

ผลการประเมินพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
โดยระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

Assessment of Mathematical Proficiency Development
of Grade 7 Students Using an Automated Feedback System
through Machine Learning

ดวงฤทัย จิตรอารี^{1*} พชรี จันทรเพ็ง² ศุภโชค สอนศิลป์พงศ์³

และทุนพัฒนานักวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2565⁴

Doungruethai Chitaree^{1*} Putcharee Junpeng² Suphachoke Sonsilphong³
and The Research Grants for Graduate Researchers 2022⁴

¹หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
(Master's degree in Measurement and Evaluation, Faculty of Education, Khon Kaen University)

²สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
(Department of Education Measurement and Evaluation, Faculty of Education, Khon Kaen University)

³ฝ่ายวิชาการ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
(Department of Academic, Faculty of Medicine, Khon Kaen University)

⁴สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
(National Research Council of Thailand (NRCT))

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติและระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน และ (2) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับและระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่มีต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มที่มีการควบคุม (Randomized Controlled Trial) ตัวอย่าง คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 156 คน โดยใช้การสุ่มที่มีการควบคุม เครื่องมือที่ใช้ คือ ชุดเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ สาระจำนวนและพีชคณิต ผ่านระบบ Web Application “การให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง” ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งสามารถวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้ 2 มิติ คือ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบและศึกษาปฏิสัมพันธ์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way MANOVA) ผลการวิจัย พบว่า 1) รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติและระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้พัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกับรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่มีต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์กับรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับร่วมกันส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์

คำสำคัญ: การให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ ความสามารถทางคณิตศาสตร์ การเรียนรู้ของเครื่อง การทดลองแบบสุ่มที่มีการควบคุม

ABSTRACT

The present study was intended to compare the development of mathematical proficiency with the automated feedback system and distinct levels of mathematical proficiency and to investigate the interaction between the automated feedback system and different levels of mathematical proficiency among students affecting the development of mathematical proficiency. In terms of research methodology, an experimental design with a randomized controlled trial was adopted in this study, and the samples were 156 Grade 7 students. The instrument was an online mathematical proficiency test on the topic of Number and Algebra Strand through the web application named “Automated Feedback System through Machine Learning” developed by the researchers. This so-called system could measure two dimensions of mathematical proficiency, namely mathematical procedures (MAP) and structure of learning outcome (SLO). The statistics employed to compare the development of mathematical proficiency and examine the interaction between two aspects was two-way MANOVA.

The results showed that the automated feedback system and different levels of mathematic proficiency had a different effect on the development of mathematical proficiency at a statistical significance level of .01. On the interaction between students’ levels of mathematical proficiency and the automated feedback system affecting their development, such an interaction was discovered to affect the students’ development of mathematical proficiency in the SLO dimension at a statistical significance level of .01. On the other hand, no interaction was found to influence such development in the MAP dimension.

KEYWORDS: Automated feedback, Mathematical Proficiency, Machine Learning, Randomized Controlled Trial

**Corresponding author, E-mail: Doungruethai_c@kkumail.com Tel..095-6095365*

Received: 4 December 2022 / Revised: 28 January 2023 / Accepted: 7 February 2023 / Published online: 15 May 2023

บทนำ

ปัจจุบันการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ถือเป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงคำตอบที่ถูกต้องเท่านั้น แต่ยังมุ่งเน้นไปที่กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยเช่นกัน (Chinjunthuk & Junpeng, 2020) ผลการทดสอบในการใช้ความรู้และทักษะของผู้เรียนที่มีอายุ 15 ปี ในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่จัดโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) เมื่อเปรียบเทียบผลการประเมิน PISA 2015 กับ PISA 2018 พบว่า นักเรียนไทยส่วนใหญ่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ไม่ถึงระดับ 2 โดยนักเรียนสามารถสกัดสาระสำคัญจากแหล่งข้อมูลได้แหล่งเดียวและใช้รูปแบบการนำเสนออย่างง่าย ๆ เพียงขั้นเดียว แต่นักเรียนยังขาดการคิด การใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง การใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการในการแก้ปัญหาโจทย์ รวมทั้งการใช้สัญลักษณ์ในการเชื่อมโยงกับสถานการณ์จากชีวิตจริง (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018) จากผลการประเมินข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยมีปัญหาในการ

เรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะความสามารถทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นนักเรียนควรได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วนในการส่งเสริมพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ (National Council of Teachers of Mathematics; NCTM., 2000) แนวทางสำคัญในการส่งเสริมพัฒนาดังกล่าวคือการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียน เพื่อให้สามารถกำหนดทิศทางการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทันท่วงที และปรับปรุงแก้ไขได้ทันที

การให้ข้อมูลป้อนกลับเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้การจัดการเรียนการสอนมีคุณภาพและสามารถนำไปปรับปรุงการเรียนการสอนได้ (Bloom, 1976; Junpeng, et al. , 2020) เป็นสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนทราบว่าสิ่งที่เขากระทำลงไปนั้นถูกหรือผิดอย่างไรและต้องแก้ไขอย่างไร เนื่องด้วยผู้เรียนไม่สามารถปรับปรุงพฤติกรรมของตนเองได้ดีขึ้นหากเขาไม่ทราบว่าความพยายามของเขาใกล้เคียงมาตรฐานหรือไม่ (Cronbach, 1963) ข้อมูลป้อนกลับจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อผู้เรียนที่กระตือรือร้นต่อการพัฒนา เพราะทำให้ผู้เรียนได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลจากการปฏิบัติของตนเอง นำไปสู่การเรียนรู้ที่พัฒนาและปรับปรุงผลงานในครั้งต่อไป อีกทั้งเป็นปัจจัยที่ทรงพลังต่อผลการเรียนรู้และเพิ่มโอกาสการเรียนรู้ ซึ่งการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติแก่นักเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์มีขนาดอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้สูงกว่าการให้ข้อมูลป้อนกลับโดยแหล่งข้อมูลอื่น (Hattie & Timperley, 2007) เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับได้ทันทีหลังจากนักเรียนแต่ละคนตอบคำถาม และสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียนได้จำนวนมากโดยปราศจากอคติ (Mason & Bruning, 2001) นอกจากนี้ Gouli, Gogoulou, and Grigoriadou (2008) ได้คิดค้นแนวคิดการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบปรับเหมาะตามระดับความสามารถของผู้เรียน (Adaptive Feedback Framework) ในการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนรายบุคคลให้สอดคล้องกับความต้องการจำเป็นในบริบทการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เข้ามาช่วยเป็นเครื่องมือสำคัญในการจำแนกระดับความสามารถของผู้เรียน (Classification) เพื่อนำไปสู่การประเมินระดับความสามารถรวมถึงมาใช้ในการทำนาย (Prognosis) แนวโน้มของการเกิดของผู้เรียนในอนาคตได้จากชุดข้อมูล (Data Set) ที่เป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เปรียบเป็นเหมือนสมองให้กับการศึกษาครั้งนี้ โดยการสร้างแพลตฟอร์มที่ให้ข้อเสนอแนะผู้เรียนได้อย่างอัตโนมัติ (Nafea, 2018) สามารถให้คำแนะนำเฉพาะบุคคล ให้รายละเอียด และประเมินผลผู้เรียนจากคลังข้อมูลดิจิทัลด้วยข้อมูลการวินิจฉัยจากแหล่งต่างๆ ร่วมกันได้ (Gurel, 2015)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า แนวทางการให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ยังมีการศึกษาไม่มากนักทั้งในและต่างประเทศ อย่างไรก็ตามมีความพยายามในการให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลางและในระดับต่ำนั้น การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบผสมระหว่างแบบอธิบายรายละเอียดและแบบชี้แนะส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าให้ข้อมูลป้อนกลับในรูปแบบอื่นๆ ที่ไม่มีการผสม และจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับการให้ข้อมูลป้อนกลับ แบบผสมในรูปแบบอื่นๆ ว่าส่งผลต่อความรู้หรือความสามารถทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด นอกจากนี้พบว่า มีผู้ศึกษาเปรียบเทียบผลการให้ข้อมูลป้อนกลับแต่ละประเภท เช่น Thongpanchang (2018) ได้ศึกษาผลของการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบผสมที่แตกต่างกันด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น งานวิจัยมีข้อจำกัดเกี่ยวกับแพลตฟอร์มที่นำมาใช้จำเป็นต้องมีการทดสอบผ่านระบบคอมพิวเตอร์ โดยต้องมีการติดตั้งโปรแกรมและเป็นระบบแบบ Offline และจากงานวิจัยของ Jantasuk & Junpeng (2020) ได้มีความพยายามในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล เพื่อให้ผู้เรียนได้รับบทเรียนที่สำคัญทั้งในส่วนที่ผู้เรียนทำได้ มีโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สิ่งที่ผู้เรียนควรพัฒนาต่อ ตลอดจนแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติม แต่ลักษณะของการให้รูปแบบของข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ ยังไม่สามารถจำแนกผู้เรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันได้

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการให้รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติที่แตกต่างกันผ่านระบบ Web Application “การให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง” ที่คณะผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยการเรียนรู้ของเครื่องถือเป็นระบบที่มีความสามารถในการเรียนรู้และปรับปรุงจากประสบการณ์โดยอัตโนมัติ ไม่ต้องตั้งโปรแกรมเฉพาะ

และได้รับความนิยมมากที่สุดในการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (Sarker, Hoque, Uddin, and Tawfeeq, 2020; Sarker , Kayes, Badsha, Alqahtani, and Watters, 2020) สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การเรียนรู้ของเครื่องแบบการเรียนรู้จากข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (Supervised Learning) เพื่อนำมาช่วยในการทำนาย และจำแนก (Mohammed M, Khan MB, Bashier Mohammed BE., 2016) เพื่อให้เครื่องได้เรียนรู้ข้อมูล (Data Set) จากข้อมูลชุดเดียวในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์จากโครงการ “การสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้” (Junpeng et al., 2020)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่องและระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่องและระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่มีต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ระดับศักยภาพของผู้เรียนในการนำความรู้ ความเข้าใจ และทักษะมาใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงการเลือกใช้กลยุทธ์มาช่วยในการแก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์อย่างชาญฉลาดและมีประสิทธิภาพ ซึ่งความสามารถทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2 มิติ คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์และโครงสร้างความคิดรวบยอด ในสาระจำนวนและพีชคณิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. การเรียนรู้ของเครื่อง หมายถึง การทำให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผล คาดการณ์ ตัดสินปัญหาต่างๆ ด้วยตนเองผ่านการเรียนรู้ชุดข้อมูลที่ป้อนเข้าไป โดยอาศัยการเรียนรู้จากโมเดลของข้อมูลนำเข้าเป็นตัวอย่างทำให้สามารถเรียนรู้เข้าใจ และจะสามารถทำนายข้อมูลได้ ในงานวิจัยจะใช้การเรียนรู้ของเครื่องแบบมีผู้ช่วยสอน เพื่อให้เครื่องได้เรียนรู้ข้อมูลจากข้อมูลชุดเดียวในการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ การกำหนดจุดตัด การพัฒนาตัวแบบการพยากรณ์ ตลอดจนการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์เพื่อจำแนกผู้เรียนออกมาเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับเก่ง ระดับปานกลาง และระดับอ่อน ที่ครอบคลุมการวินิจฉัยใน 2 มิติ คือ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด
3. การให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติ หมายถึง การให้ข้อเสนอแนะที่กำหนดขึ้นสำหรับการปรับปรุงคุณภาพการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนสามารถทำได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นการให้คะแนนหรือข้อเสนอแนะทันที ในงานวิจัยนี้จะให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ 4 รูปแบบ ได้แก่ (1) แบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบอธิบายรายละเอียด(Knowledge of Corrective Result and Elaborated Feedback: KCRF+EF) หมายถึง การบอกคำตอบที่ถูกต้องไม่ว่าผู้สอบจะตอบถูกหรือผิด และบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาย่างหลากหลายวิธี (2) แบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบสมบูรณ์โดยการชี้แนะคำตอบ (Knowledge of Corrective Result and Full Directive Example Feedback: KCRF+FWF) หมายถึง การให้ข้อมูลป้อนกลับทันทีภายหลังจากการตอบไม่ว่าจะตอบถูกหรือผิดโดยการบอกคำตอบที่ถูกต้องและใช้การชี้แนะ อธิบายโจทย์ปัญหาข้อนั้นให้แก่ผู้สอบ (3) แบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบสมบูรณ์โดยการยกตัวอย่าง(Knowledge of Corrective Result and Full Directive Example Feedback: KCRF+FDF) หมายถึง การให้ข้อมูลป้อนกลับทันทีภายหลังจากการตอบไม่ว่าจะตอบถูกหรือผิด โดยใช้การยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหาที่มีสถานการณ์ใกล้เคียงกับโจทย์ปัญหาที่ผู้สอบกำลังทดสอบได้ศึกษา และ (4) แบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง (Knowledge of Corrective Result Feedback: KCRF) หมายถึง การบอกเฉพาะคำตอบที่ถูกต้องไม่ว่าผู้สอบจะตอบถูกหรือผิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่มที่มีการควบคุม (RCT) (Hill, 1955) โดยมีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนจากข้อมูลพหุคูณในโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Junpeng et al., 2020) ที่ครอบคลุม ทักษะความสามารถของผู้เรียนทั้งระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อน

1.1 ศึกษาผลการตอบกลับโน้ตที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์แบบพหุคูณ

1.2 ศึกษาแผนที่โครงสร้างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ และการให้คะแนนของผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcome) เป็นการกำหนดคะแนนระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

1.3 การสร้างจุดตัดของระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ACER ConQuest Version 2.0 (Wu et al., 2007) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบ

1.4 นำค่าระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Threshold) เพื่อกำหนดเป็นจุดตัดในการแบ่งระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สูตรดังสมการ

คะแนนสเกล = $50 + 10(\theta_j)$ เมื่อ θ_j แทน ค่าความสามารถของผู้สอบซึ่งประมาณได้จากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุคูณ (Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit: MRCML) (Adams et al., 1997) จะได้ดังตาราง 1

Table 1 การกำหนดจุดตัด ระดับความสามารถ คะแนนสเกล คะแนนดิบของผู้เรียน

มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์				
ระดับความสามารถ	จุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	คะแนนสเกล	ช่วงคะแนนดิบ
เก่ง	$\theta = 1.33$	$\theta = 1.33$ ขึ้นไป	63.30 ขึ้นไป	6 - 7
ปานกลาง	$\theta = 0.83$	$\theta = 0.83$ ถึง 1.33	58.30 – 63.30	5
	$\theta = 0.40$	$\theta = 0.40$ ถึง 0.83	54.00 – 58.30	4
อ่อน	$\theta = -0.68$	$\theta = -0.68$ ถึง 0.40	43.20 – 54.00	2 - 3
		ต่ำกว่า $\theta = -0.68$	ต่ำกว่า 43.20	0 - 1
มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด				
ระดับความสามารถ	จุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	คะแนนสเกล	ช่วงคะแนนดิบ
เก่ง	$\theta = 3.40$	$\theta = 3.40$ ขึ้นไป	84.00 ขึ้นไป	15 - 18
ปานกลาง	$\theta = 2.39$	$\theta = 2.39$ ถึง 3.40	73.90 – 84.00	12 - 14
	$\theta = 1.76$	$\theta = 1.76$ ถึง 2.39	68.60 – 73.90	10 - 11
อ่อน	$\theta = -0.20$	$\theta = -0.20$ ถึง 1.76	48.00 – 68.60	2 - 9
		ต่ำกว่า $\theta = -0.20$	ต่ำกว่า 48.00	0 - 1

1.5 การกำหนดรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติ โดยการศึกษาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนจากผลการตอบของนักเรียน ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ (1) KCRF+EF (2) KCRF+FWF (3) KCRF+FDF และ (4) KCRF

2. การออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง ผ่านชุดเครื่องมือวินิจฉัยในระบบการทดสอบออนไลน์ เรียกว่า “eMAT-Testing” ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือในระบบออนไลน์แบบเรียลไทม์ผ่าน Web Application แบบตอบสนองได้โดยตรง (Interactive) รองรับระบบ iOS Android และ Window ของโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อ

การเรียนรู้ (Junpeng et al., 2020)

2.1 นำข้อมูลผลการตอบจากข้อมูลชุดภูมิมาพัฒนาระบบ ตรวจสอบความเหมาะสมรายข้อ พบว่า ข้อสอบจำนวน 13 ข้อ ประกอบด้วย ข้อสอบปรนัย 9 ข้อ และข้อสอบอัตนัย 4 ข้อ แบ่งเป็นมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 7 ข้อและมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด จำนวน 6 ข้อ พบว่า ค่า OUTFIT MNSQ ของทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.85 – 1.44 ส่วนค่า INFIT MNSQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.79–1.28 ข้อคำถามทุกข้อมีคุณภาพด้านความตรงเชิงโครงสร้าง โดยวัดได้สอดคล้องกับแผนที่โครงสร้าง (Construct Map) ทั้งสองมิติ เนื่องจากมีค่า OUTFITMNSQ และ INFIT MNSQ อยู่ในช่วงตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.75–1.33 (Adam & Khoo, 1996; Wilson, Allen, & Li, 2006)

2.2 สันทนากลุ่มร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 1 คน ในการออกแบบระบบ วิเคราะห์และพัฒนาคุณภาพของนวัตกรรมต้นแบบโดยการสนทนากลุ่ม ในประเด็น รูปแบบและระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง สำหรับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

2.3 ระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง แบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ (1) ส่วนข้อมูลนำเข้า (Input) (2) ส่วนประมวลผล (Process) (3) ส่วนแสดงผล (Output) (4) ส่วนข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) และ (5) ส่วนรายงานผล (Feed Forward)

3. การพัฒนาตัวแบบพยากรณ์และนำระบบต้นแบบ (Prototype) ไปทดสอบกับนักเรียน

3.1 การพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ และรวบรวมข้อมูลการตอบของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบจาก <http://exml.itassess.com> ประกอบด้วย คะแนนสอบแต่ละข้อในแต่ละมิติ เพศ ขนาดโรงเรียน เกรดเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ เทอมที่ผ่านมา เกรดเฉลี่ยรวมเทอมที่ผ่านมา จำนวนชั่วโมงที่ศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตนเองต่อสัปดาห์ และรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ

3.2 การคัดเลือกข้อมูล จากการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนตามแอตทริบิวต์ที่เกี่ยวข้อง จัดกลุ่มข้อมูลที่เก็บได้ นำข้อมูลที่จัดเรียงแล้วมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analysis) โดยใช้โปรแกรม SPSS

3.3 การทำเหมืองข้อมูลด้วยโปรแกรม Weka โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ โดยใช้ อัลกอริทึมและเทคนิควิธีในการวิเคราะห์ที่ต่างกัน เพื่อหาอัลกอริทึมและเทคนิคที่สามารถพยากรณ์ระดับความสามารถของผู้เรียนในแต่ละมิติได้ดีที่สุด

3.4 นำแบบทดสอบในระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติไปเก็บข้อมูล โดยดำเนินการผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ของโรงเรียนหรือสมาร์ทโฟนของนักเรียน ซึ่งมีผู้ปฏิบัติงานในการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบ (Work flow)

3.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (two-way MANOVA)

3.6 วิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับกับระดับความสามารถของผู้เรียนที่มีต่อการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (two-way MANOVA)

3.7 วิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพันธ์ ซึ่งผู้วิจัยใช้คะแนนจากแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน มาคำนวณคะแนนพัฒนาการ โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการสัมพันธ์ (Kanjana-wasee, 2012) แสดงในรูปสมการดังนี้ $RG = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(F - Y_1)} \times 100$ เมื่อ F คือ คะแนนเต็ม

Y_1 คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน

Y_2 คือ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

ประชากร และตัวอย่างวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกตัวอย่าง โดยใช้การสุ่มที่มีการควบคุม (RCT) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสุ่มตัวอย่างจากประชากร (Random Sampling)

1.1 กำหนดจำนวนตัวอย่างการวิจัยเชิงทดลองจากการจากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม G*Power โดยกำหนดค่า $\alpha = 0.5$, effect size = 0.5, Power = 0.80 ด้วยโปรแกรม G*Power ผู้วิจัยจึงใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างรวม 156 คน

1.2 สุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม ซึ่งได้จากโรงเรียนมัธยมศึกษา จำนวน 60 โรงเรียน

ขั้นตอนที่ 2 การสุ่มตัวอย่างสู่การทดลอง โดยใช้เกณฑ์ (1) เป็นโรงเรียนที่มีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยี (2) เป็นโรงเรียนที่พร้อมให้ความร่วมมือในการทำวิจัย (3) เป็นโรงเรียนที่นักเรียนมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ทำให้ได้โรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 โรงเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การสุ่มตัวอย่างเข้ารับการจัดกระทำ โดยใช้วิจัยรูปแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม ในการปกปิดผลการแบ่งกลุ่มเพื่อลดอคติในการคัดเลือกตัวอย่างและอคติจากปัจจัยอื่นๆ ที่จะส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษา จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำอ้างอิงจาก rules of thumb โดยใช้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมประมาณ 15 - 30 คนต่อกลุ่ม (Borg & Gall, 1989)

1. กลุ่มควบคุม ประกอบด้วย 3 กลุ่ม (1 รูปแบบ $\times$ 3 ระดับความสามารถ) คือ การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF สำหรับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับเก่ง จำนวน 13 คน ระดับปานกลาง จำนวน 13 คน และระดับอ่อน จำนวน 13 คน

2. กลุ่มทดลอง ประกอบด้วย 9 กลุ่ม (3 รูปแบบ $\times$ 3 ระดับความสามารถ) คือ การให้ข้อมูลป้อนกลับ 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบ KCRF+EF แบบ KCRF+FWF และแบบ KCRF+FDF สำหรับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับเก่งจำนวน 39 คน ระดับปานกลางจำนวน 39 คน และระดับอ่อนจำนวน 39 คน

ดัง Figure 2

E ₁ R	O ₁	X ₁	O ₂
E ₂ R	O ₁	X ₁	O ₂
E ₃ R	O ₁	X ₁	O ₂
E ₄ R	O ₁	X ₂	O ₂
E ₅ R	O ₁	X ₂	O ₂
E ₆ R	O ₁	X ₂	O ₂
E ₇ R	O ₁	X ₃	O ₂
E ₈ R	O ₁	X ₃	O ₂
E ₉ R	O ₁	X ₃	O ₂
C ₁ R	O ₁		O ₂
C ₂ R	O ₁		O ₂
C ₃ R	O ₁		O ₂

E₁R คือ กลุ่มทดลองระดับเก่งที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+EF

E₂R คือ กลุ่มทดลองระดับปานกลางที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+EF

E₃R คือ กลุ่มทดลองระดับอ่อนที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+EF

E₄R คือ กลุ่มทดลองระดับเก่งที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+FWF

E₅R คือ กลุ่มทดลองระดับปานกลางที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+FWF

E₆R คือ กลุ่มทดลองระดับอ่อนที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+FWF

E₇R คือ กลุ่มทดลองระดับเก่งที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+FDF

E₈R คือ กลุ่มทดลองระดับปานกลางที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+FDF

E₉R คือ กลุ่มทดลองระดับอ่อนที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+FDF

C₁R คือ กลุ่มควบคุมระดับเก่งที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF

C₂R คือ กลุ่มควบคุมระดับปานกลางที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF

C₃R คือ กลุ่มควบคุมระดับอ่อนที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF

O₁ คือ แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน

O₂ คือ แบบทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์หลังเรียน

Figure 2 แบบแผนการวิจัย

เครื่องมือวิจัย

1. แบบทดสอบที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติเพื่อประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 9 ข้อ โดยให้คะแนนแบบ 0,1 และอัตราส่วนแบบเต็มคำตอบจำนวน 4 ข้อ โดยให้คะแนนแบบ 0,1,2,3 และ 4 ในสาระจำนวนและพีชคณิต จากโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในระบบการทดสอบออนไลน์ “eMAT-Testing” บน Web Application (Junpeng et al., 2020)

2. แบบประเมินแบบสำรวจรายการตามมาตรฐานการประเมินคุณภาพของนวัตกรรมต้นแบบตาม Joint Committee on Standards for Educational Evaluation (Yarbrough et al., 2010; Varasunun, 2011) ประกอบด้วย 5 มาตรฐาน คือ ด้านอรรถประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้ ด้านความเหมาะสม ด้านความถูกต้อง และด้านความรับผิดชอบการประเมิน ในการประเมินคุณภาพของระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง

ผลการวิจัย

1. ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่องและระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ต่างกัน

ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two-way MANOVA) มีการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น โดยผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามโดยใช้ Bartlett's Test of Sphericity พบว่า เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรโดยใช้ Box's M Test ซึ่งได้ผลดังตาราง 2

Table 2 การเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับที่ต่างกันในแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน (two-way MANOVA)

Multivariate Tests							
แหล่งความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ค่าที่คำนวณได้	F	Hypothesis df	Error df	p	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	.576	97.028 ^b	2.000	143.000	.000	.576
	Wilks' Lambda	.424	97.028 ^b	2.000	143.000	.000	.576
	Hotelling's Trace	.1.357	97.028 ^b	2.000	143.000	.000	.576
	Roy's Largest Root	1.357	97.028 ^b	2.000	143.000	.000	.576
การให้ข้อมูลป้อนกลับ	Pillai's Trace	.059	1.455	6.000	288.000	.194	.029
	Wilks' Lambda	.942	1.451 ^b	6.000	286.000	.195	.030
	Hotelling's Trace	.061	1.447	6.000	284.000	.196	.045
	Roy's Largest Root	.047	2.269 ^c	3.000	144.000	.083	.016
ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์	Pillai's Trace	.031	1.147	4.000	288.000	.335	.016
	Wilks' Lambda	.969	1.145 ^b	4.000	286.000	.336	.016
	Hotelling's Trace	.032	1.142	4.000	284.000	.337	.028
	Roy's Largest Root	.028	2.043 ^c	2.000	144.000	.133	.103
ปฏิสัมพันธ์	Pillai's Trace	.207	2.767	12.000	288.000	.001	.103
	Wilks' Lambda	.800	2.813 ^b	12.000	286.000	.001	.106
	Hotelling's Trace	.241	2.857	12.000	284.000	.001	.108

Multivariate Tests							
แหล่งความแปรปรวน	สถิติทดสอบ	ค่าที่คำนวณได้	F	Hypothesis df	Error df	p	Partial Eta Squared
	Roy's Largest Root	.199	4.767 ^c	6.000	144.000	.000	.166

จาก Table 2 พบว่า ค่าสถิติของผลการทดสอบจุดตัด (Intercept) ของโมเดล สถิติทดสอบทั้ง 4 ตัว มีองศาแห่งความเป็นอิสระ (df) คือ 2 ระดับนัยสำคัญของสถิติ Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace และ Roy's Largest Root มีค่า $p = .000$ ซึ่งทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากผลนี้ พบว่าการให้ข้อมูลป้อนกลับและระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ มีอิทธิพลร่วมกันส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้ดัง Table 4

Table 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์จำแนกตามรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่แตกต่างกัน

ตัวแปรตาม	รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ	ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์						รวม	
		เก่ง		ปานกลาง		อ่อน			
		M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.	M	S.D.
มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์	KCRF	0.00	54.01	13.59	69.91	41.59	27.85	18.37	54.8
	KCRF+EF	48.72	48.33	35.00	61.51	46.65	53.07	43.46	53.47
	KCRF+FWF	28.21	60.62	37.18	62.42	40.86	58.88	35.42	59.28
	KCRF+FDF	70.51	43.12	13.04	113.19	37.91	39.43	40.49	75.45
Levene's Test: F=2.450, df1=11, df2=144, Sig.=0.008									
มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด	KCRF	70.26	29.47	51.04	36.61	1.14	34.26	40.81	44.03
	KCRF+EF	5.38	64.63	33.27	35.3	43.58	20.45	27.41	45.95
	KCRF+FWF	22.44	48.04	26.48	26.87	15.85	30.57	21.59	35.66
	KCRF+FDF	35.9	48.52	32.14	29.22	33.39	16.17	33.81	33.14
Levene's Test: F=2.950, df1=11, df2=144, Sig.=0.001									
Bartlett's F2 =39.788, df=2, Sig.=0.000									
Box's M Test=94.958, F=2.688, df1=33, df2=43944.354 Sig.=0.000									

1.1 ผลการเปรียบเทียบนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในมิติมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ระดับเก่ง เมื่อได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+FDF มีค่าเฉลี่ยพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด รองลงมา คือ แบบ KCRF+EF แบบ KCRF+FWF และแบบ KCRF ($M=0.00$, $S.D.=54.01$) ไม่มีผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่ง

ระดับปานกลาง เมื่อได้รับการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบ KCRF+FWF มีค่าเฉลี่ยพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด รองลงมา คือ แบบ KCRF+EF แบบ KCRF และแบบ KCRF+FDF มีผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มปานกลางต่ำสุด

ระดับอ่อน เมื่อได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ KCRF+EF มีค่าเฉลี่ยพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด รองลงมา คือ แบบ KCRF แบบ KCRF+FWF และแบบ KCRF+FDF มีผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มอ่อนต่ำสุด

1.2 ผลการเปรียบเทียบนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด

ระดับเก่ง เมื่อได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ KCRF มีค่าเฉลี่ยพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด รองลงมา คือ แบบ KCRF+FDF แบบ KCRF+FWF และการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ KCRF+EF มีผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเก่งต่ำสุด

ระดับปานกลาง เมื่อได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ KCRF มีค่าเฉลี่ยพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด รองลงมา คือ แบบ KCRF+EF แบบ KCRF+FDF และแบบ KCRF+FWF มีผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มปานกลางต่ำสุด

ระดับอ่อน เมื่อได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ KCRF+EF มีค่าเฉลี่ยพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด รองลงมา คือ แบบ KCRF+FDF แบบ KCRF+FWF และแบบ KCRF มีผลต่อพัฒนาการความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มปานกลางต่ำสุด

2. ผลการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านการเรียนรู้ของเครื่อง และระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่มีต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสองทาง (two-way MANOVA) เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์กับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อคะแนนพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์กับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ร่วมกันส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด แสดงว่าผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์และได้รับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันจะมีพัฒนาการด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอดที่แตกต่างกัน ดังตาราง 5

Table 4 พัฒนาศักยภาพการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (MAP) และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด (SLO) ที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์และรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกัน

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Means Square	F	p
Corrected Model	MAP	50479.627 ^a	11	4589.057	1.231	0.272
	SLO	52104.581 ^b	11	4736.78	3.412	0.000
Intercept	MAP	184950.3	1	184950.3	49.611	0.000
	SLO	149000.5	1	149000.5	107.34	0.000
การให้ข้อมูลย้อนกลับ	MAP	14705.26	3	4901.753	1.315	0.272
	SLO	8018.42	3	2672.807	1.925	0.128
ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์	MAP	8002.518	2	4001.259	1.073	0.345
	SLO	4417.492	2	2208.746	1.591	0.207
การให้ข้อมูลย้อนกลับ*ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์	MAP	27771.85	6	4628.642	1.242	0.289
	SLO	39668.67	6	6611.445	4.763	0.000

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Means Square	F	p
Error	MAP	536829.8	144	3727.985		
	SLO	199888	144	1388.111		
Total	MAP	772259.8	156			
	SLO	400993	156			
Correct Total	MAP	587309.5	155			
	SLO	251992.5	155			
a. R Squared = .086 (Adjusted R Squared = .016)						
b R Squared = .207 (Adjusted R Squared = .146)						
Levene's Test (MAP) : F=2.450, df1=11, df2=144, Sig.=0.008						
Levene's Test (SLO) : F=2.950, df1=11, df2=144, Sig.=0.001						

จากตัวแปรดังกล่าว สามารถนำมาวิเคราะห์หาปฏิสัมพันธ์ ประกอบด้วยตัวแปรต้น คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับ และระดับความสามารถของผู้เรียน ตัวแปรตาม คือ พัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA) แสดงดัง Table 6

Table 5 พัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ในโครงสร้างความคิดรวบยอดที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์และรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกัน

Parameter	B	Std. Error	t	p
Intercept	33.393	10.333	3.232	.002*
KCRF+EF	10.188	10.333	.697	.487
KCRF	-32.252	14.614	-2.207	.029*
KCRF+FWF	-17.543	14.614	-1.200	.232
KCRF+FDF	0 ^a	-	-	-
High proficiency level	2.504	14.614	.171	.864
Medium proficiency level	-1.258	14.614	-.086	.932
Low proficiency level	0 ^a	-	-	-
KCRF+EF*High proficiency level	-40.701	20.667	-1.969	.051
KCRF+EF*Medium proficiency level	-9.057	20.667	-.438	.662
KCRF+EF*Low proficiency level	0 ^a	-	-	-
KCRF+FWF*High proficiency level	4.082	20.667	.198	.844
KCRF+FWF*Medium proficiency level	11.889	20.667	.575	.566
KCRF+FWF*Low proficiency level	0 ^a	-	-	-
KCRF+FDF*High proficiency level	0 ^a	-	-	-
KCRF+FDF*Medium proficiency level	0 ^a	-	-	-

Parameter	B	Std. Error	t	p
KCRF+FDF*Low proficiency level	0 ^a	-	-	-
KCRF*High proficiency level	66.611	20.667	3.223	.002*
KCRF*Medium proficiency level	51.158	20.667	2.475	.014*
KCRF*Low proficiency level	0 ^a	-	-	-

*p<.05

a. This parameter is set to zero because it is redundant

จาก Table 5 พบว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถสูงและระดับปานกลางเมื่อได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง จะทำให้มีพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอดสูงขึ้น จากการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกับรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่มีต่อคะแนนพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ สามารถแสดงได้ดัง Figure 3

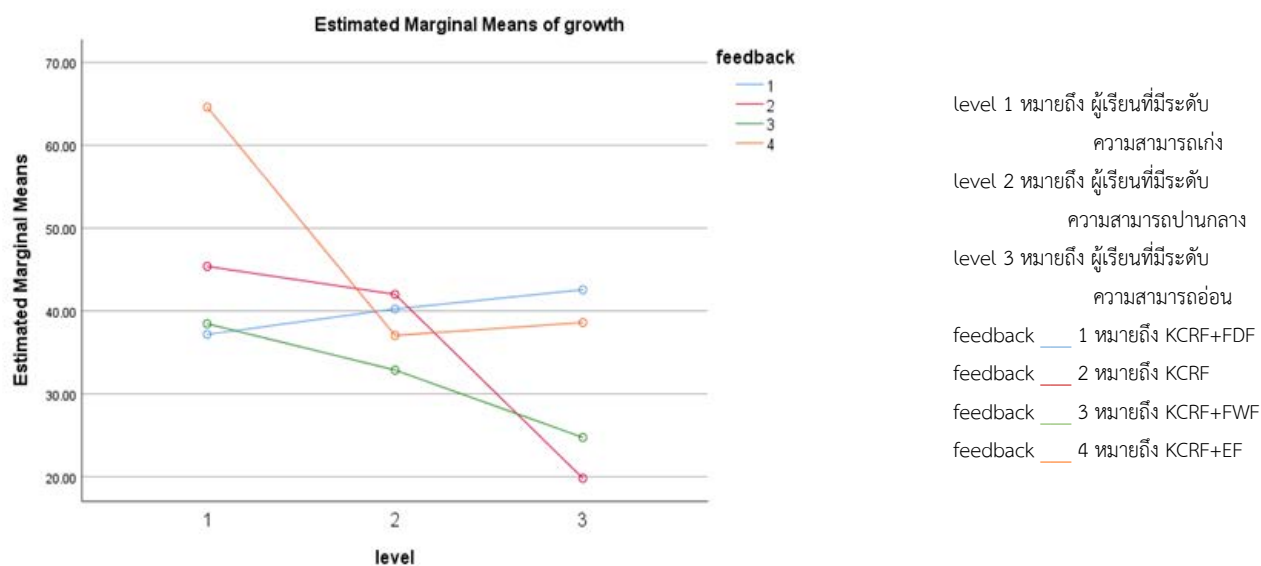


Figure 3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกับรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่มีต่อคะแนนพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์

จาก Figure 3 พบว่า ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับสูง จะมีพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุดเมื่อได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบสมบูรณ์โดยการยกตัวอย่าง ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง จะมีพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุดเมื่อได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง และผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับอ่อน จะมีพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์เมื่อได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบอธิบายรายละเอียด

อภิปราย และข้อเสนอแนะ

1. จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับสูง ที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบสมบูรณ์โดยการยกตัวอย่าง มีพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด ผู้เรียนที่มีระดับ

ความสามารถทางทางคณิตศาสตร์ระดับปานกลาง ที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง มีพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด และผู้เรียนที่มีระดับความสามารถทางทางคณิตศาสตร์ระดับอ่อน ที่ได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบอธิบายรายละเอียด มีพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงสุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบอธิบายรายละเอียดมีการเสนอแนวทางในการหาคำตอบที่ตรงกับโจทย์ที่ให้มีมา ทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้ไม่ยาก โดย Schimmel (1983) ได้อธิบายเพิ่มเติมไว้ว่า ข้อมูลป้อนกลับแบบให้คำอธิบายจะช่วยให้ข้อมูลเกี่ยวกับการกระทำของผู้เรียนว่าถูกหรือผิดพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลถึงคำตอบที่เหมาะสมและบอกแนวทางที่ถูกต้องให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนทราบว่าสิ่งที่ตนเองปฏิบัตินั้นถูกหรือผิดอย่างไร และวิธีการที่ถูกต้องควรเป็นอย่างไร และสอดคล้องกับที่นักการศึกษาหลายท่าน (Cater, 1984; Cohen, 1985) ได้เสนอเกี่ยวกับรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบให้การชี้แนะ ที่ช่วยให้ข้อแนะนำในการแก้ปัญหาและนำผู้เรียนไปสู่ความเข้าใจสารสนเทศที่ผู้เรียนไม่เข้าใจ พร้อมทั้งยกตัวอย่างการแก้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ในขณะนั้น แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหา พร้อมเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา และข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดที่บอกขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างละเอียด ทำให้ผู้เรียนสามารถปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตนเองได้ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าผู้เรียนจะมีพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่างกัน เมื่อได้รับข้อมูลป้อนกลับที่แตกต่างกัน จึงมีความจำเป็นที่ผู้สอนจะต้องหารูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้คณิตศาสตร์ของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. จากผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกับรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่มีต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ด้วยการทดสอบความแปรปรวนร่วมสองทาง (two-way MANOVA) พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกับรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ร่วมกันส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันจะมีประสิทธิภาพในการรับข้อมูลป้อนกลับได้ไม่เท่ากัน สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ Vygotsky (1978) กล่าวว่า ขอบเขตระหว่างสิ่งที่ผู้เรียนทำได้อย่างอิสระ ซึ่งมาจากประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีกับสิ่งที่ผู้เรียนทำได้เมื่อได้รับความแนะนำ โดยผู้เรียนแต่ละคนนั้นจะมี ZPD ที่แตกต่างกัน บางคนสามารถเรียนรู้ได้เอง ในขณะที่บางคนจำเป็นต้องได้รับการชี้แนะ ซึ่งการชี้แนะนักเรียนนั้นเป็นการเสริมต่อการเรียนรู้ ซึ่งหมายถึงการช่วยเหลือเด็กในการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้เกิดพัฒนาการในตัวผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จนอกจากนี้ Krause, Stark & Mandl (2009) ได้กล่าวว่า การให้ข้อมูลป้อนกลับในรูปแบบที่เหมาะสมกับความรู้ของผู้เรียนจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเติมเต็มในสิ่งที่เขายังไม่รู้หรือเข้าใจความคลาดเคลื่อนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่าการเลือกให้รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่เหมาะสมกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับเก่ง ผู้เรียนควรได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบสมบูรณ์โดยการยกตัวอย่าง รูปแบบดังกล่าวมีการยกตัวอย่างโจทย์อื่นๆ ที่มีขั้นตอนการทำในลักษณะเดียวกันมาให้เพิ่มเติม จึงทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจจากโจทย์ที่สามารถเทียบเคียงกันได้ ผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับปานกลาง ควรได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง เพื่อเป็นการยืนยันคำตอบของผู้เรียนว่าถูกต้องหรือไม่ ผู้เรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับอ่อน ควรได้รับข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและแบบอธิบายรายละเอียด เนื่องจากข้อมูลป้อนกลับในรูปแบบดังกล่าวมีการอธิบายวิธีการทำโดยละเอียด ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดแก้ปัญหาไปพร้อมๆกับการอ่านขั้นตอนการแก้ปัญหา จึงทำให้สามารถเข้าใจและแก้โจทย์ได้อย่างเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์แบบ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณแบบสองทาง (two-way MANOVA) ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลอาจตัวแปรภายนอกที่มีผลต่องานวิจัย จึงควรกำจัดผลกระทบของตัวแปรภายนอกนอกขอบเขตระยะหนึ่งหรือมากกว่าจากตัวแปรตามก่อนที่จะทำการวิจัยโดยใช้สถิติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุคูณแบบสองทาง (two-way MANCOVA) เช่น เกรดเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เทอมที่ผ่านมา, ขนาดโรงเรียน, จำนวนชั่วโมงที่ศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตนเองต่อสัปดาห์ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2565 รหัสโครงการวิจัย 173806 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณการสนับสนุนให้ใช้ฐานข้อมูลผลการตอบของผู้เรียน จากโครงการการสร้างเครื่องมือวิจัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ในระบบการทดสอบออนไลน์ “eMAT-Testing” บน Web Application (Junpeng et al, 2020) ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนจากทุนพัฒนานักวิจัยรุ่นกลาง (เมธีวิจัย สกว.) ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยร่วมกับมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2560 (RSA6080074) โดยงานวิจัยในครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่โครงการวิจัย HE643199

References

- Adams, R.J., Wilson, M., and Wang, W.C. (1997). The multidimensional random coefficients multinomial logit model. *Applied Psychological Measurement*, 21(1), 1-23.
- Adams, R. J., & Khoo, S. T. (1996). *Quest: Educational Research : The interactive test analysis system*. Camber well, Australia: Australian Council.
- Bird M-L, Hill KD, Fell JW, Shute. (2012). A Randomized Controlled Study Investigating Static and Dynamic Balance in Older Adults After Training With Pilates. *ACRM Journal* 2012, 93(1), 43-9.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in education*, 5(1), 7-74.
- Bloom, B. S. (1976). *Human characteristic and school learning*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Borg, Walter R.; & Gall, Meredith Damien. (1989). *Education research: An Introduction*. New York: Longman.
- Bradford Hill, A. (1955). *Principle of Medical Statis tics*. London: The Langet Limited.
- Chinjunthuk, S. & Junpeng, P. (2020). Assessment Guidelines for Student's Personalized Mathematical Proficiency Development. *Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University*, 26 (1), 47-63.
- Cohen, V.B. (1985). A reexamination of feedback in computer-based instruction: Implications for instructional design. *Education Technology*, 25(1), 33-37.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Jantasuk, S. & Junpeng, P. (2020). Designing Automated Feedback System to Diagnose Students' Mathematical Proficiency Level Through Digital Learning Platform. *Journal of Research Methodology*, 35(1), 23-45.

- Junpeng, P. (2018). *Applying for Multidimensional Item Response Theory:MIRT*. KhonKaen: KhonKaen University Publishing. [in Thai]
- Junpeng, P. et al. (2020). *Developing students' mathematical proficiency level diagnostic tools through information technology in assessment for learning report*. Bangkok: Research Administration Division Khon Kaen University. [in Thai]
- Junpeng, P., Krotha, J., Chanayota, K., Tang, K. N., & Wilson, M. (2019). Constructing Progress Maps of Digital Technology for Diagnosing Mathematical Proficiency. *Journal of Education and Learning*, 8(6), 90 -102. [in Thai]
- Kanjanawasee, S. (2012). *Classical test theory*. Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Hakstian. A.R. & Cattell, R.B. (1978). Higher-stratum ability structures on a basis of twenty primary abilities. *Journal of Educational Psychology*, 70, 657-669.
- Krause, Stark & Mandl (2009). The effects of cooperative learning and feedback on e-learning in statistics. *Journal of ScienceDirect*, 2(1), 158-170.
- Mason, B. J., & Bruning, R. (2001). *Providing feedback in computer-based instruction: What the research tells us (CLASS Research Report No. 9)*. Center for Instructional Innovation, University of Nebraska-Lincoln.
- Masantiah, J. (2017). *Development of a Computer-Based Testing System With Immediate Feedback For Different Student's Ability Levels : Application of Rasch Sirt Model*. Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Mohammed, M., Khan, M.B, Mohammed, B. (2016). *Machine Learning Algorithms and Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- National Council of Teacher of Mathematics [NTCM]. (2000). *Executive Summary Principles and Standards for School Mathematics*. Retrieved from <http://nctm.org/Standards-and-Positions/Principles-and-Standards/P>. Junpeng. [in Thai]
- Sarker, I. H., Kayes, A., Badsha, S. , Alqahtani, H. , Watters, P. (2020). Cybersecurity data science: an overview from machine learning perspective. *Journal of Big Data*, 7(1), 1-29.
- Schimmel, B. J. (1983). *A meta-analysis of feedback to learners in computerized and programmed instruction*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Montréal. (ERIC Document Reproduction Service No. 233708).
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2018). *Assessment PISA 2015 Science Reading and Mathemetics*. Bangkok: Success Publication. [in Thai]
- Thongpanchang, S. (2018). Effects of Different Types of Computer-Based Mxed Feedback on the Numeracy Skill Development of Lowersecondary School Student. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society:The developmental of higher psychological process*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah, NJ: Rout ledge.