Topic for Grade – 12 Students Taught by Incorporating GeoGebra Program into Mathematics Problem – Solving Based on Polya's Method. *Journal of Science and Science Education,* 3(1), 73–83. (in Thai)

Kanthawat, C. (2018). *An Action Research on Developing Grade 11 Students' Mathematical Literacy through Mathematical Modeling in Topic of Sequences and Series.* Thesis of Master of Education Program in Mathematics. Phitsanulok: Naresuan University. (in Thai)

Ministry of Education. (2017). *Learning Standards and Indicators in Mathematics: Basic Education Core Curriculum A.D. 2008 (update 2017)*. Bangkok: Agricultural Cooperative Federation. (in Thai)

Nenthien, S. (2017). Mathematics Learning with Real-World Problems Based on Mathematical Modeling. *Journal of Education Studies,* 45(2), 238–253. (in Thai)

Office of Coordination and Promotion of the Private Education Commission, Chiang Mai Province. (2017). *Private education quality development plan, Chiang Mai Province, Academic Year 2017 – 2021*. Chiang Mai: Office of Coordination and Promotion of the Private Education Commission, Chiang Mai Province. (in Thai)

Panpanya, S. (2014). *Application of Mathematics for Industrial Arts Education.* [Online]. Retrieved May 22, 2023, from: http://pws.npru.ac.th/october/data/files. (in Thai)

Sonchiu, K. (2020). *The Development of Prathomsuksa 3 Students' Mathematical Computation Ability through the Use of Natural Approach in Mathematical Thinking.* Thesis of the Degree of Master of Education Program in Curriculum & Instruction: Nonthaburi: Dhurakij Pundit University. (in Thai)

Viriyapong, R. (2021). *Introduction to mathematical modeling with differential equations.* Phitsanulok: Naresuan University. (in Thai)

Wangsila, P. (2018). The Study of Using Mathematical Modeling to Enhance Mathematical Creative Thinking in Geometric Analysis Topic for 10th Grade Students. *Journal of Education Naresuan University*, *22*(3), 150–163. (in Thai)

Yodsawarin, S., Janjaruporn, R., Thaithae, S., and Hayeesala, S. (2017). Instructional Activities to Enhance the Ability to Apply a Mathematical Model to Solve Mathematical Problems Related to Algebra for Mathayomsuksa Four Students. *Srinakarinwirot Science Journal*, 33(1), 249–264. (in Thai)