

Analysis of Teachers' Connection of Mathematics to the Real-World Practices using Concept Mapping Construction

Sujitra Ngoummaraporn¹, Kanit Sriklau², Suwimon Wongwanich³

Received: May 23, 2022 – Revised: August 9, 2022 – Accepted: August 20, 2022

Abstract

This research aimed to analyze and synthesize instructional guidelines for integrating mathematics into the practical contexts of teaching, using concept mapping construction derived from diverse sources, documents, and interviews. Samples were purposively selected based on the profiles of 9 mathematics teachers with degrees in various mathematical fields relevant to education. Data was collected through document analysis from various sources, and teacher interview data underwent content analysis. Subsequently, the collected data were summarized, synthesized, and transformed into a concept diagram, which was then evaluated in three iterations: the concept diagram from the literature, the concept diagram from teacher interviews, and the comprehensive concept diagram. The assessed concept diagram serves as a practical guide for teachers seeking to connect mathematics to real-world contexts. The findings revealed that teachers commonly provide examples of linking mathematics to real-world situations, with a preference for scenarios relevant to their students or immediate surroundings. Educational resources such as math books, online platforms, departmental training activities, and field trips are frequently employed. Teachers adopt active learning methods, emphasizing student practice, and employ thought-provoking questions and scenario-based assignments. Effective examples are characterized by defined learning objectives, appropriate language usage, and relevance to real-world contexts. Inappropriateness of examples often stems from the absence of two critical elements: 1) logical justification and 2) articulation of the value or application of the concept in the real world. Teachers organize various math activities, including surveys, hands-on exercises, collaborative discussions, observational practices, and presentation activities. Challenges in linking mathematics to real-world contexts are attributed to teachers' insufficient preparedness in terms of time and attitude, while students often lack essential knowledge, attention, and concentration.

Keywords: Connect Mathematics Lessons to Real World, Concept Mapping

¹ *Corresponding Author,*

Methodology for Innovation Development in Education, Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.
sujitra.ngow@gmail.com

² Methodology for Innovation Development in Education, Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand. kanit.s@chula.ac.th

³ Methodology for Innovation Development in Education, Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.
suwimon.w@chula.ac.th

การวิเคราะห์แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกแห่ง ความจริงของครูโดยการสร้างแผนภาพมโนทัศน์

สุจิตรา ไ้วอมราภรณ์¹, กนิษฐ์ ศรีเคลือบ² และ สุวิมล ว่องวานิช³

รับต้นฉบับ : 23 พฤษภาคม 2565 – รับแก้ไข : 9 สิงหาคม 2565 – ตอบรับตีพิมพ์ : 20 สิงหาคม 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครูโดยการสร้างแผนภาพมโนทัศน์ (concept mapping) จากข้อมูลแหล่งเอกสารต่าง ๆ และการสัมภาษณ์ ตัวอย่างวิจัยในครั้งนี้ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ตามคุณลักษณะของครูคณิตศาสตร์ที่สำเร็จการศึกษาสาขาที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ทั้งหมด จำนวน 9 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้การศึกษาเอกสารจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และการสัมภาษณ์ครู วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำมาสรุปสังเคราะห์แล้วจัดทำเป็นแผนภาพมโนทัศน์และประเมินแผนภาพจำนวนทั้งหมด 3 แผนภาพ ได้แก่ แผนภาพมโนทัศน์จากหนังสือ แผนภาพมโนทัศน์จากการสัมภาษณ์ครู และแผนภาพมโนทัศน์สรุปรวม จากนั้นนำแผนภาพมโนทัศน์ที่ได้รับการประเมินแล้วมาใช้เป็นแนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความจริงของครู ผลการวิจัยพบว่า ครูมีแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการยกตัวอย่างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงโดยครูมักยกตัวอย่างโจทย์สถานการณ์ในเรื่องใกล้ตัวนักเรียนหรือบริบทส่วนบุคคลมากที่สุด แหล่งข้อมูลทางการศึกษาที่ครูมักใช้ คือ หนังสือคณิตศาสตร์ เว็บไซต์ทางการศึกษา การเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมที่หลากหลายจากหน่วยงานต่าง ๆ และการศึกษาดูงาน ครูเลือกใช้วิธีสอนแบบ Active Learning เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ใช้เทคนิคการสอน โดยใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความคิด ใช้สื่อการเรียนรู้ กำหนดสถานการณ์จำลองเพื่อให้นักเรียนตัดสินใจเลือกสถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุด ลักษณะของตัวอย่างที่เหมาะสมจำเป็นต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะภาษาที่เหมาะสม และบริบทของโลกแห่งความจริง ลักษณะของตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมในการยกตัวอย่างในแต่ละเนื้อหา เนื่องจากขาด 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสมเหตุสมผล 2) การชี้ให้เห็นคุณค่าหรือประโยชน์ของการนำไปใช้ในโลกแห่งความจริง ครูจัดลักษณะกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ได้แก่ 1) ฝึกการสำรวจ 2) การลงมือปฏิบัติ 3) ฝึกการอภิปรายร่วมกันเพื่อเสนอแนวคิดใหม่ ๆ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน 4) ฝึกการสังเกต และ 5) ฝึกการนำเสนอผลงาน และปัญหาในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริง เกิดจากครูขาดความพร้อมด้านเวลาและทัศนคติ ขณะที่นักเรียนขาดความพร้อมด้านพื้นฐานความรู้เดิม ความสนใจและสมาธิ

คำสำคัญ : การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความจริง, แผนภาพมโนทัศน์

¹ ผู้รับผิดชอบบทความหลัก,

สาขาวิชาวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 sujitra.ngow@gmail.com

² สาขาวิชาวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 kanit.s@chula.ac.th

³ สาขาวิชาวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 suwimon.w@chula.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ให้มีความคิด มีเหตุผล วิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างละเอียดรอบด้าน ทำให้มนุษย์สามารถคาดการณ์ วางแผนอย่างเป็นระบบ ตัดสินใจและนำไปใช้ในชีวิตรประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

แม้ว่าคณิตศาสตร์จะเป็นวิชาที่มีประโยชน์ สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางในศาสตร์แขนงต่าง ๆ แต่หลักแนวคิดคณิตศาสตร์มีความซับซ้อนและค่อนข้างยาก การเรียนรู้เนื้อหาที่เป็นนามธรรมนั้นจึงยากต่อการทำความเข้าใจ (Simon et al., 2010) ทำให้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ควรสร้างความเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์เข้ากับโลกแห่งความจริงอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเป็นส่วนสำคัญ (Altay et al., 2017; Baki et al., 2009; Benson-O'Corner et al., 2019; Gainsburg, 2018; Toh et al., 2021; Vos, 2018) เพื่อทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง Garii and Okumu (2008) พบว่า ครูไม่สามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงได้ ตัวครูไม่ประสบความสำเร็จในการสอนเพื่อเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์สู่ชีวิตจริงถูกจำกัดอยู่ที่การคำนวณและขั้นตอนวิธีที่ไม่ใช้ความรู้เชิงลึก เช่น การซื้อขาย คำนวณเงิน ซึ่งทำให้ไม่สามารถเข้าถึงคณิตศาสตร์ในส่วนที่ซ่อนอยู่หลังเทคโนโลยีได้ เช่น การพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ และ Özgen (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ของครู พบว่า ทักษะการเชื่อมโยงของครูอยู่ในระดับต่ำ ครูมักจะเชื่อมโยงความรู้ได้เพียงในวิชาของตนเอง แต่นำความรู้ไปเชื่อมโยงกับวิชาอื่นและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้น้อย

การสร้างแผนภาพมโนทัศน์ (concept mapping) หรือ Cmap เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในวงการการศึกษาซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Novak ในปี ค.ศ. 1972 (Novak et al., 1983; Novak, 1990) เพื่อแสดงความเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์หลักกับมโนทัศน์ย่อย ๆ มีประโยชน์ช่วยให้ครูเรียบเรียงเนื้อหา แสดงตัวอย่างได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน เมื่อนำแผนภาพมโนทัศน์มาใช้ในวิชาคณิตศาสตร์จึงสามารถแสดงความเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างบทเรียน เชื่อมโยงระหว่างวิชาหรือเชื่อมโยงกับบริบทโลกแห่งความจริงได้

กระบวนการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลให้มีโครงสร้างแบบลำดับขั้นระหว่างแนวคิดที่เชื่อมโยงกันเป็นลักษณะสำคัญของการสร้างแผนภาพมโนทัศน์ (concept mapping) (Novak, 1983) โดยมีคำเชื่อมโยงบนเส้นเพื่อสร้างข้อเสนอที่มีความหมาย (Pozueta & Gonzalez, 2009) มุ่งเน้นไปที่หัวข้อหรือประเด็นที่สนใจศึกษาหรือต้องการหาคำตอบ แล้วหาข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลหลาย ๆ คน ทำให้เกิดมุมมองภาพที่สามารถตีความ และเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล (Novak, 1990; Trochim & McLindenb, 2017) แผนภาพมโนทัศน์มีประโยชน์ในการอำนวยความสะดวกในการเตรียมบทเรียน การจัดลำดับหัวข้อบทเรียนสำหรับครู

มีนักวิจัยที่ได้ศึกษา Cmap เกี่ยวกับเรื่องทางการศึกษาในหลายประเด็นที่แตกต่างกัน คือ ประเด็นแรก มีนักวิจัยศึกษาประสิทธิภาพของ Cmap ในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอน (Brinkmann, 2003) ซึ่ง Cmap มีประโยชน์ทำให้นักเรียนที่เรียนอ่อนตระหนักถึง

ความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เห็นโครงสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นลำดับขั้น นอกจากนี้ Cmap ยังส่วนช่วยให้นักเรียน “เรียนรู้วิธีเรียนรู้” ประเด็นที่สอง มีกลุ่มนักวิจัยศึกษาการใช้ Cmap เพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับบริบทโลกแห่งความจริง (Chiou, 2008; O'Sullivan & Dallas, 2010; Sien, 2011) ประเด็นที่สาม มีนักวิจัยศึกษาโดยใช้ Cmap วิเคราะห์เนื้อหาว่ามีเรื่องใดเชื่อมโยงกันเพื่อออกแบบการจัดการเรียนการสอน (Bii et al., 2019; Chen & Hwang, 2019; Liu et al., 2021) ประเด็นที่สี่ มีนักวิจัยศึกษาโดยใช้ Cmap วิเคราะห์เนื้อหาว่ามีเรื่องใดเชื่อมโยงกับบริบทโลกแห่งความจริงเพื่อออกแบบการจัดการเรียนการสอน (Hung et al., 2012; Morfidi et al., 2018) ซึ่งผลการจัดทำแผนภาพมโนทัศน์สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนบูรณาการความรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และยังเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้ของนักเรียน

ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Novak & Canäs, 2007) นักเรียนควรมีส่วนร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบมาอย่างเหมาะสม โดยครูทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการสอนและเป็นสื่อกลางในการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนในโรงเรียน (Afamasaga-Fuata'i, 2009) โดยอาศัยการยกตัวอย่างประกอบการสอนแสดงการเชื่อมโยงบทเรียนจากเอกสารตำรา หรือประสบการณ์ของครูอย่างเป็นลำดับขั้นตอน จากง่ายไปยาก จากแนวคิดทั่วไปสู่แนวคิดหลักที่เฉพาะเจาะจง (Novak et al., 1983; Novak, 1990; 1995; Novak & Canäs, 2006) ซึ่งช่วยชี้แนวทางในการเชื่อมโยงระหว่างการเรียนการสอน การถ่ายทอดความรู้ของครูโดยการเชื่อมโยงเนื้อหาและยกตัวอย่างในบริบทที่เหมาะสมแก่นักเรียนจะทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น

การสร้างแผนภาพมโนทัศน์ (concept mapping) เพื่อสะท้อนประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของครูผนวกกับการวิเคราะห์ตัวอย่างบทเรียนคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ที่แสดงการเชื่อมโยงกับสภาพบริบทโลกแห่งความจริง จึงเป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อเป็นแนวคิดสำคัญที่จะให้ข้อมูลสารสนเทศจากผลการวิเคราะห์แผนภาพมโนทัศน์ ทำให้ประเด็นวิจัยในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งตอบคำถามเกี่ยวกับ กิจกรรม หรือบทเรียน ในการสอนของครูเกี่ยวกับการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความจริง และระดับการเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับเป็นแนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความจริงของครูต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครูโดยการสร้างแผนภาพมโนทัศน์ (concept mapping) จากข้อมูลการสัมภาษณ์และแหล่งเอกสารต่าง ๆ

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เก็บข้อมูลจากการศึกษาเอกสารโดยพิจารณาเนื้อหาที่มีความเป็นไปได้ในการยกตัวอย่างเพื่อเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 5 บทเรียน ได้แก่ 1) การแปลงทางเรขาคณิต 2) ทฤษฎีบทพีทาโกรัส 3) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง 4) สมบัติของเลขยกกำลัง และ 5) สถิติ

สภาพบริบทในบริบทโลกแห่งความจริง ผู้วิจัยเลือกแบ่งตามบริบทของ PISA 2021 เพื่อให้สอดคล้องกับการนำความรู้จากเนื้อหาคณิตศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทที่พบเจอในโลกแห่งความเป็นจริงประกอบด้วย 4 บริบท ได้แก่ 1) บริบทส่วนบุคคล (personal) 2) บริบทการประกอบอาชีพ (occupational) 3) บริบททางสังคม (societal) และ 4) บริบททางวิทยาศาสตร์ (scientific)

มนทัศน์เกี่ยวกับการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริง

แนวคิดของลักษณะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เริ่มพัฒนาขึ้นมาจากสภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics: NCTM) เรื่อยมาจนกระทั่งปี ค.ศ.2000 ได้กำหนดให้ความสัมพันธ์ของการสอนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบ่งลักษณะของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 3 ประเภท คือ 1) การเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ระหว่างบทเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ 2) การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น 3) การเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์กับเรื่อง/สถานการณ์ในชีวิตจริง NCTM (2000 อ้างถึงใน Bossé et al., 2010) ได้อธิบายว่าคณิตศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่มีการศึกษาแบบบูรณาการ การจัดการเรียนการสอนต้องแสดงเนื้อหาภาพรวมที่สอดคล้องกันให้นักเรียนเห็นการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในการทำงานร่วมกันระหว่างหัวข้อทางคณิตศาสตร์ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น ๆ และประสบการณ์ในโลกแห่งความจริง นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยฝึกให้เชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์จะเกิดความเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งและมีความรู้ที่คงทนมากขึ้น

เนื่องจากมีแนวปฏิบัติที่หลากหลายภายใต้การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงเกี่ยวกับการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง (word problem) (Gainsburg, 2008) องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) จึงได้ริเริ่มโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) โดยกรอบการประเมินคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน PISA 2021 มี 3 องค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน ได้แก่ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เนื้อหาคณิตศาสตร์ และบริบท

สภาพบริบทในบริบทโลกแห่งความจริงแบ่งตามบริบทของ PISA 2021 เพื่อให้สอดคล้องกับการนำความรู้จากเนื้อหาคณิตศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทที่พบเจอในโลกแห่งความเป็นจริงประกอบด้วย 4 บริบท ได้แก่ 1) บริบทส่วนบุคคล (personal) 2) บริบทการประกอบอาชีพ (occupational) 3) บริบททางสังคม (societal) และ 4) บริบททางวิทยาศาสตร์ (scientific) (OECD, 2021)

ผลจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ พบว่า สามารถแบ่งขอบเขตของการศึกษาออกตามตัวอย่าง ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 งานวิจัยที่ศึกษาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ส่วนใหญ่นเน้นการสร้างเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความจริง เช่น Altay et al. (2017) ได้ทำการศึกษาเพื่อทดสอบระดับการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการเชื่อมโยง

คณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงอยู่ในระดับต่ำ นักเรียนยังมีมุมมองเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์เป็นเพียงตัวเลขและรูปร่าง รูปทรงของวัตถุโดยไม่ได้พิจารณาเชื่อมโยงไปถึงความรู้ระดับสูง

กลุ่มที่ 2 งานวิจัยที่ศึกษาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของครู Gainsburg (2008) พบว่า ครูส่วนใหญ่รู้ว่าการจัดการเรียนการสอนควรแสดงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในโลกแห่งความจริงบ่อย ๆ ครั้งผ่านการยกตัวอย่าง แต่ในทางปฏิบัติครูใช้เวลาเพียงช่วงสั้น ๆ และครูหลายคนไม่เห็นความจำเป็นที่จะต้องสอนการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ ครูมักให้ความสนใจเฉพาะบริบทที่นักเรียนสนใจเป็นหลัก เมื่อพิจารณาการสอนการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงของครูพบว่าครูยังขาดความรู้เกี่ยวกับวิธีการการสอนการเชื่อมโยง

มโนทัศน์เกี่ยวกับการสร้างแผนภาพโน้ต

แผนภาพโน้ตตรงกับคำในภาษาอังกฤษ คือ Concept Map หรือ CMap มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของแผนภาพโน้ตใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถสรุปความหมายของ “แผนภาพโน้ต” หมายถึง วิธีการสร้างแนวคิดที่มีโครงสร้างเฉพาะประเภทหนึ่ง ที่สร้างจากแนวคิดของมโนทัศน์หรือประเด็นที่สนใจศึกษาและความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดซึ่งใช้กลุ่มคนที่มีประสบการณ์แตกต่างหลากหลายมาร่วมกันระดมความคิด โดยการจัดระเบียบแนวคิดที่จัดเรียงเป็นโครงสร้างแบบลำดับขั้นหรือเครือข่ายแสดงในรูปแบบของแผนที่ แผนผัง หรือแผนภาพที่แสดงการเชื่อมโยงความรู้ ความคิด หรือมโนทัศน์ต่างๆ เพื่อพัฒนารอบแนวคิดทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย รวมถึงสามารถนำข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางในการประเมินผลหรือวางแผน (Novak et al., 1983; Novak, 1990, 1995; Novak & Cañas, 2006; Thochim, 1989)

แนวคิดเกี่ยวกับการคิดค้นและการพัฒนาแผนภาพโน้ต จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักวิชาการ 2 กลุ่มที่ได้สนใจศึกษาและพัฒนาแผนภาพโน้ตขึ้นมาในเวลาใกล้เคียงกัน คือ นักวิชาการกลุ่มที่หนึ่งศึกษาตามแนวคิดของ Joseph D. Novak และนักวิชาการกลุ่มที่สองศึกษาตามแนวคิดของ William M. K. Trochim ซึ่งนักวิชาการทั้งสองทำงานที่มหาวิทยาลัยคอร์เนลล์ (Cornell University) ประเทศสหรัฐอเมริกา

นักวิชาการกลุ่มที่หนึ่งศึกษาตามแนวคิดของ Joseph D. Novak ได้นำแนวคิดพื้นฐานของจิตวิทยาเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจจากทฤษฎี Ausubel's Assimilation Theory ของ David Ausubel มีแนวคิดว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นผ่านความสัมพันธ์จากการผสมผสานแนวคิดและข้อเสนองานใหม่เข้ากับแนวคิดเดิมที่มีอยู่แล้ว และกรอบแนวคิดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจะมีลักษณะเป็นโครงสร้างของความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนแต่ละบุคคล ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Novak & Cañas, 2007)

การเรียนรู้ที่มีความหมายมีเงื่อนไขสำคัญ 3 ข้อ คือ 1) เนื้อหาที่จะเรียนรู้จะต้องมีแนวคิดที่ชัดเจนและนำเสนอด้วยภาษาและตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับความรู้เดิมของผู้เรียน 2) ผู้เรียนต้องมีความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง 3) ผู้เรียนต้องเลือกเรียนรู้โดยมีครูเป็นผู้คอยแนะนำ แนวคิดนี้ Novak พัฒนาโครงสร้างลำดับขั้นของความคิดและพัฒนาไปสู่การประดิษฐ์เครื่องมือที่เรียกว่า “แผนภาพมโนทัศน์” ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่สุดในกระบวนการได้มาซึ่งข้อมูลทางภาษาที่มีเอกลักษณ์ การพัฒนาความคิดและความสามารถในการใช้เครื่องมือทำให้เป็นการยืนยันว่า

ข้อความที่เป็นลายลักษณ์อักษรจะช่วยสร้างความเข้าใจและความรู้คงทนในเรื่องนั้น ๆ (Cañas et al., 2004; Cañas & Novak, 2006; Novak & Cañas, 2007)

ต่อมาในปี ค.ศ.1975 Novak ได้พัฒนาหลักสูตรการเรียนรู้วิธีเรียนรู้ (learning to learn) ทำให้การสร้างกรอบแนวคิดของความรู้มีบทบาทสำคัญมากขึ้น การสร้างแผนภาพโน้ตส์กลายเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการแสดงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของความรู้ความเข้าใจ ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ (learn how to learn) นอกจากนี้แผนภาพโน้ตส์ยังมีส่วนสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างมีความหมาย (Novak, 1990)

นักวิชาการกลุ่มที่สองศึกษาตามแนวคิดของ William M. K. Trochim ใช้การระดมสมองเพื่อสร้างแนวคิดในการออกแบบงานวิจัยเรื่องการเสริมพลังโดยการสร้างแผนภาพมโนทัศน์ (Trochim, 1989, 2017)

แผนภาพมโนทัศน์แต่ละแผนภาพ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 6 องค์ประกอบ (Athuraliya, 2018; Boogaard, 2021) คือ 1) โหนด (node) 2) การเชื่อมโยงข้าม (cross-links) 3) การเชื่อมโยงคำ (linking words) หรือการเชื่อมโยงวลี (linking phrases) 4) โครงสร้างเชิงประพจน์ (Propositional Structure) 5) โครงสร้างแบบลำดับชั้น (Hierarchical Structure) และ 6) คำถามที่มุ่งสนใจ (Focus Question)

การสร้างแผนภาพมโนทัศน์เป็นเครื่องมือวิจัยที่มีประโยชน์มากสำหรับนักวิจัยในการแสดงความสัมพันธ์ของแนวคิดเชิงสร้างสรรค์ (Novak et al., 1983) เมื่อนำการสร้างแผนภาพมโนทัศน์มาใช้ในวงการการศึกษาจึงมีประโยชน์อย่างมากทั้งต่อตัวผู้เรียน ครู และการพัฒนาหลักสูตร

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive research) เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครูโดยใช้วิธีการศึกษาข้อมูลจากแหล่งเอกสาร หนังสือเรียนต่าง ๆ และสัมภาษณ์ครู แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกการศึกษาแหล่งข้อมูลเอกสาร และส่วนที่สองการสัมภาษณ์ครู มีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและตัวอย่างวิจัย

แหล่งข้อมูลเอกสาร มีทั้งในรูปแบบของหนังสือเรียน คู่มือครู แบบฝึกหัด ของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 1 และ 2 คัดเลือกจากสำนักพิมพ์ต่าง ๆ จำนวนทั้งสิ้น 10 รายการ

ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ผู้วิจัยสัมภาษณ์ครูจำนวน 9 คน โดยคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลจากครูที่มีคุณลักษณะคือ 1) เป็นครูที่สำเร็จการศึกษาสาขาที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ 2) มีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์มากกว่า 3 ปี โดยเป็นครูรุ่นเก่าที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรผลิตครูในอดีต 3) ครูรุ่นใหม่ที่สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรผลิตครูยุคใหม่ และ 4) เป็นครูผู้ได้รับการยอมรับหรือยกย่องว่ามีความสามารถสูงในการสอนคณิตศาสตร์ เช่น เคยมีผลงานรางวัลระดับชาติ หรือ จากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ หรือ เป็นผู้มีผลงานการสร้างนวัตกรรมสื่อการเรียนการสอนที่เผยแพร่และมีผู้สนใจติดตามในสื่อออนไลน์

เครื่องมือวิจัย

ในส่วนแรกการศึกษาแหล่งข้อมูลเอกสาร ผู้วิจัยบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเอกสาร ในส่วนการสัมภาษณ์ครูผู้วิจัยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้าง ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยนำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหาและความเหมาะสม จากนั้นแก้ไขและปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ ก่อนนำเครื่องมือไปใช้ในการสัมภาษณ์จริง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยศึกษาแหล่งข้อมูลเอกสารและสัมภาษณ์ครู โดยส่งเอกสารไปที่โรงเรียนเพื่อขอเข้าไปเก็บข้อมูลวิจัย จากนั้นขออนุญาตครูเพื่อสัมภาษณ์ในช่วงเวลาที่ครูสะดวกและเสร็จสิ้นจากการสอน เป็นการสัมภาษณ์ออนไลน์ภายนอกห้องเรียน โดยผู้วิจัยไม่มีการเข้าไปสังเกตการณ์สอนหรือไม่เข้าไปเกี่ยวข้องกับจัดการเรียนการสอนของครู ผู้วิจัยขออนุญาตครูเข้าร่วมเป็นตัวอย่างวิจัย มีการชี้แจงขอความร่วมมือในการสัมภาษณ์ตัวอย่างตามความสมัครใจ จากนั้นแนะนำตัวเองพร้อมอธิบายวัตถุประสงค์ของการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปสร้างแผนภาพโน้ตค้น (concept mapping) ต่อไป

การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบปัญหาวิจัย ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ในประเด็นเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาการนำไปใช้ ลักษณะตัวอย่างที่เหมาะสม ลักษณะตัวอย่างที่ไม่เหมาะสม วิธีการสอน เทคนิคการสอน และแหล่งข้อมูลทางการศึกษา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสรุปสังเคราะห์แล้วจัดทำเป็นแผนภาพโน้ตค้นและประเมินแผนภาพจำนวนทั้งหมด 3 แผนภาพ ได้แก่ แผนภาพโน้ตค้นจากหนังสือ แผนภาพโน้ตค้นจากการสัมภาษณ์ครู และแผนภาพโน้ตค้นสรุปรวม จากนั้นนำแผนภาพโน้ตค้นที่ได้รับการประเมินแล้วมาใช้เป็นแนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความจริงของครู

การประเมินแผนภาพโน้ตค้น

การประเมินแผนภาพโน้ตค้นใช้วิธีการตรวจสอบความสอดคล้องภายใน (Inter-Rater) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยผู้วิจัยนำเกณฑ์ที่ใช้เพื่อพิจารณาการให้คะแนนแผนภาพโน้ตค้นตามแนวคิดของ Novak and Gowin (1984) มาปรับใช้ จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณตามสูตรการคำนวณร้อยละของคะแนนประเมินแผนภาพโน้ตค้นตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและนับคะแนนที่ได้จากมิติการประเมิน 4 มิติ ได้แก่ 1) มิติความสัมพันธ์ของประพจน์หรือข้อความ (propositions) 2) มิติความเป็นลำดับชั้น (hierarchy) 3) มิติของการเชื่อมโยงข้าม (cross links) และ 4) มิติการแสดงตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (examples)

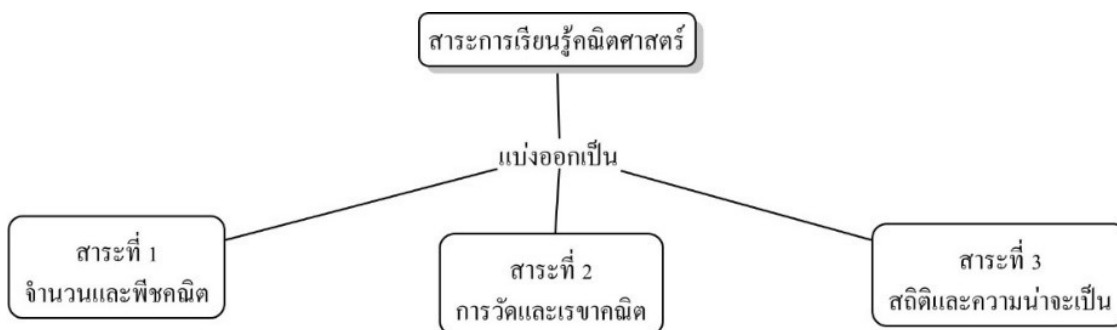
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงโดยใช้การสร้างแผนมโน้ตค้น (concept mapping) จากการศึกษาข้อมูลจากแหล่งเอกสารต่าง ๆ และการสัมภาษณ์ครู

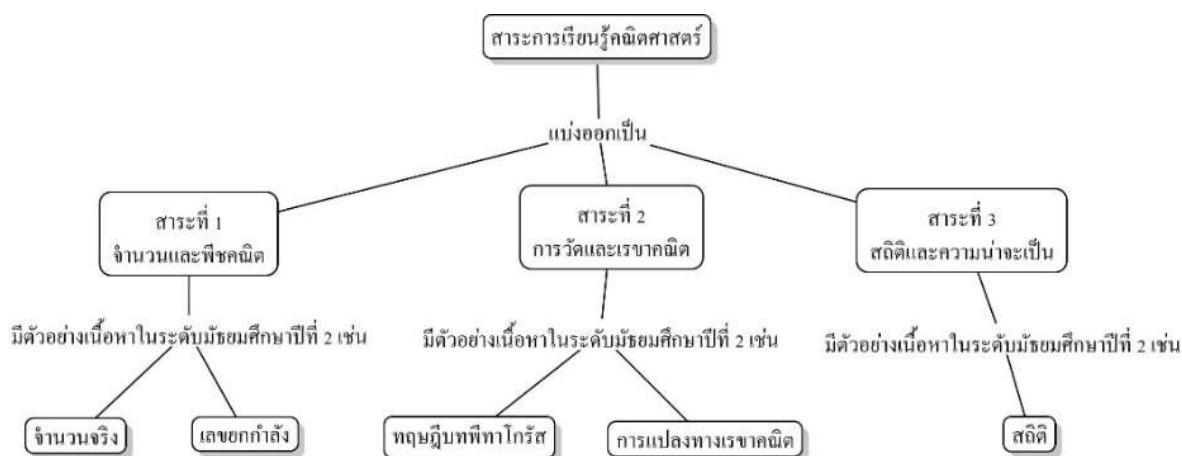
ผลการสร้างแผนภาพโน้ตส์จากการศึกษาข้อมูลจากแหล่งเอกสารต่าง ๆ

แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงจากการศึกษาข้อมูลจากแหล่งเอกสารต่าง ๆ แบ่งตามสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต และสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

เมื่อพิจารณาตัวอย่างเนื้อหาที่มีความเป็นไปได้ในการยกตัวอย่างเพื่อเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงจากสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มีตัวอย่างเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 เช่น ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง และสมบัติของเลขยกกำลัง สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มีตัวอย่างเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 เช่น ทฤษฎีบทพีทาโกรัส การแปลงทางเรขาคณิต และสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มีตัวอย่างเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 เช่น สถิติ ดังภาพ 2-3



ภาพ 2 แผนภาพโน้ตส์สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์



ภาพ 3 แผนภาพโน้ตส์ตัวอย่างเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการสร้างแผนภาพโน้ตส์จากการสัมภาษณ์ครู

ผลการสร้างแผนภาพโน้ตส์ของครูจำนวน 9 คน เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับบริบทในการยกตัวอย่างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริง พบว่า ครูมีแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการยกตัวอย่างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงโดยครูมักยกตัวอย่าง

โจทย์สถานการณ์ในเรื่องใกล้ตัวนักเรียนหรือบริบทส่วนบุคคลมากที่สุด รองลงมาเป็นบริบทการประกอบอาชีพ บริบททางสังคม และบริบททางวิทยาศาสตร์

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลทางการศึกษาที่ครูมักใช้ค้นคว้าเพื่อนำมาสอนหรือสร้างแบบฝึกหัดเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริง พบว่า ครูเลือกใช้แหล่งข้อมูลทางการศึกษาจาก 4 แหล่งข้อมูล ได้แก่ 1) หนังสือคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น หนังสือแบบเรียนและหนังสือเสริมทักษะจากสำนักพิมพ์ไทยและสำนักพิมพ์ต่างประเทศ 2) เว็บไซต์ทางการศึกษา เช่น www.scimath.org, www.oecd.org, www.pisathailand.ipst.ac.th และ www.rathcenter.com 3) การเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมที่หลากหลายจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น การอบรมออนไลน์และการอบรมเชิงปฏิบัติการซึ่งจัดโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) หรือสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) และ 4) การศึกษาดูงาน เช่น การเข้าร่วมกิจกรรมในงานศิลปหัตถกรรมนักเรียน และการทัศนศึกษาเพื่อศึกษากระบวนการผลิตผ้าของโรงงานพิมพ์ผ้า

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับวิธีการสอนที่ครูเลือกใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่มีลักษณะหรือธรรมชาติของเนื้อหาที่แตกต่างกันพบว่า ครูมีแนวปฏิบัติโดยเลือกใช้วิธีการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา เมื่อครูต้องสอนเนื้อหาที่มีลักษณะหรือธรรมชาติของเนื้อหาค่อนข้างเป็นตัวเลข มีความเป็นนามธรรม เช่น จำนวนจริง เลขยกกำลัง ครูเลือกใช้ 1) วิธีการสอนแบบอุปนัย โดยยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนได้ข้อสรุป 2) วิธีการสอนแบบโพลยา 4 ขั้นตอนตามลำดับ ขั้นที่หนึ่งทำความเข้าใจโจทย์ ขั้นที่สองวางแผนเพื่อแก้ปัญหา ขั้นที่สามดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นที่สี่ตรวจสอบผล เมื่อครูต้องสอนเนื้อหาที่มีลักษณะหรือธรรมชาติของเนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิต เช่น พีทาโกรัส การแปลงทางเรขาคณิต ครูเลือกใช้การสอนแบบ Active Learning เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้ผ่านสื่อเมื่อครูต้องสอนเนื้อหาที่มีลักษณะหรือธรรมชาติของเนื้อหาเกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็น ครูเลือกใช้การสอนแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning: PBL) นอกจากนี้ครูยังใช้เทคนิคการสอน โดยใช้คำถามย่อย ๆ เพื่อกระตุ้นความคิด ใช้สื่อการเรียนรู้ กำหนดสถานการณ์จำลองเพื่อให้นักเรียนตัดสินใจเลือกสถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุด

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับลักษณะของตัวอย่างที่เหมาะสมในการยกตัวอย่างในแต่ละเนื้อหาพบว่า ครูเห็นว่าลักษณะของตัวอย่างที่เหมาะสมจำเป็นต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) มีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน 2) มีลักษณะภาษาที่เหมาะสม ได้แก่ ใช้ระดับภาษาเหมาะสมกับวัยและใช้คำเพื่อสื่อความหมายอย่างความถูกต้องตรงประเด็น กระชับ ไม่กำกวม 3) มีการเชื่อมโยงบริบทของโลกแห่งความจริงกับการนำไปใช้ ได้แก่ บริบทส่วนบุคคล บริบทการประกอบอาชีพ บริบททางสังคมและบริบททางวิทยาศาสตร์

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับลักษณะของตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมในการยกตัวอย่างในแต่ละเนื้อหาพบว่า ครูเห็นว่าลักษณะของตัวอย่างที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากขาด 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสมเหตุสมผล 2) การชี้ให้เห็นคุณค่าหรือประโยชน์ของการนำไปใช้ในโลกแห่งความจริง

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับลักษณะการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์พบว่า ครูจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ได้แก่ 1) ฝึกการสำรวจ 2) การลงมือปฏิบัติ 3) ฝึกการอภิปรายร่วมกัน

เพื่อเสนอแนวคิดใหม่ ๆ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน 4) ฝึกการสังเกต และ 5) ฝึกการนำเสนอผลงาน

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับปัญหาในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริง พบว่า ครูคิดว่าปัญหาเกิดจาก 2 ส่วนคือ ส่วนแรก ความพร้อมของครู ปัญหาที่อาจจะพบคือ 1) เวลาที่ใช้ในการจัดเตรียมสื่อการสอนใช้เวลานานและเวลาเรียนไม่เพียงพอ 2) ทักษะคิดเกี่ยวกับการสอนเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครู ส่วนที่สอง ความพร้อมของนักเรียน ปัญหาที่อาจจะพบคือ 1) พื้นความรู้เดิมไม่เพียงพอ 2) ขาดความสนใจในการเรียน และ 3) ขาดสมาธิในการเรียน

จากผลการวิจัยข้างต้น สามารถสรุปแนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครู ได้ดังตาราง 1

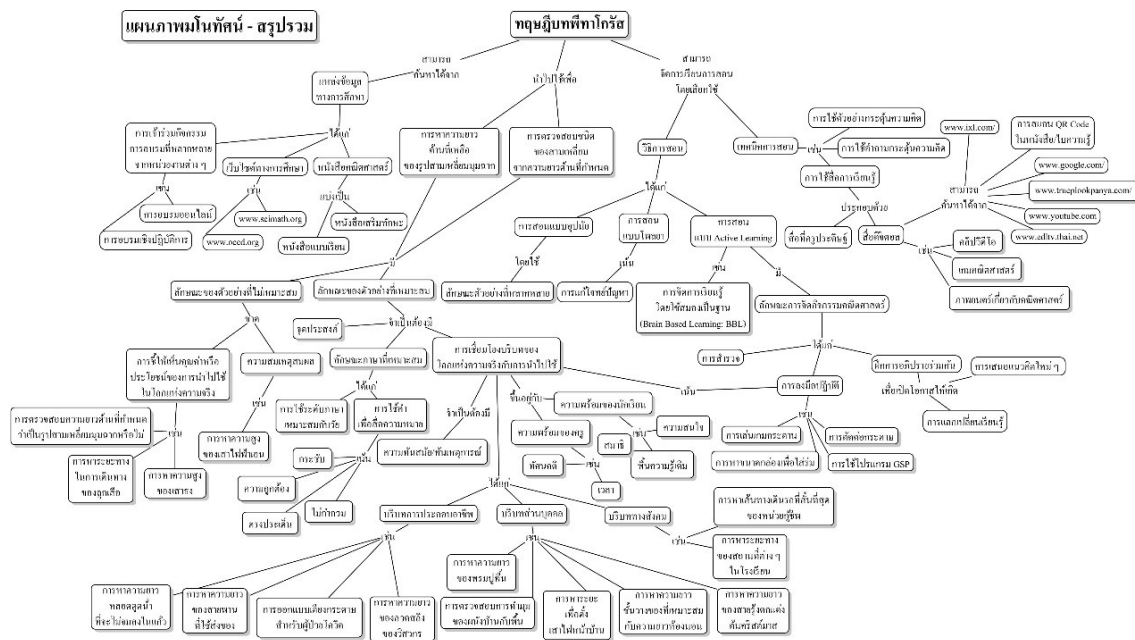
ตาราง 1 แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครู

ประเด็น	แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครู
บริบทการยกตัวอย่าง	ครูมักยกตัวอย่างโจทย์สถานการณ์ 1) เรื่องใกล้ตัวนักเรียนหรือบริบทส่วนบุคคลมากที่สุด 2) รองลงมาเป็นบริบทการประกอบอาชีพ บริบททางสังคม และบริบททางวิทยาศาสตร์
แหล่งข้อมูลทางการศึกษา	ครูมักเลือกใช้ 1) หนังสือคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น หนังสือแบบเรียนและหนังสือเสริมทักษะจากสำนักพิมพ์ไทยและสำนักพิมพ์ต่างประเทศ 2) เว็บไซต์ทางการศึกษา เช่น www.scimath.org , www.aced.org , www.pisathailand.ipst.ac.th และ www.rathcenter.com 3) การเข้าร่วมกิจกรรมการอบรมที่หลากหลายจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น การอบรมออนไลน์และการอบรมเชิงปฏิบัติการซึ่งจัดโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) หรือสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) 4) การศึกษาดูงาน เช่น การเข้าร่วมกิจกรรมในงานศิลปหัตถกรรมนักเรียน และการทัศนศึกษาเพื่อศึกษากระบวนการผลิตผ้าของโรงงานพิมพ์ผ้า
วิธีการสอนที่สอดคล้องกับธรรมชาติของเนื้อหาที่แตกต่างกัน - ธรรมชาติของเนื้อหาค่อนข้างเป็นตัวเลข มีความเป็นนามธรรม เช่น จำนวนจริง เลขยกกำลัง	วิธีการสอนที่ครูเลือกใช้ 1) วิธีสอนแบบอุปนัย โดยยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างเพื่อให้ นักเรียนได้ข้อสรุป 2) วิธีสอนแบบโพลยา 4 ขั้นตอนตามลำดับ ขั้นที่หนึ่งทำความเข้าใจโจทย์ ขั้นที่สองวางแผนเพื่อแก้ปัญหา ขั้นที่สามดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นที่สี่ตรวจสอบผล

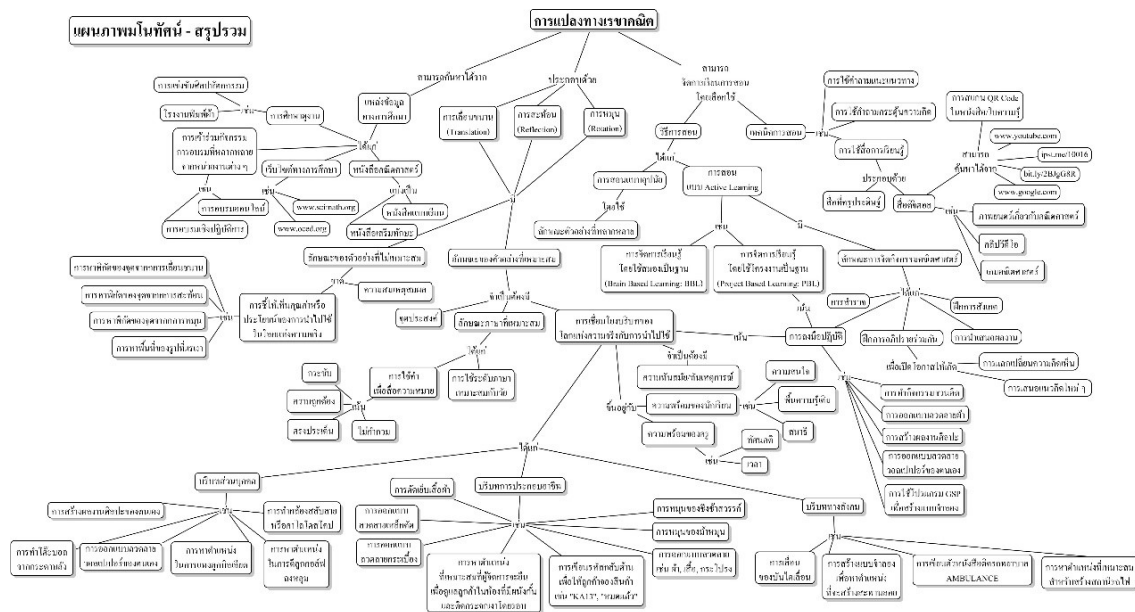
ประเด็น	แนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับ บริบทโลกแห่งความจริงของครู
- ธรรมชาติของเนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิต เช่น พีทาโกรัส การแปลงทางเรขาคณิต - ธรรมชาติของเนื้อหาเกี่ยวกับสถิติและความเป็นน่าจะเป็น	- ครูเลือกใช้การสอนแบบ Active Learning เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เรียนรู้ผ่านสื่อ - ครูเลือกใช้การสอนแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project Based Learning: PBL) นอกจากนี้ครูยังใช้เทคนิคการสอน โดยใช้คำถามย่อย ๆ เพื่อกระตุ้นความคิด ใช้สื่อการเรียนรู้ กำหนดสถานการณ์จำลองเพื่อให้นักเรียนตัดสินใจเลือกสถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุด
ลักษณะของตัวอย่างที่เหมาะสมในการยกตัวอย่างในแต่ละเนื้อหา	ต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) มีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน 2) มีลักษณะภาษาที่เหมาะสม ได้แก่ ใช้ระดับภาษาเหมาะสมกับวัย และใช้คำเพื่อสื่อความหมายอย่างความถูกต้องตรงประเด็น กระชับ ไม่กำกวม 3) มีการเชื่อมโยงบริบทของโลกแห่งความจริงกับการนำไปใช้ ได้แก่ บริบทส่วนบุคคล บริบทการประกอบอาชีพ บริบททางสังคมและบริบททางวิทยาศาสตร์
ลักษณะของตัวอย่างที่ไม่เหมาะสมในการยกตัวอย่างในแต่ละเนื้อหา	ขาด 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสมเหตุสมผล 2) การชี้ให้เห็นคุณค่าหรือประโยชน์ของการนำไปใช้ในโลกแห่งความจริง
ลักษณะการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์	ครูจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ได้แก่ 1) ฝึกการสำรวจ 2) การลงมือปฏิบัติ 3) ฝึกการอภิปรายร่วมกันเพื่อเสนอแนวคิดใหม่ ๆ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน 4) ฝึกการสังเกต 5) ฝึกการนำเสนอผลงาน

ผลการประเมินแผนภาพโน้ต

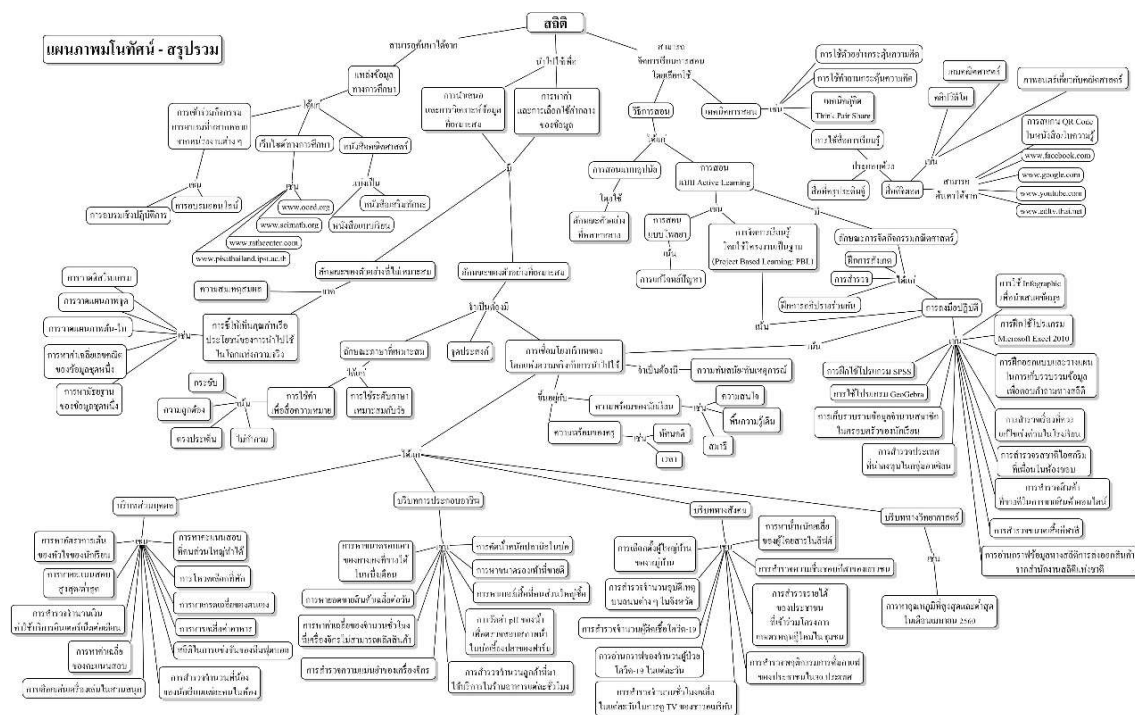
การประเมินแผนภาพโน้ตใช้วิธีการตรวจสอบความสอดคล้องภายใน (Inter-Rater) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าเป็นเส้นทางของมโนทัศน์ใดที่เหมาะสม และเส้นทางของมโนทัศน์ใดที่ควรปรับตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นใช้วิธีการนับคะแนนที่ได้จากมิติการประเมิน 4 มิติ ได้แก่ 1) มิติความสัมพันธ์ของประพจน์หรือข้อความ (propositions) 2) มิติความเป็นลำดับขั้น (hierarchy) 3) มิติของการเชื่อมโยงข้าม (cross links) และ 4) มิติการแสดงตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (examples) แล้วคิดเป็นร้อยละของความคิดเห็นที่ตรงกัน โดยใช้เกณฑ์การประเมินร้อยละ 80 ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ผลการ



ภาพ 6 แผนภาพโน้ตค้นสรุปรวมการวิเคราะห์เนื้อหาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส



ภาพ 7 แผนภาพโน้ตค้นสรุปรวมการวิเคราะห์เนื้อหาเรื่องการแปลงทางเรขาคณิต



ภาพ 8 แผนภาพมโนทัศน์สรุปรวมการวิเคราะห์เนื้อหาเรื่องสถิติ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่นำเสนอข้างต้น พบว่า ครูมีแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการยกตัวอย่างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงโดยครูมักยกตัวอย่างโจทย์สถานการณ์ในเรื่องใกล้ตัวนักเรียนหรือบริบทส่วนบุคคลมากที่สุด สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Bernacki & Walkington (2014) ที่พบว่า การปรับโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้เข้ากับความสนใจนอกห้องเรียนตามลักษณะภูมิหลังของนักเรียนในหัวข้อต่าง ๆ เช่น กีฬา ดนตรี และเกมส์ มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการเรียนตามสถานการณ์ส่วนบุคคล ส่งผลต่อการประเมินผลการเรียนรู้ และเพิ่มการรับรู้คุณค่าของเรื่องที่เรียน สอดคล้องกับ Kosh (2016) ที่พบว่า โจทย์ปัญหาที่มีสถานการณ์ส่วนบุคคลเชื่อมโยงกับปัญหาในบริบทโลกแห่งความจริง โดยเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประเภทของกีฬา ภาพยนตร์ ดนตรี รายการโทรทัศน์ สัตว์ สถานที่ท่องเที่ยว และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีแนวโน้มกระตุ้นความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ทั่วไป

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับวิธีการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาเพื่อเชื่อมโยงบทเรียน
คณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริง ครูเลือกใช้วิธีสอนแบบอุปนัย วิธีสอนแบบไพลยา วิธีสอน
แบบ Active Learning และวิธีสอนแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project
Based Learning: PBL) เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ นอกจากนี้ครูยังใช้เทคนิคการสอน โดยใช้
คำถามย่อย ๆ เพื่อกระตุ้นความคิด ใช้สื่อการเรียนรู้ กำหนดสถานการณ์จำลองเพื่อให้นักเรียน
ตัดสินใจเลือกสถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุด ลักษณะการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์พบว่า ครูจัด
กิจกรรมคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ได้แก่ 1) ฝึกการสำรวจ 2) การลงมือปฏิบัติ 3) ฝึกการ

อภิปรายร่วมกันเพื่อเสนอแนวคิดใหม่ ๆ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน 4) ฝึกการสังเกต และ 5) ฝึกการนำเสนอผลงาน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Takele (2020) ที่ได้ศึกษากระบวนการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับวิธีสอนแบบ Active Learning พบว่า ครูจัดการเรียนการสอนโดยยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น สนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ได้แย้ง สืบเสาะ ใช้กระบวนการกลุ่ม เปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายและแก้ปัญหา ตลอดจนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินผล ครูใช้การบรรยายเพิ่มเติมในประเด็นที่ต้องการเสริม สอดคล้องกับ Lugosi & Uribe (2022) ที่ศึกษากลยุทธ์ของการเรียนรู้แบบ Active Learning ที่ส่งผลเชิงบวกต่อความสำเร็จในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี พบว่า ลักษณะสำคัญของกลยุทธ์ของการเรียนรู้ ได้แก่ การส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ในการโต้ตอบ ร่วมอภิปรายและให้ข้อเสนอแนะในการทำงานกลุ่ม นำเสนอวิธีแก้ปัญหาโดยอาสาสมัครเป็นกลุ่ม เพิ่มความสนใจในเรื่องที่เรียนโดยการเชื่อมโยงบทเรียนกับบริบทโลกแห่งความจริง ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอธิบาย ทดลอง และโครงการต่าง ๆ และส่งเสริมแรงจูงใจและความเชื่อมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับลักษณะของตัวอย่างที่เหมาะสมในการยกตัวอย่างในแต่ละเนื้อหาพบว่า ครูเห็นว่าลักษณะของตัวอย่างที่เหมาะสมจำเป็นต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) มีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน 2) มีลักษณะภาษาที่เหมาะสม ได้แก่ ใช้ระดับภาษาเหมาะสมกับวัยและใช้คำเพื่อสื่อความหมายอย่างความถูกต้องตรงประเด็น กระชับ ไม่กำกวม 3) มีการเชื่อมโยงบริบทของโลกแห่งความจริงกับการนำไปใช้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Fuchs et al. (2018) ที่พบว่า ความสามารถในการเข้าใจข้อความในโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และบทบาทของภาษา เป็นตัวทำนายผลการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาประเด็นเกี่ยวกับปัญหาในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริง พบว่า ครูคิดว่าปัญหาเกิดจาก 2 ส่วนคือ ส่วนแรก ความพร้อมของครู ปัญหาที่อาจจะพบคือ 1) เวลาที่ใช้ในการจัดเตรียมสื่อการสอนใช้เวลานานและเวลาเรียนไม่เพียงพอ 2) ทักษะคิดเกี่ยวกับการสอนเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครู ส่วนที่สอง ความพร้อมของนักเรียน ปัญหาที่อาจจะพบคือ 1) พื้นความรู้เดิมไม่เพียงพอ 2) ขาดความสนใจในการเรียน และ 3) ขาดสมาธิในการเรียน สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Gainsburg (2008) ที่พบว่า ครูส่วนใหญ่รู้ว่าการจัดการเรียนการสอนควรแสดงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในโลกแห่งความจริงบ่อย ๆ ครึ่งผ่านการยกตัวอย่าง แต่ในทางปฏิบัติครูใช้เวลาเพียงช่วงสั้น ๆ และครูหลายคนไม่เห็นความจำเป็นที่จะต้องสอนการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ ครูมักให้ความสนใจเฉพาะบริบทที่นักเรียนสนใจเป็นหลัก เมื่อพิจารณาการสอนการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงของครู พบว่าครูยังขาดความรู้เกี่ยวกับวิธีการการสอนการเชื่อมโยง ในขณะที่ Altay et al. (2017) ได้ทำการศึกษาเพื่อทดสอบระดับการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงอยู่ในระดับต่ำ นักเรียนยังมีมุมมองเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์เป็นเพียงตัวเลขและรูปร่างรูปทรงของวัตถุโดยไม่ได้พิจารณาเชื่อมโยงไปถึงความรู้ระดับสูง สอดคล้องกับ Baki (2009) ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงได้เพียงเรื่องเกี่ยวกับตัวเลข การคำนวณ การซื้อของ ซึ่ง

ควรมีการแก้ไขการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนด้านเนื้อหาและบริบท โดยครูควรปรับการยกตัวอย่างเป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียนเอง ซึ่งแม้จะเป็นเพียงส่วนเล็กๆ แต่สามารถช่วยให้นักเรียนมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความจริง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในประเด็นความคิดเห็นของนักเรียนในสายการเรียนต่าง ๆ เกี่ยวกับการใช้วิชาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน โดย Mumcu (2018) พบว่านักเรียนส่วนใหญ่รับรู้ถึงความสำคัญและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์ แต่นักเรียนกลุ่มที่เรียนสายสังคมไม่เห็นถึงความสำคัญที่จะนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง ขณะที่นักเรียนกลุ่มที่เรียนสายที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เชื่อว่า ความรู้ในตำราไม่ได้สัมพันธ์เพียงพอที่จะนำไปใช้ในชีวิตจริง จึงควรปรับหลักสูตร หนังสือ ยังมีการฝึกใช้เชื่อมโยงความรู้เข้ากับชีวิตจริงมากก็จะได้ประโยชน์มาก

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้เพื่อเป็นแนวปฏิบัติในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครู และข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยที่พบว่า ครูมีแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการยกตัวอย่างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงโดยครูมักยกตัวอย่างโจทย์สถานการณ์ในเรื่องใกล้ตัวนักเรียนหรือบริบทส่วนบุคคลมากที่สุด ใช้วิธีสอนแบบ Active Learning ใช้เทคนิคการสอน โดยใช้คำถามย่อย ๆ เพื่อกระตุ้นความคิด ใช้สื่อการเรียนรู้ กำหนดสถานการณ์จำลองเพื่อให้นักเรียนตัดสินใจเลือกสถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุด ครูจึงควรปรับเปลี่ยนการสอนจากเดิมที่เน้นบรรยายในห้องเรียนเพียงอย่างเดียว มาออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับเวลาเรียน โดยเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม จัดให้นักเรียนได้ศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียนและแหล่งเรียนรู้ในชุมชน พิจารณาเลือกตัวอย่างโจทย์ปัญหาให้มีความเชื่อมโยงกับเรื่องใกล้ตัวในชีวิตจริงของนักเรียน เช่น การคุยข่าวเกี่ยวกับสถิติการเกิดอุบัติเหตุ ค่าเงินในช่วงสงคราม อาชีพที่น่าสนใจในยุคโควิด เป็นต้น เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์ของการนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปใช้จริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยที่พบว่า ปัญหาในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงเกิดจากการขาดความพร้อมของครู ด้านทัศนคติเกี่ยวกับการสอนเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครูและการขาดความพร้อมของนักเรียน ด้านความสนใจในบทเรียน ดังนั้นจึงควรได้มีการศึกษาทัศนคติเกี่ยวกับการสอนเชื่อมโยงบทเรียนคณิตศาสตร์กับบริบทโลกแห่งความจริงของครูในแต่ละช่วงชั้นและสิ่งที่นักเรียนสนใจในช่วงวัยต่าง ๆ เพื่อพัฒนาแนวปฏิบัติในการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. (พิมพ์ครั้งที่ 1). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- Afamasaga-Fuata'i K. (2009) Using concept maps and vee diagrams to analyse the “fractions” strand in primary mathematics. In Afamasaga-Fuata'i K. (eds), *Concept mapping in mathematics*. Springer, Boston, MA. (pp.59-86).
https://doi-org.chula.idm.oclc.org/10.1007/978-0-387-89194-1_4
- Altay, M. K., Yalva, B., & Yeltekin, E. (2017). 8th grade student's skill of connecting mathematics to real life. *Journal of Education and Training Studies*, 5(10), 158-166. <https://doi.org/10.11114/jets.v5i10.2614>
- Athuraliya, A. (2018, September 14). *How to make a concept map / The complete guide to concept maps*. <https://www.linkedin.com/pulse/how-make-concept-map-complete-guide-maps-amanda-athuraliya>
- Baki, A., Catlioglu, H., Costu, S. & Birgin, O. (2009). Conceptions of high school students about mathematical connections to the real-life. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1402–1407. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.247>
- Benson-O'Connor, C. D., McDaniel, C. & Carr, J. (2019). Bringing math to life: Provide students opportunities to connect their lives to math. networks. *An Online Journal for Teacher Research*, 21(2), 1-19. <https://doi.org/10.4148/2470-6353.1299>
- Bernacki, M. L., & Walkington, C. A. (2014). *The impact of a personalization intervention for mathematics on learning and non-cognitive factors*. In EDM (Workshops).
- Bii, K. J., Mukwa, W. C., & Too, J. (2019). Effect of collaborative concept mapping teaching strategy on students' achievement and attitudes towards mathematics in selected secondary schools in Kenya. *European Journal of Education Studies*, 6(5), 135-162. <https://doi.org/0.5281/zenodo.3370017>
- Boogaard, K. (2021, April 7). *How to make a concept map – with examples!*.
<https://miro.com/blog/how-to-make-a-concept-map/>
- Bosse, M. J. (2006). Beautiful mathematics and beautiful instruction: Aesthetics within the NCTM Standards. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 11(28), 1-15.
- Brinkmann, A. (2003). Graphical knowledge display–mind mapping and concept mapping as efficient tools in mathematics education. *Mathematics Education Review*, 16(4), 35-48.
- Cañas, A. J., & Novak, J. D. (2006). *Re-examining the foundations for effective use of concept maps*. Proceeding of the Second International Conference on Concept Mapping. San Jose, Costa Rica.

- Cañas, A. J., Novak, J. D., & González, F. M. (2004). *From thought to conceptual maps: Cmaptools as a writing system*. Proceeding of the First International Conference on Concept Mapping. Pamplona, Spain.
- Chen, M. R. A., & Hwang, G. J. (2020). Effects of a concept mapping - based flipped learning approach on EFL students' English speaking performance, critical thinking awareness and speaking anxiety. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 817-834. <https://doi.org/10.1111/bjet.12887>
- Chiou, C. C. (2008). The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests. *Innovations in Education and teaching International*, 45(4), 375-387. <https://doi.org/10.1080/14703290802377240>
- Fuchs, L. S., Gilbert, J. K., Fuchs, D., Seethaler, P. M., & N. Martin, B. (2018). Text comprehension and oral language as predictors of word-problem solving: Insights into word-problem solving as a form of text comprehension. *Scientific Studies of Reading*, 22(2), 152-166. <https://doi.org/10.1080/10888438.2017.1398259>
- Gainsburg, J. (2008). Real-world connections in secondary mathematics teaching. *J Math Teacher Educ*, 11, 199-219. <https://doi.org/10.1007/s10857-007-9070-8>
- Garii, B., & Okumu, L. (2008). Mathematics and the world: What do teachers recognize as mathematics in real world practice? *The Mathematics Enthusiast*, 5(2), 291-304. <https://scholarworks.unt.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1108&context=tme>
- Hung, P. H., Hwang, G. J., Su, I., & Lin, I. H. (2012). A concept-map integrated dynamic assessment system for improving ecology observation competences in mobile learning activities. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 17(1), 10-19.
- Kosh, A. E. (2016). *The effects on mathematics performance of personalizing word problems to students' interests* (Doctoral dissertation). The University of North Carolina at Chapel Hill.
- Liu, S., Kang, L., Liu, Z., Fang, J., Yang, Z., Sun, J., Wang, M., & Hu, M. (2021). Computer-supported collaborative concept mapping: the impact of students' perceptions of collaboration on their knowledge understanding and behavioral patterns. *Interactive Learning Environments*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1927115>
- Lugosi, E., & Uribe, G. (2022). Active learning strategies with positive effects on students' achievements in undergraduate mathematics education. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(2), 403-424.
- Morfidi, E., Mikropoulos, A., & Rogdaki, A. (2018). Using concept mapping to improve poor readers' understanding of expository text. *Education and Information Technologies*, 23(1), 271-286. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9600-7>

- Mumcu, H. Y. (2018). Examining mathematics department students' views on the use of mathematics in daily life. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 5(1), 61-80. <http://iojet.org/index.php/IOJET/article/view/221/220>
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of research in science teaching*, 27(10), 937-949. <https://doi.org/10.1002/tea.3660271003>
- Novak, J. D. (1995). Concept mapping to facilitate teaching and learning. *Prospects*, 25(1), 79-86. <https://doi.org/10.1007/BF02334286>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2007). Theoretical origins of concept maps, how to construct them, and uses in education. *Reflecting Education*, 3(1), 29-42.
- Novak, J. D., Bob Gowin, D., & Johansen, G. T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science education*, 67(5), 625-645.
- OECD. (2018). *PISA 2021 Mathematics Framework*. <https://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2021-mathematics-framework.pdf>
- O'Sullivan, M. K., & Dallas, K. B. (2010). A collaborative approach to implementing 21st century skills in a high school senior research class. *Education Libraries*, 33(1), 3-9.
- Özgen, K. (2013). Mathematical connection skill in the context of problem solving: the case of pre-service teachers. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 8(3), 323-345. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2013.8.3.1C0590>
- Pozueta E., González F.M. (2009) Evidence of meaningful learning in the topic of 'proportionality' in second grade secondary education. In Afamasaga-Fuata'i K. (eds) *Concept Mapping in Mathematics*. (pp.117-135).
- Sien, V. Y. (2011). Teaching object-oriented modelling using concept maps. *Electronic Communications of the EASST*, 34. <http://dx.doi.org/10.14279/tuj.eceasst.34.590>
- Simon, M., Saldanha, L., McClintock, E., Akar, G. K., Watanabe, T., & Zembat, I. O. (2010). A developing approach to studying students' learning through their mathematical activity. *Cognition and Instruction*, 28(1), 70-112. <https://doi.org/10.1080/07370000903430566>
- Takele, M. (2020). Implementation of active learning methods in mathematics classes of Woliso town primary schools, Ethiopia. *International Journal of Science and Technology Education Research*, 11(1), 1-13.
- Toh, W. Y. K., Leong, Y. H. & Cheng, L. P. (2021). Designing instructional materials to help students make connections: a case of a Singapore secondary school mathematics teacher's practice. *Mathematics Education – An Asian Perspective*, 279-302. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8956-0_14

- Trochim, W. M. (1989). An introduction to concept mapping for planning and evaluation. *Evaluation and program planning*, 12(1), 1-16. [https://doi.org/10.1016/0149-7189\(89\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0149-7189(89)90016-5)
- Trochim, W. M., & McLinden, D. (2017). Introduction to a special issue on concept mapping. *Evaluation and program planning*, 60, 166-175. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2016.10.006>
- Vos, P. (2018). “How real people really need mathematics in the real world”: Authenticity in mathematics education. *Education Sciences*, 8(195), 1-14. <https://doi.org/10.3390/educsci8040195/doi.org/10.4314/mmj.v27i1.4>

Translated Thai Reference

- Ministry of Education. (2017). *Indicators and core curriculum for the mathematics learning area (revised edition 2017) following the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (1st ed.)*. Cooperative Agriculture Printing House Limited, Thailand.