

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซียล
คอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์
เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

DEVELOPING SOCIAL CONSTRUCTIVIST MATHEMATICAL LAB INSTRUCTION WITH
GEOGEBRA TO ENHANCE MATHEMATICAL CREATIVE THINKING IN CIRCLE OF
GRADE IX STUDENTS

Received: June 1, 2021

Revised: July 10, 2021

Accepted: July 11, 2021

สิทธิชัย พานิชวิลัย^{1*} และสิรินภา กิจเกื้อกูล²
Sittichai Panichwilai^{1*} and Sirinapa kijuakul²

^{1,2}คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร^{1,2}Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: sidtichai175@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม และศึกษาพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียน จำนวน 34 คน ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ 4 วงจร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แนวทางนี้มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ ครูควรตรวจสอบความรู้จากประสบการณ์เดิมของนักเรียน และให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและมีความน่าเชื่อถือ ครูควรให้นักเรียนร่วมมือกันสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหา โดยใช้โปรแกรม Geogebra และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อเสนอแนะซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ พบว่า เมื่อผ่านการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบของการสร้างความคิดที่หลากหลายได้ดีที่สุด รองลงมา คือ การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิด ตามลำดับ

คำสำคัญ: โซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ โปรแกรมจีโอจีบร้า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

Abstract

This research aimed to study the learning management approach that focused on Math Labs based on social constructivism and integrated with GeoGebra to enhance Mathematical creative thinking of grade 9 students in Circle and study the development of Mathematical creativity thinking of grade 9 students in Circles when performing Math Labs based on social constructivism and integrated with GeoGebra. The participants were

34 students. The research methodology was action research comprising of 4 spirals. The instruments used in the research were learning management plans, reflective learning journals, activity sheets, students' artifacts and mathematical creative thinking test. Data were analyzed by content analysis and triangulations. The results revealed that the learning management approach needed to focus as follows. The teacher should check prior knowledge from students' experiences and assign them to search information from variety and reliable sources, the teacher should encourage students to construct knowledge along with problem solving by using GeoGebra program in the way of cooperation and provide opportunities for students to exchange knowledge to each other. In addition, this research found that most students appeared to have development of generate diverse ideas, generate creative ideas and evaluate and improve ideas respectively.

Keywords: Social Constructivist, GeoGebra Program, Mathematical Creative Thinking

บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะขั้นสูงที่จำเป็นต่อการพัฒนาผู้เรียนในยุคปัจจุบัน ซึ่งเป็นกระบวนการคิดโดยอาศัยความรู้บนหลักการทางคณิตศาสตร์ ผนวกกับจินตนาการ ในการสร้างองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม จากรายงานดัชนีความคิดสร้างสรรค์ของโลก The Global Creativity Index หรือ GCI ปี ค.ศ. 2015 ระบุว่า ประเทศไทยถูกจัดอยู่ในลำดับที่ 82 จาก 139 ประเทศ (Kusumavalee, 2015) และสอดคล้องกับผลการประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ OECD ในโครงการ Programme for International Student Assessment หรือ PISA ปี ค.ศ. 2018 พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะการแก้ปัญหาที่แฝงไปด้วยข้อบกพร่องด้านความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบและประเมินผลลัพธ์ของนักเรียนอีกด้วย (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018, p. 5) ซึ่งมีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิดสำหรับการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์ใน PISA 2021 โดย OECD (2019, p. 20) ได้กำหนดขอบเขตหัวข้อที่ใช้วัดและประเมินความสามารถของความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ และ 2) การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์

จากประสบการณ์จัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย ในเรื่อง วงกลม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถออกแบบหรือเขียนภาพที่แตกต่างกับทฤษฎีบทวงกลม โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการกำหนดจุดหรือเส้นตรง เพื่อร่างหรือออกแบบวิธีการมาใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับวงกลมให้มีความแปลกใหม่ได้ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการจัดการเรียนการสอนที่ควรมุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์และการคิดเชิงนวัตกรรมโดยเป็นหนึ่งในทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ศตวรรษที่ 21 สาเหตุของปัญหามาจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบรรยายทฤษฎีบทวงกลมและทำโจทย์ในแบบฝึกหัดตามทีละขั้นตอนทำให้นักเรียนขาดการลงมือปฏิบัติและร่วมมือกันในการสร้างองค์ความรู้ ควบคู่กับการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง จึงส่งผลกระทบต่อพัฒนาประเทศดังปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละภาคส่วนที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ของ Vygotsky ที่เน้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านกระบวนการกลุ่ม จะช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาและปรับเปลี่ยนความรู้ของตนเองได้

นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกับทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนที่มีข้อจำกัดของพัฒนาการเรียนรู้ที่ต่ำกว่ารอยต่อแห่งพัฒนาการ (Zone of Proximal Development) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Barak (2016) ซึ่งได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ผสมผสานกับเทคโนโลยีการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยอาศัยครูทำหน้าที่ของการเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) และจุดประกายความสนใจ

ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ เพื่อพัฒนาความสามารถของตัวเองได้อย่างเต็มที่ (Panich, 2012, p. 134) โดยโปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์เชิงพลวัตซึ่งรวมเรขาคณิต พีชคณิตและแคลคูลัสไว้ด้วยกัน สามารถใช้สร้างสรรค์ชิ้นงาน และช่วยพัฒนาศักยภาพของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยให้ความคลาดเคลื่อนของผู้เรียนลดน้อยลง สามารถลดระยะเวลาในการสร้างองค์ความรู้ด้วยภาพที่สามารถเคลื่อนไหวได้ ส่งผลให้เกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ สามารถเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการได้ (Uthit, 2014, p. 5)

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของปัญหาและมีความสนใจที่จะพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง วงกลม ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

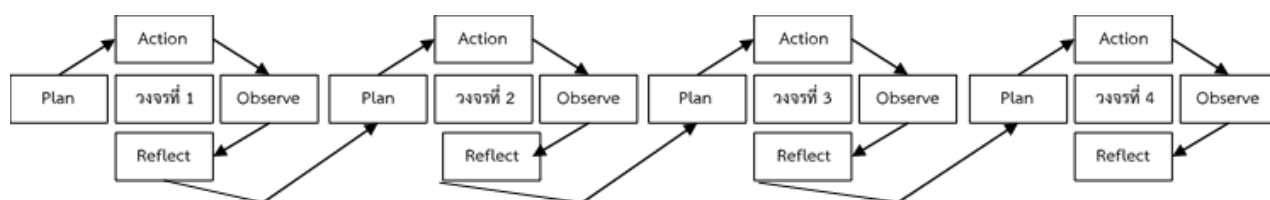
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม
2. เพื่อศึกษาพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 34 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในอำเภอขาณุวรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแบบของ Kemmis (as cited in kijkuakul, 2014, pp. 149-151) ดำเนินการเป็นวงจรที่ต่อเนื่องกัน ทั้งหมด 4 วงจร ในแต่ละวงจรประกอบด้วย ขั้นตอนวางแผน (P) ขั้นตอนปฏิบัติ (A) ขั้นสังเกต (O) และขั้นสะท้อนผล (R) ตามลำดับ ดังภาพ 1



ภาพ 1 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเอาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Barak (2016) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ มี 4 ขั้นตอน ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่ นักเรียนได้ทบทวนและตรวจสอบสิ่งที่เป็นความรู้เดิมเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของวงกลม จาก Internet เพื่อศึกษาและรับความรู้จากการสืบค้นที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ซึ่งกันและกัน หรือการเรียนรู้ความคิดจากผู้อื่น เพื่อให้มีการปรับความคิดของตนเอง ในการสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับ ทฤษฎีบทวงกลมโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้ นักเรียนสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริงร่วมกับผู้อื่นผ่านกระบวนการกลุ่มและการออกแบบชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล นักเรียนทำการประเมินผลงาน วิเคราะห์และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางาน

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจรที่	เนื้อหาของ แผนการจัดการเรียนรู้	ปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra	สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง ในขั้นที่ 3 ของแต่ละวงจร
1	มุมที่จุดศูนย์กลางของ วงกลมและมุมในส่วนโค้ง	ขั้นที่ 1 ปฏิบัติกิจกรรม NOTE ขั้นที่ 2 ปฏิบัติกิจกรรม Hand-On	อนุรักษ์ปลาทุไทย
2	ของวงกลม	ขั้นที่ 3 ปฏิบัติกิจกรรม Design & Plan	หน้ากากอนามัย แพงขึ้นเท่าตัว
3	คอร์ธของวงกลม	ขั้นที่ 4 ปฏิบัติกิจกรรม Reflect	การค้นพบวัตถุโบราณ
4	เส้นสัมผัสวงกลม		การค้นพบดาวเคราะห์ดวงใหม่

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เป็นลักษณะของแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้วิจัยและครูประจำการที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี จะทำการบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละวงจรว่าเป็นอย่างไร กิจกรรมสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์หรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ ในครั้งถัดไป

3. ใบกิจกรรม เป็นลักษณะของแบบบันทึกผลการเรียนรู้ควบคู่กับการสร้างชิ้นงานของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน การจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แบบบันทึกการสืบค้นข้อมูล(NOTE) แบบบันทึกผลการปฏิบัติการ(Hand-On) แบบบันทึกผลการสร้าง ชิ้นงาน(Design & Plan) แบบสะท้อนผลการสร้างชิ้นงาน(Reflect) โดยนักเรียนจะทำการเขียนบันทึกทุกครั้งที่มีการจัดการเรียนรู้

4. ชิ้นงานของนักเรียน เป็นลักษณะของภาพทฤษฎีบทวงกลมและภาพที่ได้จากการร่างและออกแบบด้วยโปรแกรม GeoGebra รวมถึงแบบจำลองหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ได้จากการทำกิจกรรม

5. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยชนิดไม่จำกัดคำตอบ มีลักษณะคล้ายกับแบบบันทึกผลการสร้างชิ้นงาน(Design & Plan) ซึ่งทำการทดสอบหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ครบทุก วงจร จำนวน 2 ครั้ง ไม่ติดต่อกัน ใช้เวลาครั้งละ 1 ชั่วโมง โดยแบบทดสอบจะใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงจากข่าวออนไลน์ ที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบและให้คำแนะนำลงในแบบ ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมตามคำแนะนำ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้และใบกิจกรรม ควรปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับตัวแปรที่จะศึกษา และปรับกิจกรรมให้แยกย่อยเหมาะสมกับเวลา สำหรับแบบ สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ควรแบ่งการสะท้อนผลและสรุปภาพรวมในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ถึงความสำเร็จที่เกิดขึ้น และสำหรับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ควรทำการสรุปหรือขมวดปมของปัญหาสถานการณ์เกี่ยวกับ Stonehenge ให้มีความชัดเจนและสัมพันธ์กับวิธีการแก้ปัญหายิ่งขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยต่าง ๆ ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ วงจรละ 4 ชั่วโมง รวมเป็น 16 ชั่วโมง โดยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้กับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำผลมาปรับปรุงแผนการ จัดการเรียนรู้ถัดไปในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และทำต่อไปจนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 ตามลำดับ จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นรายบุคคล แล้วนำผลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้ เน้นข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) และ แสดงผลสถิติเบื้องต้นด้วยคำร้อยละ โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มาทำการจัดระเบียบข้อมูล ใส่รหัสข้อมูลตามประเด็น จัดข้อมูลเป็นกลุ่มเดียวกัน หาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากผู้วิจัยและครูประจำการให้ทราบถึงผลการดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ โดยใช้การตรวจสอบแบบสามเส้า ด้านแหล่งข้อมูล (Resource Triangulation) จากนั้นสรุปเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับสภาพจริงของนักเรียน

2) ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรม ชิ้นงานของนักเรียน และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยการจัดระเบียบข้อมูล รวมกลุ่มข้อมูลที่สามารถบ่งบอกพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ เปรียบเทียบข้อมูลกับนิยามของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ใส่รหัสข้อมูลตามประเด็นทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล จากนั้นทำการสรุปเพื่อแสดงพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในรูปสถิติเบื้องต้น

ตาราง 2 ตัวอย่างการวิเคราะห์องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบ	ลักษณะสำคัญ	รหัส	ระดับ/เกณฑ์การแปลระดับ	ตัวอย่างพฤติกรรมในสถานการณ์ “การค้นพบวัตถุโบราณ”
การสร้าง ความคิด สร้างสรรค์ (C)	การ แสดงออก อย่าง สร้างสรรค์ ด้านการ เขียนและ สร้างภาพ (E)	CE1	ระดับ 1: ออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานศิลปะ และสร้างภาพหรือแบบจำลองยังไม่แปลกใหม่และไม่มีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วน	นักเรียนทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณที่ไม่เกิดคุณค่าและไม่แตกต่างจากของเก่าเดิม ซึ่งมีรายละเอียดไม่ชัดเจน โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคอร์ตของวงกลมเพียงบางทฤษฎีบท
			ระดับ 2: ออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานศิลปะ และสร้างภาพหรือแบบจำลองได้ค่อนข้างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนแต่ยังไม่สมบูรณ์	นักเรียนทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณที่มีลักษณะเฉพาะและเกิดคุณค่า มีรายละเอียดค่อนข้างชัดเจนแตกต่างจากของคนอื่น โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคอร์ตของวงกลมได้ครบถ้วนหลากหลายทฤษฎีบทแต่ยังไม่ชัดเจน
			ระดับ 3: ออกแบบหรือร่างแบบในลักษณะของชิ้นงานศิลปะ และสร้างภาพหรือแบบจำลองได้แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้ความรู้ทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	นักเรียนทำการออกแบบและสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณที่มีความเป็นเอกลักษณ์และเกิดคุณค่า มีรายละเอียดครบถ้วนชัดเจน โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับคอร์ตของวงกลมได้ถูกต้อง ครบถ้วนทุกทฤษฎีบท
		CE2		

โดยแบ่งการวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ตามแนวคิดของ OECD (2019) ได้แก่ 1) การสร้างความคิดที่หลากหลาย (Generate diverse ideas, D) 2) การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (Generate creative ideas, C) และ 3) การประเมินและปรับปรุงความคิด (Evaluate and improve ideas, E) โดยแต่ละองค์ประกอบพิจารณาภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การแสดงออกอย่างสร้างสรรค์ด้านการเขียนและสร้างภาพ (Written and Visual Expression, E) และ 2) การสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาทางสังคมและวิทยาศาสตร์ (Social and Scientific Knowledge creation and problem solving, K)

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม โดยมีข้อค้นพบดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่ ครูให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มทำการตรวจสอบความรู้พื้นฐานของตนเอง จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันสืบค้นความรู้หาประสบการณ์จาก Internet เพื่อนำไปยืนยันความรู้ที่มีอยู่เดิม โดยความสำเร็จที่เกิดขึ้นในวงจรที่ 1 ถึง 4 พบว่า นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมได้อย่างเหมาะสม และมีความพยายามในการเขียนอธิบายและวาดภาพในแต่ละข้อคำถามของกิจกรรมได้ถูกต้อง ปัญหาที่พบในวงจรที่ 1 คือ มีนักเรียนบางกลุ่มที่สืบค้นจากแหล่งเดียวกัน ครูควรกำหนดให้มีการตรวจสอบแหล่งข้อมูลเพื่อไม่ให้ซ้ำกัน โดยครูมีการแนะนำเว็บไซต์ๆ ที่มีความน่าเชื่อถือ ได้แก่ <https://www.scimath.org/> เป็นต้น และวงจรที่ 2 คือ นักเรียนอธิบายแสดงแนวคิดไม่ถูกต้อง จึงควรร่วมกันอภิปรายและยกตัวอย่างประกอบเหตุผล ส่วนวงจรที่ 3 และ 4 ไม่พบปัญหาเพิ่มเติม

ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มเติมข้อตกลง ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษา ตรวจสอบและสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในวงจรที่ 1 นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและสรุปความรู้ และมีการทำงานอย่างเป็นระบบ ปัญหาพบว่า นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมาก เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถใช้โปรแกรม GeoGebra ได้คล่องตัว เพราะยังไม่รู้จักเครื่องมือบางส่วน และโปรแกรมเกิดปัญหาหลุดระหว่างการทำงาน ครูควรให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือและอัปเดตวิดีโอเพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาและทบทวนจนเกิดความเข้าใจ รวมถึงให้ผู้เรียนสมัคร Account เพื่อบันทึกการทำงานอย่างสม่ำเสมอ และในวงจรที่ 2 ถึง 4 นักเรียนสามารถสร้างภาพทฤษฎีบทวงกลมได้อย่างหลากหลาย และใช้เวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัญหาที่พบในวงจรที่ 2 คือ นักเรียนขาดการตรวจสอบชิ้นงานที่เป็นลักษณะของภาพเกี่ยวกับทฤษฎีบทวงกลม จึงควรร่วมกันแสดงความคิดเห็นและปรับปรุงผลงานให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น และวงจรที่ 3 คือ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างคอร์คของวงกลมให้มีความยาวเท่ากันได้ ครูควรแนะนำความรู้เรื่อง มุมที่จุดศูนย์กลางของวงกลม มาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ส่วนวงจรที่ 4 ไม่พบปัญหาเพิ่มเติม

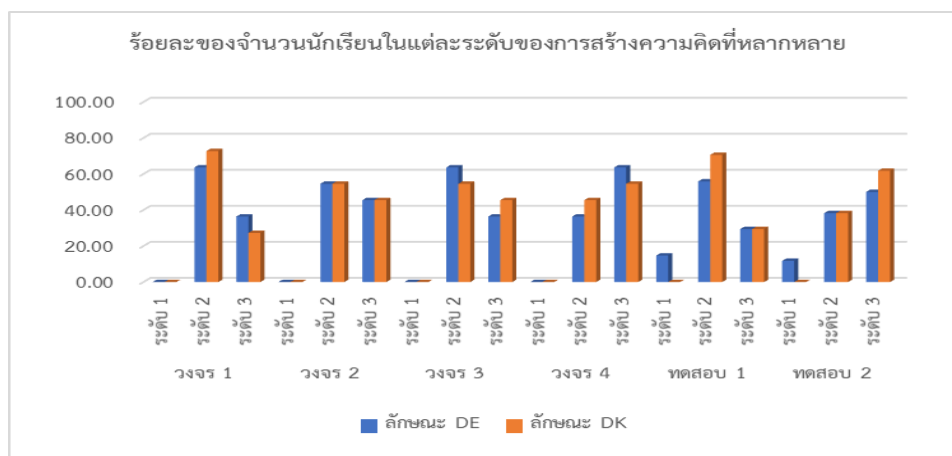
ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้ ครูให้นักเรียนร่วมมือกันสร้างความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ผ่านการระดมความคิดในการวางแผน การออกแบบและสร้างชิ้นงานบนหลักการเชิงวิศวกรรมหรือวิธีการที่ถูกต้อง โดยความสำเร็จที่เกิดขึ้นในวงจรที่ 1 ถึง 4 พบว่า นักเรียนสามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือแบบจำลองให้มีลักษณะพิเศษและมีความแปลกใหม่ และมีการสืบค้นและศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมก่อนทำชิ้นงาน ปัญหาที่พบในวงจรที่ 1 คือ นักเรียนทำงานเสร็จไม่ทันเวลาที่กำหนด ครูควรให้นักเรียนทำงานเป็นการบ้านและคอยให้คำแนะนำผ่านช่องทางออนไลน์ ในวงจรที่ 2 คือ นักเรียนระบุสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาได้เพียงประเด็นเดียว ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับประเด็นอื่นๆ เช่น ประสิทธิภาพหรือความคุ้มค่า เป็นต้น ในวงจรที่ 3 คือ ในสถานการณ์ปัญหาการค้นพบวัตถุโบราณจากเว็บข่าวหนังสือพิมพ์ออนไลน์พร้อมภาพประกอบทั้ง 3 ข่าว โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกภาพจากข่าวมา 1 ข่าว ผลปรากฏว่าไม่มีกลุ่มไหนเลือกภาพวัตถุโบราณในข่าวที่ 1 เนื่องจากภาพที่ถ่ายมีความเอียง ครูแนะนำให้ให้นักเรียนหาภาพที่เหมาะสมต่อการคำนวณโดยเข้าไปค้นหาในเว็บไซต์ข่าวดังกล่าว ในวงจรที่ 4 คือ นักเรียนส่วนใหญ่สร้างภาพตามทฤษฎีบทวงกลมไม่สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ รวมถึงสร้างโมเดลดาวเคราะห์ดวงใหม่ไม่แตกต่างจากระบบสุริยะ ควรร่วมกันอภิปรายการสร้างภาพตามทฤษฎีบทวงกลมจากสิ่งที่โจทย์กำหนด และกระตุ้นให้นักเรียนนำองค์ความรู้เกี่ยวกับดาราศาสตร์ มาใช้ในการสร้างโมเดลให้มีความแปลกใหม่อีกขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล ครูให้นักเรียนทำการทดสอบและประเมินชิ้นงาน พร้อมทั้งให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นที่เป็นลักษณะกลุ่มเครือข่ายของตนเอง เพื่อนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางาน โดยความสำเร็จที่เกิดขึ้นในวงจรที่ 1 ถึง 4 พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นและสะท้อนตามประเด็นได้สอดคล้องกับชิ้นงาน โดยใช้เวลาได้อย่างเหมาะสม ปัญหาที่พบในวงจรที่ 1 ถึง 4 คือ นักเรียนบางกลุ่มไม่ขยายความถึงการสะท้อนแต่ละประเด็นให้ชัดเจน และบอกปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไขในการทำกิจกรรมยังไม่สอดคล้องกัน สำหรับการให้คะแนนการประเมินชิ้นงานของนักเรียน ยังมีความเกรงใจต่อกันทำให้คะแนน

ไม่มีความเหมาะสมกับชิ้นงาน ครูจึงควรยกตัวอย่างกลุ่มที่มีลักษณะการสะท้อนที่ตรงประเด็น และร่วมกันอภิปรายการให้คะแนน ชิ้นงานของนักเรียนให้มีความเหมาะสม โดยทำการโหวตให้คะแนน 1 สิทธิ์ต่อคน เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจและ ตระหนักถึงความสำคัญของการให้คะแนน พร้อมทั้งสรุปปัญหาที่พบรวมถึงแนวทางการแก้ไขให้สอดคล้องกัน

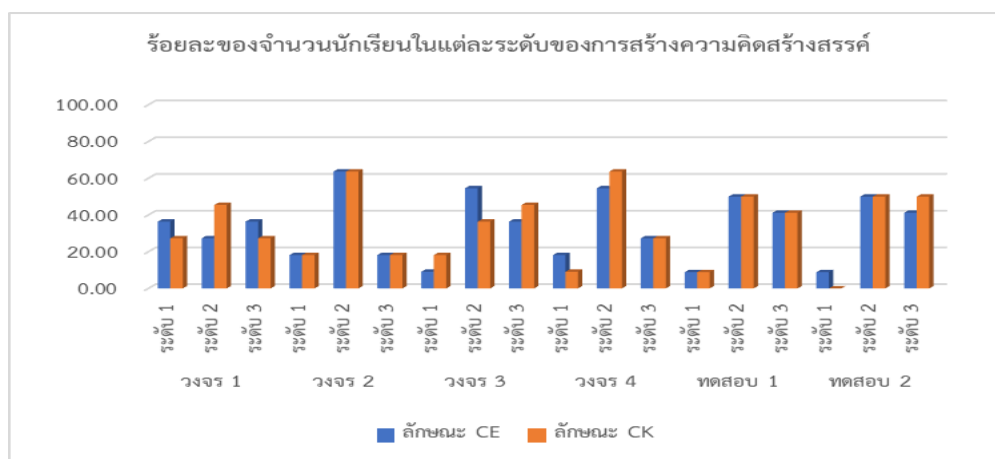
ตอนที่ 2 พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเซียลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra โดยมีพัฒนาการ ดังต่อไปนี้

องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการสร้างความคิด ที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 และ 3 ซึ่งอยู่ในพัฒนาการที่ดีขึ้น โดยเริ่มจากจาก วงจรปฏิบัติการที่ 2 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และสอดคล้องกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังแผนภูมิ 1



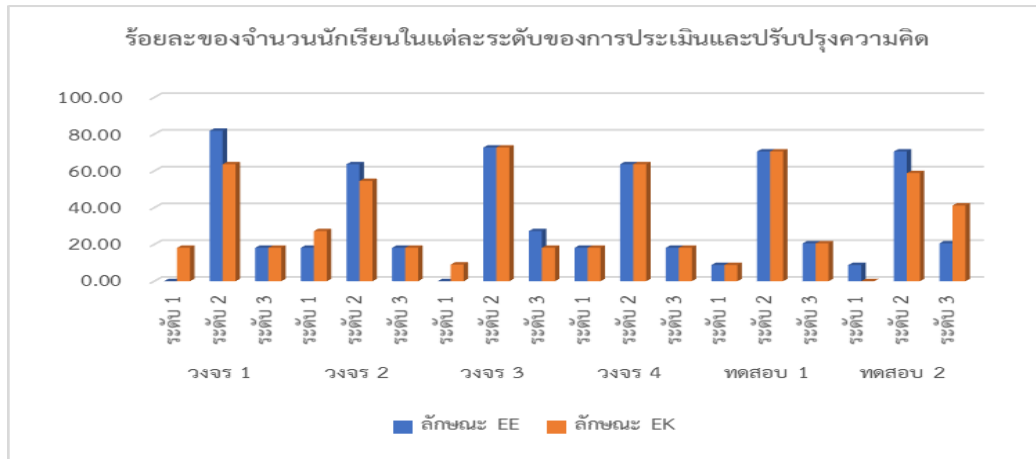
แผนภูมิ 1 ร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดที่หลากหลาย

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 และ 3 ซึ่งอยู่ในพัฒนาการที่ดีขึ้น โดยเริ่มจากจากวงจรปฏิบัติการ ที่ 3 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และสอดคล้องกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ดังแผนภูมิ 2



แผนภูมิ 2 ร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการสร้างความคิดสร้างสรรค์

องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงการประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ ที่ควบคู่กันไป อยู่ในระดับ 2 จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และสอดคล้องกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่เกิดพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ดังแผนภูมิ 3



แผนภูมิ 3 ร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการประเมินและปรับปรุงความคิด

สรุปในภาพรวมเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 4 และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบของการสร้างความคิดที่หลากหลายได้ดีที่สุด รองลงมาคือ การสร้างความคิดสร้างสรรค์ และการประเมินและปรับปรุงความคิด ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสืบค้นความรู้ใหม่ เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนทำการตรวจสอบความรู้เดิมจากประสบการณ์ของตนเอง และเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นความรู้จาก Internet เพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่เนื้อหาทฤษฎีบทวงกลมที่ซับซ้อนมากขึ้น สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องให้นักเรียนสามารถเข้าถึงความรู้ได้ตลอดเวลา ให้นักเรียนได้สืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้ (Nuangchaler, 2015, pp. 136-154) ครูจึงควรให้นักเรียนสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และมีความน่าเชื่อถือ รวมถึงสนับสนุนให้นักเรียนมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนภายในและนอกกลุ่ม เพื่อให้เกิดโน้ตที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 ขั้นเพิ่มข้อตกลง เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันสร้างองค์ความรู้ ผ่านการลงมือปฏิบัติแบบร่วมมือกัน โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างภาพและเขียนอธิบายแนวคิด รวมถึงใช้วิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ทางทฤษฎีบทวงกลมได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน จนสามารถนำไปสู่ข้อค้นพบหรือข้อสรุปทางทฤษฎีบทวงกลม สอดคล้องกับ Angganapattarakajorn (2012, p. 66) ที่กล่าวว่า ผู้สอนควรจัดบรรยากาศในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดของตนเองและมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดของตนเองกับเพื่อนและกับผู้สอน

ขั้นที่ 3 ขั้นร่วมมือสร้างความรู้ เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ควบคู่กับการแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra และระดมความคิดเพื่อหามติของกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อนำไป

แก้ปัญหา โดยคำนึงถึงกลยุทธ์และหลักของความถูกต้องเชิงวิศวกรรมได้อย่างแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ จากความรู้และประสบการณ์เดิมมาสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Tibpaeng (2019, p. 348) ที่พบว่า การใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ดังกล่าว และสถานการณ์ที่ใกล้เคียงทำให้เกิดความสนใจ ส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบายและแก้ปัญหาสถานการณ์ดังกล่าวโดยใช้ความรู้ความเข้าใจในศาสตร์อื่นๆ และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องในการลงมือปฏิบัติกิจกรรมได้ด้วยตนเอง ซึ่งครูมีหน้าที่คอยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกตลอดการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล เป็นขั้นที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันวิจารณ์และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางาน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาและปรับปรุงความคิดในการสร้างความรู้จากความคิดเห็นและข้อเสนอของผู้อื่น สอดคล้องกับ Ritcharoon (2016, pp. 1-17) ที่กล่าวถึงการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยให้ความสำคัญของการประเมินตนเอง เพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง

2. พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วงกลม เมื่อทำปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ตามแนวทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การสร้างความคิดที่หลากหลาย ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ พบว่า จากการที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้และประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับนิยามและองค์ประกอบของวงกลม จากการตรวจสอบความรู้เดิมในกิจกรรมก่อนหน้า และส่งเสริมความร่วมมือและแบ่งหน้าที่กันทำงาน ครูคอยอำนวยความสะดวกในการใช้โปรแกรม GeoGebra ที่นำมาช่วยสร้างภาพทางทฤษฎีบทวงกลมและเขียนอธิบายแนวคิดได้อย่างหลากหลายแตกต่างกัน รวมถึงการสำรวจและตรวจสอบโดยคำนึงถึงวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายแตกต่างกันในการแก้ปัญหาจากความสัมพันธ์ทางทฤษฎีบทวงกลมได้ถูกต้อง สอดคล้องกับ Singngam (2016, pp. 151-166) ที่กล่าวว่า หากนักเรียนมีแรงจูงใจ และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แบ่งปันความคิดจากผู้อื่น จะส่งผลให้มีการสร้างแนวคิดใหม่ ๆ เกิดขึ้น ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีโอกาสที่จะหาคำตอบของตนเองได้โดยไม่เหมือนใคร ครูควรเน้นย้ำถึงการแสดงออกทางความคิดโดยไม่มีผิดหรือถูก

องค์ประกอบที่ 2 การสร้างความคิดสร้างสรรค์ ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ พบว่า จากการที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้การปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ทำให้คุ้นเคยกับภารกิจหรือขั้นตอนในการสร้างและออกแบบชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมมือกันในการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง และทำการระดมความคิดเพื่อหามติของกลุ่ม จากความรู้ทางทฤษฎีบทวงกลมและประสบการณ์เดิมที่ถูกต้อง มาสังเคราะห์และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ในรูปแบบของวิธีการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม โดยคำนึงถึงกลยุทธ์ที่จะนำไปสร้างชิ้นงานให้เกิดความคุ้มค่าและประโยชน์ มีความแปลกใหม่และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nahthasri (2017, pp. 44-50) ที่พบว่า ปัจจัยที่มีส่วนให้ความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น คือ การที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง และได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนภายในกลุ่มก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนทางความคิดขึ้น และช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน

องค์ประกอบที่ 3 การประเมินและปรับปรุงความคิด ภายใต้ลักษณะสำคัญ 2 ลักษณะ พบว่า จากการที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันวิจารณ์และให้คำแนะนำนักเรียนกลุ่มอื่นเพื่อให้ทราบจุดเด่น จุดด้อย และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงและพัฒนางานให้ดีขึ้นกว่าเดิม สอดคล้องกับ Thongchai (2013, p. 36) ที่กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผน การแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงให้นักเรียนทำการประเมินและสะท้อนผลงาน ให้คะแนนชิ้นงานร่วมกัน ซึ่งนักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการแสดงความคิดเห็น และกล้าการได้คะแนนน้อย ส่งผลให้การประเมินและปรับปรุงของนักเรียนอยู่ในระดับที่คงที่มาโดยตลอด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ในขั้นการสืบค้นความรู้ใหม่ควรให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมจากการปลดปล่อยความรู้หรือสิ่งที่นักเรียนมี และให้นักเรียนตรวจสอบความรู้ผ่านการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย และมีความน่าเชื่อถือ

1.2 ในขั้นร่วมมือสร้างความรู้ ครูควรมีความรู้ความเข้าใจในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อให้คำแนะนำและสามารถเตรียมกิจกรรมให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.3 นักเรียนมีความกระตือรือร้นต่อการแสดงความคิดเห็นและให้คะแนนช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ควรศึกษาการแสดงความเห็นในรูปแบบการปกปิดตัวตน รวมถึงให้คะแนนชิ้นงานในรูปแบบของการโหวตที่จำกัดสิทธิ์การโหวต 1 สิทธิ์ต่อคน เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ โดยทำให้คะแนนนั้นมีความหมาย มีความสำคัญและตรงกับความเป็นจริง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

ผู้วิจัยเห็นว่าการวิจัยนี้ควรได้รับการศึกษาต่อยอด ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในส่วนของทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานมากกว่าหนึ่งรอบ โดยพิจารณาการปรับปรุงแก้ไขในแต่ละประเด็นของชิ้นงานให้มีความชัดเจน ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในองค์ประกอบของการประเมินและปรับปรุงความคิดให้มีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นได้

References

- Angganapattarakajorn, V. (2012). *All things to know for a math Teacher: Curriculum Instruction and research*. Bangkok: Charansanitwongkarnpim. [in Thai]
- Barak, M. (2016). Science teacher education in the twenty-first century: A pedagogical framework for technology-integrated social constructivism. *Research in Science Education*, 47(2), 283-303.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2018). *PISA 2018: Executive Summary*. Bangkok: Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. [in Thai]
- Kijkuakul, S. (2014). *Learning science directions for teacher in the 21st Century*. Phetchabun: Juldiskarnpim. [in Thai]
- Kusumavalee, S. (2015). *Where is Thailand in the creative context of the world?* Retrieved September 9, 2020, from <https://mgronline.com/management/detail/9580000100595> [in Thai]
- Nahthasri, W. (2017). The development creative skills of students with writing mind map. *Graduate Studies Journal*, 14(64), 43-50. [in Thai]
- Nuangchalem, P. (2015). 21st Century learning in science. *Journal of Rangsit University: Teaching & learning*, 9(1), 136-154. [in Thai]
- Panich, V. (2012). *How to create student' learning in 21st Century*. Bangkok: Tathata Publication Company. [in Thai]
- Ritcharoon, P. (2016). Assessment for Learning Development. *STOU Education Journal*, 9(1). 1-17. [in Thai]
- Singngam, N. (2016). The development of a web-based the project based on the teaching of synnnextic raptors to promote creative thinking for student in Matthayomsuksa 3. *Graduate Studies Journal*, 13(60), 151-166. [in Thai]

- Tibpaeng, R. (2019). The development of mathematical connection ability through contest-based learning in ratio and percentage for tribesman student in grads 8. *The 48th National Graduate Research Conference*, June 13-14, 2019. Nakhon Pathom: Kasetsart Silpakorn University. [in Thai]
- The Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). *PISA 2021 creative thinking framework*. Paris: The Organization for Economic Co-operation and Development.
- Thongchai, A. (2013, November). What is technology and engineering in STEM Education? *IPST magazine*, 42(185), 35-37. [in Thai]
- Uthit, C. (2014). *Effects of Organizing Learning Activities on Linear Programming Supplementing Mathematical Skills and Processes by Using the GeoGebra for Mathayomsuksa Six Students at Samutsakhonburana School, Changwat Samut Sakhon* (Master thesis). Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]