



Research Article

Development of engagement in learning that affects mathematics achievement on the graph of quadratic functions for Grade-9 students by using Think-Talk-Write technique with the GeoGebra program

Nawamin Chansrirat^{1,*} and Wannapol Pimpasalee²¹*Bachelor of Education, Program in Mathematics, Kalasin University*²*Department of Science and Mathematics, Faculty of Science and health technology, Kalasin University***Email: Nawamin.ch@ksu.ac.th*Received <14 January 2024>; Revised <20 March 2024>; Accepted <26 March 2024>

Abstract

The purposes of this study were to 1) compare grade-9 students' engagement in learning mathematics graph of quadratic functions, and 2) compare their learning achievement in mathematics on the graph of quadratic functions before and after learning using the Think-Talk-Write technique with the GeoGebra program. The research sample group consisted of 43 grade-9 students from a school in Kalasin province during the first semester of the 2023 academic year, selected using simple random sampling. The research tools include learning management plans, achievement tests, and engagement in learning assessments. Statistical methods used in data analysis include mean, standard deviation, percentage, and the t-test for dependent samples. Using the Think-Talk-Write technique with the GeoGebra program, the study discovered 1) the results of grade-9 students' engagement in learning mathematics on the graph functions after learning were higher than before learning, with statistical significance at the level .05, and 2) grade-9 students' academic achievement in mathematics on the graph of quadratic functions after learning was higher than before learning with statistical significance at the level .05.

Keywords: Engagement, Learning achievement, GeoGebra program, Think-Talk-Write technique

บทความวิจัย

การพัฒนาความยืดหยุ่นผู้พันในการเรียนซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

นวมินทร์ จันทรศรีราช^{1,*} และ วรณพล พิมพ์สาลี²

¹หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*Email: Nawamin.ch@ksu.ac.th

รับบทความ: 14 มกราคม 2567 แก้ไขบทความ: 20 มีนาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 26 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความยืดหยุ่นผู้พันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 43 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความยืดหยุ่นผู้พันในการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค ThinkTalk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลความยืดหยุ่นผู้พันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ความยืดหยุ่นผู้พัน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โปรแกรมGeoGebra เทคนิคThink-Talk-Write

บทนำ

วิชาคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากต่อศาสตร์แขนงต่าง ๆ จากอดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นรากฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ธุรกิจและภาครัฐ ซึ่งล้วนต้องมีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานแทรกอยู่ทั้งสิ้นในทุก ๆ บริบท (Piper, Marchand-Martella and Martella, 2010) นอกจากนี้วิชาคณิตศาสตร์ยังถูกใช้เป็นวิชาหลักในการประเมินผลผู้เรียนนานาชาติ (Programme for international student assessment หรือ PISA) งานวิจัยพบว่า ปัญหาที่พบมากที่สุด คือ ผู้เรียนส่วนใหญ่ทั่วโลกไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ (Gafoor and Kurukkan, 2015) ไม่สนใจเรียน ไม่ชอบการคิดคำนวณ เนื้อหาในรายวิชามากและยากเกินไป น่าเบื่อ ไม่สามารถประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ตลอดจนบรรยากาศในการเรียนเครียดครุสอนไม่น่าสนใจ (Fonglam, 2011) ผลก็คือนักเรียนขาดความเชื่อมั่นผูกพันกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ไม่สามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ซึ่งส่งผลเสียต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของผู้เรียน

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนควรจะได้เรียนรู้ฝึกฝน และพัฒนาให้เกิดทักษะขึ้นในตนเอง เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ เพื่อให้ผู้เรียนมีแนวทางในการคิดที่หลากหลาย รู้จักประยุกต์และปรับเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสม และจะต้องทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์วางแผน แก้ปัญหาและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสะดวกสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017) และเทคนิคการสอนที่จะทำให้ผู้วิจัยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นคือเทคนิค Think-Talk-Write ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาผ่านทางช่องทางการพูด และการเขียน โดยแนวความคิดนี้มีพื้นฐานมาจากการเข้าใจทางการเรียนทำให้ผู้เรียน คิด พูด และเขียนได้ (Thongnak, 2016)

เทคนิค Think-Talk-Write เป็นเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจประกอบการสอนเพื่อเน้นทักษะการคิด พูดและเขียน โดยคิดในประเด็นที่สงสัยหรือต้องการหาคำตอบ พูดแลกเปลี่ยนอภิปรายความคิดและเขียนข้อสรุปจากการอภิปราย เทคนิค Think-Talk-Write นอกจากช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนแล้วยังส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาได้ด้วย อีกทั้ง Dila (2012) ได้กล่าวว่า เทคนิค Think-Talk-Write คือ เทคนิคที่ส่งเสริมทางด้านการคิดแก้ปัญหา การพูดและการเขียนอย่างคล่องแคล่ว เทคนิคนี้อยู่บนพื้นฐานของการเข้าใจในการเรียน และเป็นพฤติกรรมที่ส่งเสริมทางด้านการคิดแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียน คิดพูด แล้วสามารถเขียนออกมาได้

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทในการเรียนรู้สูงขึ้น เรียนรู้ได้อย่างกว้างขวางและทั่วถึง สื่อการศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญ ดังนั้นการพัฒนาสื่อให้มีความสอดคล้องกับความรู้ ผู้สอนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสื่อ จะต้องประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหา โดยต้องมีการวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา ผู้เรียน รวมถึงการประเมินผลที่สอดคล้องกัน จึงจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและเรียนรู้อย่างมีความสุข (Ministry of Education, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) โดยจะเน้นที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในการเรียนให้เกิดการเรียนรู้ อย่างมีความหมาย ลักษณะนี้จะเป็นวิธีการเรียนให้เกิดการกระตือรือร้นและมีทักษะที่สามารถเลือกรับข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีระบบ (Suwannatthachot, 2018) การเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติและศึกษาความรู้ด้วยตนเอง โดยการลงมือทำจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ได้รับผ่านทางการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถของตนเองออกมาอย่างเต็มที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมายเข้าใจได้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งและจดจำได้นานมากขึ้น (Phattharakorn, 2009)

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์อีกโปรแกรมหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ สามารถสร้างกราฟ ภาคตัดกรวยแสดงสมการเป็นรูปทั่วไป หรือสมการมาตรฐานของกราฟนั้น ๆ ได้ด้วย Markus Hohenwarter นักพัฒนา application ชาวออสเตรีย ได้ริเริ่มตั้งแต่ปี 2001 ต่อมาปี 2007 Michael Borchers ชาวอังกฤษ ได้นำทีมพัฒนาต่อมา จนเป็นที่นิยม สถาบันต่าง ๆ ในหลายประเทศที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้ให้การสนับสนุนอย่างมาก (Wuttisant, 2023) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นการนำโปรแกรมไปใช้เป็นเครื่องมือหรือสื่อในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้เห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นที่สามารถเคลื่อนไหว พลิก หมุน หรือเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน ทำให้นักเรียนสามารถสังเกตเห็นสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างสมการและกราฟได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นโปรแกรมที่รวมเรขาคณิต พีชคณิต และแคลคูลัสไว้ด้วยกัน สามารถใช้ในการสร้างชิ้นงานเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตได้ในภายหลัง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปบูรณาการกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะช่วยเพิ่มพูนและพัฒนาศักยภาพของครูผู้สอน นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามความสามารถของตน ส่งผลให้มีเจตคติที่ดี มีความคิดสร้างสรรค์ มีจินตนาการ เกิดทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017) อีกทั้งเมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม สามารถพิสูจน์และเข้าใจที่มาได้ ผู้เรียนจึงมีความเชื่อมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

ความยึดมั่นผูกพันกับการเรียน (Learning engagement) จึงเป็นสิ่งสำคัญประการแรกที่ต้องปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน การจัดการศึกษาแก่ผู้เรียน คือ การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียน รู้สึกยึดมั่นผูกพันกับการเรียน เมื่อผู้เรียนมีความยึดมั่นผูกพันก็จะสามารถเรียนรู้และอยากแสวงหาความรู้ด้วยตนเองมีแรงขับเคลื่อนภายในตนเอง นั้นย่อมเป็นจุดเริ่มต้นแรกของการรู้สึกอยากมาเรียน ผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนสูง มีแนวโน้มที่จะหลงใหลเกี่ยวกับการเรียนรู้ (Hurst, 2013) ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงตามไปด้วย (Fredricks, Blumenfeld and Paris 2004; Wang and Holcombe, 2010) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละของผู้เรียนที่มี ส่วนร่วมในการเรียนระดับต่ำ ในการประเมินผลผู้เรียนนานาชาติ (Programme for international student assessment: PISA) พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของผู้เรียนไทยที่มีความยึดมั่นผูกพันระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 25.4 ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของ องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for European Economic Co-operation: OECD) ที่มีค่าเท่ากับ 20 (Willms, 2003) จากสภาพการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าเรื่องความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องส่งเสริมให้เพิ่มขึ้นกับผู้เรียน อย่างไรก็ตามความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนเป็นส่วนหนึ่งที่ได้มาจากการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ (Hurst, 2013)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ในเรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนและเพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความเพลิดเพลินเกิดแรงจูงใจที่จะเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นและสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต เพื่อพัฒนาตนเองและสังคมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แบบแผนการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ดำเนินการวิจัยตามแบบวิจัย One Group Pretest – Posttest Design

$$O_1 \quad x \quad O_2$$

O ₁	แทน	การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre – test)
X	แทน	การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra
O ₂	แทน	การทดสอบหลังการทดลอง (Post – test)

2. กลุ่มตัวอย่างของการวิจัย

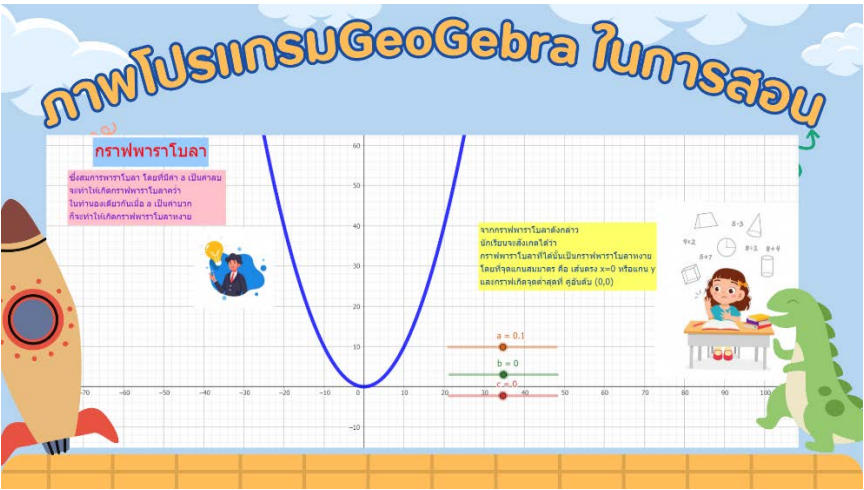
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์ รวมทั้งหมด 575 คน โดยกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 43 คน โดยได้มาจากการเลือกสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จำนวน 8 แผน 10 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 1 และการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง แสดงดังรูปภาพที่ 1

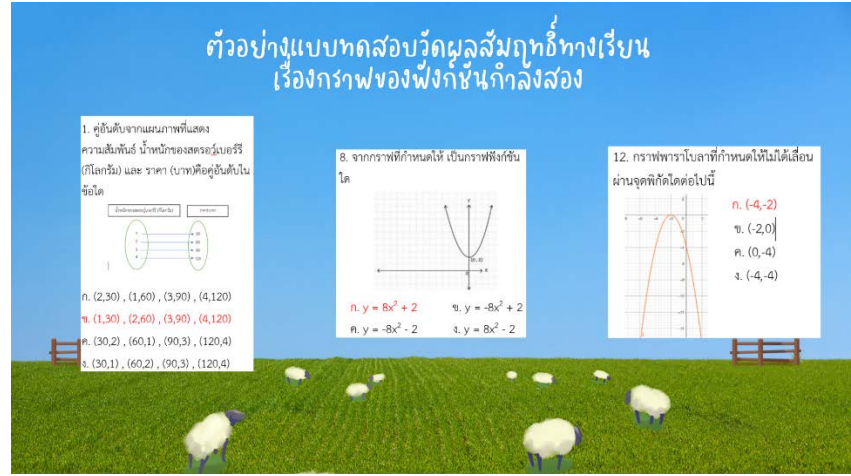
ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	แนะนำฟังก์ชัน	2
2	สมการของพาราโบลา	1
3	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = ax^2$	1
4	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = ax^2 + k$	1
5	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = a(x-h)^2$	1
6	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = a(x-h)^2 + k$	1
7	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = ax^2 + bx + c$	1
8	กราฟของฟังก์ชันกำลังสองที่มีลักษณะเป็นสมการของพาราโบลาแบบต่างๆ	2
รวม		10



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง

3.3 แบบวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง เพื่อวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยองค์ประกอบที่วัด คือ ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ และความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบบวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

องค์ประกอบที่วัด	ลักษณะ	จำนวน (ข้อ)	ร้อยละ	
			คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม (Behavior Engagement)	ผู้เรียนปฏิบัติตามกฎ ระเบียบของชั้นเรียน มีความรับผิดชอบต่อการเรียน การมีส่วนร่วมทั้งในและนอกห้องเรียน	6	15.98	22.28
ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ (Emotional Engagement)	ผู้เรียนแสดงออกด้านอารมณ์ที่มีต่อห้องเรียนคณิตศาสตร์ ครู และเพื่อนร่วมห้อง เห็นคุณค่าของตนเอง จนกระทั่งเห็นคุณค่าของการเรียนวิชา คณิตศาสตร์	7	16.98	26.19
ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา (Cognitive Engagement)	ผู้เรียนมีความพยายามในการเรียนรู้รวมถึงการตั้งใจเรียนความทุ่มเทในการเรียนรู้ จนกระทั่งสามารถกำกับตนเอง และพัฒนาตนเองเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งใจไว้	7	16.25	27.58
รวม		20	49.21	76.05

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

4.1.1 ทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลการวิจัยในชั้นเรียน คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษาไปยังผู้อำนวยการโรงเรียน เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1.2 ประสานขอความร่วมมือในการกำหนดตารางสอน และขอบเขตเนื้อหาที่ใช้กระบวนการเรียนการสอนกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4.1.3 ผู้วิจัยจัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

4.1.4 ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ นำมาหาความเชื่อมั่น พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 4.50-5.00 ซึ่งมีความสอดคล้องมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้อยู่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra นำไปใช้ในการจัดการเรียนสอนกับนักเรียน

4.2 ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.1 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นนำสู่บทเรียน คือ ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและทบทวนเนื้อหาความรู้เดิมที่นักเรียนมีเพื่อนำเนื้อหามาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ขั้นสอน คือ ครูนำเสนอเนื้อหาหรือบทเรียนใหม่พร้อมทั้งแสดงการหาคำตอบ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้นักเรียนตอบ ขั้นฝึกทักษะ คือ ครูกำหนดประเด็นปัญหาให้กับนักเรียนและให้นักเรียนคิดและทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหาที่ครูกำหนดให้ (Think) จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมพูดคุย แลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นของตนเองกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน (Talk) และเขียนสรุป (Write) และ ขั้นสรุป คือ ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบประเด็นปัญหาและสรุปเนื้อหาสาระที่ได้จากการเรียน และการทำกิจกรรมในคาบเรียน รวมทั้งสิ้น จำนวน 8 แผน 10 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

4.2.2 ในระหว่างการเรียนการสอนผู้วิจัยยังเก็บข้อมูลจากบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ จากแบบฝึกทักษะหลังเรียน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง

4.2.3 ให้นักเรียนทำแบบวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียน เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra

4.3 ขั้นตอนหลังการทดลอง

4.3.1 เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ มาทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1. วิเคราะห์ข้อมูลค่าความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test Dependent Sample

5.2. การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test Dependent Sample

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) การวัดระดับความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียน เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง พบว่าคะแนนของผู้เรียน มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 49.21 คะแนน และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 76.05 คะแนน เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที (t-test Dependent Sample) ได้ค่า $t = 5.472$, $df = 42$, $sig = .000$ จึงสรุปได้ว่าระดับความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง พบว่า คะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ก่อนและหลังใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คะแนน	Mean	S.D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	S.D. ค่าเฉลี่ยผลต่าง	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	49.21	18.488	26.84	32.159	5.472*	42	0.000
หลังเรียน	76.05	17.223					

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2) การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียน เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง พบว่าคะแนนของผู้เรียน มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 7.40 คะแนน และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 14.60 คะแนน เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที (t-test Dependent Sample) ได้ค่า $t = 16.258$, $df = 42$, $sig = .000$ จึงสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คะแนน	Mean	S.D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	S.D. ค่าเฉลี่ยผลต่าง	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	7.40	3.506	7.21	2.908	16.258*	42	0.000
หลังเรียน	14.60	3.346					

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

การพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายความว่า โดยรวมก่อนการจัดการจัดการเรียนรู้ ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 49.21 และ 18.488 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และหลังการจัดการจัดการเรียนรู้ ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra โดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 76.05 และ 17.223 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และนำองค์ประกอบที่วัดมาพิจารณาโดยมีคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) ก่อนและหลังเรียนตามลำดับพบว่า ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม มีคะแนนเฉลี่ย 15.98 และ 22.28 ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ มีคะแนนเฉลี่ย 16.98 และ 26.19 และ ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา มีคะแนนเฉลี่ย 16.26 และ 27.58 พิจารณาได้ว่านักเรียนมีความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Krueangsanoi and Kaewpuang (2023) จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ทำให้ผู้เรียนเกิดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้นั้นล้วนเกิดจากการจัดการเรียนรู้ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง อาศัยความรู้เรื่อง สมการ คู่อันดับและกราฟ ซึ่งการสอนนั้นจะใช้โปรแกรม GeoGebra และสื่อการสอนทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนได้เข้าใจในบทเรียน และเห็นภาพจริงที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นและเข้าใจที่มาของกราฟ รูปแบบโปรแกรมที่สร้างสรรค์ ทำให้เกิดความสนุกและตื่นเต้นจึงทำให้คะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนจัดการเรียนรู้ มีคะแนนการทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 7.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และการทดสอบหลังเรียนพบว่า มีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 14.60 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เกิดจากการผ่านกระบวนการขั้นตอนในการจัดทำอย่างเป็นระบบวิธีการที่เหมาะสมโดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาหลักสูตรคู่มือครู และเนื้อหาวิชา ตลอดจนหลักการสร้างการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra และใช้กับบทเรียนเรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง หรือ พาราโบลา ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจเป็นอย่างมากในการเรียน ทั้งนี้เทคนิค Think-Talk-Write คือ เทคนิคที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นเทคนิคที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกฝน เพื่อส่งเสริมความสามารถของผู้เรียน 3 ด้าน คือ การคิด การพูด และการเขียน โดยมีพื้นฐานมาจากความเข้าใจทางการเรียน องค์ประกอบเหล่านี้ถือว่ามีความสำคัญ ผู้เรียนได้สื่อสารความหมายทางคณิตศาสตร์ พูดสรุปในสิ่งที่ตนเองเข้าใจ การเขียนและการคิดที่สามารถสรุปองค์ความรู้ให้ผู้เรียนเข้าใจได้ด้วยตนเอง และยังมีปฏิสัมพันธ์ภายในชั้นเรียนกับเพื่อนร่วมชั้น และอีกทั้งในปัจจุบันมีโปรแกรมมาเสริมการสอนแบบปกติ ทำให้การเรียนการสอนนั้นน่าสนใจ จึงได้นำโปรแกรม GeoGebra มาบูรณาการ ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในส่วนของ คู่อันดับ จุดตัด สามารถพิจารณากราฟได้จากสมการพาราโบลาไปจนถึงวิธีการสร้างพาราโบลาได้ด้วยตนเองได้ ซึ่งผู้เรียนนั้นได้ลองฝึกลองถูก สนุกไม่เครียดและสร้างสรรค์ผลงานอย่างน่าประทับใจ ผู้วิจัยศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางและได้ผ่านการตรวจสอบประเมินความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองและผู้เรียนจะได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากสื่อ อีกทั้งยังมุ่งเน้นการสร้างสร้งสร้งองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ตามทักษะความรู้ความสามารถทางการเรียนของแต่ละคน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pasing (2016) ได้ทำการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ 4MAT เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น พบว่าการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ มีผลต่อการเรียนของนักเรียนเป็นอย่างดี และยังสอดคล้องกับ Thipraksa (2017) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องพาราโบลาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านโปรแกรม GeoGebra พบว่าการทำกิจกรรมในขั้นตอนการสอน มีการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสำรวจกราฟของพาราโบลาด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จดจำและเกิดความเข้าใจ ซึ่งความเข้าใจที่เกิดจากการฝึกฝนก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้และทำให้เกิดความจำได้นาน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์หลังการจัดการเรียนรู้

1.1 ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับข้อมูลการเรียนรู้การสอนที่ส่งให้ผู้เรียน โดยเป็นข้อมูลที่ชัดเจน กระชับ และครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญ จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายมากขึ้น

1.2 ครูผู้สอนควรศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ทดลองใช้ก่อนนำไปสอนจริง

1.3 ครูผู้สอนควรมีกิจกรรมที่หลากหลายในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน เพื่อที่จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ไม่น่าเบื่อในการเรียนรู้ต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการออกแบบสื่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ผู้สอนควรที่จะศึกษาวิธีการสร้างสื่อ เพื่อให้มีความชำนาญก่อนที่จะสร้างสื่อ เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น

2.2 ควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีต่อพฤติกรรมด้านอื่น ๆ เช่น ด้านความรู้ หรือด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้มีการขออนุญาตผู้เข้าร่วมวิจัย และปิดบังรายชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคน โดยผู้วิจัยได้คำนึง หลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย และหลักความยุติธรรม (Justice)

References

- Dila, D. O. (2012). Think-Talk-Write strategies. Retrieved 23 December 2023, from **dila' s story**: http://syahputri90dila.blogspot.com/2012/01/metode-pembelajaran-bahasainggris_12.html
- Fonglam, P. (2011). Problems in organizing the teaching and learning of general mathematics courses. (in Thai) **Master's Thesis**. Bangkok: Sripatum University.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C. and Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. **Review of educational research**, 74 (1), 59-109.
- Gafoor, K. A. and Kurukkan, A. (2015). Why High School Students Feel Mathematics Difficult? An Exploration of Affective Beliefs. **Pedagogy of Teacher Education: Trends and Challenges**, 23-27. 147887365.
- Hurst, S. (2013). Seven ways to increase student engagement in the classroom. Retrieved 23 December 2023, **Reading Horizons**: <https://readinghorizons.website/blog/seven-ways-to-increase-student-engagement-in-the-classroom/>
- Kruedsanoi, P. and Kaewpuang, P. (2023). Development of educational game activity packages for enhancing learning engagement and learning achievement in economics for seventh grade students (in Thai). **Journal of MCU Social Science Review**, 12(3), 150–165.
- Ministry of Education. (2017). **Learning standards and indicators. Mathematics learning group (revised edition 2017) according to the Basic Education Core Curriculum 2008** (in Thai). Bangkok: Agricultural Cooperative Assembly Printing Press Thailand Co., Ltd.

- Pasong, A. (2016). Using the GeoGebra program to support 4MAT learning to develop academic achievement study mathematics about basic calculus for grade 12 students (in Thai). **Master's Thesis**. Nakhon Ratchasima: Nakhon Ratchasima Rajabhat University.
- Phattharakorn, S. (2009). The effect of organizing active learning on problem solving and mathematical communication abilities of Mathayomsuksa III students in probability (in Thai). **Master's Thesis**. Bangkok: Srinakharinwirot University.
- Piper, L., Marchand-Martella, N. and Martella, R. (2010). Use of explicit instruction and double-dosing to teach ratios, proportions, and percentages to at-risk middle school students. **The Journal of At-Risk Issues**, 15(2), 9-17.
- Suwannatthachot. P. (2018). **Active Learning** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Printing House.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). Report on research results of the TIMSS 2015 project (in Thai). Retrieved 23 December 2023, from <https://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/timss2015report>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). Mathematics learning group course manual. (Revised edition 2017) Lower secondary school level (in Thai). Retrieved 23 December 2023, from **SciMath knowledge base**: <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8380-2560-2551-8380>
- Thipraksa. W. (2017). A study of understanding and learning retention on parabola for grade 9 students by using learning activities through GeoGebra (in Thai). **Master's Thesis**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani. University.
- Thongnak. P. (2016). The effects of organizing learning activities through heuristics with Think-Talk-Write technique on mathematical problem solving and communication abilities of Mathayomsuksa four students (in Thai). **Journal of Education**, 29(1), 127-142.
- Wang, M. T. and Holcombe, R. (2010). Adolescents' perceptions of school environment, engagement, and academic achievement in middle school. **American educational research journal**, 47(3), 633-662.
- Willms, J. D. (2003). Student engagement at school: A sense of belonging and participation: Results from PISA 2000. Retrieved 23 December 2023, from **OECD iLibrary**: https://www.oecd-ilibrary.org/education/student-engagement-at-school_9789264018938-en?fbclid=IwAR3B99LbTvXF04MVpj-_3ZqGdrE3ojnL5Qisy0eDqbTCTktouq324UJ7ZWw
- Wuttisant. P. (2023). GeoGebra, another interesting option for mathematics teachers (in Thai). Retrieved 23 December 2023, from **SciMath knowledge base system**: <https://www.scimath.org/article-mathematics/item/12824-geogebra>