

การศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้
รูปแบบออนไลน์ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทาง
เรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

A study of mathematical connection ability by using online learning
management through the 4 MAT learning cycle model on geometric
transformation of Mathayomsuksa Two students

มนตรี ลาภตระการ* ทรงชัย อักษรคิด** และชนิศวรา เลิศอมรพงษ์**

* โรงเรียนวังน้อย (พนมยงค์วิทยา) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา

** สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Montree Laptrakan*, Songchai Ugsonkid** and Chanisvara Lertamornpong**

* Wongnoi Phanomyongwittaya School, The Secondary Educational Service Area Office Pha Nakhon Si Ayutthaya

** Teaching Mathematics Division, Faculty of Education, Kasetsart University

Received: June 2, 2022 / Revised: July 5, 2022 / Accepted: March 9, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนวังน้อย (พนมยงค์วิทยา) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา จำนวน 3 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 120 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนวังน้อย (พนมยงค์วิทยา) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้อง จำนวนนักเรียนทั้งหมด 39 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต วิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หลังเรียน จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติพรรณนา ประกอบด้วย ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติอ้างอิง ได้แก่ one-sample t-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT อยู่ในระดับดีเยี่ยมและดีมาก โดยคิดเป็นร้อยละ 30.77 เท่ากัน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ แนวคิดตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

Abstract

The purpose of this study was to study of mathematical connection ability by using online learning management through the 4 MAT learning cycle model on geometric transformation of Mathayomsuksa Two students.

The population in this study were 3 classrooms of 120 Mathayomsuksa Two students in academic year 2021 at Wangnoi Phanomyong Wittaya School, the Secondary Educational Service Area Office Pha Nakhon Si Ayutthaya. The sample was 1 classroom consisted of 39 Mathayomsuksa Two students who were selected by using cluster random sampling. The research instruments consisted of the lesson plans with online learning management through the 4 MAT learning cycle model on geometric transformation and the mathematical connection ability test on geometric transformation, The data on mathematical connection ability after learning from the mathematical connection ability test were analyzed by using descriptive statistics which were frequency, percentage, mean, standard deviation. Comparative statistics one-sample t-test was analyzed for testing hypothesis.

The research results showed that the students had mathematical connection ability on geometric transformations after the online learning management through the 4 MAT learning cycle model was excellent and very good which accounted for the same 30.77% and higher than the specified threshold 60% with statistical significance at the .05 level.

Keywords: Online learning materials, 4 MAT learning cycle model, Mathematical connection ability

ความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษามีความจำเป็นที่ต้องปรับเปลี่ยนให้ทันต่อสถานการณ์ในยุคปัจจุบันที่เต็มไปด้วยการแข่งขันในด้านความรู้ ความสามารถ และสถานการณ์ที่คาดไม่ถึง ครูในยุคปัจจุบันจึงจำเป็นที่จะต้องปรับตัวให้ทันต่อสถานการณ์หรือสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเช่นกัน เพื่อให้ตอบโจทย์ความต้องการของประเทศ และความต้องการการเรียนรู้ของนักเรียน รวมถึงความเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ในสถานการณ์ที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามปกติ ดังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จึงต้องให้นักเรียนได้รับการสอนรูปแบบออนไลน์เพื่อสามารถทำให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างต่อเนื่องโดยนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ในการสอน

การเรียนการสอนทุกกลุ่มสาระควรเน้นการประยุกต์และการแก้ปัญหาเพื่อนำไปเชื่อมโยงในชีวิตจริงมาผสมผสานกับการสอนในสถานการณ์ที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนแบบปกติ นำสิ่งรอบตัวในชีวิตประจำวันมาปรับใช้เพื่อให้เกิดเป็นสื่อการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถจับต้องได้ และมีความคุ้นเคย ผสมผสานกับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ จนทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นความสามารถที่จะ

นำความรู้ไปปรับใช้ในการเรียนรู้และประยุกต์ใช้สิ่งต่าง ๆ รอบตัว เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะกระบวนการที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ ความสามารถในการเชื่อมโยง

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันมีความจำเป็นต้องนำนักเรียนไปสู่การคิดเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น เพราะความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ เนื้อหา สาร และหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ยิ่งขึ้น การที่นักเรียนเห็นการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จะส่งเสริมให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาในคณิตศาสตร์ และเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ทำให้เข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้ลึกซึ้ง มีความคงทนในการเรียนรู้ ทำให้การเรียนคณิตศาสตร์น่าสนใจ มีความหมาย และทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology IPST, 2012)

จากความสำคัญของคณิตศาสตร์สู่การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ที่เน้นความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ปกติ ผู้วิจัยจึงพยายามปรับปรุงการเรียนการสอนในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ให้สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียนและสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น จนเกิดเป็นความคงทนถาวรและมีความต่อเนื่องในการเรียนรู้ สามารถนำความรู้ที่ได้นั้นไปประยุกต์และปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างแท้จริง จากการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัยในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ในปีการศึกษาที่ผ่านมายังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากรายงานผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบการสอน ปีการศึกษา 2562 และปีการศึกษา 2563 เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต มีจำนวนนักเรียนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่ทางโรงเรียนได้กำหนด และเมื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากแบบทดสอบ พบว่านักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาอย่างแท้จริง และไม่เห็นความสำคัญของเนื้อหาที่เรียน รวมถึงไม่สามารถนำความรู้ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ไปเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนได้ จากเหตุดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นและนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าและพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นวิธีการหนึ่งที่น่าจะสอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นและส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในเรื่องที่เรียน เกิดความรู้ความเข้าใจ และนำความรู้ความเข้าใจนั้นไปประยุกต์ใช้กับศาสตร์อื่นได้อย่างแท้จริง โดย McCarthy & Morris (1990) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT โดยการเรียนรู้ของมนุษย์เกิดจากความสัมพันธ์ 2 รูปแบบ คือ เรียนรู้จากการรับรู้ (Perception) และเรียนรู้จากกระบวนการหรือการกระทำ (Processing) การรับรู้ของมนุษย์มี 2 ช่องทาง คือ เรียนรู้จากการรับรู้จากประสบการณ์ของตนเองที่เป็นรูปธรรม และเกิดเป็นความคิดรวบยอดจนกลายเป็นนามธรรม ส่วนกระบวนการหรือการกระทำนั้น มี 2 ลักษณะเช่นเดียวกัน คือ การลงมือปฏิบัติ ทดลอง และการสังเกตโดยใช้ความคิดอย่างรอบคอบ สามารถพัฒนานักเรียนที่มีลักษณะของการเรียนรู้ที่มีความแตกต่างกันให้สามารถใช้สมองทุกส่วนในการพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

จากการศึกษาผลงานวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT คือ เครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น ด้วยวิธีการที่

น่าสนใจ (Billing, 2007) สอดคล้องกับ Ban-Kluai (2013) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ เรื่อง การวัด พบว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งนี้มุ่งหวังว่าครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์จะได้แนวในการพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต เพื่อนำไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากที่สุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนวังน้อย (พนมยงค์วิทยา) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 3 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 120 คน ซึ่งแต่ละห้องเรียนเป็นนักเรียนที่คล่องความรู้ความสามารถ โดยมีทั้งนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ อยู่ในห้องเรียนเดียวกัน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ของโรงเรียนวังน้อย (พนมยงค์วิทยา) สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพระนครศรีอยุธยา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 39 คน ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

3. สารการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหนังสือเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งประกอบไปด้วย เรื่องย่อย ๆ ได้แก่ การแปลง การเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และทฤษฎีบทพีทาโกรัส

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้เวลาทั้งหมด 15 คาบ คาบละ 50 นาที แบ่งเป็นจัดกิจกรรมโดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT จำนวน 14 คาบ และทดสอบหลังเรียน จำนวน 1 คาบ

5. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยประกอบด้วย

5.1 ตัวจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต

5.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต

สมมติฐานการวิจัย

ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หมายถึง รูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบออนไลน์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ที่เน้นให้นักเรียนเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอนได้ ประกอบด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องผ่านไปที่ละขั้น ช่วยให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าของการเรียนรู้ ถึงประสบการณ์ส่วนตัวของนักเรียนขึ้นมา สร้างการเชื่อมโยงทางความรู้ให้เกิดเป็นแรงจูงใจและความรู้สึกผูกพันกับสิ่งที่เรียน โดยผู้วิจัยได้พัฒนากรอบการจัดกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น จากการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประสบการณ์ตรงที่เป็นรูปธรรมแก่นักเรียน โดยครูสร้างองค์ความรู้ของเนื้อหาให้ออกมาในรูปแบบของรูปธรรม ประสบการณ์จำลองหรือประสบการณ์จริง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เสนอและแลกเปลี่ยนความคิด เพื่อเป็นการดึงดูดความสนใจของเนื้อหาให้นักเรียนรู้สึกว่าเป็นเรื่องใกล้ตัว

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ไตร่ตรองประสบการณ์ วิเคราะห์ประสบการณ์จำลองจากกิจกรรม โดยครูให้ร่วมกันวิเคราะห์ จากประสบการณ์จำลอง ตัวอย่าง หรือกิจกรรม ที่ครูสร้างหรือกำหนดขึ้นมา

ขั้นตอนที่ 3 สะท้อนประสบการณ์เป็นแนวคิด โดยครูให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ ประสบการณ์จำลอง ตัวอย่าง หรือกิจกรรม ให้ออกมาเป็นแนวคิด

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ ไตร่ตรองแนวคิดและถ่ายทอดเนื้อหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่ได้ โดยครูให้นักเรียนเข้าสู่เนื้อหาที่ลึกขึ้น ให้นิยาม คำจำกัดความ เพื่อนำมาเพิ่มเติมแนวคิดที่ได้จากขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินตามแนวคิด และลงมือปฏิบัติหรือทดลอง โดยครูจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือทดลอง เพื่อเป็นการย้ำแนวคิดที่นักเรียนสามารถสรุปได้ในขั้นตอนที่ 4 ว่าแนวคิดของตนเองนั้นถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 6 ต่อเติมเสริมแต่ง และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยครูให้นักเรียนจับกลุ่มทำกิจกรรมเพื่อสามารถไปศึกษาค้นคว้านอกห้องเรียนแล้วนำกลับมานำเสนอ สิ่งที่ตนเองได้ไปศึกษามา

ขั้นตอนที่ 7 วิเคราะห์แนวทางที่จะนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยครูให้นักเรียนได้วิเคราะห์สิ่งที่เพื่อนได้ไปศึกษาค้นคว้า และการได้มาซึ่งคำตอบ และอภิปรายผลไปสู่การนำความรู้ไปเชื่อมโยง

ขั้นตอนที่ 8 ลงมือปฏิบัติ และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ โดยครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์กระบวนการการได้มาซึ่งคำตอบ ของการนำความรู้ไปเชื่อมโยง ในรูปแบบการแลกเปลี่ยนประสบการณ์หรือการพูดคุย

ทั้งนี้ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ผ่านสื่อการเรียนรู้ได้แก่

1) The Geometer's Sketchpad (GSP) ใช้ในการแสดงตัวอย่างและสถานการณ์ของเนื้อหาให้มีความชัดเจน

- 2) Geogebra ใช้ในการแสดงตัวอย่างและสถานการณ์ของเนื้อหา และให้นักเรียนนำไปเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง
- 3) Padlet ใช้ในการแสดงความคิดเห็นเป็นรายบุคคล
- 4) Jam board ใช้ในการออกแบบแผนผังความคิดและใช้สรุปแนวคิดของเนื้อหา
- 5) Live Worksheets ใช้ในการทดสอบความรู้และความเข้าใจเมื่อหมดคาบเรียนนั้น
- 6) Mathigon ใช้ในการออกแบบทฤษฎีเซตและ การศึกษานอกเวลาเรียน

2. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ หลักการ ทักษะ และกระบวนการในวิชาคณิตศาสตร์มาสัมพันธ์กับเรื่องอื่นในคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นอย่างเป็นเหตุเป็นผล เพื่อนำมาแก้ปัญหาสถานการณ์หรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เข้าใจความสำคัญของเนื้อหาคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้งและมีความรู้ที่คงทนถาวรในเนื้อหานั้น โดยผู้วิจัยวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ข้อละ 6 คะแนน รวมเป็นคะแนนเต็ม 30 คะแนน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เนื้อหาประกอบด้วยเรื่องการแปลง การเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และทฤษฎีเซต รวมทั้งหมด 15 แผน ใช้เวลาจัดการเรียนรู้แผนละ 50 นาที แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 15 แผน ได้ผ่านการตรวจสอบด้านความตรงเชิงเนื้อหาจากอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิจัยแล้ว

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นจำนวน 5 ข้อ ดังนี้ ข้อที่ 1 ทดสอบเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องการเลื่อนขนานมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่นำไปเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นในคณิตศาสตร์ ข้อที่ 2 ทดสอบเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องการหมุนมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่นำไปเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นในคณิตศาสตร์ ข้อที่ 3 ทดสอบเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องการสะท้อนมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่นำไปเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นในคณิตศาสตร์ ข้อที่ 4 ทดสอบเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องการสะท้อนไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ข้อที่ 5 ทดสอบเกี่ยวกับการนำความรู้เรื่องการเลื่อนขนานไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ทั้งนี้ข้อสอบแต่ละข้อมีคำถาม 3 คำถาม โดยผู้วิจัยนำข้อสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ผลปรากฏว่าผ่านเกณฑ์ และผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละข้อ

คำถาม	คะแนน	ประเด็นในการพิจารณาให้คะแนน
คำถามที่ 1: ให้นักเรียนระบุความรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งอธิบายรายละเอียดของความรู้ให้ชัดเจน	2	ระบุ และอธิบายความรู้คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ได้ถูกต้อง
	1	ระบุ และอธิบายความรู้คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ได้บางส่วน
	0	ระบุ และอธิบายความรู้คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้得不ถูกต้อง หรือไม่ระบุ
คำถามที่ 2: ให้นักเรียนเขียนอธิบายวิธีคิด หรือขั้นตอนที่นำไปสู่คำตอบโดยไม่ต้องหาคำตอบ	2	อธิบายวิธีคิด หรือขั้นตอนที่นำไปสู่คำตอบได้อย่างชัดเจน
	1	อธิบายวิธีคิด หรือขั้นตอนที่นำไปสู่คำตอบได้แต่ไม่ชัดเจน
	0	อธิบายวิธีคิด หรือขั้นตอนที่นำไปสู่คำตอบที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่อธิบาย
คำถามที่ 3: ให้นักเรียนระบุคำตอบจากคำถาม	2	สามารถระบุคำตอบของคำถามได้ถูกต้อง
	1	สามารถระบุคำตอบของคำถามได้ถูกบางส่วน
	0	สามารถระบุคำตอบของคำถามได้แต่ไม่ถูกต้อง หรือไม่ระบุ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT กับนักเรียนตามแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 15 คาบ คาบละ 50 นาที
2. หลังจากสอนครบทุกเนื้อหาให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที
3. นำคะแนนของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลผลความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยตั้งระดับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ดังนี้ คะแนน 27 – 30 อยู่ในระดับดีเยี่ยม คะแนน 23 – 26 อยู่ในระดับดีมาก คะแนน 18 – 22 อยู่ในระดับดี คะแนน 13 – 17 อยู่ในระดับปานกลาง คะแนน 8 – 12 อยู่ในระดับพอใช้ และตั้งแต่ 7 คะแนนลงมา อยู่ในระดับควรปรับปรุง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยตรวจให้คะแนนแบบทดสอบตามเกณฑ์การแปลผลความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำคะแนนของนักเรียนเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งขึ้น เพื่อสรุประดับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
2. ทดสอบสมมติฐานการวิจัย โดยใช้ค่าสถิติอ้างอิง one-sample t-test

ผลการวิจัย

1. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังเรียน เป็นไปดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 จำนวนนักเรียนจำแนกตามระดับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ระดับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	จำนวนนักเรียน (คน)	ร้อยละ
ดีเยี่ยม	12	30.77
ดีมาก	12	30.77
ดี	8	20.51
ปานกลาง	4	10.26
พอใช้	2	5.13
ควรปรับปรุง	1	2.56

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยง เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต อยู่ในระดับดีเยี่ยมและดีมาก โดยคิดเป็นร้อยละ 30.77 เท่ากัน

2. ผลการตรวจสอบสมมติฐานการวิจัย เพื่อดูว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 หรือไม่ ได้ผลดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ตามวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT กับ เกณฑ์ร้อยละ 60 (คะแนนจุดตัดคือ 18 คะแนน และคะแนนเต็มคือ 30 คะแนน)

รายการ	<i>N</i>	$\bar{x}$	S.D.	<i>t</i> *
ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต	39	22.62	5.94	4.852

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

ข้อวิจารณ์

จากผลการศึกษา พบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ผู้วิจัยคิดเห็นว่าน่าจะมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ที่เน้นส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ผ่านสื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ทำให้นักเรียนได้เสนอความคิดเห็น และร่วมกันอภิปรายความรู้ ฝึกทักษะการสื่อสารซึ่งเป็นพื้นฐานของความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยเมื่อผู้วิจัยได้ใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ Padlet พบว่า นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นของตนเองได้ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสและพื้นที่ให้นักเรียนได้กล้าแสดงความคิดเห็น และสามารถแลกเปลี่ยนความเห็นของเพื่อนได้โดยไม่

จำเป็นต้องอยู่ในห้องเรียน ผู้วิจัยใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ The Geometer's Sketchpad (GSP) และ Geogebra เพื่อใช้ในการแสดงตัวอย่างจนนำไปสู่การสรุปแนวคิดของเนื้อหา พบว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ผ่านการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ได้ดีและเข้าใจจนนำไปสู่การสรุปแนวคิดของเนื้อหา ผู้วิจัยสังเกตความเข้าใจของนักเรียนซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถทำให้นักเรียนสรุปแนวคิดสู่การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จาก การใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ Jam board เพื่อสรุปแนวคิดของเนื้อหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สรุปแนวคิดของเนื้อหาได้อย่างถูกต้อง และมีเพียงส่วนน้อยที่ยังสรุปแนวคิดของเนื้อหาไม่ถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยได้นำคำตอบนั้นไปสู่ การอภิปรายร่วมกันในห้องเรียนและตั้งคำถามสู่การสรุปแนวคิดใหม่ได้อย่างถูกต้อง ประเด็นนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Athikiat & Santhuenkaew (2017) ได้กล่าวว่า บทเรียนไม่จำเป็นต้องจบลงด้วยคำตอบที่ถูก แต่ควรจะเป็น คำตอบที่สามารถขยายผลไปสู่การตั้งคำถามของนักเรียนต่อไป และสิ่งที่ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในขั้นตอนที่ 5 ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ผู้วิจัยเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ออนไลน์ Live Worksheet และ Mathigon เพื่อให้ให้นักเรียนได้นำแนวคิดที่สรุปได้มาใช้ พบว่า นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่สรุปได้มาใช้ในการทำใบ กิจกรรมโดยเขียนอธิบายกระบวนการได้มาซึ่งคำตอบของคำถาม ขั้นตอนในการคิดและแก้ปัญหาของข้อคำถามนั้นซึ่งเป็นทักษะที่นำไปสู่ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ด้วยตนเองในขั้นตอนที่ 6 ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ซึ่งเป็นข้อดีของสื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์และการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ เนื่องจากสามารถเข้าถึงอย่างรวดเร็ว เหมาะสมกับสถานการณ์ที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ปกติ ดังที่ Hophaisan (2001) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ เป็นการใช้โปรแกรมสื่อหลายมิติที่ใช้อินเทอร์เน็ต และเวิลด์ ไรด์ เว็บ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีความหมาย สามารถเข้าถึงได้ทุกที่ ทุกเวลา และรวดเร็ว

2. การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการจัดการเรียนการสอนที่รองรับความถนัดที่แตกต่างกันของนักเรียนให้สามารถได้เรียนรู้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาสมองทั้งซีกซ้ายและซีกขวาไปพร้อม ๆ กันได้อย่างสมดุล ดังที่ Ban-Kluai (2013) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นความแตกต่างระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไป ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ตามความถนัดและความสามารถของนักเรียน โดยมีขั้นตอนการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 สร้างประสบการณ์ตรงที่เป็นรูปธรรมแก่นักเรียนผ่านสื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ เช่น การสร้างสื่ออินิเมชัน เรื่อง การเลื่อนขนานโดยให้นักเรียนได้เห็นเนื้อหาอย่างเป็นรูปธรรมและสามารถให้ความหมายของการเลื่อนขนานจากสถานการณ์ที่นักเรียนเห็นได้ ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ไตร่ตรองประสบการณ์ วิเคราะห์ประสบการณ์จำลองจากกิจกรรมโดยใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ เช่น การใช้ Padlet หรือ Jam board ที่เป็นสื่อการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมการวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปจากสถานการณ์จำลองนั้นสู่การให้ความหมายของเนื้อหาการแปลงทางเรขาคณิต ขั้นตอนที่ 3 สะท้อนประสบการณ์เป็นแนวคิดโดยขั้นตอนนี้เมื่อนักเรียนเข้าใจความหมายของเนื้อหาแล้วนั้นให้ปรับเปลี่ยนเป็นแนวคิดจนนำไปสู่สมบัติของการแปลงทางเรขาคณิตแต่ละแบบ และใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ในการตรวจสอบแนวคิดของตนเองว่าถูกต้องหรือไม่ในขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ ไตร่ตรองแนวคิดและถ่ายทอดเนื้อหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่ได้ และนำมาสู่ขั้นตอนที่ 5 ดำเนินตามแนวคิด และลงมือปฏิบัติหรือทดลองโดยใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ The Geometer's Sketchpad (GSP) และ Geogebra ที่สามารถเป็นตัวช่วยในการพิสูจน์ข้อเท็จจริงของแนวคิดที่ได้ ซึ่งทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจที่คงทนถาวรจากการเห็นแนวคิดและหาข้อพิสูจน์แนวคิดนั้นด้วยตนเองในขั้นตอนที่ 6 ต่อเติมเสริมแต่ง และ

สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อสามารถนำความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาไปใช้กับเนื้อหา เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต โดยนำไปเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นในคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นจากขั้นตอนที่ 7 และขั้นตอนที่ 8 โดยนักเรียนสามารถบอก ขั้นตอนและกระบวนการที่ได้มาซึ่งคำตอบของคำถามที่เนื้อหาไปเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นในคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ผ่านการจัดกิจกรรมและการใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ เช่น Live worksheet หรือ Mathigon ซึ่งทั้ง 8 ขั้นตอน ของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT สามารถส่งเสริมความสามารถในการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับ Ban-Kluai (2013) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตาม แนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ที่มีต่อความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัด ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การวัด หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากการวิจัยพบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดีขึ้น เมื่อ ได้รับการส่งเสริมให้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ผ่านขั้นตอนทั้ง 8 ขั้นตอน ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ดังนั้นจึงเสนอแนะว่าครูผู้สอนสามารถนำแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ไปประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริม ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ได้ โดยครูควรใช้คำถามเพื่อให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น รวมทั้งส่งเสริมบรรยากาศในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันของนักเรียน โดยใช้สื่อการเรียนรู้มาเป็นตัวช่วย เช่น การใช้ Padlet หรือ Jam board มาช่วยสร้างบรรยากาศในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ให้นักเรียนได้กล้า ที่จะแสดงความคิดเห็น และกล้าที่จะแลกเปลี่ยนกับเพื่อนในห้องเรียน
2. การจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT ควรดำเนินการสอน ไปตามขั้นตอน ไม่ควรข้ามขั้น เนื่องจากแต่ละขั้นตอนมีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน เช่น ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ ไตร่ตรองแนวคิดและถ่ายทอดเนื้อหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่ได้ โดยครูให้นักเรียนเข้าสู่เนื้อหาที่ลึกขึ้นของการ แปลงทางเรขาคณิตแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาเพิ่มเติมแนวคิด โดยขั้นตอนที่ 5 เป็นการดำเนินการตามแนวคิด และลงมือ ปฏิบัติหรือทดลองโดยครูจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติหรือทดลอง เพื่อเป็นการย้ำแนวคิดที่นักเรียนสามารถ สรุปได้ในขั้นตอนที่ 4 ว่าแนวคิดของตนเองนั้นถูกต้อง ซึ่งถ้ามีการข้ามขั้นตอนที่ 5 ไปแล้วขึ้นขั้นตอนที่ 6 ที่ให้นักเรียน ไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองเลยนั้นอาจทำให้นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาอย่างแท้จริง ทำให้นักเรียนไม่สามารถสรุป สมบัติของการแปลงแบบต่าง ๆ ได้เพราะไม่ได้ลงมือปฏิบัติเพื่อหาข้อพิสูจน์ว่าแนวคิดที่นักเรียนคิดนั้นถูกต้องจริง หรือไม่
3. เนื่องจากการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT เป็นการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีข้อจำกัดไม่เหมือนเช่นรูปแบบการเรียนการสอนในห้องเรียนปกติ เช่น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับ นักเรียน หรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ดังนั้นลักษณะกิจกรรมควรเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิด การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น จากกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ที่นำมาใช้ เพื่อนำไปสู่ความสามารถในการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาพฤติกรรมระหว่างเรียนของนักเรียนขณะจัดการเรียนรู้ในด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ จากการทำกิจกรรม เช่น ใบกิจกรรม และเครื่องมืออื่น ๆ ที่นอกเหนือจากกิจกรรมในคาบเรียนหรือใบกิจกรรม เช่น อนุทิน
2. การพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์นั้นทักษะที่จำเป็นคือทักษะการสื่อสาร ดังนั้นอาจศึกษาวิจัยต่อยอดในตัวแปรตามเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารของนักเรียน หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 4 MAT

References

- Athikiat, K. and T. Santhuenkaew. (2017). *Modern teaching and new teaching techniques*. Retrieved from http://www.regis.skru.ac.th/RegisWeb/webpage/addnews/data/2017-07-24_078.pdf. [in Thai]
- Ban-Kluai, S. (2013). *The effect of the 4MAT teaching and learning on mathematical achievement and mathematical connection skills in measurement*. Veridian E-Journal. 3(6), 193 – 210. [in Thai]
- Billing, R. L. (2007). *Assessment of the learning cycle and inquiry-based learning in high school physics education*. (Masters's thesis). Michigan state University.
- Hophaisan, S. (2001). *Development of teaching and learning systems through general education courses to increase learning efficiency of learners*. Retrieved from <https://www.dric.nrct.go.th/Search/SearchDetail/120438>. [in Thai]
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology IPST. (2012). *Mathematical skills and processes*. Bangkok: Academic development IAD. [in Thai]
- Jamjang, S. (2020). *The effects of 4 MAT model learning activities management in the topic of foundation of geometry on mathematics learning achievement and attitude towards mathematics learning*. Journal of Kanchanaburi Rajabhat University. 1(9), 4 – 12. [in Thai]
- McCarthy, B. and S. Morris. (1990). *4MAT in Action I and II*. Barrington U.S.A.: Excel Inc.