



The Development of Learning Achievement in Mathematics in Function Topic of Grade 10 Students Using 4MAT Teaching Model with GeoGebra

Siriyaporn Pudsuwan¹ Paweena Khansila² Prapaporn Nongharnpituk^{3*}

^{1,2,3}Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University

Research Article

Abstract

Corresponding E-mail

prapaporn.no@ksu.ac.th*

Article Info

Received

5 January 2024

Revised

16 March 2024

Accepted

25 March 2024

Keywords

4MAT teaching model,
GeoGebra, Learning
achievement,
Satisfaction

The objectives of this study were to 1) study the learning achievement in mathematics in function topic of grade 10 students using 4MAT teaching model with GeoGebra, 2) compare the learning achievement in mathematics of students before and after organizing learning the objectives of this study were to: 1) study the learning achievement in mathematics in function topic of grade 10 students using 4MAT teaching model with GeoGebra, 2) compare the learning achievement in mathematics of students before and after organizing learning activities, and 3) study the satisfaction of students towards learning activities. The sample in this study was grade 10 students at Somdetpithayakom School, Somdet District, Kalasin Province, totaling 36 people, which were selected by simple random sampling. The research instruments used were lesson plans, the achievement test, and a satisfaction questionnaire. The data were collected and analyzed using statistics, include mean, percentage, standard deviation, and t-test.

The results of the research found that 1) the learning achievement after studying using 4MAT teaching model with GeoGebra, the score was higher than the 70% threshold with statistical significance at the.05 level, 2) the learning achievement, post-test scores were higher than before learning with statistical significance at the.05 level, and 3) the satisfaction of students who received learning activities was at a high level ($\bar{X}$ = 4.31, $S.D.$ = 0.74).

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra

สิริยาภรณ์ ผุดสุวรรณ์¹ ปวีณา ชันธิ์ศิลา² ประภาพร หนองหารพิทักษ์^{3*}

^{1,2,3}คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา, มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสมเด็จพิทยาคม จำนวน 36 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าสถิติดังนี้ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ สถิติทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.31, $S.D.$ = 0.74)

คำสำคัญ : การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT, จีโอจีบร้า, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความพึงพอใจ

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 มีเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างก้าวกระโดด การสื่อสารอันไร้ขอบเขต ทำให้ทั่วโลกสามารถเชื่อมโยงและติดต่อสื่อสารเชื่อมโยงกันได้อย่างรวดเร็ว โดยประชาคมโลกให้ความสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อให้ก้าวทันกับสังคมโลกที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญโดยตรงต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มี คุณภาพอย่างมีศักยภาพ มีความรู้ทักษะ สมรรถนะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เหมาะสมตรงตามความต้องการกับสายงานนั้น **สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา** (Office of the Secretariat of the Education Council, 2014) ความเจริญก้าวหน้าของสังคมความเป็นอยู่ของมนุษย์ ได้มีการพัฒนาและดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบูรณาการเข้ากับการศึกษาในการจัดการเรียนการสอน การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เนื่องจากคณิตศาสตร์มีส่วนสำคัญต่อการสร้างพัฒนาการความคิดของมนุษย์ อีกทั้งศาสตร์ของคณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี รวมถึงวิชาอื่น ๆ ทั้งนี้ทั้งนั้นคณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ที่สำคัญสำหรับการพัฒนาและการดำเนินชีวิตอย่างมีความสุขร่วมกับผู้อื่นได้อย่างเหมาะสม **กระทรวงศึกษาธิการ** (Ministry of Education, 2008) นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังช่วยให้แต่ละบุคคลสามารถพัฒนาตนเองให้เป็นบุคคลที่มีคุณภาพ และมีส่วน

ร่วมกับสังคมอย่างสร้างสรรค์ และมีระบบระเบียบในการคิด การวางแผน การทำงาน การตัดสินใจ และการแก้ปัญหา **สิริพร ทิพย์คง** (Thipkong, 2002)

จากการที่ได้ทำการศึกษาพบข้อมูลว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ในปีการศึกษา 2564 - 2565 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ลดลง คิดเป็นร้อยละ 5.74 เมื่อเจาะลึกลงไปทีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม ปีการศึกษา 2565 จำแนกตามระดับชั้น พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ถึง 3,839 คนคิดเป็นร้อยละ 23.10 ซึ่งจะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ลดลง (Somdetpithayakom School, 2022) ซึ่งเมื่อศึกษาสภาพปัญหาในชั้นเรียน พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จากการทดสอบในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม โดยเฉพาะในเนื้อหาสาระจำนวนและพีชคณิต ส่วนใหญ่ยังมีปัญหาการเรื่อง ฟังก์ชัน เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่มีความกว้างขึ้นไม่เพียงแต่มีความหมายที่เป็นทางการเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงวิธีต่าง ๆ ในการเขียนและอธิบายฟังก์ชันต่างๆ อีกด้วย นอกจากความยากของเนื้อหาตามที่กล่าวมาแล้วนั้น อาจจะมีสาเหตุเพิ่มเติมจากการที่นักเรียนไม่มีแรงจูงใจในการเรียน ส่งผลให้เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ครูผู้สอนจึงมีความจำเป็นอย่างย่งที่จะทำให้ผู้เรียนทุกคนตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้ การเรียนคณิตศาสตร์โดยส่วนใหญ่จะกระตุ้นพัฒนาการของสมองด้านซ้าย อย่างไรก็ตามความสามารถในการคิดจะเติบโตอย่างสมบูรณ์เมื่อผู้เรียนสามารถพัฒนาสมองทุกส่วน และเมื่อครูสอนให้นักเรียนเรียนรู้การคิดและการใช้สมองทุกส่วนอย่างสม่ำเสมอ ณ เวลานั้นครูจะช่วยให้ให้นักเรียนพัฒนาศักยภาพได้อย่างทั่วถึง **ดุขฤ์ บริพัตร ณ อยุธยา** (Na Ayutthaya, 1995) ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาสมองซีกขวาและซีกซ้ายสลับกันไปมา

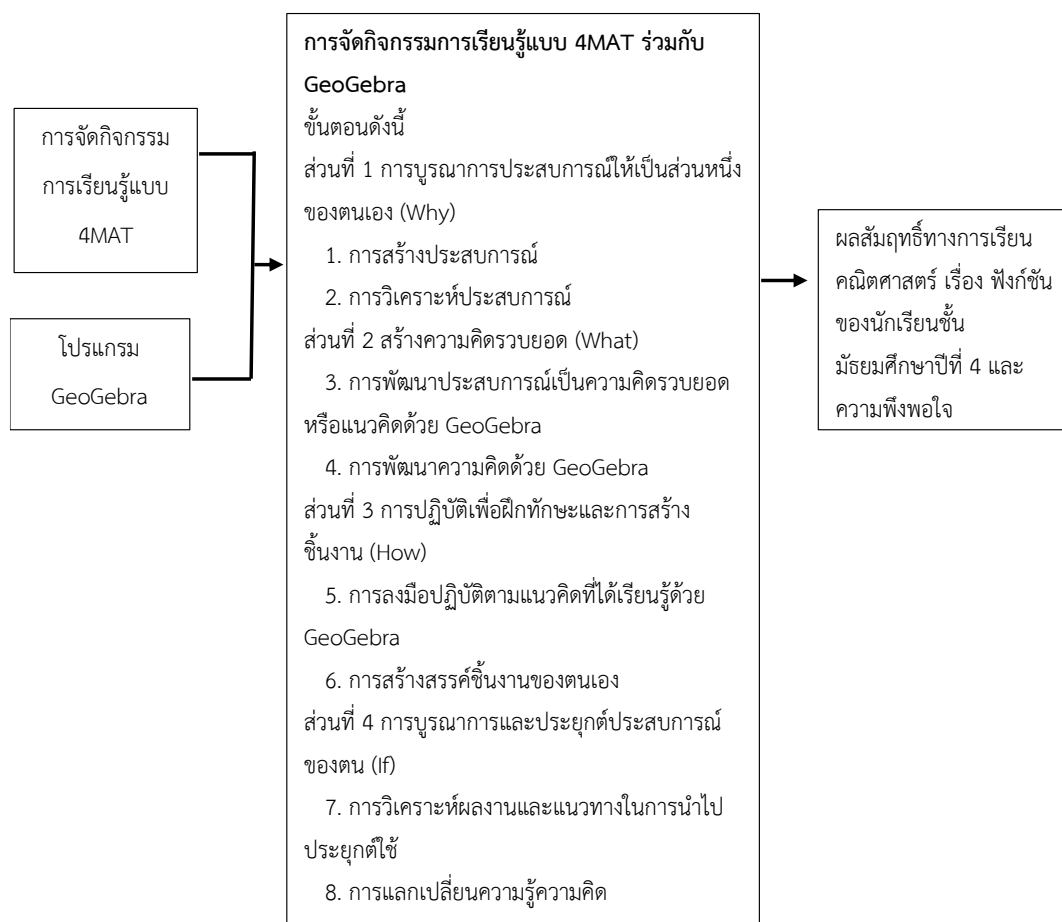
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่คำนึงถึงรูปแบบการเรียนรู้ของกลุ่มผู้เรียน 4 คุณลักษณะ กับการพัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวาอย่างสมดุล เพื่อให้นักเรียนศึกษาเรียนรู้ตามแบบและความต้องการของตนเองอย่างเหมาะสม และสามารถตระหนักถึงศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ **สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ** (Moolkham & Moolkham, 2015) วิธีการสอนแบบ 4 MAT มีขั้นตอน 8 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 สร้างคุณค่าและประสบการณ์ของสิ่งที่เรียน ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ประสบการณ์ ขั้นที่ 3 ปรับเป็นความคิดรวบยอดขั้นที่ 4 พัฒนาความคิดรวบยอด ขั้นที่ 5 ลงมือปฏิบัติจริงจากกรอบความคิดที่กำหนด ขั้นที่ 6 สร้างชิ้นงานตามความถนัดหรือความสนใจ ขั้นที่ 7 วิเคราะห์ผลและประยุกต์ใช้ ขั้นที่ 8 แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดกับผู้อื่น **ดาวเรือง บุตรทรัพย์** (Butsap, 2016) การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น (Alimalbari, Tuntiwaranuruk, & Sirisawad, 2021) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT อยู่ในระดับมากที่สุด **สุริยัน เขตบรรจง และณัฐชา บุญประสงค์** (Khatbanjong & Boonprasong, 2023)

GeoGebra เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สร้างสื่อการเรียนการสอนในเนื้อหาเรขาคณิตขั้นสูง ส่งเสริมให้ครูผู้สอนจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นอกจากนี้ยังเป็นซอฟต์แวร์ที่เชื่อมโยงระหว่างเรขาคณิตพีชคณิต และเป็นพลวัตเต็มรูปแบบ อีกทั้งเหมาะสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ทุกระดับชั้นที่รวบรวมเรขาคณิตพีชคณิตกราฟ สถิติ และแคลคูลัสไว้ในโปรแกรมเดียวกันที่สามารถใช้งานง่าย (Hohenwarter, 2020) ทั้งนี้ GeoGebra ยังเป็นโปรแกรมที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้รวมถึงไม่เสียค่าใช้จ่าย อีกทั้งในบทเรียน เรื่อง กราฟของฟังก์ชันมีเนื้อหาให้นักเรียนพิจารณารายภาพ ซึ่ง GeoGebra สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจในการพิจารณารายภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและทำการศึกษาได้บ่อยครั้งเท่าที่ต้องการ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงขึ้น **ณัฐกรณ์ ภูดี, ปวีณา**

ชั้นคีลา, และ ประภาพร หนองหารพิทักษ์; ณัฐพล หงษ์ทอง, ชีโรติ โลกธาตุ, และ สิทธิพร ประทีป (Poodee, Khansila, & Nongharnpituk, 2023; Hongthong, Lekkathat, & Prateep, 2023) นอกจากนี้ GeoGebra เป็นสื่อที่ปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนและสามารถเข้าถึงได้ในทุกระบบปฏิบัติการทั้งในและนอกชั้นเรียน สิทธิชัย พานิชย์วิไล และสิรินภา กิจเกื้อกูล (Panichwilai & Kijkuakul, 2023)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงส่งผลให้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra

สมมติฐานงานวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าก่อนเรียน

ระเบียบวิธีวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยใช้แผนวิจัย The One Group Pretest Posttest Design มีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 มีจำนวนห้องทั้งหมด 12 ห้อง จำนวนนักเรียน 454 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน โรงเรียนสมเด็จพระพิทยาคม อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ฟังก์ชัน	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การใช้ฟังก์ชันในชีวิตจริง (1)	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การใช้ฟังก์ชันในชีวิตจริง (2)	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กราฟของฟังก์ชัน	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การดำเนินการของฟังก์ชัน	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ฟังก์ชันผกผัน	จำนวน 2 ชั่วโมง

ฟังก์ชันเชิงเส้น

กราฟของฟังก์ชันเชิงเส้น

ฟังก์ชันเชิงเส้น จะมีกราฟเป็นเส้นตรง และมีลักษณะดังต่อไปนี้

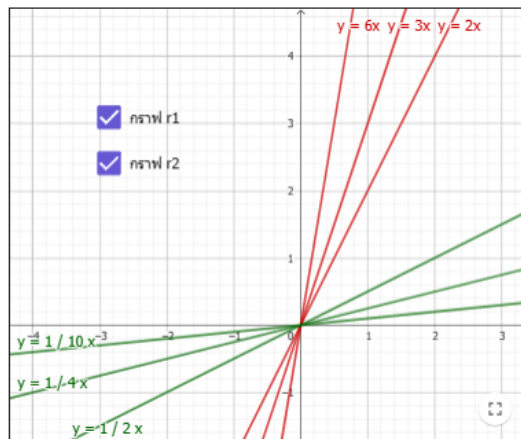
กราฟของฟังก์ชันเชิงเส้นที่กำหนดด้วย $y = ax + b$ เมื่อ $b = 0$

ตัวอย่างที่ 1 จงเขียนกราฟของฟังก์ชันเชิงเส้นต่อไปนี้ในระนาบเดียวกัน

1. $y_1 = 2x$, $y_2 = 3x$, $y_3 = 6x$
2. $y_1 = x$, $y_2 = x$, $y_3 = x$

วิธีทำ

Task 1



สรุป ลักษณะกราฟของ $y = ax + b$ เมื่อ $b = 0$

มีดังนี้ 1. กราฟจะผ่านจุด $(0, 0)$

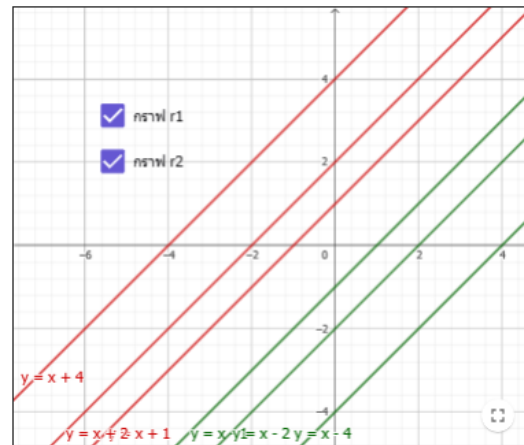
2. ถ้า a มีค่ามากขึ้น กราฟจะเบนเข้าหาแกน Y
- ถ้า a มีค่าน้อยลง กราฟจะเบนเข้าหาแกน X

กราฟของฟังก์ชันเชิงเส้นที่กำหนดด้วย $y = ax + b$ เมื่อ $b \neq 0$

ตัวอย่างที่ 2 จงเขียนกราฟของฟังก์ชันเชิงเส้นต่อไปนี้ในระนาบเดียวกัน

1. $y_1 = x + 1$, $y_2 = x + 2$, $y_3 = x + 4$
2. $y_1 = x - 1$, $y_2 = x - 2$, $y_3 = x - 4$

Task 2

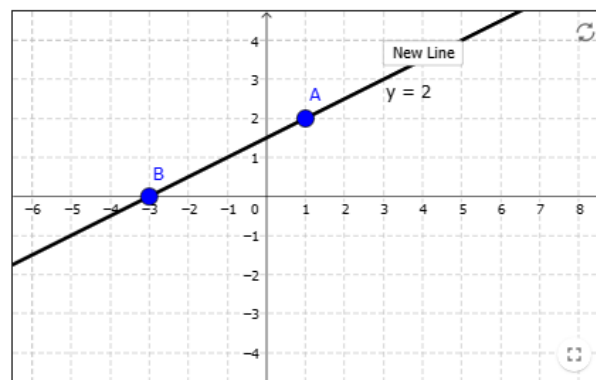


สรุป ลักษณะกราฟของ $y = ax + b$ เมื่อ $b \neq 0$ กราฟจะตัดแกน Y ที่จุด $(0, b)$ และตัดแกน X ที่จุด $(b, 0)$

ลองคิดลองทำ เรื่อง ฟังก์ชันเชิงเส้น

Author: Siriyaporn Pudsuwan, Steve Phelps

ให้นักเรียนสุ่มโจทย์ จำนวน 1 โจทย์โดยห้ามซ้ำกับเพื่อนและช่วยกันหากราฟของฟังก์ชันเชิงเส้นดังกล่าว และให้ส่งโดยการถ่ายภาพหน้าจอลงใน Line กลุ่ม



ภาพที่ 2 สื่อการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การใช้ฟังก์ชันในชีวิตจริง โดยใช้สื่อ GeoGebra Classroom

มีการศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำแผนการจัดการจัดการการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้ นำแผนการจัดการจัดการการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดการการเรียนรู้ ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า โดยภาพรวมแผนการจัดการเรียนรู้ความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.31$, $S.D. = 0.74$) ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ฟังก์ชัน แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีการศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำแบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สร้างแบบประเมินแบบทดสอบ นำแบบทดสอบเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.33-0.50 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33-1.00 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.97 และนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert Scale) จำนวน 17 ข้อ มีการศึกษาเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำแบบประเมินความพึงพอใจ สร้างแบบประเมินแบบความพึงพอใจ นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบพิจารณาหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบกับข้อคำถามที่สร้างขึ้น (Index of Congruence : IOC) พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัดความพึงพอใจในแต่ละด้าน (IOC) เท่ากับ 1.00 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และพิมพ์แบบสอบถามวัดความพึงพอใจ

เก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ดังนี้

1. อธิบายและชี้แจงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง
2. ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
3. ดำเนินการสอนโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งหมด 12 คาบ คาบละ 60 นาที
4. หลังจากทำการสอนครบทั้ง 6 คาบ ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน หลังเรียน (Post-test) และให้นักเรียน ทำแบบสอบถามความพึงพอใจ ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra
5. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อทำการสรุปและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติทดสอบค่าที่ one Samples t-test
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra โดยใช้สถิติทดสอบค่าที่ t-test for Dependent Samples
3. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้สถิติพื้นฐาน

ผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ทดสอบ	<i>n</i>	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	ร้อยละ	<i>S.D.</i>	<i>t</i>
หลังเรียน	36	20	14.89	74.44	2.303	2.32*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีสัมฤทธิ์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.89 ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.303 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 74.44 เมื่อทดสอบสมมติฐานแล้ว พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ก่อนและ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ทดสอบ	<i>n</i>	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	<i>t</i>
ก่อนเรียน	36	20	5.50	2.02	19.19*
หลังเรียน	36	20	14.75	2.23	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการทดลองมีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 14.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า เท่ากับ 2.23 และค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 5.50 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.02 เมื่อ เปรียบเทียบค่า *t* คำนวณเท่ากับ 19.19 กับค่าวิกฤตของ *t* ตารางเท่ากับ 1.6896 พบว่า *t* คำนวณมีค่า มากกว่าค่าวิกฤตของ *t* ตาราง แสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียน

ความพึงพอใจ	$\bar{X}$	<i>S.D.</i>	ระดับความพึงพอใจ
ด้านความรู้ความสามารถในรายวิชาที่สอนของครู	4.52	0.65	มากที่สุด
ด้านการใช้สื่อการสอน	4.38	0.83	มาก
ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน	4.36	0.71	มาก
รวม	4.31	0.74	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็นรายด้าน 3 ด้าน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.31, *S.D.* = 0.74) เมื่อพิจารณา รายด้าน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดคือ ด้านความรู้ความสามารถในรายวิชาที่สอนของครู มีความ

พึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$ $S.D. = 0.65$) รองลงมา คือ ด้านการใช้สื่อการสอน มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$, $S.D. = 0.83$) และด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.36$, $S.D. = 0.71$) ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra พบว่า หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT เป็นกระบวนการที่เตรียมไว้ให้ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้ในรูปแบบที่แต่ละคนถนัดโดยคำนึงถึงการทำงานของสมองและพฤติกรรมของนักเรียนเป็นสำคัญซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนร่วมกันอย่างมีความสุขและพัฒนาทักษะของตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนที่เป็นระบบชัดเจนแต่ยืดหยุ่นได้ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้นักเรียนมีความมั่นใจ กระตือรือร้น อยากเรียนรู้และเกิดการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรงอย่างสนุกสนาน ผ่อนคลาย ไม่รู้สึกกังวล กล้าแสดงความคิดเห็น อยากแลกเปลี่ยนเรียนรู้และช่วยเหลือบุคคลอื่น สามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ปรากฏ ตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผลและเกิดความแม่นยำส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ (Aliustaoğlu & Tuna, 2022) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT เป็นกระบวนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เน้นไปที่ความกระตือรือร้นการมีส่วนร่วมของนักเรียนในบทเรียนและนักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านทางคำถาม การร่วมกิจกรรม ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ (Alimalbari, Tuntiwaranuruk, & Sirisawad, 2021) รายงานว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 4MAT ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT สามารถส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นและเมื่อใช้ร่วมกับ GeoGebra ซึ่งเป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผสมผสานกันระหว่างเรขาคณิต พีชคณิต และแคลคูลัส เป็นโปรแกรมเรขาคณิตแบบสื่อสารสองทางระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์ และสามารถเปลี่ยนฟังก์ชันให้เป็นพล็อตได้ ทำให้ผู้เรียนเห็นภาพ และเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้น สอดคล้องกับสุภาภรณ์ สดวกดี และคณะ (Saduakdee, Chamniyan, Suriyan, Karen-in, & Khotchasarn, 2023) รายงานว่าการใช้ GeoGebra ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการใช้สื่อการเรียนการสอนที่เป็นพล็อต ผู้เรียนเห็นภาพได้ง่าย และสอดคล้องกับจิรคุณ เอ็บอิม (Eapim, 2023) รายงานว่าการใช้ GeoGebra ในการเรียนรู้สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า คะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT เป็นการเรียนรู้ที่พัฒนาทั้งสมองซีกซ้ายและซีกขวาสลับกันไปเพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ ซึ่งในระหว่างจัดการสอนมีการเรียนภาคทฤษฎีควบคู่ไปกับการปฏิบัติและนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำแบบฝึกหัดหรือใบงานได้ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้เรียนทุกคนได้เรียนรู้ในรูปแบบที่แต่ละคนถนัดโดยคำนึงถึงการทำงานของสมองและพฤติกรรมของนักเรียนเป็นสำคัญซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนร่วมกันอย่างมีความสุขและพัฒนาทักษะของตนเองซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Inel (Inel, 2018) รายงานว่า

การใช้วิธีการสอน 4MAT สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ดีกว่าวิธีการสอนแบบเดิม ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ในวิชาดังกล่าวของนักเรียนดีขึ้น และสอดคล้องกับเกษรา ศรีเมือง และคณะ (Srimuang, Yonwilad, Tongmol, & Phukrongtung, 2023) รายงานว่า การใช้ GeoGebra ประกอบการจัดการเรียนรู้ รูปแบบ 4MAT ส่งผลให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดเชิงมโนภาพซึ่งเป็นความเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action) ระดับกระบวนการ (Process) และระดับโครงสร้าง (Structure) และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ดีเพื่อสร้างความเข้าใจในการเรียน

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียน เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.31 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.74 เมื่อพิจารณา รายด้าน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านความรู้ความสามารถในรายวิชาที่สอนของครู ระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, $S.D.$ = 0.65) รองลงมา คือ ด้าน การใช้สื่อการสอนมีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.38 , $S.D.$ = 0.74) ด้านการวัดผลและประเมินผลการเรียน มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.36, $S.D.$ = 0.71) และ ด้านความสามารถในการถ่ายทอดเนื้อหาและเทคนิค มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.07, $S.D.$ = 0.83) ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นเครื่องมือของการเรียนรู้ที่ผู้เรียน มีส่วนร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการ จัดการเรียนรู้ดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี มีความเข้าใจ ในบทเรียนมากยิ่งขึ้น โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก คอยให้ความช่วยเหลือ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความพึง พอใจต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ ภัทราภรณ์ นามเกตุ และคณะ (Namgate, Saengsai, & Namseethan, 2023) ได้ทำการพัฒนาชุดการสอนโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ 4 MAT พบว่าความพึงพอใจ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.35, $S.D.$ = 0.36) และสอดคล้องกับวนิดา ศรีหา และคณะ (Sriha, Khansila, & Thienyutthakul, 2023) รายงานว่าในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra พบว่า ผู้เรียนมี ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.07

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

1. ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra ครูผู้สอนควรศึกษาบทบาทของ ตนเองในทุกขั้นตอนจนเกิดความชำนาญ เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ
2. ครูผู้สอนมีการวางแผน การจัดสรรเวลาให้เหมาะสม เพื่อให้ให้นักเรียนได้นื้อหาสาระที่ครบถ้วน เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT ร่วมกับ GeoGebra มีหลายขั้นตอนและใช้เวลามากกว่าการ จัดการเรียนรู้แบบปกติ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยในครั้งนี้ มีระยะเวลาเก็บข้อมูลการวิจัย ทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ รวมทั้งสิ้น 12 คาบ ซึ่งถือได้ว่ามีระยะเวลาค่อนข้างน้อย ในการเก็บข้อมูลการวิจัย ซึ่งอาจส่งผลต่อการพัฒนาทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยจึงควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บข้อมูลการวิจัย ให้มากขึ้น เพื่อให้ให้นักเรียนได้มีเวลาในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้มากขึ้นจนเกิดความ ชำนาญ

2. การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ต่อไปควรมีการศึกษาค้นคว้าหรือทำการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT กับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ หรือการใช้ GeoGebra กับวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้ได้แนวทางในการปรับปรุงพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

References

- Alimalbari, M., Tuntiwaranuruk, C., & Sirisawad, C. (2021). The Effects of Using The 4MAT Learning Activities in The Topic of Body Systems on Grade 8 Students' Analytical Thinking and Attitude Towards Science. *Journal of Education Naresuan University*, 23(3), 255-268. Retrieved from https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/152262 (In Thai)
- Aliustaoglu, F., & Tuna, A. (2022). Analysis of the Pedagogical Content Knowledge Development of Prospective Teachers in the Lesson Plan Development Process. 4MAT Model. *International Journal of Progressive Education*, 18(1), 298-321. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1332564.pdf>
- Butsap, D. (2016). *Using Geogebra to Organize 4MAT Learning Activities to Improve the Learning Achievement in Hypothesis Testing*. Retrieved March 5, 2024, from The University of the Thai Chamber of Commerce: <https://searchlib.utcc.ac.th/library/online/thesis/264692.pdf>. (In Thai)
- Eapim, J. (2023). *The Effects of Learning Activities Management Using GeoGebra Media Technology on Mathematics Learning Achievement in the Topic of Graph of Function of Grade 10 Students at Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi in Phetchaburi*. Retrieved November 20, 2023, from <https://ir.stou.ac.th/handle/123456789/7787> (In Thai)
- Hohenwarter. (2020). *What is GeoGebra?* Retrieved December 28, 2023, from <https://www.geogebra.org/about>.
- Hongthong, N., Lekkathat, T., & Prateep, S. (2023). Effect of Inquiry-Based Learning with GeoGebra for Geometric Thinking and Mathematical Achievement of Grade 8 Students. *Journal of Science and Science Education (JSSE)*, 6(2), 320-332. Retrieved from <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE/article/view/264268/179363> (In Thai)
- Inel, Y. (2018). The Effect of Using the 4MAT Teaching Method in 6th-Grade Social Studies Education on the Academic Achievement of Students. *Review of International Geographical Education Online (RIGEO)*, 8(3), 440-458. Retrieved from <http://www.rigeo.org/vol8no3/Number3winter/RIGEO-V8-N3-2.pdf>.
- Khatbanjong, S., & Boonprasong, N. (2023). The Developing Academic Achievement of Mathayom Suksa 4 Students on Function Using The 4 MAT Learning Method. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(1), 270-286. Retrieved from <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/257701/175104> (In Thai)

- Ministry of Education. (2008). *Indicators and core learning content for the mathematics learning group*. Bangkok: Agricultural cooperative printing demonstrations of Thai co., Ltd. (In Thai).
- Moolkham, S., & Moolkham, A. (2015). *21 learning methods to develop thinking processes* (5th ed.). Bangkok: Photo print (In Thai).
- Na Ayutthaya, D. B. (1995). *From potential to freedom*. Nanmeebooks (In Thai).
- Namgate, P., Saengsai, P., & Namseethan, S. (2023). A teaching package development on Thai culture by using 4 mat learning of grade 6 students, Hardkhambonwattana school, Hardkham sub district, Muaeng district, Nongkhaiprovince. *Journal of Setthawit Review*, 3(2) , 42- 53. Retrieved from <https://so12.tci-thaijo.org/index.php/stw/article/view/605/438> (In Thai)
- Office of the Secretariat of the Education Council. (2014). *National Education Plan 2017-2036* (11th ed.). Bangkok: Prikwarn Graphic co., Ltd. (In Thai).
- Panichwilai, S., & Kijkuakul, S. (2023). Developing Social Constructivist Mathematical Lab Instruction With GeoGebra to Enhance Mathematical Creative Thinking in Circle of Grade IX Students. *Journal of Education Naresuan University*, 25(3), 286-296. Retrieved from https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/249283/178367 (In Thai)
- Poodee, N., Khansila, P., & Nongharnpituk, P. (2023). Effect of GeoGebra Software on 11th Grade Students' Mathematics Achievement in Functions. *Research and Development Journal Suan Sunandha Rajabhat University*, 15(1) , 51- 64. Retrieved from <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/irdssru/article/view/263323/178425> (In Thai)
- Saduakdee, S., Chamniyan, R., Suriyan, P., Karen-in, J., & Khotchasarn, K. (2023). The Results of Using GeoGebra in Mathematics Learning Management based on Flipped Classroom on Geometric Transformation of Secondary 2 Students. *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University*. *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University*, , 13(1), 4-13. Retrieved from <https://journal.pbru.ac.th/admin/upload/article/9608-2023-05-08.pdf> (In Thai)
- Somdetpithayakom School. (2022). *Somdetpithayakom School Educational Curriculum (in Thai)*.
- Sriha, W., Khansila, P., & Thienyutthakul, S. (2023). The Effect of using GeoGebra Program in ProcessLearning on Surface Areaand Volume of Eighth-Grade Students. *Journal of Academic Surindra Rajabhat*, 1(4), 1-14. Retrieved from <https://so10.tci-thaijo.org/index.php/jasrru/article/view/464/547> (In Thai)
- Srimuang, K., Yonwilad, W., Tongmol, N., & Phukrongtung, S. (2023). Study of Mathematical Conceptual Understanding Prisms and Cylinders Using the Geogebra Program to assemble the 4 MAT learning management model of seventh grade students. *Journal*

of Education Academic Chiang Rai Rajabhat University, 8(2), 27-47. Retrieved from
<https://so05.tci-thaijo.org/index.php/jeducrru/article/view/263817/180282> (In Thai)

Thipkong, S. (2002). *Curriculum and Mathematics Teaching*. Bangkok: Academic Development
(In Thai).