



วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDKKUJ>

ดำเนินการวารสารโดย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด

A Study of Mathematical Competencies of Grade 11 Students through Learning Activities based on Mathematical Modelling with Open Approach

ชัยพร ดุจดา

Chaiyaporn Dutjada

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย อุบลราชธานี

Princess Chulabhorn Science High School Ubon Ratchathani

Received: April 23, 2026 Revised: June 10, 2026 Accepted: September 16, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด เพื่อยืนยันข้อเสนอแนะจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้สามารถใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากมีเนื้อหาที่สอดคล้องต่อเนื่องกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย อุบลราชธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 24 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ คือ กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด จำนวน 12 กิจกรรม แบบบันทึกภาคสนาม และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด มีแนวโน้มระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม โดยนักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเหนือความคาดหวัง ความถี่สูงสุดอยู่ที่ ร้อยละ 70.83 มากถึง 6 กิจกรรม และ 2) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.83 อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.32

คำสำคัญ: สมรรถนะทางคณิตศาสตร์; ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์; วิธีการแบบเปิด

Abstract

The objectives of this research were to 1) study the Mathematical Competency of students taught through Mathematical Modeling with Open Approach, and 2) examine students' satisfaction toward these activities. This study aims to confirm that this approach is effective for Grade 11 students due to curriculum continuity. The sample consisted of 24 Grade 11 students from Princess Chulabhorn Science High School Ubon Ratchathani (Semester 2, Academic Year 2025), selected via cluster random sampling. Instruments included 12 learning activities, field record, and a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using percentage, mean, and standard deviation. The results showed that 1) students' Mathematical Competency demonstrated a concrete upward trend, reaching the Above Expectations level with a peak frequency of 70.83% across 6 activities, and 2) students' satisfaction was at the Strongly Agree level ($\bar{X}$ = 4.83, S.D. = 0.32).

Keywords: Mathematical competencies; Mathematical modelling; Open approach

■ บทนำ

ประเทศไทยให้ความสำคัญกับการพัฒนาศักยภาพคนไทยให้มีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการในศตวรรษที่ 21 (Office of the Education Council, 2017) สอดคล้องกับแนวทางของ Ministry of Education (2023) ที่ได้วางรากฐานสำคัญในการจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้เรียนไทย โดยมุ่งเน้นปรับเปลี่ยนห้องเรียนแบบเดิมให้เป็นพื้นที่แห่งการปฏิบัติจริงและการสร้างนวัตกรรม ซึ่งการมีความรู้เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ ทักษะและสมรรถนะของผู้เรียนจึงเป็นกุญแจสำคัญในการปรับตัวต่ออนาคต (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ต้องมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีสมรรถนะ (Thailand Development Research Institute, 2021) การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจะต้องอาศัยศาสตร์การสอนที่มีความจำเพาะและเป็นระบบในการพัฒนาสมรรถนะ สอดคล้องกับ Khammanee (2023) ที่ได้นำเสนอว่าหัวใจสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุกนั้นคือการสร้างสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สืบสอบ มีปฏิสัมพันธ์เชิงสังคม และสะท้อนคิดจากประสบการณ์ปฏิบัติจริง เพราะการจัดกิจกรรมในลักษณะนี้จะช่วยหล่อหลอมให้เกิดสมรรถนะที่ฝังลึกในตัวผู้เรียนอย่างยั่งยืน (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021)

คณิตศาสตร์ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนมีสมรรถนะในการคิดและการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างเป็นระบบ (Office of the Basic Education Commission, 2017) คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่การคำนวณตามขั้นตอนวิธีที่ตายตัว แต่เป็นศาสตร์แห่งการมองเห็นแบบรูป การสร้างตัวแทน และการให้เหตุผลเพื่ออธิบายความจริงรอบตัว จนเกิดเป็นสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 4 ด้าน ได้แก่ การคิด/แปลงปัญหา การใช้คณิตศาสตร์ การตีความและประเมิน และการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) สอดคล้องกับ Panich (2023) ที่กล่าวว่าห้องเรียนที่มีประสิทธิภาพจะต้องก้าวข้ามการบรรยายไปสู่การสร้างพื้นที่แห่งการเรียนรู้ร่วมกันให้ได้ ซึ่งครูต้องปรับตนเองจากผู้ออกความรู้ ไปเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ทำหน้าที่ออกแบบคำถามปลายเปิด และสร้างสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการคิด การลงมือทำ และการอภิปรายร่วมกัน จนเกิดเป็นสมรรถนะได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Office of the Education Council, 2019)

ในปัจจุบันการสอนคณิตศาสตร์ในประเทศไทยมักเน้นที่เนื้อหาความรู้มากกว่าการนำไปใช้งานจริง ทำให้นักเรียนขาดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Panich, 2015) ส่งผลให้นักเรียนเกิดเฉื่อยชา มีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และไม่สามารถยืดหยุ่นความคิดเมื่อเผชิญสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนในโลกจริง สะท้อนจากผลการประเมิน TIMSS (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018) และผลการทดสอบ PISA 2018 (National PISA Center, Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) ที่ยังมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการศึกษาไทยยังไม่บรรลุเป้าหมายการปฏิรูปการศึกษาที่ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน (Thinwiangthong, 2018)

ปัญหาหลักของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ ปัญหาแรก คือ นักเรียนมองว่าเป็นวิชาที่ยาก เป็นนามธรรม และไกลตัว ทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจและไม่เห็นประโยชน์ในการนำไปใช้ (Bunsiri, 2019; Kareemee, 2020) สอดคล้องกับแนวคิดของ Ma-kanong (2022) ว่าการที่นักเรียนจะเกิดสมรรถนะและมีเจตคติเชิงบวกต่อวิชาคณิตศาสตร์นั้น ชั้นเรียนจะต้องขับเคลื่อนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่อิงบริบทจริง (Context-Based Learning) แต่ปัจจุบันยังไม่เป็นเช่นนั้น อ้างอิงจากการศึกษาของ Sparks (2022) ที่พบว่าแบบเรียนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่เน้นเฉพาะเนื้อหามากกว่าบริบทในโลกจริง และอีกปัญหา คือ ครูส่วนใหญ่ยังเน้นการสอนแบบบรรยายและทำตามแบบฝึกหัดที่เน้นเฉพาะผลลัพธ์หรือคำตอบ โดยละเลยกระบวนการคิดและแนวคิดของนักเรียน (Thinwiangthong & Inprasitha, 2018)

แนวทางสำคัญในการแก้ปัญหาประการแรก คือ การใช้ “ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ตามแนวคิดของ Blum and Niss (1991) และ Cheah (2008) ซึ่งถือเป็นสะพานเชื่อมสำคัญทำให้นักเรียนได้เปลี่ยนผ่านข้อความหรือสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่เป็นรูปธรรมเข้าสู่โครงสร้างและภาษาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรม โดยกระบวนการนี้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือดำเนินการแก้ปัญหา วางแผนอย่างเป็นระบบ ตลอดจนประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์กลับคืนสู่โลกจริง ซึ่งช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการฝึกทักษะการตีความอย่างมีเหตุผล และตระหนักถึงคุณค่าของคณิตศาสตร์ในการประยุกต์ใช้จัดการกับปัญหารอบตัวได้อย่างแท้จริง (Thepbanhan, 2017; Ma-kanong, 2011) ขณะเดียวกัน แนวทางการแก้ปัญหาประการที่สอง คือ “วิธีการแบบเปิด” ซึ่งเป็นกลไกที่ช่วยเปิดพื้นที่เรียนรู้ให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดและยุทธวิธีที่หลากหลายผ่านการลงมือปฏิบัติจริง พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อขยายมุมมองทางคณิตศาสตร์ให้กว้างขวางขึ้น (Lekchan & Thinwiangthong, 2022; Thinwiangthong, 2012) ทั้งนี้ แนวทางการแก้ปัญหาทั้งสองประการนี้มีความสอดคล้องอย่างยิ่งกับ Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2024) ที่ได้ปรับปรุงกรอบแนวคิดและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นการบูรณาการกระบวนการสร้างตัวแบบคณิตศาสตร์เข้ากับวัตรกรรมการสอนเชิงรุก เพื่อยกระดับสมรรถนะของผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม (Thinwiangthong & Inprasitha, 2018)

จากผลการวิจัยที่ผ่านมาของผู้วิจัย (Dutjada et al., 2023) ได้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เรื่อง หลักการนับเบื้องต้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้อย่างมีนัยสำคัญ เพื่อให้เกิดการพัฒนาวัตรกรรมการจัดการเรียนรู้อย่างครอบคลุมและต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงได้ขยายผลการศึกษาโดยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยวิธีการออกแบบสถานการณ์ปัญหาเพิ่มเติมสำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีโครงสร้างเนื้อหาตามหลักสูตรที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมมากขึ้น ได้แก่ การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม และการเรียงสิ่งของที่ซ้ำกัน ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผ่านการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พร้อมกันนี้ยังมีการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผ่านการประเมินความสอดคล้อง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อพิสูจน์ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวในการยกระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม โดยทำการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ต่อไป

■ จุดประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด
- 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด

■ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถของนักเรียนในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้สำเร็จ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) ประกอบด้วยความสามารถ 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. **การคิด/แปลงปัญหา** การทำความเข้าใจและเปลี่ยนสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่แก้ได้ง่ายขึ้น
2. **การใช้คณิตศาสตร์** การเลือกใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ และแสดงกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน
3. **การตีความและประเมิน** การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของตนเองกับผู้อื่นผ่านการอภิปราย
4. **การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์** การอ้างอิงหลักการทางคณิตศาสตร์ เพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งอย่างสมเหตุสมผล

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ คือ การจำลองสถานการณ์ปัญหาในโลกจริงไปเป็นโลกคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จากนั้นแปลความหมายผลลัพธ์ที่ได้กลับไปอธิบายโลกจริงอย่างสมเหตุสมผล (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2011)

วิธีการแบบเปิด คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาและอภิปรายร่วมกัน Inprasitha (2011) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **การนำเสนอสถานการณ์ปัญหา** คือ การใช้สถานการณ์ปัญหาปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และเริ่มคิดหาแนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง
2. **การเรียนรู้ด้วยตนเอง** คือ การเปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานกลุ่มเพื่อคิดค้นวิธีแก้ปัญหาอย่างอิสระ โดยครูทำหน้าที่สังเกตและรวบรวมแนวคิดของนักเรียน
3. **การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นและขยายแนวคิด** คือ การให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยน สื่อสาร และให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ร่วมกัน
4. **การสรุปและเชื่อมโยงแนวคิด** คือ การที่ครูและนักเรียนร่วมกันรวบรวมและจัดระบบแนวคิดที่เกิดขึ้น เพื่อเชื่อมโยงไปสู่โมเดลและสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหาตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ บูรณาการกับวิธีการแบบเปิด เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Dutjada et al., 2023) ผ่านการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.05 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **การนำเสนอสถานการณ์ปัญหา** ครูนำเสนอสถานการณ์และกระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจ เพื่อแปลงสถานการณ์สู่รูปแบบการแก้ปัญหา
2. **การเรียนรู้ด้วยตนเอง** นักเรียนร่วมกันหาคำตอบในกลุ่มย่อย โดยใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหาและตรวจสอบผลลัพธ์
3. **การอภิปรายร่วมกันและขยายแนวคิด** นักเรียนนำเสนอ แลกเปลี่ยน และประเมินแนวคิดซึ่งกันและกัน โดยมีหลักฐานทางคณิตศาสตร์รองรับ

ขั้นที่ 4 สรุปและเชื่อมโยงแนวคิด ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นตัวแทนของชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหามากที่สุด

ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ประเมินผ่านแบบสอบถาม ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด ซึ่งผ่านการ

ประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผลการประเมินของแบบสอบถามความพึงพอใจมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80–1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อถาม

■ วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods Research) ที่เน้นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ในรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดผลหลังการทดลอง (One-Group Posttest-Only Design) ร่วมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อสะท้อนพัฒนาการเรียนรู้เชิงประจักษ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์และความพึงพอใจของนักเรียน ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด จำนวน 12 กิจกรรม ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย อุดรราชธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรราชธานี อำนาจเจริญ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 1 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 24 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้โรงเรียนในสังกัดเป็นหน่วยการสุ่ม และใช้ห้องเรียนที่จัดชั้นเรียนแบบคละความสามารถเป็นหน่วยการสุ่มขั้นสุดท้าย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จำนวน 12 กิจกรรม ซึ่งผ่านการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.93 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.05 อยู่ในระดับมากที่สุด
2. การบันทึกโพรโทคอลที่ได้จากแบบบันทึกภาคสนาม กล้องบันทึกวิดีโอ เครื่องบันทึกเสียง และกล้องถ่ายภาพ โดยวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แล้วแปลงเป็นคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จากนั้นหาผลรวม เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ว่านักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับใด
3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด จำนวน 20 ข้อ แบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านเนื้อหาสาระ (2) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (3) ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และ (4) ด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผ่านการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผลการประเมินของแบบสอบถามความพึงพอใจมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80–1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ได้ทุกข้อถาม

การเก็บรวบรวม

1. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด จำนวน 12 กิจกรรม กิจกรรมละ 2 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยแบบบันทึกภาคสนาม กล้องบันทึกวิดีโอ เครื่องบันทึกเสียง และกล้องถ่ายภาพ โดยมีการขออนุญาตนักเรียนและผู้ปกครองในการบันทึกข้อมูลตลอดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
2. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด จำนวน 20 ข้อ หลังจบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 12
3. นำข้อมูลที่ได้จากแบบบันทึกภาคสนาม กล้องบันทึกวิดีโอ เครื่องบันทึกเสียง และกล้องถ่ายภาพ มาถอดเป็นโพรโทคอล เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้น แล้วแปลงเป็นคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จากนั้นหาผลรวม เพื่อเทียบกับเกณฑ์ว่านักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับใด

4. นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และดำเนินการแปลผลความพึงพอใจว่าอยู่ในระดับใด พร้อมทั้งหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อวัดการกระจายของข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการแบบเปิด โดยวิเคราะห์จากพฤติกรรมที่บ่งชี้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เพื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของ Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021) จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

Table 1. Example of Measurement and Evaluation Criteria for Mathematical Competency in Research

สมรรถนะ	น้ำหนัก	คะแนน	พฤติกรรมที่บ่งชี้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์
สมรรถนะ การคิด/แปลงปัญหา	1	4	นักเรียนสามารถได้ครบทั้ง 4 ประเด็น - อ่าน แปลความหมาย และทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้ - จัดรู้อย่างง่ายหรือแยกย่อยสถานการณ์หรือปัญหาได้ - เลือกการแสดงแทนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหาได้ - เลือกการแสดงแทนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหาได้
		3	นักเรียนสามารถได้เพียง 3 ประเด็น
		2	นักเรียนสามารถได้เพียง 2 ประเด็น
		1	นักเรียนสามารถได้เพียง 1 ประเด็น
สมรรถนะ การใช้คณิตศาสตร์	1	4	นักเรียนสามารถได้ครบทั้ง 4 ประเด็น - ผลลัพธ์ที่ได้สมเหตุสมผลกับสถานการณ์ปัญหา - แสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล - นำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการสร้างรูปแบบการแก้ปัญหา - สร้างรูปแบบการแก้ปัญหตามหลักการบวก (กรณีทั่วไป)
		3	นักเรียนสามารถได้เพียง 3 ประเด็น
		2	นักเรียนสามารถได้เพียง 2 ประเด็น
		1	นักเรียนสามารถได้เพียง 1 ประเด็น
สมรรถนะ การตีความ และประเมิน	1	4	นักเรียนสามารถได้ครบทั้ง 4 ประเด็น - ตีความได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้สมเหตุสมผลกับสถานการณ์ปัญหาหรือไม่ - ตีความรูปแบบการแก้ปัญหที่สร้างขึ้นสมเหตุสมผลกับสถานการณ์ - เปรียบเทียบความเหมือนหรือแตกต่างระหว่างแนวคิดของตนเองกับผู้อื่น - สร้างคำอธิบายเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งแนวคิดที่แตกต่างกันได้
		3	นักเรียนสามารถได้เพียง 3 ประเด็น
		2	นักเรียนสามารถได้เพียง 2 ประเด็น
		1	นักเรียนสามารถได้เพียง 1 ประเด็น
สมรรถนะ การให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์	2	4	นักเรียนสามารถได้ครบทั้ง 4 ประเด็น - บอกเหตุผลในการเลือกวิธีการในการหาผลลัพธ์และการสร้างรูปแบบ - บอกเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้สมเหตุสมผลกับสถานการณ์

สมรรถนะ	น้ำหนัก	คะแนน	พฤติกรรมที่บ่งชี้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์
			- บอกเหตุผลในการตีความและประเมินผลลัพธ์ของตนเองกับผู้อื่น - บอกเหตุผลเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งแนวคิดที่แตกต่างกันได้
		3	นักเรียนสามารถได้เพียง 3 ประเด็น
		2	นักเรียนสามารถได้เพียง 2 ประเด็น
		1	นักเรียนสามารถได้เพียง 1 ประเด็น
รวม	5	16	คิดเป็นคะแนนเต็ม 20 คะแนน

2. การวิเคราะห์ระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

Table 2. Levels of Mathematical Competencies

คะแนนรวม	การแปลผล
1 – 5 คะแนน	อยู่ในระดับเริ่มต้น
6 – 10 คะแนน	อยู่ในระดับกำลังพัฒนา
11 – 15 คะแนน	อยู่ในระดับสามารถ
16 – 20 คะแนน	อยู่ในระดับเหนือความคาดหวัง

3. การวิเคราะห์พฤติกรรมที่สะท้อนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากอนุทินหลังการเรียนรู้ แบบบันทึกพฤติกรรม และภาพถ่าย โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อจัดหมวดหมู่พฤติกรรมสะท้อนสมรรถนะ

4. การวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำข้อมูลความพึงพอใจจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มาประมวลผลวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พร้อมสรุปข้อเสนอแนะปลายเปิดเชิงคุณภาพ

Table 3. Satisfaction evaluation criteria for learning activities

คะแนนรวม	การแปลผล
4.51 – 5.00 คะแนน	อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.51 – 4.50 คะแนน	อยู่ในระดับเห็นด้วย
2.51 – 3.50 คะแนน	อยู่ในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50 คะแนน	อยู่ในระดับไม่เห็นด้วย
1.00 – 1.50 คะแนน	อยู่ในระดับไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด พบว่า แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นของนักเรียนซึ่งผู้วิจัยได้จากการประเมินแนวคิดของนักเรียนเป็นสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 สมรรถนะ ดังตัวอย่างนี้

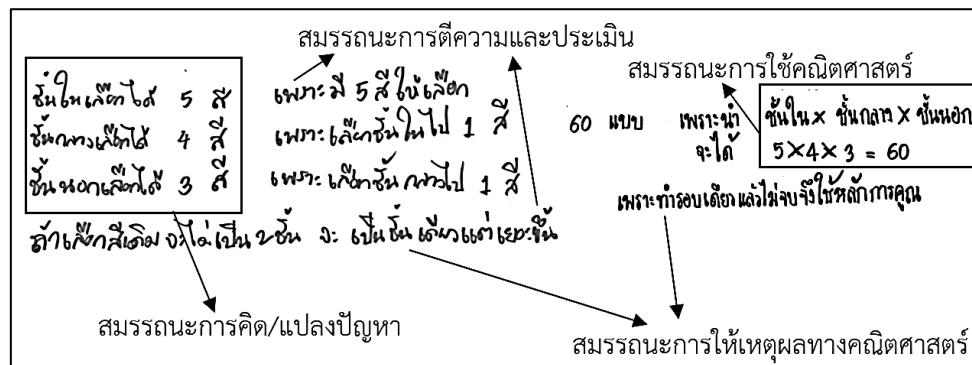


Figure 1. Assessment of student concepts based on the four mathematical competencies.

จากนั้นผู้วิจัยนำสมรรถนะที่ประเมินได้มาประเมินระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นตามเกณฑ์การประเมินของ Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021) ดังตัวอย่างนี้

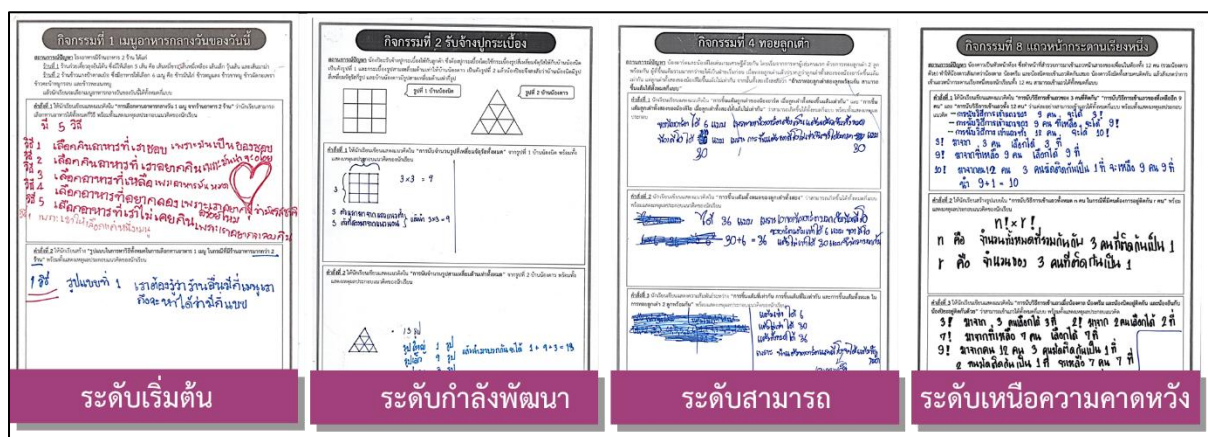


Figure 2. Description of Mathematical Competency Levels for Each Level.

จากการวิเคราะห์แนวคิดที่เกิดขึ้นแล้วประเมินเป็นระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่าแนวโน้มระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีระดับที่เพิ่มขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม โดยนักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเหนือความคาดหวัง ความถี่สูงสุดอยู่ที่ ร้อยละ 70.83 มากถึง 6 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3, 4, 5, 8, 9 และ 10 ดังนี้

Table 4. Trends in Students' Mathematical Competencies Emerged from the Learning Activities

กิจกรรมการเรียนรู้	นักเรียนที่มีระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการเรียนรู้							
	เริ่มต้น		กำลังพัฒนา		สามารถ		เหนือความคาดหวัง	
	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
1 (อาหารกลางวัน)	2	8.33	8	33.33	10	41.67	4	16.67
2 (รับจ้างปูกระเบื้อง)	1	4.17	6	25.00	11	45.83	6	25.00
3 (อุ่นน้ำหวาน)	-	-	2	8.33	5	20.83	17	70.83
4 (ทอยลูกเต๋า)	-	-	1	4.17	6	25.00	17	70.83
5 (ลอยกระทง)	-	-	3	12.50	4	16.67	17	70.83
6 (เครื่องดื่มแสนอร่อย)	-	-	4	16.67	8	33.33	12	50.00
7 (รูดงานบุญ)	-	-	2	8.33	9	37.50	13	54.17

กิจกรรมการเรียนรู้	นักเรียนที่มีระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นในกิจกรรมการเรียนรู้							
	เริ่มต้น		กำลังพัฒนา		สามารถ		เหนือความคาดหวัง	
	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
8 (แถวหน้ากระดานเรียงหนึ่ง)	-	-	1	4.17	6	25.00	17	70.83
9 (เซตพีชชาห์นารวม)	-	-	-	-	7	29.17	17	70.83
10 (การแข่งขันเปตอง)	-	-	2	8.33	5	20.83	17	70.83
11 (น้ำผักผลไม้ปั่น)	-	-	1	4.17	8	33.33	15	62.50
12 (เสื่อพละที่ฉันทไฟฟ้า)	-	-	-	-	8	33.33	16	66.67

จากตารางแสดงผลการวิเคราะห์สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 12 กิจกรรม พบว่า ระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีแนวโน้มระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

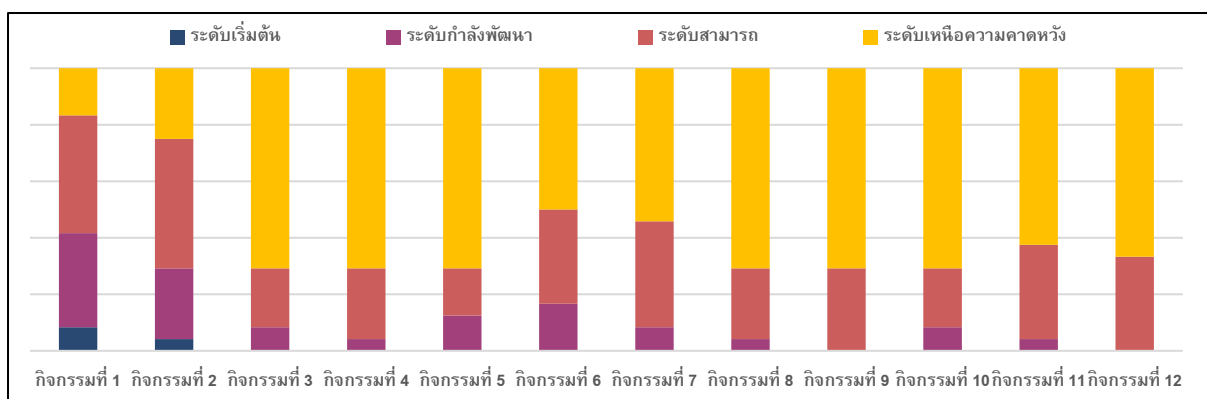


Figure 3. Trends in Students' Mathematical Competencies Emerged from the Learning Activities

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการแบบเปิด มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.83 อยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.32 โดยด้านที่นักเรียนเห็นด้วยมากที่สุดคือ 4.92 ได้แก่ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ รองลงมาคือด้านการวัดและประเมินผล และด้านเนื้อหาสาระ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.87 และ 4.81 ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยเรื่องการศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด ผู้วิจัยมีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเหนือความคาดหวัง และมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อพิจารณาเป็นรายกิจกรรม สาเหตุสำคัญเนื่องมาจากการบูรณาการวงรอบของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modelling) เข้ากับกระบวนการ 4 ขั้นตอนของวิธีการแบบเปิด (Open Approach) อย่างเป็นระบบ ซึ่งโครงสร้างกิจกรรมดังกล่าวทำหน้าที่เป็นนั่งร้านทางปัญญาช่วยเปลี่ยนสถานะความรู้ทางคณิตศาสตร์อันเป็นนามธรรมและมีความซับซ้อนในระดับชั้น ม.5 ให้กลายเป็นกระบวนการแก้ปัญหาเชิงรูปธรรม นักเรียนจึงแสดงสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ครอบคลุมทั้ง 4 ด้าน (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2021) โดยมีปัจจัยเชิงกระบวนการที่ส่งผลอย่างเด่นชัดใน 2 ด้านหลัก ได้แก่

1. สมรรถนะการคิด/แปลงปัญหา เกิดขึ้นจากการทำงานของขั้นที่ 1 (การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด) และขั้นที่ 2 (การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน) ตามแนวคิดของ Inprasitha (2011) ปัจจัยที่ขับเคลื่อนสมรรถนะนี้คือ ลักษณะของสถานการณ์ปัญหาที่ออกแบบขึ้นใหม่ ซึ่งไม่มีขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ตายตัว บังคับให้นักเรียนต้องใช้วงจรการสร้างตัวแบบขึ้นการทำความเข้าใจปัญหาและลดทอนรายละเอียด โดยการระดมความคิดภายในกลุ่ม เพื่อจำแนกตัวแปรเงื่อนไข และปัจจัยที่จำเป็น จากนั้นจึงแปลงความสัมพันธ์ในสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์หรือตัวแบบที่เหมาะสม

2. สมรรถนะการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ เกิดขึ้นอย่างเด่นชัดในขั้นที่ 3 (การอภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดร่วมกันทั้งชั้นเรียน) ของวิธีการแบบเปิด โดยหลักฐานเชิงประจักษ์จากวิดีโอที่บันทึกการเรียนรู้อ้างอิงให้เห็นว่า โครงสร้างการเรียนรู้ในขั้นนี้บังคับให้นักเรียนต้องผ่านกระบวนการสะท้อนคิด นักเรียนไม่เพียงแต่นำเสนอคำตอบ แต่ต้องอธิบายตรรกะการสร้างตัวแบบ ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อสรุป และต้องตอบคำถามหรือโต้แย้งข้อสงสัยจากเพื่อน และครูผู้สอน สอดคล้องกับแนวคิดของ Thinwiangthong (2012) ที่ระบุว่า วิธีการแบบเปิดช่วยกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายแนวคิดที่หลากหลายผ่านประสบการณ์ร่วมและการชี้แนะที่เหมาะสมของครู การเปิดพื้นที่ทางปัญญานี้จึงเป็นกลไกสำคัญที่ยกระดับการคิดของนักเรียนจากการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าไปสู่การให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ในระดับที่เหนือความคาดหว้ง

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยประเด็นที่มีคะแนนสูงสุดคือการได้รับอิสระในการเรียนรู้ การประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์กับชีวิตจริง และการใช้กระบวนการคิดของตนเอง ปัจจัยทางจิตวิทยาที่อธิบายผลลัพธ์นี้คือ การที่กิจกรรมตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้นักเรียนลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้เกิดความรู้สึกมีสมรรถนะในตนเอง และการมีอิสรภาพในการเรียนรู้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kemsuk (2017) ที่พบว่า กิจกรรมที่เน้นการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ช่วยส่งเสริมการทำงานร่วมกัน การยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งนำไปสู่ความพึงพอใจในระดับมาก นอกจากนี้ การบรรยายภาคในชั้นเรียนที่ครูเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้ส่งเสริมและอำนวยความสะดวก โดยไม่แทรกแซงแนวคิดของนักเรียน ยังช่วยลดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Detchama (2020) ที่ระบุว่า ความหลากหลายของกิจกรรมและการให้เสรีภาพในการคิดทำให้นักเรียนมีความสุขและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้ ปัจจัยเหล่านี้จึงเป็นกลไกสำคัญที่เปลี่ยนแรงจูงใจภายนอกให้กลายเป็นแรงจูงใจภายใน ยืนยันว่ากิจกรรมการเรียนรู้นี้ไม่เพียงแต่พัฒนาสมรรถนะทางสติปัญญาเท่านั้น แต่ยังสร้างเจตคติเชิงบวก และทำให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์มีความหมายและมีความสุขอย่างแท้จริง

■ บทสรุปจากการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการต่อยอดและขยายผลเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิด จากระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สู่การพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรมสูงชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย อุบลราชธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุบลราชธานี อำนาจเจริญ ผลการวิจัยสรุปประเด็นสำคัญที่เชื่อมโยงกับกระบวนการเรียนรู้ได้ดังนี้

1. ด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ในภาพรวมนักเรียนมีระดับสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยอยู่ในระดับเหนือความคาดหว้ง และมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกกิจกรรม โดยเฉพาะในกิจกรรมที่ 3, 4, 5, 8, 9 และ 10 ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีเงื่อนไขซับซ้อน (เช่น การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลม และการเรียงสิ่งของที่ซ้ำกัน) นักเรียนร้อยละ 70.83 สามารถยกระดับสมรรถนะไปสู่ระดับเหนือความคาดหว้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่กิจกรรมทั้ง 12 แผน ทำหน้าที่เป็นนั่งร้านทางปัญญานำพานักเรียนผ่านวงจรการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนเกิดพัฒนาการเด่นชัดใน สมรรถนะการคิด/แปลง

ปัญหา จากการทำงานกลุ่มในชั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด และ สมรรถนะการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ จากการสะท้อนคิดและอภิปรายโต้แย้งแนวคิดร่วมกันทั้งชั้นเรียน

2. ด้านความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.83$) เนื่องจากโครงสร้างกิจกรรมเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการคิด และได้รับการยอมรับความคิดเห็นจากเพื่อน และครู เปลี่ยนบทบาทครูจากผู้บรรยายมาเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งช่วยลดความวิตกกังวลทางคณิตศาสตร์ และเปลี่ยนแรงจูงใจภายนอกให้กลายเป็นแรงจูงใจภายใน ทำให้ผู้เรียนเกิดเจตคติเชิงบวกและเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความสุข

■ ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ประโยชน์

1. ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการคัดเลือกสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับประสบการณ์หรือสิ่งที่นักเรียนสนใจในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เนื้อหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ครูควรออกแบบสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แปลงปัญหาจากสถานการณ์ที่คลุมเครือให้เป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน

2. ครูควรปรับบทบาทจากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้อำนวยความสะดวก โดยเน้นการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงเหตุผลสนับสนุนแนวคิดของตนเอง และเปิดใจยอมรับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการลองผิดลองถูก เพื่อสร้างบรรยากาศแห่งความปลอดภัยทางวิชาการ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนกล้าอภิปรายและแลกเปลี่ยนแนวคิดร่วมกับผู้อื่น อันเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาสมรรถนะการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์

3. สถานศึกษาควรส่งเสริมกระบวนการศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) และวิธีการแบบเปิดร่วมกันเป็นทีม เนื่องจากการจัดทำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์คนเดียว อาจทำให้มองข้ามประเด็นสำคัญบางจุดไป การทำงานร่วมกันจะช่วยอุดรอยรั่วและเติมเต็มแผนการสอนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยสร้างคลังสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดร่วมกัน ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยต่อไป

4. งานวิจัยนี้พิสูจน์แล้วว่ากิจกรรมมีความต่อเนื่องและยืดหยุ่นในระดับ ม.4 และ ม.5 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการขยายผลการศึกษาไปยังเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมสูง เพื่อวิจัยว่าแนวคิดตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการแบบเปิดจะสามารถช่วยลดความซับซ้อนของเนื้อหา และช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจที่คงทนในเนื้อหาได้มากน้อยเพียงใด

5. ควรมีการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพเพิ่มเติมเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยหรือตัวแปรแทรกซ้อนที่ส่งผลให้นักเรียนบางกลุ่มสามารถยกระดับสมรรถนะจากระดับสามารถ ขึ้นสู่ระดับเหนือความคาดหวัง ได้อย่างรวดเร็ว (เช่น ในกิจกรรมที่ 3, 4, 5, 8, 9 และ 10) โดยอาจใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกหรือการวิเคราะห์หาทฤษฎีในชั้นเรียน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบชุดกิจกรรมที่สามารถตอบสนองความแตกต่างรายบุคคลของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในอนาคต

■ References

- Blum, W., & Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects: State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 37–68. <https://doi.org/10.1007/BF00302716>
- Bunsiri, P. (2019). Mathematical learning management by self-construction of knowledge. *Pranakhon Rajabhat Research Journal (Humanities and Social Sciences)*, 10(1), 369–386. [in Thai]
- Cheah, U. H. (2008). Introducing mathematical modelling to secondary school teachers: A case study. *The Mathematics Educator*, 11(1/2), 21–32.
- Detchama, K. (2020). *Student's attitudes towards learning mathematics in a classroom using open approach* [Master's thesis, Khon Kaen University]. [in Thai]

- Dutjada, C., Pariput, P., & Kaenauan, W. (2023). The development of learning activities based on mathematical modelling with open approach to enhance mathematical competencies of students in Grade 10. In *Proceedings of the 15th Graduate Research Conference* (p. 118). Graduate School, Ubon Ratchathani Rajabhat University. [in Thai]
- Inprasitha, M. (2011). One feature of adaptive lesson study in Thailand: Designing a learning unit. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 34(1), 47–66.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2011). *Mathematical modeling*. IPST. [in Thai]
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2018). *Handbook for the mathematics curriculum (revised edition B.E. 2560) according to the core curriculum for basic education B.E. 2551*. SciMath. <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8379-2560-2551-8379> [in Thai]
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021, May 13–14). *Competency-based mathematical learning management* [Conference session]. Project to Increase Teacher Potential for 21st-Century Teaching, Ubon Ratchathani, Thailand. [in Thai]
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2024). *Framework for mathematics and science learning management in schools*. Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. [in Thai]
- Kareemee, S. (2020). STEM education learning management with engineering design process on sound for enhancing creativity and innovation for Grade 11 students. *Journal of Education Burapha University*, 31(1), 59–74. [in Thai]
- Kemsuk, C. (2017). *Designing learning activities to enhance mathematical modeling using experimental activities for Grade 9 students* [Master's thesis, Ubon Ratchathani University]. [in Thai]
- Khammanee, T. (2023). *Pedagogy: Knowledge for effective learning process management* (26th ed.). Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- Lekchan, K., & Thinwangthong, S. (2022). Teacher's questioning for eliciting students' mathematical ideas in problem-solving classroom. *Dhammathas Academic Journal*, 22(1), 265–275. [in Thai]
- Ma-kanong, A. (2011). *Mathematical skills and processes: Development for evolution* (2nd ed.). Faculty of Education, Chulalongkorn University. [in Thai]
- Ma-kanong, A. (2022). *Mathematical skills and processes: Competency development for learning* (4th ed.). Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- Ministry of Education. (2023). *Educational development plan of the Ministry of Education No. 13 (2023–2027)*. Office of the Permanent Secretary, Ministry of Education. [in Thai]
- National PISA Center, Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2021). *PISA 2018 assessment results: Reading, mathematics, and science*. Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). [in Thai]
- Office of the Basic Education Commission. (2017). *Indicators and core learning areas of the mathematics learning area (revised edition B.E. 2560) according to the core curriculum for basic education B.E. 2551*. Agricultural Cooperative Federation of Thailand. [in Thai]

- Office of the Education Council. (2017). *The National Scheme of Education B.E. 2560–2579* (2nd ed.). Prikwan Graphic. [in Thai]
- Office of the Education Council. (2019). *Simple understanding of competency for citizens and simple understanding of competency-based curriculum for teachers, administrators, and educational personnel*. 21st Century. [in Thai]
- Panich, V. (2015). Ways of creating learning for students in the 21st century. *Journal of Learning Innovation*, 1(2), 3–14. [in Thai]
- Panich, V. (2023). *Transforming learning for the future*. Siam Commercial Foundation. [in Thai]
- Sparks, S. D. (2022, May 16). Textbooks need more real-world math exercises, study finds. *Education Week*. <https://www.edweek.org/teaching-learning/textbooks-need-more-real-world-math-exercises-study-finds/2022/05>
- Thailand Development Research Institute. (2021). *Jobs and skills for a new world*. <https://tdri.or.th/wp-content/uploads/2021/11/Paper3-Slide01.pdf> [in Thai]
- Thepbanhan, W. (2017). *Effects of using mental representation and mathematical modeling with cognitively guided instruction on mathematical reasoning and connection abilities of lower secondary school students* [Master's thesis, Chulalongkorn University]. Chulalongkorn University Intellectual Repository. [in Thai]
- Thinwiangthong, S. (2012). *Mathematical small group communication in classroom context of lesson study and open approach* [Doctoral dissertation, Khon Kaen University]. [in Thai]
- Thinwiangthong, S. (2018). Students' mathematical small group communication ability and attitudes towards learning mathematics in a classroom using lesson study and open approach. *Journal of Education Thaksin University*, 18(1), 97–107. [in Thai]
- Thinwiangthong, S., & Inprasitha, M. (2018). New teaching models for measurement in school mathematics. *Nakhon Phanom University Journal*, 8(3), 118–127. [in Thai]