JOURNAL OF EDUCATION AND INNOVATION

Research Article

DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING SKILL AND MATHEMATICAL ACHIEVEMENT ON QUADRATIC FUNCTION OF GRADE 9 STUDENTS USING OPEN APPROACH AND GEOGEBRA

การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra

Received: March 12, 2023 **Revised:** May 31, 2023 **Accepted:** June 6, 2023

Natthaphon Hongthong[1*] Panadda Sangsrikaew[2] and Wannapol Pimpasalee[3]
ณัฐพล หงษ์ทอง[1*] ปนัดดา สังข์ศรีแก้ว[2] และวรรณพล พิมพะสาลี[3]

[1,2]Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University, Kalasin 46000, Thailand
[3]Faculty of Sciences and Health Technology, Kalasin University, Kalasin 46000, Thailand
[1,2]คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
[3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*Corresponding Author, E-mail: Natthaphon.ho@ksu.ac.th

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare the critical thinking skills of grade 9 students and 2) compare the mathematical achievement of grade 9 students on quadratic function Between pretest and posttest of learning implementation based on open approach and GeoGebra. The sample group was 25 grade 9 students at Somdetprachanukor school in Kalasin province. The research instruments were as follows lesson plan using open approach and GeoGebra, a critical thinking skills test, and a mathematical achievement test. The statistics for data analysis were percentage, mean, standard deviation, and dependent sample t-test. The research findings were as follows: 1) Critical thinking skills on the quadratic function of grade 9 students after learning through open approach and GeoGebra learning were higher significantly than before at the .05 level considering each aspect, it was found that problem identification was the highest level (mean = 3.57, S.D. = 0.50) followed by problem definition (mean = 3.27, S.D. = 0.74), problem evaluation (mean = 3.20, S.D. = 0.76), problem exploration (mean = 3.17, S.D. = 0.79), problem integration (mean = 3.00, S.D. = 0.74) and 2) Mathematical achievement on the quadratic function of grade 9 students after learning through open approach and GeoGebra learning were higher significantly than before at the .05 level.

Keywords: Critical Thinking Skills, Mathematical Achievement, Open Approach, GeoGebra

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง และ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสมเด็จประชานุเคราะห์ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบที ผลการวิจัย พบว่า 1) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการระบุปัญหาสูงที่สุด (mean = 3.57, S.D. = 0.50) รองลงมาคือ ด้านการนิยามปัญหา (mean = 3.27, S.D. = 0.74) ด้านการประเมินปัญหา (mean = 3.20, S.D. = 0.76) ด้านการสำรวจปัญหา (mean = 3.17, S.D.=0.79) และด้านการบูรณาการปัญหา (mean = 3.00, S.D. = 0.74) ตามลำดับ และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบเปิด GeoGebra

บทนำ (Introduction)

ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นหนึ่งในทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในการเรียน หลักสูตรระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงมีการบูรณาการทักษะดังกล่าวกับการจัดการเรียนรู้ในทุกๆ รายวิชา เพื่อนำไปสู่การออกแบบการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนานักเรียนได้ เช่นเดียวกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ถูกกำหนดขึ้นโดยคำนึงถึงการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อเป็นการเตรียมนักเรียนมีความพร้อมในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ (Ministry of Education, 2017) ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงควรส่งเสริมในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีโอกาสคิดอย่างมีระบบคิดโดยใช้เหตุผล ยอมรับฟังและพิจารณาความคิดเห็นของผู้อื่น รู้จักตั้งคำถาม คิดวิเคราะห์ คิดค้นหาคำตอบที่ถูกต้องสมเหตุสมผล รู้จักตั้งสมมติฐาน ทดลองและลงมือแก้ปัญหา สรุปตัดสิน โดยใช้หลักการคิดด้วยวิจารณญาณ เพื่อที่จะสามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง จัดโอกาสในการเรียนรู้ตามระดับการเรียนรู้ และพัฒนาการของนักเรียน จัดกระบวนการการเรียนการสอนตามความแตกต่างของนักเรียน ใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน (Kaewhao & Supamas 2017)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาของประเทศไทยในอดีตจนถึงปัจจุบันจะพบว่ายังไม่ประสบความสำเร็จอย่างที่ควรจะเป็น โดยเมื่อพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษานานาชาติ (PISA) ในภาพรวมของนักเรียนไทยมีผลการประเมินต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติ (OECD) ทุกรายวิชา และมีแนวโน้มผลการประเมินอยู่ในระดับต่ำลงในทุกวิชา สอดคล้องกับผลจากการทดสอบทางการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับชาติ (O-net) ที่พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยทุกวิชาต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสมเด็จประชานุเคราะห์ที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าเกณฑ์ นักเรียนมีผลการทดสอบต่ำกว่าร้อยละ 50 และเมื่อพิจารณาจากการตอบคำถามของนักเรียนแล้ว พบว่า นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถระบุปัญหาได้ว่าโจทย์ต้องการถามอะไร นักเรียนบางกลุ่มเมื่ออ่านโจทย์แล้วไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังวิธีการหาคำตอบได้ นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถแสดงวิธีทำในการตอบได้อย่างสมเหตุสมผล กล่าวคือ นักเรียนขาดทักษะการคิดเชิงวิจารณญาณ ไม่สามารถระบุปัญหา วิธีการหาคำตอบ รวมทั้งไม่สามารถหาเหตุผลที่สมเหตุสมผลเชื่อมโยงถึงคำตอบได้ ขาดการฝึกทักษะการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ไปสู่ชีวิตประจำวัน ขาดการสร้างพื้นฐานในการคิดและวิธีการเรียนรู้ที่จะช่วยให้เด็กมีทักษะดังกล่าว

Nohda (2000) ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเปิด (Open Approach) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการแก้ปัญหาเป็นสื่อในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจและทักษะการคิดของนักเรียน มุ่งให้นักเรียนทุกคนเรียนคณิตศาสตร์ด้วยพลังและความสามารถของแต่ละบุคคล พัฒนาผลงานทางคณิตศาสตร์และกระบวนการของตนเองอย่างมีคุณภาพเป็นวิธีการทำให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการคิด เปิดโอกาสค้นพบคณิตศาสตร์ และเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตัวของนักเรียน Saengpun and Kanchaisak (2017) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบเปิดเป็นการสอนที่มุ่งเน้นเตรียมนักเรียนด้วยสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะปัญหาแบบเปิดที่มีความเป็นไปได้หลากหลายที่จะสนองความ ความสามารถในการพัฒนาวิธีการคิดที่แตกต่างของแต่ละคนในขณะเดียวกันก็เป็นปัญหาที่กระตุ้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอีกด้วย นอกจากนี้ เนื้อหาฟังก์ชันกำลังสอง มีการกล่าวถึงคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม เช่น กราฟ พาราโบลา อีกทั้งยังมีส่วนของโจทย์ปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้ปัญหา วิเคราะห์หรืออ้างอิงเหตุผล การสื่อสาร การนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ต่างๆ และคิดบูรณาการความรู้อย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งหาแนวทางแก้ไข เพื่อบูรณาการสร้างเป็นแนวคิด ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะจัดการจัดการเรียนรู้โดยไม่ใช้สื่อเทคโนโลยี GeoGebra จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาจัดการเรียนรู้ เนื่องจากทำให้นักเรียนเห็นภาพ และเกิดความน่าสนใจ Phoodee (2016) กล่าวว่าการเรียนรู้ผ่าน GeoGebra นักเรียนมีโอกาสเรียนคณิตศาสตร์โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Approach) และเป็นการเรียนโดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ (Learner-Centered Learning)

จากที่กล่าวมาข้างต้นถึงแนวคิดที่มุ่งศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra เพื่อประโยชน์ในการพัฒนานักเรียนและเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งยังเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนสามารถนำไปพัฒนาการสอนในเนื้อหาอื่นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives)

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง โดยการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra

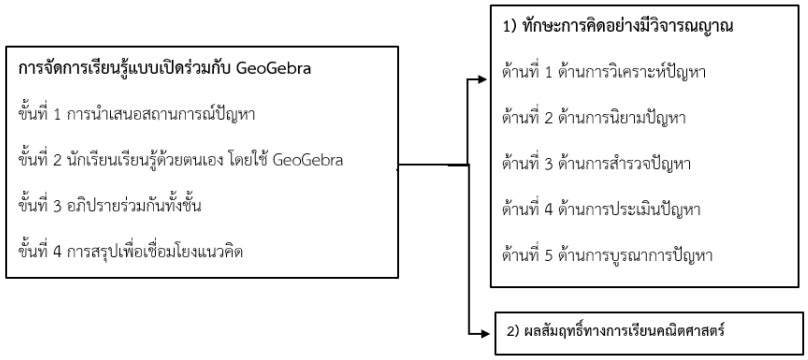
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra

กรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Framework)

Figure 1

Conceptual Framework

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง โดยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว และทำการทดสอบก่อนและหลังเรียน (One group pretest-posttest design)

ประชากร และตัวอย่างวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสมเด็จประชานุเคราะห์ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 35 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสมเด็จประชานุเคราะห์ อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 25 คน ที่ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงจากนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50

เครื่องมือวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 1 คาบ รวมทั้งสิ้น 6 คาบ แต่ละแผนมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเปิด ได้แก่ 1) ขั้นนำเสนอปัญหา 2) ขั้นนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้GeoGebra ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาเป็นสื่อในการสืบค้นองค์ความรู้ของนักเรียน 3) ขั้นอภิปรายผลร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 5) ขั้นสรุปเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการเรียนรู้ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ ความถูกต้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน สรุปผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00

2. แบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบอัตนัย ปลายเปิด จำนวน 6 ข้อ โดยแต่ละข้อวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ 5 ด้าน ตามกรอบแนวคิดของการ์ริสัน (Garrison, 1991) รวมทั้งสิ้น 20 คะแนน โดยผ่านการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่แสดงถึงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความถูกต้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.22 – 0.70 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.33 – 0.72

เมื่อวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson Method) ด้วยสูตร KR-21 พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.83

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ชุด ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ตามมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ปรับปรุง 2560 รูปแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยผ่านการประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความถูกต้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.73 ค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.40 – 1.00 เมื่อวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้วิธีการของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson Method) ด้วยสูตร KR-21 ซึ่งแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.94

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ เพื่อให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการทำกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ

2. ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียน เพื่อประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3. ผู้วิจัยทำการทดลอง โดยจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยใช้ช่วงเวลาเรียน คาบสุดท้ายของแต่ละวันในแต่ละสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ จำนวน 3 สัปดาห์ รวม 6 คาบ

4. ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง จำนวน 6 ข้อ ใช้เวลา 50 นาที และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ เวลา 60 นาที เพื่อประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ดังนี้

1. การเปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติทดสอบ t-test แบบ Dependent sample

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติทดสอบ t-test แบบ Dependent sample

ผลการวิจัย (Results)

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง โดยการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra ผลปรากฏดังนี้

Table 1

Comparative analysis of critical thinking skills of Grade 3 students on quadratic functions before and after open learning with GeoGebra based on the conceptual framework of Garrison (1991)
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra ตามกรอบแนวคิดของ Garrison (1991)

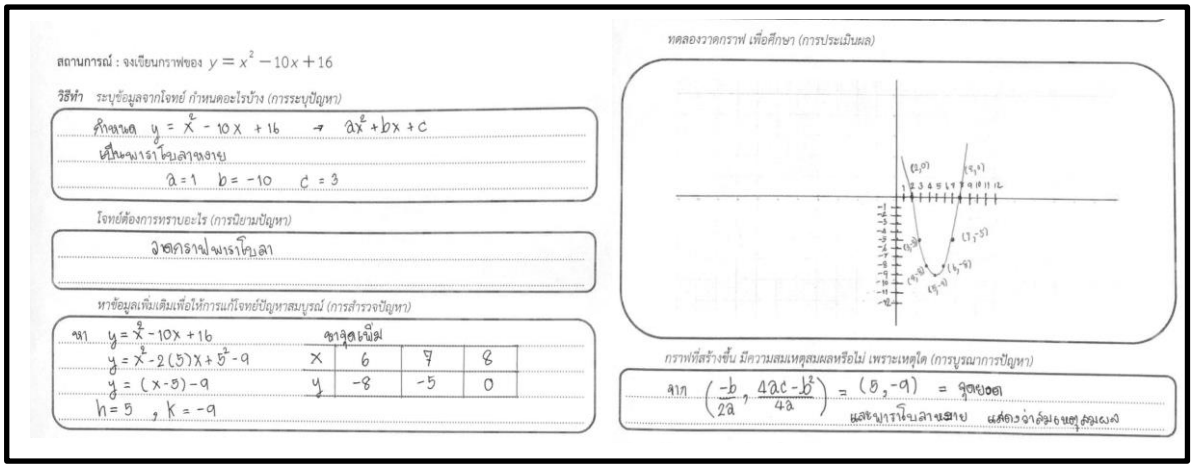
ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	n	ก่อนเรียน			หลังเรียน			t	sig
		คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.		
1. การระบุปัญหา	25	4.00	1.97	0.67	4.00	3.57	0.50	9.40*	0.00
2. การนิยามปัญหา		4.00	1.53	0.51	4.00	3.27	0.74	10.47*	0.00
3. การสำรวจปัญหา		4.00	1.43	0.50	4.00	3.17	0.79	9.68*	0.00
4. การประเมินปัญหา		4.00	1.47	0.51	4.00	3.20	0.76	10.05*	0.00
5. การบูรณาการปัญหา		4.00	1.37	0.49	4.00	3.00	0.74	9.28*	0.00
รวม		**20.00**	**7.77**	**1.28**	**20.00**	**16.20**	**1.58**	**21.22***	**0.00**

*นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 1 พบว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง โดยภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยทุกด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการระบุปัญหาสูงที่สุด (mean = 3.57, S.D. = 0.50) รองลงมาคือ ด้านการนิยามปัญหา (mean = 3.27, S.D. = 0.74) ด้านการประเมินปัญหา (mean = 3.20, S.D. = 0.76) ด้านการสำรวจปัญหา (mean = 3.17, S.D. = 0.79) และด้านการบูรณาการปัญหา (mean = 3.00, S.D.=0.74) ตามลำดับ

Figure 2

Sample responses that demonstrate students' critical thinking skills in each area
ตัวอย่างคำตอบที่แสดงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในแต่ละด้าน



จาก Figure 2 แสดงถึง นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถระบุประเด็นปัญหาที่สถานการณ์โจทย์กำหนด และนิยามขอบเขตของปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตในการหาคำตอบ สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อที่จะใช้ประกอบการแก้ปัญหา มีการทดลอง และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ทั้งนี้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในระหว่างการโดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด ร่วมกับ GeoGebra ทั้งหมด 4 ขั้น ดังนี้

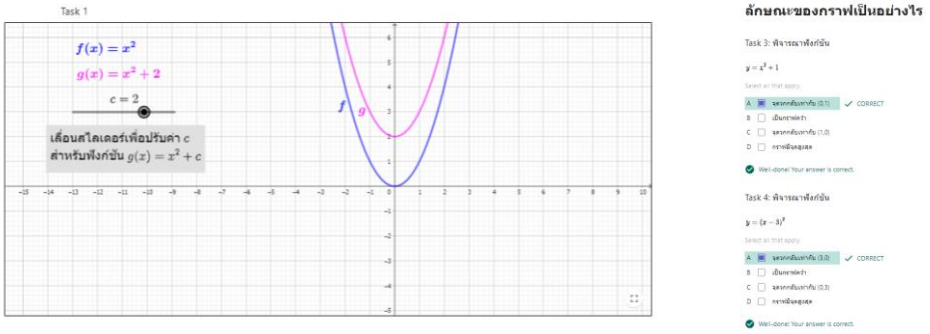
ขั้นที่ 1 การนำเสนอสถานการณ์ปัญหา : เมื่อผู้วิจัยได้นำเสนอประเด็นปัญหาหน้าชั้นเรียนผ่านสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น พบว่า เมื่อผู้วิจัยกระตุ้นความเข้าใจ โดยการใช้คำถาม เพื่อสำรวจความเข้าใจของนักเรียนกับสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับครูผู้สอน และระบุถึงสถานการณ์ของปัญหาที่โจทย์กำหนดให้ สามารถระบุได้ว่าสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้นมานั้น มีประเด็นปัญหาที่น่าสนใจอย่างไร และสามารถบอกได้ถึงวิธีการอันจะนำมาเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา กล่าวคือในขั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนเกิดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านการระบุปัญหา และด้านการนิยามปัญหา ตามลำดับ

ขั้นที่ 2 นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง : นักเรียนเข้าศึกษาGeoGebra ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้การสำรวจ สังเกต การสมมติฐาน เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ปัญหา ในขั้นการจัดการเรียนรู้นี้พบว่า นักเรียนสามารถสรุปประเด็นปัญหาและหาแนวทางแก้ไขสถานการณ์ปัญหาจากการสำรวจปัญหาได้ โดยวิเคราะห์จากคำตอบของนักเรียนที่ทำการสำรวจบทเรียน ดัง Figure 3

Figure 3

Demonstrate students' responses at the self-study stage through GeoGebra

แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในขั้นศึกษาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านบทเรียน GeoGebra



ขั้นที่ 3 อภิปรายร่วมกันทั้งชั้น เป็นขั้นที่นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดและร่วมอภิปรายผลหน้าชั้นเรียน โดยนักเรียนร่วมกันประเมินคำตอบ ซักถามข้อสงสัยและโต้แย้งในประเด็นที่นำเสนอ เพื่อร่วมกันหาข้อสรุปของสถานการณ์ที่กำหนด และประเมินความเหมาะสมของข้อสรุปที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 4 การสรุปเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน หลังจากที่นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลหน้าชั้นเรียนแล้ว ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน เพื่อร่วมกันสังเคราะห์ข้อสรุปที่ได้ออกมาเป็นแนวคิดหรือทฤษฎีของนักเรียนเอง ในขั้นนี้จะพบว่า นักเรียนสามารถบูรณาการเชื่อมโยงความรู้เดิม และนำไปใช้ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียง หรือสถานการณ์อื่นๆ จากการจัดการเรียนรู้แบบเปิดทั้ง 4 ขั้นตอน สามารถพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในทุกด้าน

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra

Table 2

Comparative analysis of math achievement of Grade 3 students on quadratic functions before and after receiving open learning arrangements combined with lessons through GeoGebra
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับบทเรียนผ่าน GeoGebra

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	Mean	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	25	30	8.60	2.80	37.70*	.00
หลังเรียน			21.72	3.22		

*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จาก Table 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra (mean = 21.72, S.D. = 3.22) สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra (mean = 8.60, S.D. = 2.80) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การอภิปรายผล (Discussions)

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra มีประเด็นในการอภิปรายผล ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra มีผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้แบบเปิดโดยใช้GeoGebra ช่วยให้นักเรียนได้ศึกษาประเด็นปัญหาด้วยตัวเอง และร่วมกันหาข้อสรุปของปัญหาผ่านการอภิปรายผล สอดคล้องกับ Dressel and Mayhew (as cited in Chaiyawan & Katwibun, 2014) กล่าวว่า กระบวนการหนึ่งของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วยทักษะการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่เป็นปัญหา ภายใต้ขอบเขตเนื้อหาหรือข้อเท็จจริงที่กำหนดให้ โดยเมื่อนักเรียนเข้าสู่การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียนที่ใช้วิธีการแบบเปิด ครูจะเปิดประเด็นท้าทายของนักเรียนด้วยคำถามปลายเปิด เพื่อกระตุ้นการคิดของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกถึงแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย สอดคล้องกับ Nappi (2017) กล่าวว่า การถามคำถามนักเรียนเป็นเทคนิคที่ครูใช้นำเพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจในปัญหาอย่างลึกซึ้ง และส่งผลต่อการคิดในด้านอื่นๆ ต่อไป ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้นักเรียนจะต้องหาแนวคิดหรือวิธีการร่วมกันโดยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่มจนกระทั่งได้ข้อสรุป โดยพิจารณาถึงความถูกต้องเหมาะสมของคำตอบนั้นๆ ร่วมกัน สอดคล้องกับ Inprasitha (2022) พบว่า ในการจัดการเรียนรู้แบบเปิด นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม มีการปรึกษาหารือกับเพื่อนในด้านการวิเคราะห์ คิดออกแบบแนวทางการแก้สถานการณ์ปัญหา สอดคล้องกับ Puncreobutr et al. (2017) กล่าวว่า การพัฒนาการสอนแบบเปิดในวิชาคณิตศาสตร์ส่งผลต่อการเพิ่มระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยนักเรียนมีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิด นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra ซึ่งเป็น

บทเรียนคณิตศาสตร์แบบเสมือนจริงมาช่วยในการให้นักเรียนสำรวจปัญหา ทำให้นักเรียนเข้าใจและสรุปผลได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับ Gadzella et al. (1996) กล่าวว่า การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Kwon et al. (2006) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบเปิดเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาคำตอบของปัญหาด้วยความสามารถของตนเองส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดที่สูงขึ้น สอดคล้องกับ Chinsri and Chantong (2021) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิดสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนให้สูงขึ้น สอดคล้องกับ Plubsiri and Chaiyasang (2020) กล่าวว่า นักเรียนที่มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น เป็นผลมาจากการที่นักเรียนสามารถตั้งคำถาม ระบุปัญหา การให้เหตุผลและการแก้ปัญหาในชั้นเรียน สอดคล้องกับ Tachie (2019) กล่าวว่า เมื่อครูกระตุ้นนักเรียนผ่านการใช้คำถามปลายเปิด จะช่วยปูทางให้นักเรียนรู้วิธีคิดและเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ร่วมกันหาข้อสรุปที่สามารถนำไปใช้กับประเด็นปัญหาอื่นได้จริง ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มสูงขึ้น

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ฟังก์ชันกำลังสอง พบว่า หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra (mean = 21.72, S.D. = 3.22) สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra (mean = 8.60, S.D. = 2.80) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้แบบเปิดเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่ครูผู้สอนกำหนดขึ้น โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้ระบุสถานการณ์ปัญหา ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตนเองผ่านบทเรียน GeoGebra ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้น ซึ่งในบทเรียนได้มีการออกแบบให้นักเรียนได้สำรวจลักษณะของฟังก์ชันและสรุปเป็นแนวคิด พร้อมทั้งทำแบบทดสอบเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ อีกทั้งมีการอภิปรายข้อสรุปของปัญหาร่วมกันทั้งชั้นเรียน เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับ Noparit (2005) กล่าวว่า กระบวนการสอนตามแนวทางเปิดหลังจากที่นักเรียนแก้ไขปัญหาปลายเปิดแล้ว นักเรียนต้องนำเสนอและอภิปรายกับทั้งชั้นเรียน กระบวนการในขั้นตอนนี้ช่วยได้นักเรียนพัฒนาความคิดของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ Irawan and Surya (2017) กล่าวว่า กระบวนการเรียนรู้แบบเปิดส่งผลดีต่อการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนและสามารถประเมินนักเรียนในมุมมองของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบกับการจัดการเรียนรู้ผ่านบทเรียน GeoGebra ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีโอกาสศึกษาองค์ความรู้ด้วยตนเอง และบทเรียนที่สร้างขึ้นมีการออกแบบให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการสังเกต การตั้งสมมติฐาน และทดลองเพื่อให้ได้ข้อสรุป ส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากขึ้น สอดคล้องกับ Nongharnpituk et al. (2022) และ Khansila et al. (2022) ที่พบว่า การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนรู้ส่งผลให้ผลการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับ Insiri et al. (2022) ได้ศึกษาวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าคะแนนการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ .05 สอดคล้องกับ Phoodee (2018) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอนแบบเปิดผ่านโปรแกรม GeoGebra พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ Worasarn et al. (2019) ได้ศึกษาวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการการเรียนรู้ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนรู้แบบเปิด ผู้สอนต้องเข้าใจความแตกต่างระหว่างบุคคล จึงต้องมีความอดทน เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงศักยภาพอย่างเต็มที่ ซึ่งจะทำให้ได้วิธีการและคำตอบที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้แบบเปิดมีกระบวนการเรียนรู้ในแต่ละขั้นที่สอดคล้องกันและเป็นไปตามลำดับขั้น ผู้วิจัยควรจัดการเรียนรู้ในครบตามกระบวนการ และต้องบริหารจัดการเวลาในแต่ละขั้นตอนของวิธีการสอนแบบเปิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นนักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเองที่นักเรียนต้องศึกษาค้นคว้า และนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่มาใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ผ่านบทเรียน GeoGebra ผู้สอนควรคำนึงถึงความเร็วของอินเทอร์เน็ต และควรเตรียมระบบอินเทอร์เน็ตให้พร้อม เพื่อความสะดวกในการจัดการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับ GeoGebra มีการศึกษาทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียนในด้านอื่นๆ เช่น ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ เพื่อให้เห็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะด้านการคิดของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

References

Chaiyawan, S., & Katwibun, D. (2014). An analysis of students' critical thinking in a mathematics classroom implementing an open approach. *Journal of Research Methodology,* 27(3), 319-340.

Chantong, K. (2019). Integration of lesson study and open approach with thinking skills in teaching social studies for elementary students. *Academic Services Journal, Prince of Songkla University*, 30(3), 210-219.

Chinsri, S., & Chantong, K. (2021). Study of thinking skills and academic achievement s 32104 social studies, religion and culture on sufficiency economy with the lesson study and open approach of the mathayomsuksa 5 students of the demonstration school, Prince of Songkla University. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 32(3), 200-212.

Garrison, D. R. (1991) Critical thinking and adult education: a conceptual model for developing critical thinking in adult learners. *International Journal of Lifelong Education*, 10(4), 287-303.

Gadzella, B. M., Ginther, D. W., & Bryant, W. G. (1996). Teaching and learning critical thinking skills. *Proceedings from '96: XXVI International Congress of Psychology.*

Inprasitha, M. (2014). *Process of problem solving in school mathematics.* Khon Kaen: Khon Kaen University.

Inprasitha, M. (2022). Lesson study and open approach development in Thailand: A longitudinal study. *International Journal for Lesson and Learning Studies,* 11(5), 1-15. https://doi.org/10.1108/IJLLS-04-2021-0029

Insiri, S., Tannin, S., Thongsomnuk, I., & Neammalai, P. (2022). The development of the open approach learning management plan to improve the mathematical achievement learning on the topic of two-dimensional and three-dimensional geometry shapes using GeoGebra program for the first grade students of Khoa Yoi Witttaya School. *SSRU Academic Journal Education*, 6(2), 14-24.

Irawan, A., & Surya, E. (2017). Application of the open ended approach to mathematics learning in the sub-subject of rectangular. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 33(3), 270-279.

Kaewhao, A., & Supamas, P. (2017). An Improvement of Critical Thinking Ability Using Discovery Learning on Sequences Activities Case Study: Prathandongrungwittayakarn School. *Mathematical Journal by The Mathematical Association of Thailand Under The Patronage of His Majesty The King*, 62(691), 21-31.

Khansila, P., Yonwilad, W., Nongharnpituk, P., & Thienyutthakul, S. (2022). Improving academic performance in geometry using a mastery learning approach through GeoGebra. *Journal of Educational Issues*, 8(2), 876-894.

Kwon, O. N., Park, J. H., & Park, J. S. (2006). Cultivating divergent thinking in mathematics through an open-ended approach. *Asia Pacific Education Review*, 7, 51-61.

Ministry of Education. (2017). *Indicators and core learning content Mathematics learning group (Revised version 2017) according to the Basic Education Core Curriculum, 2008.* Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand.

Nappi, J. S. (2017). The importance of questioning in developing critical thinking skills. *Delta Kappa Gamma Bulletin*, 84(1), 30.

Nohda, N. (2000). Teaching by open-approach method in Japanese mathematics classroom. In T. Nakahara, & M. Koyama (Eds.), *Proceedings 24th of the Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education,* 1, 39-53.

Nongharnpituk, P., Yonwilad, W., & Khansila, P. (2022). The effect of GeoGebra software in calculus for mathematics teacher students. *Journal of Educational*, 8(2), 755-770.

Noparit, T. (2005). Developing instruction based on open approach and its impact on levels of geometric thinking and geometric achievement of eighth-grade students. *CMU. Journal*, 4(3), 335-343.

Phoodee, W. (2016). The development application process high order thinking by using GeoGebra on the relationship between the two-dimensional to three-dimensional geometry in secondary school student the first grade. *In Proceedings of the 21st Annual Meeting in Mathematics Annual Pure and Applied Mathematics Conference 2016*. Bangkok: Chulalongkorn University.

Phoodee, W. (2018). The development learning mathematics of geometric transformations using open approach with GeoGebra. In *The 1st National Conference Srikhottaboon*. Nakhon Phanom: Nakhon Phanom University.

Plubsiri, P., & Chaiyasang, S. (2020). Critical thinking in mathematics: A must-thinking process to be developed in mathematics classroom. *Academic meeting reports presenting national and international research,* 1(11), 162.

Puncreobutr, V., Morales, M., Dey, K., & Dwiptendra, B. (2017). *Correlation between the open approach teaching in mathematics and the critical thinking of first year students of St. Theresa International College, Thailand.* Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=3080170

Saengpun, J., & Kanchaisak, P. (2017). From embodied to symbolic world: learning process in addition of first grade students in classroom taught through open approach. *CMU Journal of Education*, 1(1), 53-67.

Tachie, S. A. (2019). Foundation phase students 'metacognitive abilities in mathematics classes: reflective classroom discourse using an open approach. *Problems of Education in the 21st Century*, 77(4), 528-544.

Worasarn, J., Nongharnpituk, P., & Khansila, P. (2019). Development of learning activities emphasizing mathematical processes using GeoGebra program on system of linear equations with two variables topic for grade-9 students. *Journal of Science and Science Education*, 2(1), 34-42.