

Development of Interactive Learning Environment Using Discussion Method with Think-Talk-Write Technique Model to Enhance Mathematical Communication Ability of Upper Secondary Students

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ด้วยวิธีการอภิปราย
ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Detch Phaladetch* and Jintavee Khlaisang

เดช พลเดช* และ จินตวีร์ คล้ายสังข์

*Department of Educational Technology and Communications, Faculty of Education, Chulalongkorn University
ภาคเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

*Corresponding author: detchdetchdetch@gmail.com

Received March 4, 2020 ■ Revised May 21, 2020 ■ Accepted June 16, 2020 ■ Published August 26, 2020

Abstract

The purposes of this research were to 1) develop an interactive learning environment using discussion methods with Think-Talk-Write technique to enhance mathematical communication ability of upper secondary students, 2) to compare mathematical communication ability of upper secondary students, and 3) to evaluate the effectiveness of the application of the model. The research process was comprised of three stages: 1) developing a model, 2) examining the students' mathematical communication abilities after using the model, and 3) evaluating the effectiveness of the model. The target group consisted of 31 upper secondary students from Horwang Phathumthani school in academic year 2019 and five experts.

The research findings revealed as follows: 1) the model consisted four components including Learner-Learner interaction, learner-instructor interaction, learner-content interaction, and learner-technology interaction; 2) there were significant differences between pretest and posttest scores of the mathematical communication ability of upper secondary students at the .05 level; and 3) the efficiency of interactive learning environment using discussion method with Think-Talk-Write technique showed three appropriate dimensions: The suitability of model, enhancement of mathematic communication ability, and the practical use.

Keywords: Interactive learning environment, Discussion, Think-Write-Talk technique, Mathematical communication ability

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 3) เพื่อประเมินผลของการใช้รูปแบบฯ มีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ 2) ศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังจากการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ 3) ประเมินประสิทธิภาพรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนหอวัง ปทุมธานี อำเภอปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี ใช้ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 31 คน 2) ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจประเมินรูปแบบการเรียนรู้ จำนวน 5 คน

ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการเรียนรู้ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ คือ 1) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน 2) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน 3) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหา 4) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องมือ 2) คะแนนความสามารถทางการสื่อสารของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียน อยู่ในระดับดี และค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 3) ผลการประเมินประสิทธิภาพรูปแบบการเรียนรู้ พบว่า มีความเหมาะสมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเหมาะสมของรูปแบบ 2) ด้านการเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 3) ด้านการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์, วิธีการอภิปราย, เทคนิค Think-Talk-Write, การสื่อสารทางคณิตศาสตร์

■ บทนำ (Introduction)

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ และถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2013) โดยที่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ที่มุ่งให้การศึกษาและการเรียนรู้มีคุณภาพได้มาตรฐานสากล พัฒนาคนไทยให้มีทักษะการคิดสังเคราะห์ สร้างสรรค์ ต่อยอดสู่นวัตกรรม มีทักษะชีวิตและอาชีพ ทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี มีการเรียนรู้ต่อเนื่องตลอดชีวิต และส่งเสริมระบบการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM education) เพื่อพัฒนาผู้สอนและผู้เรียนในเชิงคุณภาพโดยเน้นการเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้กับการทำงาน (Work integrated learning) นอกจากนี้ สสวท. ได้ศึกษาแนวโน้มด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี พบว่า ประเทศต่างๆ ทั่วโลกให้ความสำคัญกับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and innovation skills) ที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (Partnership for the 21 Century Skills) ได้แก่ การคิดแบบมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem-solving) การสื่อสาร (Communication) การร่วมมือ (Collaboration) และการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creative and innovation) ควบคู่กับความสามารถการใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017)

สำหรับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันนั้นพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐานในรายวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ สังเกตได้จากรายงานสรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-Net) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 โดยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ 30.72 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (The National Institute of Educational Testing Service (Public Organization), 2019) ซึ่งคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวอยู่ใน

เกณฑ์ที่ต่ำมาก และไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 และจากรายงานผลการประเมิน PISA 2018 พบว่า ในวิชาคณิตศาสตร์นักเรียนไทยที่มีความสามารถระดับ 1 มีถึงร้อยละ 53 ซึ่งระดับ 1 เป็นระดับที่ต่ำสุด (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2019a) โดยที่การประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ของ PISA จึงให้ความชัดเจนที่ความต้องการให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในการดำเนินชีวิต ซึ่งต้องการให้นักเรียนระบุสถานการณ์ที่สำคัญของปัญหา กระตุ้นให้หาข้อมูลสำรวจตรวจสอบ และนำไปสู่การแก้ปัญหา ในกระบวนการนี้ต้องการทักษะหลายอย่าง เป็นต้นว่า ทักษะการคิดและการใช้เหตุผล ทักษะการโต้แย้ง การสื่อสาร ทักษะการสร้างตัวแบบ การตั้งปัญหาและการแก้ปัญหา การนำเสนอ การใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ ในกระบวนการเหล่านี้ นักเรียนต้องใช้ทักษะต่างๆ ที่หลากหลายมารวมกัน หรือใช้ทักษะหลายอย่างที่ทับซ้อนหรือคาบเกี่ยวกัน ดังนั้นการที่ PISA เลือกใช้คำว่า ความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ แทนคำว่า “ความรู้คณิตศาสตร์” เพื่อเน้นความชัดเจนของความรู้คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ทั้งนี้ โดยถือข้อตกลงเบื้องต้นว่า การที่คนหนึ่งจะใช้คณิตศาสตร์ได้ คนนั้นจะต้องมีความรู้พื้นฐานและทักษะทางคณิตศาสตร์มากพออยู่แล้ว ซึ่งนั่นหมายถึง สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ขณะอยู่ที่โรงเรียน (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2019b)

เห็นได้ว่าความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการสื่อสารที่มีความหมาย เป็นภาษาเฉพาะ รัดกุม สามารถสื่อสาร และนำมาประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน โดยมุ่งให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงแนวคิด อธิบายแนวคิด และการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ซึ่งผู้เรียนควรได้รับการส่งเสริมให้มีการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ในกิจกรรมการเรียนการสอนที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (National Council of Teachers of Mathematics, 1989) คณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญทั้งในแง่ของการใช้งานในชีวิตจริง การพัฒนาการศึกษาให้กับคนในสังคม จึงมีความจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตและการพัฒนาความเจริญก้าวหน้าในทุกยุคทุกสมัยอย่างต่อเนื่อง และในปัจจุบันคณิตศาสตร์ยังมีความสำคัญมากขึ้นในมุมมองของการเป็นศาสตร์แห่งการพัฒนาความคิด ความเป็นเหตุผล และการมีส่วนร่วมในการพัฒนาทักษะชีวิต (Tangprasert, 2015)

Khlaisang and Songkram (2013) ได้กล่าวว่า ผู้เรียนในปัจจุบันคาดว่าจะใช้ประโยชน์จากทรัพยากรทางวิชาการ และการพัฒนาของเครือข่ายสังคม ในห้องเรียน รวมไปถึงความแพร่หลายในการใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่แบบไร้สาย ซึ่งทำให้เกิดความท้าทาย มีความต่อเนื่องและได้รับการโต้ตอบในทันที ซึ่งต่างจากการสอนรูปแบบดั้งเดิมที่จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า

ซึ่ง Kereluik, Mishra, Fahnoe, and Terry (2013) ได้คิด สอดคล้องกับบทความของ Rotherham and Willingham (2010) ที่ได้อธิบายว่า เป้าหมายหลักของการศึกษาไม่ได้เปลี่ยนไป ในศตวรรษที่ 21 แต่วิธีการได้รับผลอย่างชัดเจนจากผลของการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการเรียน การสอนนานกว่าศตวรรษ นับตั้งแต่ยุคของวิทยุ ภาพยนตร์ โทรทัศน์ สื่อการสอนแบบโปรแกรมและพัฒนาเป็นบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่คอมพิวเตอร์เข้ามาเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเรียนการสอน และต่อเนื่องมาถึงยุคของการเรียน อิเล็กทรอนิกส์ ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สามารถเชื่อมโยงโลกเข้าไว้ด้วยกัน คอมพิวเตอร์ก็ยังมีบทบาท สำคัญต่อวงการศึกษามาก เพราะทำให้โลกถูกย่อขนาดลงมาเป็น ห้องเรียนขนาดใหญ่ที่มีสารสนเทศ ข้อมูลและสื่อการเรียน การสอนหลากหลายรูปแบบที่ใครก็สามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระ ตามความต้องการของตนเอง (Songkram, 2014) เทคโนโลยี ในปัจจุบันมีบทบาทสำคัญในด้านการเรียนการสอนที่อำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้และมีประสิทธิภาพมากขึ้น การนำเอาเครื่องมือ (Tools application) ในการเรียนรู้ผ่านเครือข่าย อินเทอร์เน็ตมาใช้ในการเรียนรู้ รวมถึงการสอนในวิชา คณิตศาสตร์ การสอนแบบผสมผสานระหว่างการสอนแบบ ออนไลน์และการสอนแบบบรรยายในห้องเรียนจริง จะเกิดเป็น ระบบการเรียนการสอนที่มีสถานะแวดล้อมที่สนับสนุนการเรียนรู้ อย่างมีชีวิตชีวา ผู้เรียนสามารถโต้ตอบ และแสดงความคิดเห็น ระหว่างทำกิจกรรม ซึ่งจะเป็แรงจูงใจในการเรียนมีปฏิสัมพันธ์ ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียน ผู้เรียนกับเนื้อหา รวมไปถึงผู้เรียนกับอุปกรณ์ ซึ่งจะทำให้เกิดบริบทการเรียนรู้ แบบมีปฏิสัมพันธ์ สภาพแวดล้อมการเรียนแบบมีปฏิสัมพันธ์ จะสนับสนุนผู้เรียนทั้งในด้านของการคิดระหว่างการดำเนิร กิจกรรมการเรียนรู้ การแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นโดยการ พูดและการเขียนโดยการสนทนาผ่านเว็บ การนำเสนอข้อสรุป หรือวิธีทำที่ได้จากการเรียน จะมีการโต้ตอบ (Feedback) และให้แรงเสริม (Reinforcement) จากผู้สอนซึ่งคอยเป็น ผู้สนับสนุนการเรียนรู้ และชี้แนวทางในแต่ละขั้นตอนของ การเรียน ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ รวมไปถึงทักษะ การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งบริบทการเรียนรู้แบบมี ปฏิสัมพันธ์เป็นที่น่าสนใจเพราะการเรียนรู้สามารถเกิดขึ้นได้ ทั้งก่อนการเรียน ระหว่างการเรียน และหลังการเรียนใช้ทั้ง ทบทวนการเรียนรู้ ประหยัดเวลาในการเรียนโดยให้ผู้เรียน เรียนล่วงหน้า เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการ การเรียนการสอน นอกจากนี้ กิจกรรมการมีปฏิสัมพันธ์มีความ สามารถในการเสริมสร้างสภาพแวดล้อมทางการเรียน โดยเป็น การสนับสนุนผู้เรียนให้เื้อต่อการเรียนรู้ สภาพแวดล้อม การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์จึงมีบทบาทสำคัญในการสร้าง แรงผลักดันช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิสัมพันธ์ทาง

สังคมในเชิงบวกและในการพัฒนาการสนทนาเชิงสร้างสรรค์ (Villardón-Gallego, García-Carrión, Yáñez-Marquina, & Estévez, 2018)

การจัดการเรียนคณิตศาสตร์ในรูปแบบการอภิปรายนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพื่อเพิ่ม ศักยภาพให้ผู้เรียนสามารถสื่อสาร สื่อความหมาย และนำเสนอ ความคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ผู้วิจัยจึง ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเทคนิค Think-Talk-Write เป็นเทคนิคที่ส่งเสริมความ สามารถทางการสื่อสารผ่านทางช่องทางการพูดและการเขียน โดยแนวความคิดนี้มีพื้นฐานมาจากความเข้าใจทางการเรียนที่ ส่งเสริมให้ผู้เรียน คิดวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น และเขียน สรุปได้ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญที่จะต้องพัฒนาในการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้ 1) การคิด (Think) ผู้เรียนแต่ละคน คิดวิเคราะห์ถึงคำตอบที่เป็นไปได้ แล้วจดบันทึกสิ่งที่อ่านซึ่งจะ เขียนในรูปแบบภาษาของตนเอง เพื่อบันทึกความรู้ 2) การพูด (Talk) ผู้เรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มหรือในชั้นเรียน เพื่อ สื่อสาร ความคิดเห็น ความคิด การอภิปรายในกลุ่ม จะช่วยพัฒนา ความเข้าใจและทักษะการสื่อสารของผู้เรียน 3) การเขียน (Write) เป็นการแสดงผลที่ได้จากการอภิปราย ยุทธวิธี ผลที่ได้รับหรือ คำตอบได้ โดยผู้วิจัยได้นำเทคนิค Think-Talk-Write มาแทรก ในการจัดรูปแบบการเรียนแบบอภิปรายทุกขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสื่อสารทาง คณิตศาสตร์ ซึ่งผู้สนใจในการใช้เทคนิค Think-Talk-Write เพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เช่น Thongnak (2016) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับเทคนิค Think-Write-Talk ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการ สื่อสารทางคณิตศาสตร์ พบว่า ความสามารถในการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ที่ได้รับผลจากกิจกรรมการ เรียนรู้ตามแนวคิดแบบฮิวริสติกส์ร่วมกับเทคนิค Think Write Talk สูงขึ้น Phiomrat (2012) ได้ศึกษาผลของการใช้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่มี ต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการ สื่อสารทางคณิตศาสตร์ พบว่า พัฒนาการทางด้านการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผล งานวิจัยของ Agus and Haninda (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู แบบ Think-Talk-Write พบว่า ความสามารถในการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่มีการจัดการเรียนรู้แบบ Think-Talk-Write สูงขึ้นกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ เช่นกัน

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น การเรียนรู้ในบริบทการ เรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค

Think-Talk-Write อาจจะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objectives)

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
3. เพื่อประเมินรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขอบเขตการวิจัย (Research scope)

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ เพื่อสัมภาษณ์และสอบถามความคิดเห็นในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ออกแบบเครื่องมือวิจัยในการเก็บข้อมูลการทดลองและประเมินรูปแบบการเรียนรู้ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์จำนวน 2 คน 2) ผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินรูปแบบการเรียนรู้หลังนำไปทดลอง ประกอบด้วย ผู้ทรงคุณวุฒิด้านต่างๆ ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 2 คน ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 คน และผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนคณิตศาสตร์จำนวน 2 คน 3) นักเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหอวัง ปทุมธานี ภาคการเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 31 คน โดยการคัดเลือกแบบเจาะจงสำหรับเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังจากการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา

คณิตศาสตร์พื้นฐาน (ค32101) เรื่องลำดับและอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหอวัง ปทุมธานี ภาคการเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ใช้เวลาในการทดลอง จำนวน 10 ชั่วโมง

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังจากการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ ระยะที่ 3 การประเมินรูปแบบการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบบันทึกการศึกษา แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างกรอบแนวคิด สำหรับการพัฒนาแบบการเรียนรู้
2. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ สำหรับการพัฒนาแบบการเรียนรู้
3. แบบประเมินร่างรูปแบบการเรียนรู้ สำหรับประเมินความเหมาะสมในการนำรูปแบบการเรียนรู้ไปใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเหมาะสมของรูปแบบ 2) ด้านการเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 3) ด้านการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง
4. แบบประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ เป็นรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert scale) ซึ่งมีหัวข้อในด้านการใช้ภาษา สัญลักษณ์ และการนำเสนอทางคณิตศาสตร์
5. แบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ ในชั้นเรียน
6. แบบประเมินประสิทธิภาพรูปแบบการเรียนรู้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิหลังจากการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเหมาะสมของรูปแบบ 2) ด้านการเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 3) ด้านการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลดังรายละเอียดดังนี้ ระยะที่ 1 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ เป็นการศึกษานำแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาร่างรูปแบบการเรียนรู้ เช่น การเรียนรู้ด้วยวิธีการอภิปราย เทคนิค Think-Talk-Write บริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การเรียนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 บริบท

ของโรงเรียนที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ซึ่งนำไปเป็นพื้นฐานในการสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยร่วมกับแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อสร้างเครื่องมือ Interactive tools และเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น แบบวัดความสามารถทางการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยแบ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Linkert scale) แบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และนำแบบร่างรูปแบบการเรียนรู้ จากนั้นประเมินร่างรูปแบบการเรียนรู้ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยมีคุณสมบัติดังนี้ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จำนวน 2 คน ซึ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ในแต่ละด้านอย่างน้อย 5 ปี หรือเป็นผู้มีผลงานวิชาการเป็นที่ยอมรับในวงการศึกษาศึกษา

ระยะที่ 2 ศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังจากการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบการเรียนรู้ ไปทดลอง และสอบถามความคิดเห็นโดยมีนักเรียน โรงเรียนห้วย ปทุมธานี จำนวน 31 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยการเลือกแบบเจาะจง ซึ่งใช้เวลาในการศึกษาเก็บข้อมูล จำนวน 10 ชั่วโมง เนื้อหาการวิจัยในครั้งนี้เป็นเรื่องลำดับและอนุกรม ซึ่งถูกพัฒนาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในระยะที่ 1 โดยเก็บข้อมูลนักเรียนจากแบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมในแต่ละชั่วโมง หลังจากได้ดำเนินการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้

ระยะที่ 3 ประเมินรูปแบบการเรียนรู้ ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบหลังจากการทดลองใช้ ดำเนินการประเมินรูปแบบ และดำเนินการปรับปรุงรูปแบบ จากการเก็บข้อมูลแบบประเมินประสิทธิภาพในด้านความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยมีคุณสมบัติดังนี้ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 2 คน ซึ่งเป็นผู้มีประสบการณ์ในแต่ละด้านอย่างน้อย 5 ปี หรือเป็นผู้มีผลงานวิชาการเป็นที่ยอมรับในวงการศึกษาศึกษา ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญที่แตกต่างจากระยะที่ 1

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การออกแบบกรอบแนวคิด ใช้วิธีการตีความ และวิเคราะห์ข้อมูล จากแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การออกแบบ interactive tools ใช้วิธีการตีความ และวิเคราะห์ข้อมูล จากแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และแบบบันทึกการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ
3. การออกแบบ เครื่องมือการเก็บข้อมูล ใช้วิธีการตีความ และวิเคราะห์ข้อมูล จากแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และแบบบันทึกการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

4. การเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังจากการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถทางการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์รายชั่วโมง

5. การประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประเมินซึ่งประกอบไปด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเหมาะสมของรูปแบบ 2) ด้านการเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 3) ด้านการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง

ผลการวิจัย (Results)

ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังนี้

1. รูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยมีสรุปผลตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ รูปแบบการเรียนรู้ จากทฤษฎีของ Swan (2004) ที่อธิบายว่า การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ พบว่า ประสิทธิภาพของการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน 2) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน 3) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหา 4) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องมือ และจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่า มีความเหมาะสมในระดับมาก

1.2 ผลการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ รูปแบบการเรียนรู้ ซึ่ง Khammanee (2016) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการเรียนรู้แบบอภิปรายไว้ว่าประกอบด้วย 6 ขั้นตอน 1) ขั้นตอนแบ่งกลุ่ม 2) ขั้นตอนกำหนดประเด็นอภิปราย 3) ขั้นตอนพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น 4) ขั้นตอนหาข้อสรุปกลุ่ม 5) ขั้นตอนหาข้อสรุปบทเรียน 6) ขั้นตอนประเมินผลการเรียนของผู้เรียน และจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่า มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

1.3 ผลการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือในการเก็บข้อมูล และสื่อ Interactive มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด และได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยจึงนำ Google Slide มาเป็นเครื่องมือในการนำเสนอ เนื่องจากมีส่วนเสริม (Add-on) ซึ่งผู้วิจัยเลือก Pear deck ที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ของรูปแบบการเรียนรู้ในด้านของการมีปฏิสัมพันธ์ในกระบวนการเรียนการสอน ทั้งในขั้นนำ ขั้นกิจกรรม และขั้นสรุป โดยการมีการปฏิสัมพันธ์ทั้ง 4 องค์ประกอบที่นำมาสอดแทรกในกิจกรรมซึ่งจะช่วยเพิ่มความหลากหลาย เพื่อ

รองรับและทำให้เกิดความเหมาะสมกับความถนัดของนักเรียนในแต่ละคน รวมไปถึงการนำเสนอผลงานทั้งนี้ ผู้เรียนและผู้สอนสามารถเลือกใช้การนำเสนอที่สอดคล้องกับกิจกรรม สามารถสื่อสาร สื่อความหมาย ความรู้ออกมาให้ผู้เรียนคนอื่นๆ เกิดความเข้าใจ ดัง Figure 1

ซึ่งการใช้ Pear deck จะแทรกเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิด แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

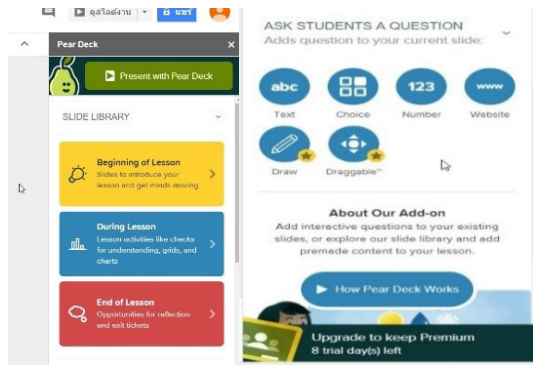


Figure 1 Google Slide with Pear deck add-on.

และสรุปผล ซึ่งเป็นส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดการมีปฏิสัมพันธ์ในหลายรูปแบบ ดัง Figure 2 Figure 3 และ Figure 4

Pear deck vocabulary ถูกออกแบบมาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้เพราะมีการใช้เกมส์และกระบวนการกลุ่มทำให้ผู้เรียนเกิดการสื่อสาร แลกเปลี่ยนความคิด และเกิดการแข่งขัน จึงเกิดการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน ดัง Figure 5 และ Figure 6

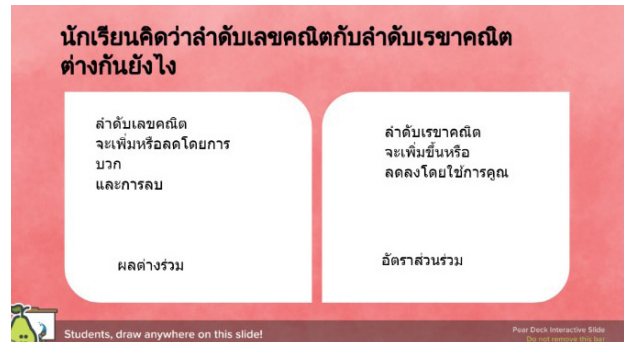


Figure 2 Google Slide by using think technique.

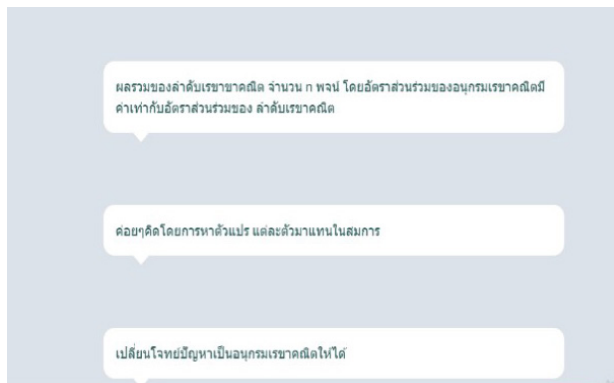


Figure 3 Google Slide by using talk technique.

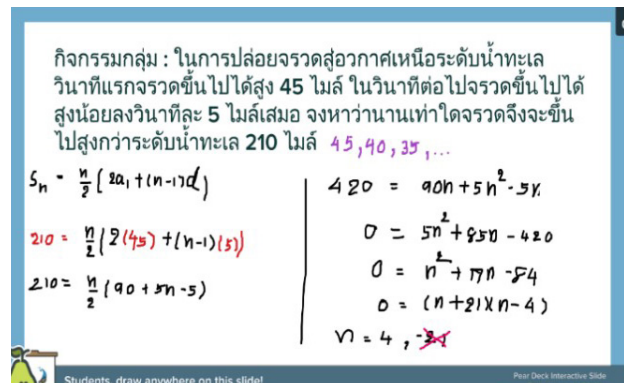


Figure 4 Google Slide by using write technique.



Figure 5 Google Slide during peardeck vocabulary activity.

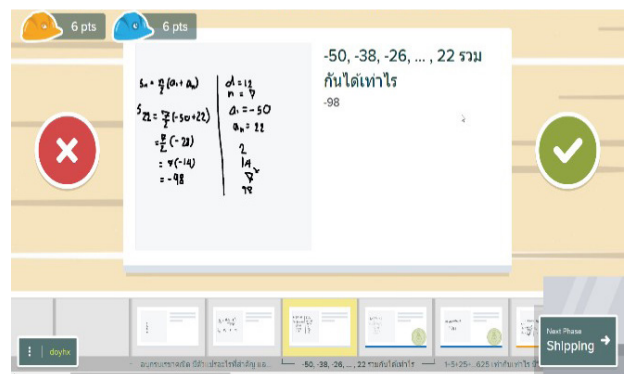


Figure 6 Google Slide during check answer activity by all students.

ผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นนำมา
สร้างรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์
ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think–Talk–Write เพื่อ

เสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ได้ดัง
Figure 7

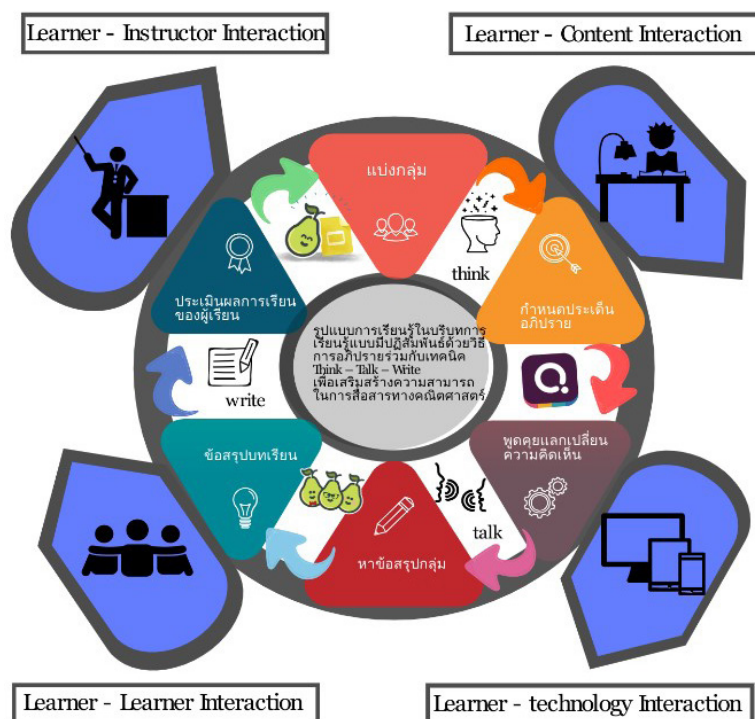


Figure 7 interactive learning environment using discussion method with Think-Talk-Write technique model to enhance mathematical communication ability of upper secondary students.

ผู้วิจัยจึงให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมใน
ภาพรวมของรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบ
มีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think–
Talk–Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์ (ร่าง) มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ซึ่ง
ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะและข้อควรปรับปรุงก่อนนำรูปแบบ
การเรียนรู้ฯ ไปใช้กับการเรียนการสอนจริง

2. การเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้
แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think–
Talk–Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสาร
ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ดัง Table 1

Table 1 Mean Standard deviation and t-test to compare mathematical communication of 31 upper secondary students.

คะแนนความสามารถด้านการสื่อสาร	$\bar{X}$	S.D.	t.	sig
ก่อนเรียน	6.06	2.61	-13.44	.000
หลังเรียน	10.03	1.87		

**p<.05

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการ
เรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปราย
ร่วมกับเทคนิค Think–Talk–Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถ
ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา
ตอนปลาย โดยภาพรวมมีคะแนนความสามารถทางการสื่อสาร

ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่
ระดับ .05

ผลการสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้
ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วม

กับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ดัง Table 2

Table 2 Observe mathematic communication ability behavior of 31 students.

พฤติกรรมที่สังเกต	การสังเกตในคาบที่ 2		การสังเกตในคาบที่ 9	
	จำนวนนักเรียนที่พบพฤติกรรม (31 คน)	ร้อยละ จำนวนนักเรียนที่พบพฤติกรรม	จำนวนนักเรียนที่พบพฤติกรรม (31 คน)	ร้อยละ จำนวนนักเรียนที่พบพฤติกรรม
1. การใช้การสื่อสารช่วยในระบบความคิดทางคณิตศาสตร์	8	25.81	16	51.61
2. สื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์กับเพื่อน ครู และบุคคลอื่นๆ ได้อย่างเป็นเรื่องเป็นราวชัดเจน	20	64.52	29	93.55
3. วิเคราะห์และประเมินความคิดและยุทธวิธีทางคณิตศาสตร์ของบุคคลอื่น	10	32.26	16	51.61
4. ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างตรงประเด็น	11	35.48	20	64.52
5. สร้างและใช้การนำเสนอในการรวบรวม บันทึก และสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์	15	48.39	24	77.42
6. เลือกใช้ ประยุกต์ และปรับเปลี่ยนการนำเสนอทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ ในการแก้ปัญหา	17	54.84	23	74.19
7. ใช้การนำเสนอจำลองและตีความปรากฏการณ์ทางกายภาพ ทางสังคม ทางคณิตศาสตร์	7	22.58	20	64.52
8. มีการค้นคว้าออกแบบแนวคิดทางคณิตศาสตร์	14	45.16	22	70.97
9. มีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการหาคำตอบในรูปแบบสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์	17	54.84	28	90.32
10. มีการแสดงความเห็น ตอบโต้ กับสิ่งที่ครูจัดเตรียมไว้ให้	25	80.65	31	100.00

3. การประเมินรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 คน ประเมินผลพบว่า มีความเหมาะสมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเหมาะสมของรูปแบบ 2) ด้านการเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 3) ด้านการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง

อภิปรายผล (Discussions)

จากผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ด้วยวิธีการอภิปรายร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์ สังเคราะห์ และจากแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการแบ่งกลุ่ม ผู้สอนดำเนินการปฐมนิเทศ แจ้งถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ บทบาทของผู้เรียน การใช้เครื่องมือต่างๆ รวมไปถึงระยะเวลาในการเรียนรู้ ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง และจัดผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบอภิปรายของ Khammanee (2016) ซึ่งได้เสนอแนวทางไว้ว่า ควรแบ่งผู้เรียนออกเป็น 4-6 คน ซึ่งประกอบไปด้วยผู้เรียน เก่ง-ปานกลาง-อ่อน เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกัน

ทำงานช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีเป้าหมายในการทำงานร่วมกัน และมีความรับผิดชอบร่วมกันทั้งของตนและของกลุ่ม เพื่อให้กลุ่มได้รับความสำเร็จร่วมกัน ซึ่งผู้เรียนทุกคนสามารถมองเห็น ซึ่งกันและกันหรือสามารถติดต่อกันได้ด้วย Interactive tools และรับฟังกันได้ดี เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มมีโอกาสแสดงความคิดเห็นได้อย่างทั่วถึง และผู้เรียนได้เรียนรู้ การทำงานร่วมกัน มีการสื่อสารกันภายในกลุ่ม ช่วยเหลือซึ่งกันและกันเพื่อให้สำเร็จตามเป้าหมาย ซึ่งจะเชื่อมโยงกับองค์ประกอบของผู้เรียนในรูปแบบการเรียนรู้ฯ ในด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ที่ระบุว่า เป็นการปฏิสัมพันธ์ที่เกิดจากการสื่อสารโต้ตอบอภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้ ซึ่งมีลักษณะการเกิดปฏิสัมพันธ์รวมทั้งจุดมุ่งหมาย จุดประสงค์ ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนได้หลายวิธี ลักษณะการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันทั้งแบบรายคู่ แบบกลุ่มศึกษา แบบรายบุคคลปฏิสัมพันธ์กับกลุ่ม แบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม สอดคล้องกับ Department of Curriculum and Instruction Development (2003) ที่กล่าวไว้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ ให้ผู้เรียนได้พูดหรือเขียนเพื่อแลกเปลี่ยนขั้นตอนพร้อมทั้งแนวคิดในการแก้ปัญหา ต่อสมาชิกในกลุ่ม รับฟังหรือโต้แย้งในแนวคิดโดยมีการใช้แผนภาพ หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนแนวคิดของตน ซึ่งจากแบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์พบว่า สอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมในข้อ สื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์กับเพื่อน ครูและบุคคลอื่นๆ ได้อย่างเป็นเรื่องเป็นราวชัดเจน (ร้อยละ 93.55) ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการสื่อสารและแสดงความคิดเห็นกับเพื่อน ผู้สอนในรูปแบบของแผนภาพสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาคำตอบหรืออภิปรายในประเด็นคำถาม ไม่ออกนอกเรื่อง ทั้งนี้การดำเนินกิจกรรมในขั้นต้น แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของผู้เรียนทั้งในด้านความรู้และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Sojayapan (2015) ได้อธิบายว่าการทำงานเป็นกลุ่มช่วยให้ผู้เรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ส่งผลให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ซึ่งผู้เรียนส่วนใหญ่จะมีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนเป็นกลุ่ม สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Panjamanas (2011) ได้อธิบายว่า การเรียนแบบอภิปรายกลุ่มเป็นการสนทนาของกลุ่มบุคคล เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือถ่ายทอดประสบการณ์ซึ่งกันและกัน หรือเปิดโอกาสให้ทุกคนได้แสดงความคิดเห็นหรือประสบการณ์อย่างทั่วถึง 2) ขั้นกำหนดประเด็นอภิปราย ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันกำหนดประเด็นอภิปราย โดยเลือกรูปแบบการอภิปรายที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการเรียนในแต่ละชั่วโมง ซึ่งประเด็นอภิปรายจะถูกเลือกผ่าน Interactive tools ที่ผู้เรียนนำเสนอและเป็นประเด็นที่ถูกเลือกมากที่สุด จากประเด็นที่สนใจของผู้เรียน ปัญหาที่พบ หรือวิธีคิดแก้ปัญหาจากโจทย์ที่เกิดข้อสงสัย หรือ

ไม่ชัดเจน หลังจากสืบค้นก่อนชั่วโมงเรียน โดยผู้เรียนคิดตามประสบการณ์และความรู้ที่ผ่านมา รวมไปถึงศึกษาจากแหล่งข้อมูลสารสนเทศ โดยผู้สอนได้เตรียมไว้เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนที่ยังไม่เข้าใจเนื้อหาตามไม่ทันเพื่อนในกลุ่ม เข้าไปศึกษาก่อนดำเนินการในขั้นการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มเติม ซึ่งจะเชื่อมโยงกับองค์ประกอบในด้านการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องมือ นั่นคือ ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือในการค้นคว้าความรู้และโต้ตอบ เพื่อเข้าถึงเนื้อหาที่ครูผู้สอนได้เตรียมไว้ และยังเชื่อมโยงกับองค์ประกอบในด้านการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน ซึ่งผู้เรียนจะมีโอกาสได้แสดงความคิดเห็นร่วมกันกับผู้สอน โดยปฏิสัมพันธ์โต้ตอบความคิดผ่าน Interactive tools ซึ่งแตกต่างจากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนโดยตรง เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีลักษณะการแสดงความคิดเห็นหรือการแสดงออกที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Williamson (2013) ที่อธิบายว่าการนำเสนอสื่อสังคมออนไลน์มาใช้อาจมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน แต่โดยรวมแล้วการนำเสนอสื่อสังคมออนไลน์มาใช้นั้น ส่วนใหญ่เพื่อเป็นการส่งเสริมแนวความคิด สนับสนุนและขยายวิธีการสื่อสารและการจัดกิจกรรมต่างๆ เพื่อเป็นการเผยแพร่ให้ทั่วถึงมากขึ้น และการกำหนดประเด็นอภิปรายผ่านสื่อ Interactive tools ทำให้เกิดการแสดงออกมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พบว่าในหัวข้อมีการแสดงความคิดเห็น ตอบโต้กับสื่อที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ (ร้อยละ 100) ผลการสังเกตสรุปว่า ผู้เรียนทุกคนมีความกระตือรือร้นในการโต้ตอบและแสดงความคิดเห็น ทั้งด้านการเรียนและกิจกรรมต่างๆ ภายในกลุ่มของตนเอง ผ่านสื่อที่ผู้สอนได้จัดเตรียมไว้ให้ จากการสอบถามผู้เรียนด้วยแบบสำรวจความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับการแสดงความคิดเห็นผ่าน Interactive tools พบว่า ผู้เรียนมีการปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ บน Interactive tool ทำให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และกล้าแสดงออก ($\bar{X}=4.00$) การอยากมีส่วนร่วมในชั้นเรียน หรือการกำหนดประเด็นการอภิปราย สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ของ Burnaby (2001) ที่กล่าวไว้ว่า การมีส่วนร่วมในชั้นเรียนไม่ใช่เพียงการรับข้อมูลจากผู้สอนเพียงอย่างเดียว แต่เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเข้าถึงประสบการณ์และการเรียนรู้จากสิ่งที่ได้เรียนรู้ ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก กระตุ้นให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนได้แสดงความคิดเห็นและแบ่งปันประสบการณ์ของแต่ละคน ผู้เรียนสามารถเจรจาถึงความคาดหวังอะไรที่ต้องการและทำอย่างไรจึงจะได้ตามที่คาดหวัง รวมทั้งเป้าประสงค์ ความรู้ ทักษะ และทัศนคติ 3) ขั้นพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ผู้เรียนเข้ากลุ่มอภิปรายโดยใช้ Interactive tools โดยผู้สอนได้เตรียมสำหรับการอภิปราย เพื่อแสดงความคิดเห็น และทำให้เกิดการปฏิสัมพันธ์

ที่หลากหลาย โดยที่ผู้เรียนสร้างสถานการณ์โดยการพูด การเขียน ผู้เรียนได้วิเคราะห์ข้อมูล อธิบายแนวคิดของตนเองในรูปแบบของกราฟ รูปภาพ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ผ่าน Interactive tools เป็นการอภิปรายกันภายในกลุ่ม ทำให้แลกเปลี่ยนประสบการณ์และความคิดเห็นซึ่งกันและกันภายในกลุ่มในแต่ละชั่วโมงผู้สอนให้ผู้เรียนในกลุ่มหมุนเวียนกันอภิปรายเพื่อช่วยกันอธิบายเสนอแนะความรู้เพิ่มเติมในจุดที่ยังไม่ชัดเจนผ่าน Interactive tools สอดคล้องกับบทความวิจัยของ Aunjit and Sahatsathatsana (2018) ซึ่งอธิบายว่า การจัดการเรียนรู้แบบเพื่อนช่วยเพื่อนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเชื่อมโยงกับองค์ประกอบในด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องมือ ซึ่งยังสอดคล้องกับพฤติกรรมทางการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อ ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างตรงประเด็น (ร้อยละ 64.52) ผลการสังเกตพบว่า ผู้เรียนมีการแสดงออกแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในระหว่างการแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นในรูปแบบต่างๆ ทั้งรูปภาพ กราฟ หรือสัญลักษณ์ตามสถานการณ์ จากการสอบถามนักเรียนด้วยแบบสำรวจความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนที่ 3 พบว่า นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นว่า การเชื่อมโยงไปหาแหล่งข้อมูลออนไลน์ทำให้นักเรียนสะดวกต่อการหาความรู้เพิ่มเติม ($\bar{X}=3.90$) การมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องมือ ง่ายและสะดวก ($\bar{X}=3.87$) กิจกรรมกลุ่มในห้องเรียนทำให้นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์กับเพื่อนได้อย่างอิสระ ($\bar{X}=4.19$) นักเรียนคิดว่าการแลกเปลี่ยนความคิดด้วยวิธีการที่หลากหลายทำให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นเพิ่มขึ้น ($\bar{X}=4.10$) การค้นหาข้อมูลด้วยตนเองและแลกเปลี่ยนกับสมาชิกในกลุ่ม ช่วยให้เกิดแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ($\bar{X}=3.97$) ทั้งนี้การดำเนินกิจกรรมขั้นต้น แสดงให้เห็นถึงความสนใจของนักเรียนที่มีต่อขั้นพุดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สอดคล้องกับ The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2012) กล่าวว่า การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอความคิด ซึ่งการที่ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือความรู้มีส่วนร่วมในการอภิปราย ได้ถ่ายทอด ประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นจะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ อย่างเข้าใจลึกซึ้งและจดจำ ได้นาน สอดคล้องกับบทความวิจัยของ Kanchanakunhon (2007) ได้กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการถ่ายทอดความรู้ที่อาจเป็นการพูด การเขียน การแสดงความคิดเห็น และการทำกิจกรรม หรือร่วมกันอภิปรายอย่างมีวัตถุประสงค์ สอดคล้องกับ Department of Mental Health (2003) ซึ่งได้กล่าวว่า ผู้เรียนควรจะแลกเปลี่ยนประสบการณ์ของตนเองออกมานำเสนอร่วมกับเพื่อนๆ จะทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่า

ตนเองได้มีส่วนร่วมในฐานะสมาชิกคนหนึ่ง มีความสำคัญที่มีคนฟังเรื่องราวของตนเอง และได้โอกาสรับรู้เรื่องราวของคนอื่น ซึ่งจะทำให้ความรู้เพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับ Ruksakaew (2009) กล่าวว่า ปฏิสัมพันธ์ทางการเรียนเป็นการเรียนที่ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนการสอน และสามารถสื่อสารกับสื่อประเภทต่างๆ สื่อบุคคล และสื่อที่มีการออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ระหว่างกัน 4) ขั้นหาข้อสรุปกลุ่ม หลังจากผู้เรียนได้สืบค้นความรู้และทำการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น แนวคิดทางคณิตศาสตร์กันแล้ว ผู้เรียนจะเริ่มเข้าใจ และรวมความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม ผู้เรียนจะเข้าใจสาระสำคัญในหัวข้อประเด็นอภิปราย และสรุปเป็นข้อสรุปของกลุ่ม ซึ่งผู้เรียนจะเกิดความรู้ใหม่เพิ่มเติมในหัวข้ออภิปราย และสามารถสรุปแล้วประยุกต์ออกมาเป็นแผนภาพ ข้อความหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อเตรียมตัวนำเสนอผ่าน Interactive tools ซึ่งสอดคล้องกับบทความของ Sombuttheera and Art-in (2012) ได้อธิบายว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร สื่อความหมาย และการนำเสนอ ซึ่งการสื่อสารจะเป็นการใช้คณิตศาสตร์ถ่ายทอดข้อมูล หรือข้อความจริงให้เป็นที่น่าสนใจ การสื่อความหมายเป็นการสื่อสารแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ทั้งรูปธรรมและนามธรรมโดยใช้ การอธิบาย อภิปราย ตั้งคำถาม การเขียน ตัวอักษร ตัวเลข สัญลักษณ์ รูปภาพ แผนภูมิ แผนภาพ ตาราง กราฟ การใช้สื่ออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ผู้อื่นได้ทราบและเข้าใจความหมายตรงกัน นั่นคือ ผู้เรียนจะได้พบหนทางที่เหมาะสมที่สุด ผู้เรียนจึงหาข้อสรุปไว้เป็นหลักการ บันทึกข้อมูลและผลสรุปที่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบในด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องมือ ซึ่งสอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมในข้อ เลือกใช้ ประยุกต์ และปรับเปลี่ยนการนำเสนอทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ ในการแก้ปัญหา (ร้อยละ 74.19) ผลการสังเกตพบว่า นักเรียนนำสื่อที่ครูได้เตรียมให้ ประยุกต์และปรับเปลี่ยน ในการนำเสนอเป็นแนวทางของตนเอง เพื่อนำเสนอ หาคำตอบ อธิบายประเด็นคำถาม หรืออธิบายแบบฝึกหัดในสถานการณ์ต่างๆ นักเรียนอีกส่วนเลือกใช้วิธีการนำเสนอที่สามารถหาคำตอบได้ แต่ไม่เหมาะกับการนำมาใช้ในบางปัญหา รวมไปถึงมีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการหาคำตอบในรูปแบบสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 90.32) ผลการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการบันทึกข้อมูลที่ได้ ทั้งจากขั้นกำหนดประเด็นอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นหาข้อสรุปกลุ่ม และหาข้อสรุปบทเรียน เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น การแทนด้วยตัวแปร หรือสร้างตารางประกอบ ทั้งนี้การดำเนินกิจกรรมขั้นต้น แสดงให้เห็นถึงความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการหาข้อสรุปกลุ่ม ซึ่งในการดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนนี้ ผู้เรียนจะได้สรุปผ่าน Interactive tools จะทำให้

ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มได้ใช้เครื่องมือที่หลากหลาย และได้ออกแบบแนวคิดของตนเองในลักษณะและวิธีการคิดที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการเรียนที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ว่า นักเรียนคิดว่าการได้มีปฏิสัมพันธ์ได้รูปแบบต่างๆ บน Interactive tools ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ($\bar{X}=4.16$) นักเรียนคิดว่า การสรุปกลุ่ม และการสรุปชั้นเรียน ช่วยให้คำตอบของปัญหาถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น ($\bar{X}=4.19$) และยังสอดคล้องกับ Khammanee (2016) ที่กล่าวไว้ว่า การสรุปผลการอภิปราย ก่อนที่การอภิปรายจะยุติลง กลุ่มจำเป็นต้องมีการสรุปผลการอภิปรายเพื่อให้ได้คำตอบตามประเด็นที่กำหนด ผู้สอนควรบอกหรือให้สัญญาณแก่กลุ่มอภิปราย เพื่อกลุ่มจะได้สรุปผลการอภิปรายเป็นข้อสรุปของกลุ่ม 5) ข้อสรุปบทเรียน ผู้สอนดำเนินกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มหมุนเวียนเป็นตัวแทนกลุ่มเพื่อนำเสนอข้อสรุปกลุ่มของตนเองเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการปรึกษาหารืออย่างถี่ถ้วน ออกมาเป็น เป็นแผนภาพ ข้อความ และสัญลักษณ์ สามารถอธิบายความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน ผ่าน Interactive tools โดยที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนต่างกลุ่มสามารถสร้างข้อขัดแย้ง หรือซักถามข้อสงสัย และผู้สอนซักถามสาระสำคัญและอธิบายแนวคิดให้ชัดเจนขึ้น ซึ่งจุดที่ผิดพลาดหรือยังไม่ครบถ้วน และขยายความรู้ของนักเรียนแต่ละคนผ่าน Interactive tools โดยผู้เรียนแต่ละคนใช้แนวคิดของตนเองที่ได้จากการสรุป นำไปประยุกต์ใช้ในการตอบคำถามจากสถานการณ์ใหม่ที่ผู้สอนสร้าง ออกมาเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ของตนเองได้อย่างชัดเจน โดยเมื่อสิ้นสุดการสรุปบทเรียน ผู้เรียนจะเกิดความรู้ใหม่ที่ตกผลึก ซึ่งในขั้นตอนนี้เชื่อมโยงกับองค์ประกอบในด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องมือกิจกรรมนี้ สอดคล้องกับแบบสำรวจความคิดเห็นนักเรียนในข้อ การนำเสนอ ด้วย Interactive tool มีความแปลกใหม่น่าสนใจ ($\bar{X}=4.45$) และ นักเรียนคิดว่าการสรุปกลุ่ม และการสรุปชั้นเรียน ช่วยให้คำตอบของปัญหาถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น ($\bar{X}=4.19$) และสอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมในข้อ ใช้การนำเสนอ จำลอง และตีความปรากฏการณ์ทางกายภาพทางสังคม ทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 64.52) ผลการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ที่แสดงพฤติกรรมนี้จะสามารถนำเสนอสถานการณ์ปลายเปิด เรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา อภิปรายและเปรียบเทียบรวมกันทั้งกลุ่มหรือทั้งชั้น รวมไปถึงสรุปแนวคิดจากการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน นักเรียนอีกส่วนยังมีข้อผิดพลาดบ้างในบางสถานการณ์ เช่นกันเปรียบเทียบวิธีคิดระหว่างกลุ่ม และสร้างและใช้การนำเสนอในการรวบรวม บันทึก และสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 77.42) ผลการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สร้างและนำเสนอข้อมูลออกมาเป็นแผนภาพ ตาราง สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อรวบรวม

จัดบันทึกออกมาเป็นแนวทางทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำไปใช้สื่อสาร อธิบายได้อย่างถูกต้อง และนักเรียนบางส่วนยังอธิบายแนวคิดของตนเองไม่ชัดเจน ทั้งนี้การดำเนินกิจกรรมในขั้นต้น แสดงให้เห็นถึงความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการหาข้อสรุปบทเรียน และยังสามารถขยายความรู้ โดยการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ๆ โดยผู้เรียนจะได้ใช้ความรู้ แก้ไขปัญหาผ่าน Interactive tools ซึ่งการสรุปบทเรียนในลักษณะโยงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันจะช่วยให้เห็นถึงความต่อเนื่องและชัดเจนรวมทั้งการสรุปบทเรียนจะช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ และในชีวิตจริง และยังสอดคล้องกับบทความของ Sanpakdee (2007) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การสรุปบทเรียนเป็นสิ่งที่ควรทำหลังจากการเรียนรู้ได้ผ่านไปแล้ว เป็นการทบทวนหรือผลการปฏิบัติงาน โดยกระบวนการหลักๆ จะเป็นการนำสิ่งที่เกิดขึ้นมาสรุปเป็นความคิดจากการทดลอง 6) ขั้นการประเมินผลการเรียนของผู้เรียน ผู้สอนประเมินความรู้และความสามารถทางการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยตรวจสอบจากผลการใช้ที่ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้รับกับสถานการณ์ใหม่ รวมทั้งประเมินจากแบบฝึกหัดซึ่งผู้เรียนได้รับมอบหมายให้ทำทั้งในคาบ และเป็นการบ้าน ที่เป็นหลักฐานร่องรอยที่ได้บันทึกมาจากขั้นที่ 5 ซึ่งเชื่อมโยงกับองค์ประกอบในด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหา และในด้านการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องมือ สอดคล้องกับแบบสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนในข้อ นักเรียนพยายามสื่อสารสื่อความหมายในสิ่งที่นักเรียนเข้าใจ ($\bar{X}=4.26$) และยังรวมไปถึงการทดสอบผู้เรียนหลังจัดกิจกรรม เพื่อนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับก่อนทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, Office of the Basic Education Commission (2009) ได้กำหนดมาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน การประเมินผล ให้บรรลุผลตรงกันไว้ในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ซึ่งสอดคล้องกับ The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2017) ที่กล่าวว่า การวัดประเมินผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในปัจจุบันนี้มุ่งเน้นการวัดและการประเมินการปฏิบัติงานในสภาพที่เกิดขึ้นจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง รวมทั้งประเมินเกี่ยวกับสมรรถภาพของผู้เรียนเพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้จากการท่องจำ โดยวิธีการประเมินที่หลากหลายจากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้เผชิญกับปัญหาและสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง ได้แก้ปัญหา สืบค้นข้อมูล และนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งแสดงออกทางการคิด

จากผลการศึกษาที่ปรากฏในข้างต้น โดยอาศัยพื้นฐานทฤษฎีการเรียนรู้ การเรียนรู้แบบอภิปราย สภาพแวดล้อมแบบมีปฏิสัมพันธ์ และเทคนิค การคิด การพูด การเขียน ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการสื่อสาร นำไปสู่การพัฒนาความสามารถ

ทางการสื่อสาร สอดคล้องกับผลวิจัยซึ่งการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการเรียนรู้ โดยภาพรวมมีคะแนนความสามารถทางการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนมีค่าเฉลี่ย พฤติกรรมสูงขึ้นให้ทุกหัวข้อที่สังเกต สอดคล้องกับ Makanong (2010) ซึ่งกล่าวว่า ในการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ นั้น ครูควรให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การมีส่วนร่วม มีปฏิสัมพันธ์ โดยให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ซักถาม นำเสนอแนวคิด หรือเหตุผลของตน รวมถึงให้ผู้เรียนมีโอกาสทราบผลการกระทำทันที ในโอกาสแรกที่เป็นไปได้ นอกจากนี้พบว่า การประเมินรูปแบบการเรียนรู้โดยผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า มีความเหมาะสมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความเหมาะสมของรูปแบบ 2) ด้านการเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 3) ด้านการนำไปใช้ในสถานการณ์จริง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kerdprasong (2017) ซึ่งได้ศึกษา และพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า ทฤษฎีที่นำมาเป็นฐานมีการออกแบบให้ผู้เรียนมีการปฏิสัมพันธ์ แสดงแนวคิด และอธิบายโดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นหลักฐานทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

จากผลสรุปและการอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การนำรูปแบบการเรียนรู้ ไปใช้ ควรศึกษาบริบทและความพร้อมของสถานศึกษาให้มีความสอดคล้องกับงานวิจัย
2. ผู้สอนควรศึกษาเครื่องมือ interactive tools ที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างถี่ถ้วน เลือกใช้วิธีการสอน เทคนิค และพัฒนาให้เหมาะสมกับวิชาที่สอน และวิเคราะห์ผู้เรียนเพื่อกำหนดปัญหาและความต้องการพัฒนาของผู้เรียนในด้านที่ต้องการ

3. ประเมินผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ หลังทดลองทันทีเพื่อศึกษาผลที่ได้ มาปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาต่อไป

4. ติดตามผลการจัดการเรียนรู้ อย่างต่อเนื่อง ในเนื้อหาถัดไป เพื่อสังเกตพฤติกรรม

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ในครั้งนี้ ควรนำไปขยายผลกับการทำทดลองกลุ่มอื่นๆ ที่มีการจำแนกตัวแปรอิสระ นอกจากกลุ่มเก่ง กลาง อ่อน หรือตัวแปรตามนอกจากวิชาคณิตศาสตร์ แต่ด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากรจึงเสนอแนะให้ผู้สนใจได้ทำการศึกษาต่อไป

2. งานวิจัยในครั้งนี้ใช้ส่วนเสริมใน Google presentation ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาขึ้นอย่างหลากหลาย และซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ตามความเหมาะสมในรายวิชาอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง (References)

- Agus, S. S., Haninda, B. (2018). The effect of cooperative learning model Think-Talk-Write (TTW) type on mathematical problem-solving abilities in terms of learning habits. *Journal Pendidikan Matematika*, 9, 33-40. doi: 10.24042/ajpm.v9i1.2235
- Aunjit, A., & Sahatsathatsana, C. (2018). The development of learning achievement on solving the linear equation with two variables through peer tutoring lesson plans for grade-9 students at Kalasin College of Dramatic Arts. *Journal of Science and Science Education*, 1(2), 196-205.
- Bureau of Academic Affairs and Educational Standards, Office of the Basic Education Commission. (2009). *Tua chi wat lae sara kanrianru khanittasat tam laksut kæn kläng kansuksä naphün thän 2551* [Indicators and subject matter for learning mathematics According to the Basic Core Education Curriculum 2008]. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand.
- Burnaby, B. (2001). The many faces of Participatory adult education. In Pat Campbell & Barbara Burbaby (Eds.), *Participatory practices in adult education* (pp. 307-308). New Jersey: Lawrence Erlbaum Association.
- Department of Curriculum and Instruction Development. (2003). *Khūmū laksut kænson* [Teaching Manual]. Bangkok: Teachers Council of Thailand.
- Department of Mental Health. (2003). *Khūmū songsæm sukkhaphap chit nakrian radap mathayommasuksä samrap khrū* [Mental health promotion guide for secondary school students for teachers]. Bangkok: 'Ongkän rap sinkhā læ phatsaduphan.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2012). *Thaksa læ krabūankän thäng khanittasat* [Mathematical skills and processes] (3rd ed.). Bangkok: 3Q Media.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2013). *Khūmū kanchai laksut klum sara kanrianru khanittasat radap mathayommasuksä tön plāi chabap prapprung 2556* [Course Guide Upper Secondary Mathematics Learning Substance, Revised Edition 2013]. Retrieved from <http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556/ManualMathM4-M6.pdf>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). *Khūmū kanchai laksut klum sara kanrianru khanittasat (chabap prapprung 2560) tam laksut kæn kläng Phutthasakkarat 2551* [Manual for curriculum in mathematics (Revised 2017) in accordance with the core curriculum B.E. 2008]. Retrieved from <http://www.scimath.org/e-books/8379/8379.pdf>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2019a). *Phonkän pramæn PISA 2018* [PISA 2018 evaluation results]. Retrieved from <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2019b). *Khūmū chālāt rū dān khanittasat* [Mathematical intelligence] Retrieved from <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/mathematical-literacy>
- Kanchanakunchon, T. (2007). Effects of developed mathematics learning activities utilizing the su ji pu li approach on "introduction to calculus" upon pre-cadet academic achievement and communication skill (Master's thesis). Srinakharinwirot University, Bangkok.
- Kerdprasong, K. (2017). The development of learning management model for mathematical competency of mathayomsuksa one students. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 10(3), 2121-2137.
- Kereluik, K., Mishra, P., Fahnoe, C., & Terry, L. (2013). What knowledge is of most worth: Teacher knowledge for 21st century learning. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 29(4), 127-140.
- Khammanee, T. (2016). *Sat kænson* [Teaching science]. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Khaisang, J., & Songkram, N. (2013). E-learning system to enhance cognitive skills for learners in higher education: A review of possibly open education. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, 21(1), 17-23.
- Makanong, A. (2010). *Thaksa læ krabūankän thäng khanittasat kænphatthānā phūa phatthānākān* [Mathematical skills and processes development for development]. Bangkok: Chulalongkorn University Press.

- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and evaluation standard for school mathematics*. Reson, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- The National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). (2019). *Sarup phonlakā rot da sōp thāngkān suksā radap chāt khan phūnthān (O-NET) khan matthayommasuksā pī thī 6 pīkānsuksā 2561* [Summary of the national basic educational testing (O-NET), secondary level, grade 6, academic year 2018] Retrieved from http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/PDF/SummaryONETM6_2561.pdf
- Panjamanas, J. (2011). *Effects of small group discussion program on fifth grade students' empathy* (Master's thesis). Chulalongkorn University, Bangkok.
- Phiromrat, S. (2012). *Effects of using think-talk-write technique in organizing mathematics learning activities based on inquiry model on mathematical reasoning and communication abilities* (Master's thesis). Chulalongkorn University, Bangkok.
- Rotherham, A. J. & Willingham, D. T. (2010). 21st Century skills: Not new but a worthy challenge. *American Educator*, 34(1), 17-20.
- Ruksakaew, D. (2009). *Effects of online learning interactions in simulations upon interpersonal communication skills of eleventh grade students* (Master's thesis). Chulalongkorn University, Bangkok.
- Sanpakdee, P. (2007). *Talk of Development Administration (TDA)*. Retrieved from <http://www.prachasan.com/tda2007/IdeaFeb2007.pdf>
- Sojayapan, C. (2015). *Development of a flipped classroom model with online learning group investigation method to enhance team learning ability of upper secondary school student* (Master's thesis). Chulalongkorn University, Bangkok.
- Songkram, N. (2014). Computer role: From teaching tools to cognitive tools. In P. Koraneekit, N. Songkram, & J. Khlaisang (Eds.), *Rūam botkhwām rūang theknōlōyī læ sūsān kānsuksā: nawattakam kānrīanrū bāp phasomphasān* [Collection of articles educational technology and communications: integrated learning innovation] (pp. 217-245). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Sombuttheera, S., & Art-in, S. (2012). The development of grade 10 students' mathematical communication skill and learning achievement in the subject of real number in mathematic learning area using CIPPA model. *Journal of Education, Khon Kaen University*, 35(3), 80-86.
- Swan, K. (2004). Learning online: current research on issues of interface, teaching presence and learner characteristics. In J. Bourne & J. C. Moore (Eds), *Elements of quality online education, Into the mainstream* (pp. 63-79). Needham, MA: Sloan Center for Online Education.
- Tangprasert, P. (2015, September 15). *Khwāmsamkhan khōng khanittasā* [The importance of mathematics.] Retrieved from http://krupaphon.blogspot.com/2015/09/Blog-post_15.html
- Thongnak, P. (2016). *The effects of organizing learning activities through heuristics with Think Talk Write technique on mathematical problem solving and communication abilities of Mathayomsuksa IV students* (Master's thesis). Burapha University, Chon Buri.
- Villardón-Gallego, L., García-Carrión, R., Yáñez-Marquina, L., & Estévez A. (2018). Impact of the interactive learning environments in children's prosocial behavior. *Sustainability*, 10(7), 21-38. doi: 10.3390/su10072138.
- Williamson, A. (2013). Social media guidelines for parliaments. Retrieved from <http://www.ipu.org/PDF/publications/SMG2013EN.pdf>