

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 THE STUDY OF USING MATHEMATICAL MODELLING TO ENHANCE MATHEMATICAL CREATIVE THINKING IN GEOMETRIC ANALYSIS TOPIC FOR 10th GRADE STUDENTS

Received: July 26, 2018

Revised: September 12, 2018

Accepted: September 19, 2018

พงศกร วังศิลา¹ วรินทร์ สุภาพ^{2*} และจักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม³
Phongsakon Wangsila¹ Wanintorn Supap^{2*} and Chakkrid Klineam³

^{1,2,3}มหาวิทยาลัยนเรศวร

^{1,2,3}Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

*Corresponding author, E-mail: wsupap@gmail.com

บทคัดย่อ

ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญต่อนักเรียน ทำให้นักเรียนสร้างความคิด สร้างจินตนาการ ไม่ท้อถอยต่อสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวัน แต่สภาพการศึกษาไทยในปัจจุบันยังไม่ส่งเสริมให้เกิดทักษะดังกล่าว การวิจัยในครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และผลของการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์นั้น ครูควรเลือกสถานการณ์ที่มีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียนสังเกตและพิจารณาถึงความเหมาะสมในการช่วยเหลือเมื่อนักเรียนเกิดอุปสรรคในการทำงาน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระดมความคิดเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อปรับแต่งแบบจำลองให้สมบูรณ์ และผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่านักเรียนมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ ความอยากรู้อยากเห็น ความคิดริเริ่ม และจินตนาการ

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรขาคณิตวิเคราะห์

Abstract

Creativity is one of the important skills for learners that helps improve imagination and endeavor with real-life situations. However, Thai education does not completely promote that skill in the present. This research aims to study the guidelines for using Mathematical Modelling that promote Mathematical Creative Thinking and the effects of learning activities on student's Mathematical Creative Thinking in geometric analysis. This research was conducted in terms of the classroom action research. Participants were 34 students in tenth grade of a school in Phitsanulok. The research instruments consisted of the lesson plans, worksheets, behavior observation form and Mathematical Creative Thinking test. The data were analyzed by using content analysis. The research found that the learning activities based on mathematical models that promote Mathematical Creative Thinking should emphasize choosing situations, which there are multiple solutions and related with the student's daily life, observe and consider of appropriate assistance when students work around obstacles occur, providing a chance for brainstorming and present to the whole class in order to get feedback to modify the model. Moreover, the student had improved Mathematical Creative Thinking when learning through mathematical models categorized based on their performance in descending order of components in creativity as follows; fluency, flexibility, elaboration, curiosity, originality and imagination.

Keywords: Mathematical Models, Mathematic Creative Thinking, Geometric Analysis

บทนำ

“ทักษะแห่งอนาคตใหม่ : การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21” ได้ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยภาครัฐและเอกชน ที่รวมตัวและก่อตั้งเป็นเครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) โดยความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวัน ช่วยให้บุคคลมีความคิดมีอิสระทางความคิด สามารถคิดได้หลากหลายและแปลกใหม่จากเดิม ซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ (Panich, 2012) และในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ถือว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดระดับสูง ถ้าปราศจากความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แล้ว นักเรียนจะถูกจำกัดขอบเขตทางความคิด วิธีการและการลงมือแก้ปัญหา ทำให้มีแนวทางแก้ปัญหาเพียงอย่างเดียว ไม่หลากหลาย ขาดความสามารถในการคิดปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป (Thanomjit, 2010) อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ของประเทศไทยยังคงเน้นการจดจำเนื้อหามากกว่าการเรียนรู้เพื่อให้มีความเข้าใจอย่างแท้จริง ครูส่วนใหญ่ยังคงจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการบรรยาย เพราะเป็นวิธีการที่สะดวกสามารถถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนได้อย่างรวดเร็ว ช่วยให้ครูสอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตรภายในระยะเวลาที่กำหนด ทำให้นักเรียนขาดการฝึกทักษะที่สำคัญอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการสอนร่วมกับการสังเกตและสัมภาษณ์นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก พบว่า

การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนส่วนใหญ่เป็นการบรรยาย ครูมีบทบาทในห้องเรียนมากกว่านักเรียน การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนเน้นแสดงวิธีการหาคำตอบเพียงอย่างเดียว เมื่อครูตั้งคำถามหรือปัญหาให้นักเรียนตอบ พบว่า คำตอบหรือแนวคิดที่นักเรียนแสดงออกมานั้นมักเป็นไปในแนวทางเดียวกัน นักเรียนไม่สามารถเลือกใช้ความรู้หรือวิธีการที่เหมาะสม เมื่อครูเปลี่ยนเงื่อนไขในสถานการณ์ปัญหาได้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันควรยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ตลอดจนการฝึกให้นักเรียนมีทักษะทางความคิดระดับสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น แต่การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายนั้นไม่ใช่เรื่องง่ายนัก เนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ปัญหาที่เกิดขึ้นจึงเป็นแนวทางที่จะจัดการเรียนรู้อย่างไร ให้นักเรียนได้รับการพัฒนาทั้งความรู้และทักษะตามที่คาดหวังไว้ ดังนั้น การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อหาแนวทางที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง

จากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านคณิตศาสตร์ศึกษา พบว่า มีแนวทางในการจัดการเรียนรู้สำคัญซึ่งจะช่วยพัฒนาความรู้และทักษะของนักเรียนได้นั้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน (Mathematical Model) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการเชื่อมโยงระหว่างโลกความจริงกับโลกคณิตศาสตร์ ด้วยการแทนสถานการณ์จริงของโลกในเชิงคณิตศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมนั้นไปประยุกต์ใช้ในแก้ปัญหาในสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลง เกิดแนวคิดใหม่ๆ ที่หลากหลายในการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ สำหรับแบบจำลองที่สร้างขึ้นแทนปัญหาอาจจะเป็นของจริง รูปภาพ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Naoyenpol, 2001, pp. 23-24) โดย Kim (2005, pp. 75-94) กล่าวถึงวิธีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา 2) ขั้นสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3) ขั้นปรับแต่ง ในแต่ละขั้นจะช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้แก่นักเรียน โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้และทำความเข้าใจปัญหา ระดมสมองเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย แปลกใหม่ ตลอดจนการเลือกแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่ในเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์นั้น มีลักษณะเป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนในทางกลับกัน ก็เป็นหัวข้อหนึ่งที่สำคัญในรายวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะที่สำคัญหลายประการ เช่น การคิด การให้เหตุผล การคิดสร้างสรรค์ ทักษะเชิงมิติสัมพันธ์ หรือความรู้สึกเชิงปริภูมิ (Spatial Sense) ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นพื้นฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องอื่นๆ เช่น จำนวน การวัด ตลอดจนเนื้อหาคณิตศาสตร์ขั้นสูง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์
2. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

นิยามศัพท์เฉพาะ

วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ซึ่งใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือสถานการณ์ที่ถูกจำลองขึ้น ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ทั้งหมด 3 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาให้ชัดเจน และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยนักเรียนจะต้องระบุจุดประสงค์ของปัญหา สร้างสมมติฐาน เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาเป็นรายกลุ่ม ครูควรกระตุ้นนักเรียนโดยการถามคำถาม เปิดวิสัยทัศน์ที่เกี่ยวข้อง ให้ข้อเสนอแนะ และสร้างบรรยากาศในการแสดงความคิดเห็นของนักเรียนแต่ละคน

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ทดลองสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนน้อยที่สุด รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมถ้าจำเป็น เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรในแต่ละหน่วย โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้สมการเพื่อหาลำดับเชิงคณิตศาสตร์ของตัวแปรที่ต้องการจากแบบจำลอง หรือเขียนกราฟ ครูทำหน้าที่ให้คำแนะนำและชี้แจงรายละเอียดของเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 ขั้นปรับแต่ง นักเรียนปรับรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไป หลังจากนำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อประเมินวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มเพื่อน นำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

ความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะการคิดที่แปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม มีวิธีการคิดได้หลากหลายทิศทาง หลากหลายแง่มุม ตลอดจนสามารถเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม ทำให้เกิดสิ่งแปลกใหม่ที่เป็นประโยชน์ ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการถามคำถาม การตั้งสมมติฐาน การสืบเสาะหาความรู้ เพื่อค้นหาความหมายของสิ่งต่างๆ ที่สนใจ ทำให้เกิดการสำรวจ ตรวจสอบข้อมูลในระดับลึกลงไป
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดหาแนวทางที่ถูกต้องได้หลายทาง หลายรูปแบบ สามารถเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาถ้ามีความจำเป็น และเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดที่แปลกใหม่ เป็นเอกลักษณ์ หรือแตกต่างจากแนวคิดของคนอื่น ไม่ซ้ำแบบคนส่วนใหญ่
4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดรายละเอียดเป็นขั้นเป็นตอน สามารถเขียนอธิบายหรือนำเสนอให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจน ละเอียด และสมบูรณ์
5. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการคิดหาคำตอบ แนวทาง วิธีการ หรือข้อมูลต่างๆ ได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว ในปริมาณมากในเวลาจำกัด

6. จินตนาการ (Imagination) หมายถึงความสามารถของนักเรียนในการนึกคิดเป็นภาพ การเชื่อมโยงสิ่งต่างๆ เข้าด้วยกันในสมอง และถ่ายทอดผ่านการวาดรูป วาดกราฟ หรือการออกแบบแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาทางในใบกิจกรรม

ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 6 องค์ประกอบในงานวิจัยนี้จะประเมินจาก ใบกิจกรรม แบบสังเกต พฤติกรรม และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแบบของ Schmuck (as cited in Kijkuakul, 2014, pp. 149-152) มีขั้นตอนการดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการ ประกอบด้วย ขั้นตอนวางแผน (Plan: P) ขั้นปฏิบัติ (Action: A) ขั้นสังเกต (Observe: O) และขั้นสะท้อนผล (Reflect: R) ซึ่งขั้นตอนทั้ง 4 นั้นจะเกิดขึ้นในลักษณะที่เป็นวงจรปฏิบัติการต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 แผนต่อ 1 วงจรปฏิบัติการ โดยหลังจากที่ผู้วิจัยวางแผน (P) ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการแล้วนั้น ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (A) ตามขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหา 2) ขั้นสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3) ขั้นปรับแต่ง ระหว่างนั้นผู้วิจัยได้สังเกต (O) พฤติกรรมในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อาวเคราะห์ เพื่อศึกษาพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (R) ในวงจรปฏิบัติการนั้นๆ จากนั้นนำผลการสะท้อนที่ได้มาใช้ในการวางแผน (P) เพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป จนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียน แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ที่เรียนในรายวิชา ค31202 จำนวน 34 คน ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนหญิงจำนวน 20 คน และนักเรียนชายจำนวน 14 คน

ขอบเขตการวิจัย

1. ด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม 2 ค31202 เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อย่อยต่อไปนี้ ระยะทางระหว่างจุดสองจุด จุดกึ่งกลางระหว่างจุดสองจุด ความชันของเส้นตรง เส้นขนาน เส้นตั้งฉาก ความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเป็นเส้นตรง และระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุด

2. ด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ทั้งหมด 15 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ จำนวน 3 แผน แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพ ประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ และครูชำนาญการที่มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี (ครูพี่เลี้ยง) โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือที่จำแนกออกตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังต่อไปนี้

เครื่องมือที่ใช้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ จำนวน 3 แผน ใช้เวลาแผนละ 5 ชั่วโมง โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้เนื้อหาสาระระหว่างจุดสองจุด และจุดกึ่งกลางระหว่างจุดสองจุด เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ค้นหาแนวทางการพิสูจน์ทฤษฎีบทพีทาโกรัสได้อย่างหลากหลาย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหลังคา โดยใช้เนื้อหาเรื่องความชันของเส้นตรง เส้นขนาน และเส้นตั้งฉาก เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ศึกษารูปสามเหลี่ยมต่างๆ จากโครงสร้างของหลังคาตามอาคาร/บ้านเรือนที่นักเรียนอาศัยอยู่ได้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โลโก้บริษัท โดยใช้เนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเป็นเส้นตรง และระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุด เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ศึกษาการสร้างสรคโลโก้ของบริษัทต่างๆ การย่อ/ขยาย โลโก้ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่องมือ คือ ให้ปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยให้เขียนบรรยายอย่างชัดเจน นอกจากนั้น ยังให้บรรยายขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้อย่างละเอียดพร้อมใส่ตัวอย่างคำถามและแนวคำตอบลงในขั้นของการจัดการเรียนรู้ด้วย

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ สำหรับผู้วิจัยและครูพี่เลี้ยงใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้รับหลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดให้เขียนแสดงความคิดเห็น สภาพปัญหา ข้อดี ข้อด้อย ของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้น โดยผู้เชี่ยวชาญเสนอให้มีการเพิ่มเติมคำอธิบายสำหรับแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ว่า แต่ละขั้นนั้นมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้อย่างไร และให้เพิ่มหัวข้อการบันทึกในส่วนของข้อดีที่ควรที่จะคงไว้ในการปฏิบัติครั้งต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย

1. แบบสังเกตพฤติกรรม เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างดำเนินกิจกรรม ที่แสดงออกถึงลักษณะทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 6 องค์ประกอบ

2. ใบกิจกรรม เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน ที่ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 6 องค์ประกอบ มีส่วนช่วยในการกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนและเป็นปัญหาในชีวิตจริง เพื่อที่ผู้วิจัยจะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และปรับเปลี่ยนสถานการณ์ในวงจรที่ 2 ให้มีความเหมาะสมและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 6 องค์ประกอบ โดยลักษณะข้อสอบจะประกอบด้วยบริบทหรือสถานการณ์ในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์และเนื้อหาบทเรียนเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ และข้อคำถามส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดหาแนวทางการแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีลักษณะเป็นปลายเปิด และมีคำตอบของปัญหาที่หลากหลาย

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 เป็นระยะเวลา รวม 15 ชั่วโมง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัยต่างๆ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ จนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ จากนั้นนักเรียนจะได้ทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ แล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อหารูปแบบและข้อสรุปของการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Triangulation) จำแนกออกตามจุดประสงค์ของงานวิจัย ดังนี้

2.1 จุดประสงค์ของงานวิจัยข้อที่ 1 ด้านข้อมูล (Data Triangulation) โดยเป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือจากการให้ข้อมูล ในแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการ ในประเด็นเดียวกัน และนำเสนอผลในรูปแบบของการเขียนบรรยาย

2.2 จุดประสงค์ของงานวิจัยข้อที่ 2 ด้านการใช้เครื่องมือวิจัยมากกว่า 1 ชนิด (Method Triangulation) มาทำการวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการวิจัยว่า จากเครื่องมือวิจัยทั้ง 3 ชนิดมีผลสรุปที่ตรงกันหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

สำหรับเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของใบกิจกรรม แบบสังเกตพฤติกรรมและแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์นั้น เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้าน ผู้วิจัยได้ยึดหลักวิธีการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ของ Greenstein (2012, p.75) ซึ่งประกอบด้วย 4 ระดับที่เรียงจากน้อยไปมาก ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับฝึกหัด ระดับที่ 2 ระดับพื้นฐาน ระดับที่ 3 ระดับเชี่ยวชาญ และระดับที่ 4 ระดับชำนาญ ดังตัวอย่างเกณฑ์การประเมินในตาราง 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบรูปรีคของ Greenstein (2012)

ทักษะ	ระดับเชี่ยวชาญ	ระดับชำนาญ	ระดับพื้นฐาน	ระดับฝึกหัด
ความคิด	นักเรียนมีการ	นักเรียนมักจะมีแนว	น้อยมากที่นักเรียนจะมี	บางครั้งนักเรียนไม่
ละเอียดลออ	เปลี่ยนแปลง แก้ไข	ทางการเปลี่ยนแปลง	แนวทางการเปลี่ยนแปลง	สามารถคิดแนว
	ปรับแต่งบางสิ่งต่างๆ	แก้ไข ปรับแต่งบางสิ่ง	แก้ไข ปรับแต่งบางสิ่ง	ทางการเปลี่ยนแปลง
	ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเป็น	ต่างๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น	ต่างๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น	แก้ไข ปรับแต่งสิ่งต่างๆ
	เรื่องง่ายและสนุก			ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
ความคิดยืดหยุ่น	นักเรียนมีการปรับตัว	นักเรียนสามารถทำงาน	บางครั้ง นักเรียนมีการ	ไม่มีประสิทธิภาพใน
	เข้ากับสถานการณ์	ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ปรับตัวเข้ากับสิ่งที่	การปรับตัวเข้ากับสิ่งที่
	ใหม่ๆ และเห็นความ	แม้ในขณะที่สิ่งต่างๆ	เปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งที่	เปลี่ยนแปลง เป็นเรื่อง
	เป็นไปได้ในการเรียนรู้	เปลี่ยนแปลงไป และ	ค่อนข้างยาก เมื่อมี	ที่ยากที่จะคิดนอก
	และเลือกใช้ได้อย่าง	สังเกตเห็นศักยภาพ	คำแนะนำจากคนอื่นจะ	กรอบ เนื่องจากคิดว่า
	เหมาะสม	บางอย่างที่จะเรียนรู้	สามารถปรับตัวได้	ตนเองเหมือนกับกรอบ
				แนวคิดนั้น

ผลการศึกษา

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ โดยข้อค้นพบในแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ทั้ง 3 ขั้นมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาสถานการณ์เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา ครูควรแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 4 ถึง 5 คน โดยคละความสามารถของแต่ละคน เพื่อให้ นักเรียนได้รับแนวคิดที่หลากหลายจากการระดมสมองภายในกลุ่ม ซึ่งภายในช่วงแรกของการจัดการเรียนรู้ ครูต้องให้คำแนะนำแก่นักเรียนเพื่อเข้าใจถึงแนวทางการศึกษาสถานการณ์ โดยสถานการณ์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรมีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมโดยตรง จะช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมมากขึ้น เป้าหมายของขั้นนี้ คือ การให้นักเรียนสามารถระบุเงื่อนไขและปัญหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้ ระหว่างกิจกรรมครูควรกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นออกมาให้มากที่สุดแล้วนำมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่ม ซึ่งจากการศึกษาของผู้วิจัยพบปัญหาว่า นักเรียนเกิดความสับสนต่อการทำความเข้าใจกับปัญหาของสถานการณ์ เกิดความสงสัยถึงแนวทางในการตอบปัญหา นักเรียนบางคนไม่กล้าที่จะแสดงความคิดเห็น ดังนั้น ในระยะแรกครูควรได้ร่วมอภิปรายกับนักเรียนทั้งชั้นเรียนถึงแนวทางการแก้ปัญหาจนนำไปสู่การเก็บรวบรวมข้อมูล การสังเกต การค้นหาสิ่งต่างๆ และสร้างแบบจำลองต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ นักเรียนได้ทดลองสร้างแบบจำลองขึ้นจากข้อมูลที่ได้ทำความเข้าใจแล้วจากขั้นตอนที่ 1 ในระยะแรกครูควรเข้าร่วมสังเกตและให้ความช่วยเหลือแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิด เพราะเป็นขั้นที่นักเรียนจะได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง หากพบว่า นักเรียนมีอุปสรรคหรือคลาดเคลื่อนในโมเดลที่สร้างขึ้นได้แก้ไขได้ทันที แต่เมื่อครูสังเกตและพิจารณาแล้วว่านักเรียนสามารถดำเนินการได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ด้วยตัวนักเรียนเองแล้ว ควรให้ความช่วยเหลือน้อยลง อย่างไรก็ตาม ครูควรเฝ้าติดตามการดำเนินการของนักเรียนอย่างใกล้ชิด และพร้อมให้ความช่วยเหลือเมื่อนักเรียนร้องขอ นอกจากนี้ ยังเป็นการประเมินความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนไปพร้อมกัน ซึ่งในการศึกษาของผู้วิจัย พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่ยังไม่สามารถสร้างแบบจำลองหรือแนวทางการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากไม่สามารถนำเอาความรู้ทางคณิตศาสตร์ออกมาใช้ ผู้วิจัยจึงทำการสัมภาษณ์นักเรียนบางกลุ่มอย่างไม่เป็นทางการ พบว่า นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหาได้ ดังนั้น ครูควรมีการทบทวนความรู้ พร้อมทั้งยกตัวอย่างแนวทางการตอบคำถามที่ใกล้เคียงหลายๆ ตัวอย่างให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเกิดแนวคิดและนำไปปรับใช้กับสถานการณ์ปัญหาของแต่ละกลุ่ม นอกจากนี้ การใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในใบกิจกรรมและการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัย พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็นต้นไป นักเรียนสามารถสร้างและอธิบายกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น มีความรอบคอบมากขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นปรับแต่ง นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ออกมานำเสนอแบบจำลอง โดยนักเรียนจะนำเสนอแนวคิดผลการดำเนินงาน ตลอดจนแบบจำลองที่สร้างขึ้น ระหว่างการนำเสนอ ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ ที่รับฟังการนำเสนอได้แสดงความคิดเห็นต่อการทำงานของกลุ่มที่นำเสนอ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ถึงข้อดีข้อด้อยของแบบจำลองที่สร้างขึ้น หรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแนวทางการปรับปรุงแบบจำลอง เป็นต้น เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งปรากฏว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนเพียงไม่กี่คนที่เสนอแนะความคิดเห็น ดังนั้น ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายทีละกลุ่มเพื่อทำให้เกิดแนวทางที่นำไปสู่แนวคิดใหม่ๆ จากมุมมองอื่นๆ ที่แตกต่างกัน โดยมีการแข่งขันกันถามคำถาม การเสริมแรงทางบวก การใช้คำถามปลายเปิดเพื่อนำให้นักเรียนเกิดความสงสัย เป็นต้น ผลทำให้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่เข้าร่วมในการแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ตอนที่ 2 ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดจากเครื่องมือวิจัยทั้ง 3 ชนิด แสดงได้ดังต่อไปนี้

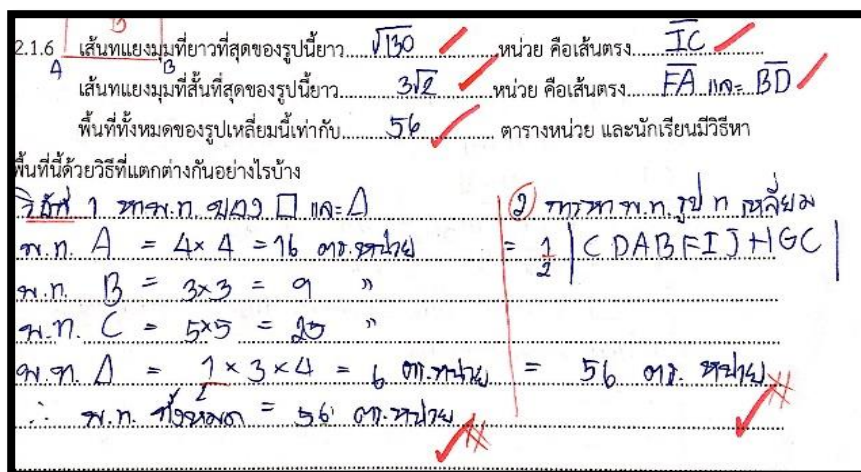
1. ด้านความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) จากผลวิเคราะห์ใบกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับฝึกหัด ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มนั้นไม่สามารถแสดงข้อสมมติฐานในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ บางคนเขียนเฉพาะคำตอบที่โจทย์กำหนดไว้ให้แล้ว ในขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่พัฒนาอยู่ในระดับพื้นฐาน ที่สามารถสร้างข้อสมมติฐานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ แต่ยังขาดการอธิบายความคิดเห็น ทำให้สมมติฐานที่นักเรียนสร้างขึ้นมานั้นไม่ครอบคลุมไปยังส่วนอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลใน

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ที่พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมในระดับพื้นฐานแต่ในขณะที่ผลจากแบบสังเกตพฤติกรรม พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมในระดับชำนาญ

2. ด้านความคิดคล่อง (Fluency) จากผลวิเคราะห์ใบกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับฝึกหัด ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มไม่สามารถหาข้อมูลได้มากเท่าที่ควร ข้อมูลที่เขียนตอบลงในใบกิจกรรมเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ครูกำหนดให้เพียงเท่านั้น ในขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับพื้นฐาน ที่สามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องบางส่วน เน้นปริมาณแต่ขาดการตรวจสอบความถูกต้อง ไม่สามารถอ้างอิงแหล่งที่มาได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ที่พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมอยู่ในระดับพื้นฐาน แต่ในขณะที่ผลจากแบบสังเกตพฤติกรรม พบว่า แสดงพฤติกรรมอยู่ในระดับชำนาญ

3. ด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) จากผลวิเคราะห์ใบกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับฝึกหัด ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มไม่สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลที่มีอยู่ในการใช้แก้สถานการณ์ปัญหาได้อย่างเหมาะสม มีความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณและไม่ตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการที่นำมาใช้ ในขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพื้นฐาน นักเรียนกลุ่มนี้สามารถแปลงข้อมูลที่มีอยู่ไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาได้ แต่ขาดการวิเคราะห์ความเหมาะสมของวิธีที่เลือกมาใช้ ซึ่งสอดคล้องกับผลจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรม ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมในระดับพื้นฐาน

4. ด้านความคิดริเริ่ม (Originality) จากผลวิเคราะห์ใบกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับฝึกหัด นักเรียนกลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบได้เพียง 1 วิธี ไม่สามารถค้นหาวิธีการอื่นนอกเหนือจากความรู้ของตนเองได้ ในขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพื้นฐานนักเรียนกลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหามาได้เพียง 1-2 วิธีดังภาพ 1 แสดงให้เห็นว่านักเรียน ขาดความหลากหลายและแปลกใหม่และซ้ำกับนักเรียนกลุ่มอื่นๆ ที่เป็นคำตอบทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับผลในแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ที่พบว่า นักเรียนแสดงพฤติกรรมในระดับฝึกหัดและผลแบบสังเกตพฤติกรรม พบว่า มีนักเรียนแสดงพฤติกรรมในระดับฝึกหัดและระดับพื้นฐานเท่ากัน



ภาพ 1 ตัวอย่างการแสดงแนวคิดด้านความคิดริเริ่มในระดับพื้นฐาน

5. ด้านความคิดละเอียดลออ (Elaboration) จากผลวิเคราะห์ใบกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับฝึกหัด ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มไม่สามารถแสดงวิธีการหาคำตอบที่ถูกต้องได้ ขั้นตอนและวิธีการที่เขียนลงในใบกิจกรรมมีความคลาดเคลื่อนทางมโนทัศน์ ในขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพื้นฐานนักเรียนกลุ่มนี้สามารถเขียนอธิบายขั้นตอนต่างๆ วิธีแก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้บางส่วนแต่ยังขาดความละเอียด มีความคลาดเคลื่อนในเนื้อหา แม้จะตอบถูกต้องแต่ไม่มีตรวจสอบวิธีการในแต่ละขั้นว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับผลจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรม ที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมในระดับพื้นฐาน

6. ด้านจินตนาการ (Imagination) จากผลวิเคราะห์ใบกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับฝึกหัด ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์กันของข้อมูลรูปภาพที่กำหนดไว้ในแนวคิดของตนเองได้ คำตอบที่พบในใบกิจกรรมเป็นตัวอย่างที่ครูและเพื่อนกลุ่มอื่นๆ แนะนำ ในขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับพื้นฐานนักเรียนกลุ่มนี้สามารถอธิบายความสัมพันธ์กันของข้อมูลรูปภาพที่กำหนดให้ โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้บางส่วน แต่ในขณะที่ผลจากแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมพบว่านักเรียนส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมในระดับฝึกหัด

เมื่อพิจารณาข้อมูลการพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนทุกคนมีระดับการพัฒนาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 สูงขึ้นซึ่งเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดละเอียดลออ ความอยากรู้อยากเห็น ความคิดริเริ่ม และจินตนาการ

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ต้องเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ โดยต้องใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและสอดคล้องกับความรู้ ซึ่งในขั้นทำความเข้าใจปัญหา ในขั้นนี้ครูควรกำหนดเป้าหมายให้ชัดเจน โดยเริ่มจากสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน มีความซับซ้อนพอเหมาะ และน่าสนใจ เพื่อที่นักเรียนจะไม่ท้อถอย และการให้ออกาสนักเรียนในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ซึ่งการให้นักเรียนแต่ละคนได้แสดงถึงแนวคิดของตน จะทำให้มองหาวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธีที่แตกต่างกัน ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดคล่อง เก็บรวบรวมความคิดเพื่อสร้างแนวคิดที่แปลกใหม่ สอดคล้องกับ Singngam (2016, pp. 151-166) ที่กล่าวว่า หากนักเรียนมีแรงจูงใจ และมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แบ่งปันความคิดจากผู้อื่น จะส่งผลให้มีการสร้างแนวคิดใหม่ๆ เกิดขึ้น ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีโอกาที่จะหาคำตอบของตนเองได้โดยไม่เหมือนใคร ครูควรเน้นย้ำถึงการแสดงออกทางความคิดโดยไม่มีผิดหรือถูก ในช่วงนี้หาก พบว่า มีกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหยุดชะงักการแสดงความคิดเห็น ครูควรกระตุ้นนักเรียนโดยการถามคำถาม เปิดวิทัศน์ที่เกี่ยวข้อง หรืออนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องมือต่างๆ ในการสืบค้นข้อมูลได้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น แต่ควรระวังไม่ให้นักเรียนสืบค้นมากเกินไปจนจำเริญ เพราะอาจจะทำให้นักเรียนไม่ได้ฝึกการคิดด้วยตนเอง

ชั้นสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากข้อค้นพบในผลการจัดการเรียนรู้นั้น นักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้อธิบายสมการตามประเด็นที่กำหนดให้ได้ หากขาดองค์ความรู้พื้นฐานในหลักการและทฤษฎีเบื้องต้น อาจเพราะกิจกรรมที่จัดขึ้นเป็นเรื่องใหม่และนักเรียนไม่มีความคุ้นเคยมาก่อน ดังนั้น ในระยะแรกนักเรียนควรได้รับการช่วยเหลือจากครูในด้านต่างๆ อย่างใกล้ชิด ซึ่งครูควรทำหน้าที่ให้คำแนะนำรวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาวิธีการอื่นๆ ส่งเสริมให้เกิดความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนแนวทางเมื่อข้อมูลไม่เพียงพอหรือได้รับเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายและเหมาะสมกับปัญหา ตลอดจนให้ทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องและวิธีการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนอย่างถี่ถ้วน ควรให้ความช่วยเหลือน้อยลง เมื่อครูสังเกตและพิจารณาแล้วว่านักเรียนสามารถดำเนินการได้ด้วยตัวเองแล้ว

ชั้นปรับแต่ง นักเรียนควรได้รับโอกาสในการปรับปรุงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผ่านการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ประเมินวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มเพื่อน เปรียบเทียบความแตกต่าง และประเมินข้อดีข้อด้อยของวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มต่างๆ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้มีละเอียดยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nahthasri (2017, pp. 43-50) ที่พบว่า ปัจจัยที่มีส่วนให้ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น คือ การที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง และได้แสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนภายในกลุ่มก่อให้เกิดการแตกแขนงทางความคิดขึ้น รวมถึงต้องมีการเพิ่มเทคนิคที่ช่วยให้นักเรียนมีการสื่อสารร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการพูดคุยและแลกเปลี่ยนแนวคิดเกี่ยวกับปัญหาและวิธีการดำเนินการแก้ปัญหามากขึ้น เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจไปในทิศทางเดียวกัน

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามารถช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ในเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ที่มีการพัฒนาได้มากที่สุด คือ ด้านความคิดคล่อง เพราะนักเรียนจะได้รับโอกาสในการเสนอแนวคิดของตนเอง แลกเปลี่ยนแนวคิดของเพื่อน ผ่านการระดมสมองภายในกลุ่มและหน้าชั้นเรียน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Rueanganan (2011) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ในการระดมสมองมากขึ้น นักเรียนจะสามารถหาคำตอบได้จำนวนมากในเวลาที่กำหนดได้ดีขึ้น รองลงมา คือ ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดละเอียดลออ ด้านความอยากรู้อยากเห็น ด้านความคิดริเริ่ม ในขณะที่ด้านจินตนาการ มีการพัฒนาน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากนักเรียนขาดพื้นฐานการเชื่อมโยงความรู้ทางกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ที่เกิดจากประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ที่มีครูเป็นศูนย์กลางที่เคยผ่านมา ที่ไม่ได้ฝึกให้นักเรียนได้คิดด้วยตนเอง ตลอดจนการแสดงความคิดเห็น แต่เมื่อมองในภาพรวมแล้ว นักเรียนมีพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้นตามวงจรปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับ Pawanlanchakom (2017) ที่กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะขั้นสูง ดังนั้น จึงต้องมีการฝึกฝนและใช้เวลาเพื่อให้เกิดการพัฒนาขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การให้คำแนะนำหรือยกตัวอย่างเกี่ยวกับแบบจำลองที่ใกล้ตัวนักเรียน จะช่วยให้นักเรียนมองเห็นมุมมองของแบบจำลองที่หลากหลาย นำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรการวิจัยต่อเนื่องเกี่ยวกับการพัฒนา/ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในด้านจินตนาการและความคิดริเริ่มเพราะมีพัฒนาการและผลการประเมินที่ต่ำกว่าด้านอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่านที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อใช้พัฒนาการวิจัยในครั้งนี้

References

- Greenstein, L. (2012). *Assessing 21st century skills: A guide to evaluating mastery and authentic learning*. Corwin Press.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw – Hill.
- Saijam. (2017). Designing learning activities to promote mathematical modelling by using problem approach for grade 8 students (Master thesis). Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University. [in Thai]
- Kijkuakul, S. (2014). *Learning management direction for teacher in 21st century*. Phetchabun: Chuladit Printing. [in Thai]
- Kim, S. H. (2005). Development of the evaluation criterion for mathematically gifted student's creative product in view of mathematical history. *The Korean Journal for History of Mathematics*, 18(2), 75–94.
- Nahthasri, W. (2017). The development creative skills of students with writing mind map. *Graduate Studies Journal*, 14(64), 43-50. [in Thai]
- Naoyenpol, P. (2001). *Mathematics instruction using open-ended problem solving for Students of Mathayomsuksa 1* (Doctoral dissertation). Bangkok: Srinakharinwirot University. [in Thai]
- Panich, V. (2012). *How to create students' learning in 21th century*. Bangkok: Sodsri-Saridwongso Foundation. [in Thai]
- Pawanlanchakorn, J. (2017). Action research on creative thinking development of computer subject in Prathomsuksa 5 Student at Bannumque School under the Office of Loei Primary Education Service Area Office 1. *Journal of Education Naresuan University*, 19(2), 289-304. [in Thai]

- Rueanganan, T. (2011). *The study of the Matthayomsuksa I student's behavior in fluency and flexibility thinking on geometry via mathematical problem-solving and brainstorming activities* (Master thesis). Bangkok: Srinakharinwirot University. [in Thai]
- Singngam, N. (2016). The development of a web-based the project based on the teaching of synnestic raptors to promote creative thinking for students in Matthayomsuksa 3. *Graduate Studies Journal*, 13(60), 151-166. [in Thai]
- Thanomjit, D. (2010). *Learning provision emphasizing open-ended questions to promote mathematical creative thinking for Mathayomsuksa 5 Students at Wachirawit School, Secondary Section, Chiang Mai Province* (Master thesis). Chiang Mai: Chiang Mai University. [in Thai]
- Torrance, P. E. (1962). *Guiding creative talent*. New Jersey: Prentice-Hall.