

Designing Automated Feedback System to Diagnose Students' Mathematical Proficiency Level Through Digital Learning Platform

Sakulrat Jantasuk¹, Putcharee Junpeng²,

Received: February 22, 2021 – Revised: May 14, 2021 – Accepted: June 7, 2021

Abstract

Designing the automated feedback system for diagnosis of mathematical proficiency (MP) through a digital learning platform is regarded as an essential innovative assessment which enables students to self-direct their learning in real time and to improve their performance based on the provided data spontaneously. Thus, to design the prototypical innovation, the present study set the following objectives: (1) to analyze students' response patterns for determining cut scores, misconceptions, and approaches to student development for the design of the feedback system and (2) to design the automated feedback system through a digital learning platform. This study was carried out through design research. The respondents were 517 Mattayomsuksa 1 students. The data were analyzed based on the MRCML model while cut scores were determined by establishing criterion zones of the Wright map. The results are, (1) On analysis of students' response patterns for the design of the feedback system, the results demonstrated that misconceptions and approaches to student development should be based on the two-dimensional MP construct maps, e.g., mathematical procedures and conceptual structures. Mathematical procedures consisted of five levels with four cut scores ranging from the lowest to the highest as follows: -1.41 0.69 0.49 and 1.34 respectively. Similarly, conceptual structures featured five levels with four cut scores ranging from the lowest to the highest as follows: -0.98 0.14. 0.44 and 1.70 respectively, and (2) The design of the automated feedback system for the MP assessment consisted of five elements, namely input, processing, output, automated feedback, and assessment reporting.

Keywords: automated feedback, design research, multidimensional item response model

¹ Corresponding Author, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002. Email: ja_sakulrat@kkumail.com

² Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002. Email: jputcha@kku.ac.th

การออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติ เพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์ม การเรียนรู้ดิจิทัล

สกุลรัตน์ จันกสุข¹, พชร จันทรเพ็ญ²

รับบทความต้นฉบับ: 22 กุมภาพันธ์ 2564 – รับบทความแก้ไข: 14 พฤษภาคม 2564 – ตอบรับการตีพิมพ์: 7 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ

การออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบแบบอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล ถือเป็นนวัตกรรมการประเมินที่สำคัญเพื่อให้ผู้เรียนสามารถกำหนดทิศทางการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแบบเรียลไทม์ อันจะนำข้อมูลที่ได้ไปสู่การปรับปรุงแก้ไขได้ทันที ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์เพื่อนำไปสู่การออกแบบนวัตกรรมต้นแบบดังนี้ (1) เพื่อวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนในการกำหนดจุดตัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และแนวทางการพัฒนาผู้เรียนในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ และ (2) เพื่อออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยการออกแบบ กลุ่มผู้สอบ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 517 คน โดยวิเคราะห์ข้อมูลตามโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ MRCML และพิจารณาจุดตัดจากการกำหนดเกณฑ์พื้นที่บน Wright map ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ (1) ผลการวิเคราะห์ผลการตอบเพื่อใช้ในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและแนวทางการพัฒนาผู้เรียน ควรพิจารณาตามแผนที่โครงสร้างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบ 2 มิติ คือ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบ่งได้ 5 ระดับ 4 จุดตัด จากระดับต่ำสุดไปสูงสุด ที่ -1.41, 0.69, 0.49 และ 1.34 ตามลำดับ และมีมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด แบ่งได้ 5 ระดับ 4 จุดตัด มีระดับต่ำสุดไปสูงสุด ที่ -0.98, 0.14, 0.44 และ 1.70 ตามลำดับ และ (2) ผลการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติต้นแบบเพื่อประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย 5 ส่วน ดังนี้ (1) ส่วนรับข้อมูล (2) ส่วนประมวลผล (3) ส่วนแสดงผล (4) การให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ และ (5) ส่วนรายงานผลการประเมิน

คำสำคัญ: การให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ, วิจัยการออกแบบ, โมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุมิติ

¹ ผู้รับผิดชอบบทความหลัก, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 40002. อีเมล: ja_sakulrat@kkumail.com

² สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 40002. อีเมล: jputcha@kku.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์สำคัญที่มนุษย์สามารถนำมาแก้ปัญหา เป็นพื้นฐานการสร้าง จำลองโมเดล นำไปสู่การพัฒนาความคิดค้นนวัตกรรมให้มีความเจริญ ในโลกาภิวัตน์ที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว ตลอดจนการนำไปใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2021) ดังนั้นจึงส่งผลอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ต่อการศึกษาด้านอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของแต่ละบุคคลในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสามารถแปลงปัญหาทางคณิตศาสตร์ และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทของโลกรู้จริง รวมถึงการใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริง ดังนั้นผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่กำลังเผชิญกับภาวะโรคระบาด Covid-19 จำเป็นต้องเข้าถึงระบบการสอนและการวัดประเมินด้วยตนเองผ่านทางแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อส่งเสริมให้ตนเองได้เรียนรู้ได้ด้วยตนเองในการพัฒนาระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Organization for Economic Co-operation and Development [OECD], 2018)

โดยทั่วไประดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สามารถมองได้หลากหลายมิติ สำหรับบริบทของประเทศไทย ถ้ามุ่งด้านรู้คิด (Mathematics cognitive domain) ได้แบ่งระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 มิติ คือ (1) มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ (2) มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด (Junpeng et al., 2018, 2019, 2020) ซึ่งทั้งสองมิติต่างมีความสัมพันธ์กันสูงและส่งผลให้ผู้เรียนมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับชาติ พบว่าสาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศต่ำกว่าสาระอื่น (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2563) ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลการประเมินในระดับนานาชาติ (OECD, 2018; Trends in International Mathematics and Science Study [TIMSS], 2019) มีข้อสังเกตสำคัญจากผลการประเมินดังกล่าวคือ แม้ว่าผลการประเมินดังกล่าวสามารถสะท้อนระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ แต่สารสนเทศที่ได้จากการประเมินดังกล่าวไม่สามารถจำแนกผู้เรียนเฉพาะบุคคลได้ว่าผู้เรียนอยู่ในระดับใด ควรปรับปรุงไปแนวทางใด เพื่อพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นการมีเครื่องมือเพื่อนำไปสู่การวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบทันทีที่ เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของตนเองได้ ทำให้ผู้เรียนสามารถนำข้อมูลสารสนเทศที่ได้เป็นข้อมูลสะท้อนกลับให้กับตนเองแบบเรียลไทม์ อันเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนสามารถกำหนดทิศทางการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแบบทันที พร้อมการปรับปรุงแก้ไขได้ทันเวลา และมีข้อมูลที่จะสะท้อนพัฒนาการของตนเองอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในสาระการวัดและเรขาคณิต จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง (Csapó & Molnár, 2019)

เทคนิคการวินิจฉัยกลายเป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนจำเพาะบุคคล (Black & Wiliam, 1998) โดยเฉพาะการประเมินโดยใช้เทคโนโลยีในการวินิจฉัยและการประเมินการเชื่อมโยงผลการวินิจฉัยเข้ากับการสอน (Wu & Molnár, 2019) ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีช่วยกระตุ้นความสนใจ ในการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดขึ้น แต่ทักษะการเรียนรู้มีความซับซ้อนสูง การใช้การทดสอบแบบกระดาษไม่เหมาะสมสำหรับการประเมินเพื่อวินิจฉัย ซึ่งมีความจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลควบคู่ไปกับการประเมินไปควบคู่กัน (Csapó et al., 2014) โดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีดิจิทัล ที่เรียกว่า “แพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล” มาช่วยในการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบโต้ตอบอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ (รุ่งหทัย บุญพรม, 2561; สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2563; Panori et al., 2020)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีควมพยายามในการนำแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลมาช่วยในการวินิจฉัยผู้เรียนแบบอัตโนมัติ แต่โดยส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นเนื้อหาที่เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตามเนื้อหาในบทเรียนมากกว่าการประเมินระดับความสามารถที่เป็นการคิดขั้นสูง และออกแบบมาเพื่อให้ข้อมูลป้อนกลับแบบถูกผิดมากกว่ามุ่งเน้นไปที่กระบวนการแก้ปัญหา อีกทั้งขาดสารสนเทศที่เป็นข้อมูลป้อนกลับแบบเรียลไทม์ที่บ่งชี้ได้ถึงสิ่งที่ผู้เรียนทำได้ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สิ่งที่คุณเรียนควรพัฒนาให้ดีขึ้นรวมถึงแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม อย่างไรก็ตามแนวคิดดังกล่าวมีนำมาใช้ได้เห็นผลเป็นรูปธรรมในศาสตร์ทางภาษา เช่น การตรวจสอบความถูกต้องของการสะกดคำ และความถูกต้องของหลักภาษา เป็นต้น หากพิจารณาในบริบทของการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีงานวิจัยที่พัฒนาวัตรกรรมการประเมินดังกล่าวพบไม่มากนักทั้งในบริบทของต่างประเทศและในประเทศ เช่น การวิจัยของ พัชร จันทร์เพ็งและคณะ (2563) ได้มีความพยายามในการพัฒนาระบบการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านเทคโนโลยีดิจิทัลในสาระการวัดและเรขาคณิตของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างไรก็ตามวัตรกรรมการประเมินดังกล่าวยังมีข้อจำกัด ไม่สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแบบโต้ตอบอัตโนมัติ เพื่อแนะนำแหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมให้กับผู้เรียนปรับปรุงได้ในทันที เนื่องจากระบบดังกล่าวจำเป็นต้องรอให้ผู้เรียนดำเนินการทดสอบเรียบร้อยแล้วจึงสามารถประมวลผลและวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งถือเป็นจุดอ่อนที่สำคัญ การวิจัยดังกล่าว

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบแบบอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล โดยต่อยอดจากงานวิจัยของ พัชร จันทร์เพ็ง และคณะ (2563) เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบต้นแบบ (prototype) อันจะเป็นเครื่องมือสำคัญกับให้ผู้เรียน ที่สามารถกำหนดทิศทางการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแบบเรียลไทม์อันจะนำข้อมูลที่ได้ไปสู่การปรับปรุงแก้ไขได้ทันที เป็นมิตรต่อผู้ใช้และใช้ได้ในห้องเรียนจริง พร้อมทั้งเป็นแนวทางการออกแบบวัตรกรรมการประเมินเพื่อประโยชน์แก่นักวัดและประเมินผลการศึกษา ครู และผู้เกี่ยวข้องในการนำไปประยุกต์ใช้ออกแบบต้นแบบและพัฒนาการเรียนรู้ผู้เรียนต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนในการกำหนดจุดตัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และแนวทางการพัฒนาของผู้เรียนในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ
2. เพื่อออกแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

ความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นศักยภาพของผู้เรียนในการนำความรู้ ความเข้าใจในแนวคิดหรือความคิดรวบยอด และทักษะมาใช้ในการแก้ปัญหา การให้เหตุผลในสถานการณ์ที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย โดยเลือกใช้วิธีการหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสม ตลอดจนการมุ่งเน้นไปที่การเห็นคุณค่าทางคณิตศาสตร์ เจตคติและอภิปัญญาทางคณิตศาสตร์โดยสามารถตรวจสอบความคิดของตนเองในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ (OECD, 2018; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งความหมายดังกล่าวมีลักษณะกว้างครอบคลุมทั้งส่วนที่เป็นการรู้คิดกับส่วนที่ไม่ใช่การรู้คิด สำหรับการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การวินิจฉัยในด้านการรู้คิดที่มุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้ความเข้าใจ และทักษะทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนกระบวนการในการให้เหตุผล การสื่อความหมาย และการเชื่อมโยงทักษะต่าง ๆ เกี่ยวกับการคิดและการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดของ พัชร

จันทรเพ็ง และคณะ (2563) ที่แบ่งแนวทางการวิจัยออกเป็น 2 มิติ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด ในสาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิตตามหลักแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง 2560) (ศธ, 2560) โดยวัดได้จากเครื่องมือวิจัยที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบรูปแบบผสม

โมเดลเชิงโครงสร้างและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

แนวคิดของการพัฒนาเครื่องมือดังกล่าว คณะผู้วิจัยนำทางเลือกใหม่ของการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถือเป็นแนวทางการออกแบบการประเมินแนวใหม่ที่เรียกว่า “โมเดลเชิงโครงสร้าง (Construct Modeling)” (Wilson, 2005) มี 4 หลักการที่สำคัญเกี่ยวกับบทบาทของการประเมินที่เกี่ยวข้องกับบริบทของการเรียนการสอนในชั้นเรียน ประกอบด้วย (1) การพัฒนาทิศทางการประเมินภายใต้บริบทจริงที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ในชั้นเรียน (2) การเชื่อมโยงกันระหว่างการสอนและการประเมิน (3) การบริหารจัดการโดยครูผู้สอน และ (4) การมีหลักฐานตรวจสอบที่มีคุณภาพ ภายใต้ 4 ขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งในที่นี้เรียกว่า “4 Building Blocks” ขั้นตอนสำคัญในนำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ คือ การวิเคราะห์โมเดลการวัดและการตีความ (Wright map) เป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทั้งคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับโดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ความสำคัญกับความตรงเชิงโครงสร้าง ตลอดจนการตีความผลการวิจัยความสามารถทางคณิตศาสตร์จำเพาะบุคคล โดยใช้โมเดล MRCML ซึ่งเป็นโมเดลการวัดที่ได้รับความนิยมและสามารถนำไปประยุกต์ได้จริงในชั้นเรียน และนำเสนอออกมาเป็นแผนที่ของ Wright ซึ่งในที่นี้ใช้คำว่า “Wright map” (Rasch, 1960; Adams, 1997; Wang, et al., 1997) ซึ่งเป็นโมเดลที่ขยายผลมาจากโมเดลราล์ฟ Rasch จึงมีความเหมาะสมในการมาประยุกต์ใช้ประมาณค่าระดับความสามารถและนำมาใช้ในการกำหนดมาตรฐานการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยการคำนวณจุดตัดที่พิจารณาร่วมกับการกำหนดเกณฑ์ (critical zone) พื้นที่บน Wright map

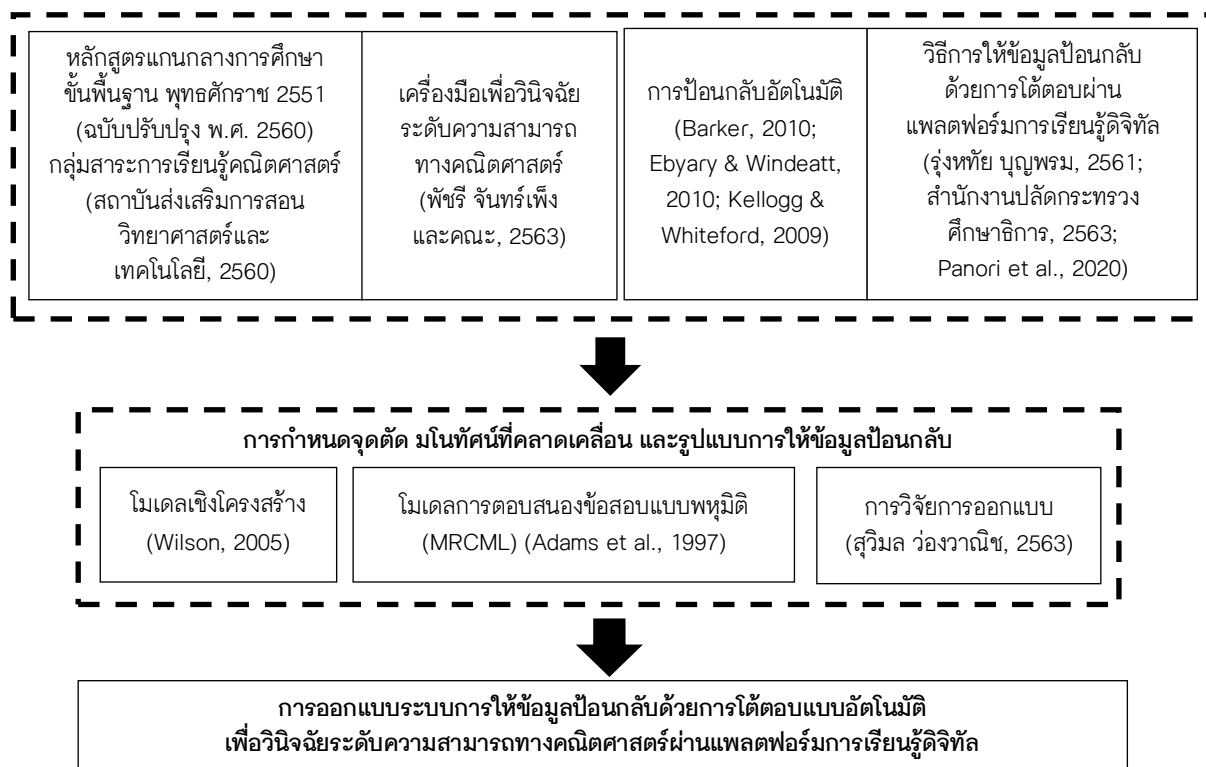
การให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลเพื่อการวิจัยผู้เรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า วิธีการวิจัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีหลากหลายวิธี สำหรับการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นการนำเทคนิคการวิจัยในศาสตร์ทางด้านการวัดและประเมินการศึกษามาร่วมกับการผสมผสานการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลโดยเน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบโต้ตอบอัตโนมัติผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล สำหรับศาสตร์ทางด้านการวัดและประเมินได้เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับใน 3 ลักษณะ (Chappuis & Stiggins, 2011) คือ (1) การให้ข้อมูลกระตุ้นการเรียนรู้ (Feed Up) (2) การให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) และ (3) การให้ข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ต่อยอด (Feed Forward) เป็นหัวใจสำคัญของการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งเป็นการให้ข้อมูลเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง โดยเน้นการชี้แนะแนวทางและวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมแก่ผู้เรียนเป็นรายบุคคล เพิ่มแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ ให้กำลังใจผู้เรียนและเสริมพลังของการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ทบทวนตนเองและนำไปพัฒนาการเรียนรู้ต่อไป

สำหรับศาสตร์ทางด้านเทคโนโลยีดิจิทัล ได้นำแนวคิดการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการให้ข้อเสนอแนะที่กำหนดขึ้นสำหรับการปรับปรุงคุณภาพการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนสามารถทำได้อย่างสม่ำเสมอสามารถระบุจุดเด่นและจุดบกพร่องของผู้เรียน โดยใช้การประเมินผ่านระบบดิจิทัลอัตโนมัติแบบเรียลไทม์ซึ่งเป็นการให้คะแนนหรือข้อเสนอแนะทันที (Barker, 2010; Ebyary & Windeatt, 2010; Kellogg & Whiteford, 2009) ร่วมกับแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลเป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองจากสื่อดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์เป็นการสื่อสารและการเรียนแบบสองทาง (รุ่งหทัย บุญพรม, 2561; สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2563; Panori et al., 2020) สำหรับการวิจัยในครั้งนี้นำมาใช้ในสื่อกลางเป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติระหว่างผู้เรียนและระบบที่พัฒนาขึ้น (tutor mode)

กรอบความคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบแบบอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลภายใต้การวิจัยออกแบบ (สุวิมล ว่องวานิช, 2563) ในการมุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมการประเมินต้นแบบพร้อมเสนอหลักการการออกแบบใหม่ในอนาคตได้ จากที่กล่าวมานำไปสู่กรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพ 1



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยการออกแบบ (design research) (สุวิมล ว่องวานิช, 2563) โดยแบ่งเป็น 4 ระยะ คือ (1) วิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การออกแบบนวัตกรรมต้นแบบ (2) ออกแบบนวัตกรรมต้นแบบนั้นคือระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล (3) นำนวัตกรรมต้นแบบไปทดลองใช้เพื่อนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ ปรับปรุงพัฒนาระบบให้สมบูรณ์ และรายงานคุณภาพของนวัตกรรม และ (4) เสนอหลักการในการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบ โดยการนำเสนอในบทความครั้งนี้เป็นการศึกษานำร่องของสองระยะแรก ดังนี้

ระยะที่ 1 วิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การออกแบบนวัตกรรมต้นแบบ

ระยะนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลการตอบของกลุ่มผู้สอบที่ได้จากข้อมูลชุดปฐมภูมิในโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (พัชรี จันทรพิ้ง และคณะ, 2563) เพื่อนำไปสู่การกำหนดจุดตัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และแนวทางการพัฒนาของผู้เรียนในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มผู้สอบ

การศึกษานี้ได้กำหนดกลุ่มผู้สอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการตอบ จำนวน 517 คน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนใน 4 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาคกลาง และภาคใต้ จากทั้งหมด 23 โรงเรียน โดยให้ครอบคลุมทุกระดับความสามารถของผู้เรียนทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยพิจารณาจากขนาดและบริบทของสถานศึกษา รวมถึงผลการประเมินภาพรวมของ สถานศึกษาจากการประเมินในระดับชาติและนานาชาติเป็นสำคัญ เนื่องจากการศึกษาในขณะนี้ใช้โมเดล MRCML (Adams et al., 1997) ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการกำหนดจุดตัดจึงให้ความสำคัญกับการกำหนด ขนาดตัวอย่างและการได้มาของตัวอย่างที่ครอบคลุม เพียงพอในทุกระดับความสามารถในแต่ละมิติที่ทำการศึกษา มากกว่ามุ่งเน้นการสุ่มตัวอย่างให้มีความเป็นตัวแทนของประชากรเหมือนการออกแบบการวิจัยที่มุ่งเน้นการสรุป อ้างอิงนัยทั่วไปจากกลุ่มผู้สอบไปยังประชากร (Demars, 2010) และการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบพหุมิติ กลุ่มผู้สอบควรใช้ขั้นต่ำอย่างน้อย 250-500 คน จึงจะส่งผลให้การประมาณค่ามีความแม่นยำ (Wright & Stone, 1979)

เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาจากโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทาง คณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ผ่านชุดเครื่องมือ วินิจฉัยเรียกว่า “eMAT-Testing” (พัชร จันทรเพ็ญ และคณะ, 2563) ซึ่ง “eMAT-Testing” เป็นชุดเครื่องมือใน ระบบออนไลน์แบบเรียลไทม์ผ่าน web application แบบตอบสนองได้โดยตรง (interactive) รองรับระบบ iOS Android และ Windows ซึ่งเป็นแบบทดสอบรูปแบบผสม ตามมาตรฐานและตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใน สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต จำนวน 18 ข้อ ประกอบด้วยข้อสอบปรนัย 15 ข้อ และข้อสอบอัตนัย 3 ข้อ แบ่งเป็นมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด มิติละ 9 ข้อ โดยใช้โมเดลเชิง โครงสร้าง (construct modelling) (Wilson, 2005) เป็นฐานในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

คุณภาพของเครื่องมือในครั้งนี้เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานการทดสอบทางการศึกษาและ จิตวิทยา (American Educational Research Association [AERA], et al., 2014) คือ (1) หลักฐานความตรง สะท้อนให้เห็นถึงความตรงเชิงโครงสร้างภายใน โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลพบว่า โมเดลพหุ มิติมีความเหมาะสมและสอดคล้องมากกว่าโมเดลเอกมิติในการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดย พิจารณาจากค่า G^2 (deviance) ของโมเดลพหุมิติมีค่าน้อยกว่าการศึกษาแบบเอกมิติ นอกจากนี้เมื่อพิจารณา เปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่า G^2 มีค่าไคสแควร์ เท่ากับ 11.54 และ $df = 2$ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01 ($\chi^2 = 11.54$, $df = 2$, $p = 0.01$) แสดงว่าการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลพหุมิติ มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากกว่าการวิเคราะห์โดยพิจารณาเพียงมิติเดียวนั่นเอง และเหมาะสำหรับการตรวจให้คะแนน ตามแผนที่โครงสร้างที่กำหนดไว้ (2) หลักฐานความเที่ยงแบบ Expected A Posteriori (EAP/PV) มีค่าความ เที่ยงในมิติที่ 1 และ 2 เท่ากับ 0.82 และ 0.79 และโมเดลพหุมิติ มีค่า SEM อยู่ระหว่าง 0.42–1.90 แสดงว่า การประมาณค่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สะท้อนให้เห็นว่าเครื่องมือดังกล่าวมีความคงเส้นคง วาในการประมาณค่าความสามารถในแต่ละมิติ และ (3) ความเหมาะสมรายข้อ พบว่า มีค่า INFIT MNSQ อยู่ ระหว่าง 0.79–1.27 ซึ่งมีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อยู่ในช่วง 0.75–1.33 (Adam & Khoo, 1996; Wilson et al., 2006) จากหลักฐานที่กล่าวมาสะท้อนให้เห็นว่าเครื่องมือมีคุณภาพ สามารถนำไปประเมินระดับความสามารถทาง คณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างถูกต้องและมีความคงเส้นคงวา

การเก็บข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนในการกำหนดจุดตัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และ แนวทางการพัฒนาของผู้เรียนในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาแผนที่โครงสร้างเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ แนวทางการสร้างข้อคำถาม ตามแผนที่โครงสร้าง การให้คะแนนของผลลัพธ์การเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างจุดตัดที่สามารถสะท้อน

ถึงระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนรายบุคคลของโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ฯ

2. กำหนดแนวทางการให้คะแนนแบบอัตโนมัติตามแผนที่โครงสร้างของระดับผลลัพธ์การเรียนรู้เพื่อใช้ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ ตามภาพ 2 ซึ่งประกอบด้วย 2 มิติ คือ (1) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ (2) โครงสร้างความคิดรวบยอด ในแต่ละมิติจะแบ่งระดับคุณลักษณะแฝงใน 5 ระดับและมีความเข้มข้นของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ลดหลั่นกันจากน้อยไปมาก โดยมีการกำหนดระดับคะแนน สำหรับข้อสอบปรนัย มีการให้คะแนนแบบสองค่า คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยระดับของการได้ 1 คะแนนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับการให้ระดับความสามารถตามแผนที่โครงสร้าง และผลการตอบเป็นข้อสอบอัตนัย มีการให้คะแนนหลายค่าตั้งแต่ 0–4 คะแนน



ภาพ 2 แผนที่โครงสร้างเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ

3. กำหนดจุดตัดเพื่อนำไปสู่การวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับการพิจารณากำหนดพื้นที่บน Wright map แต่ละระดับความสามารถ โดยวิเคราะห์ผลการตอบจากคะแนนที่กำหนด โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ MRCML ด้วยโปรแกรม ACER ConQuest Version 2.0 (Wu et al., 2007) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบด้วยวิธี MLE เนื่องจากมีความคงเส้นคงวาในการประมาณค่า และง่ายต่อการนำไปใช้จริงในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ (สุदारัตน์ พาเหนียว และคณะ, 2566) พร้อมนำเสนอเป็น Wright map โดย Wright map ทางซ้ายมือนำเสนอค่าความสามารถของผู้เรียนแต่ละข้อ ส่วน Wright map ทางขวามือนำเสนอค่าระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แต่ละขั้นของการตอบ ดังภาพ 3

4. คำนวณจุดตัดร่วมกับการพิจารณาการกำหนดเกณฑ์พื้นที่บน Wright map แต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความยากหรือระดับ threshold เดียวกัน ทหารด้วยจำนวนข้อสอบที่นำมาใช้คำนวณ แยกตามมิติที่ทำการศึกษาผลการคำนวณจุดตัดในแต่ละมิติเพื่อนำไปใช้กำหนดมาตรฐานการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ปรากฏดังตาราง 1

ตาราง 1 ค่าความยากและค่า threshold ของข้อคำถาม ในแต่ละมิติเพื่อนำไปสู่การคำนวณจุดตัด

มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์					มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด						
ข้อที่	ค่าความยาก	ระดับขั้นความยาก (threshold)				ข้อที่	ค่าความยาก	ระดับขั้นความยาก (threshold)			
		1	2	3	4			1	2	3	4
5	-1.64	-1.64				1	-1.23	-1.23	-	-	-
6	-0.63		-0.63			2	-1.20	-1.20	-	-	-
7	-0.18			-0.18		3	0.38	-	-	0.38	-
8	0.13			0.13		4	2.32	-	-	-	2.32
9	-0.75		-0.75			11	-0.66	-	-0.66	-	-
10	0.09			0.09		12	0.16	-	-	0.17	-
13	0.52				0.52	14	0.38	-	-	0.37	-
17	0.56	-1.48		1.30	1.90	15	0.29	-	-	0.28	-
18	0.52	-1.10		1.09	1.59	16	0.58	-0.51	0.93	1.02	1.07
	Mean	-1.41	-0.69	0.49	1.34		Mean	-0.98	0.14	0.44	1.70

สำหรับกรณีที่มีการตรวจให้คะแนนแบบ 2 ค่า จะมีการพิจารณาให้สอดคล้องกับแผนที่โครงสร้างโดยพิจารณาว่าข้อสอบนั้นตรงกับมิติใด และผลการตอบที่ถูกต้องตรงกับระดับใดในแผนที่โครงสร้างของมิตินั้น ซึ่งมีผลในการพิจารณาค่า threshold ว่าตรงกับขั้นระดับความยากใด เพื่อนำค่า threshold ที่ได้ไปสู่การคำนวณจุดตัด เช่น ข้อที่ 7 มีค่าความยากเท่ากับ -0.18 ถือเป็นค่า threshold ซึ่งมีเพียง 1 ค่า เนื่องจากเป็นข้อสอบปรนัยที่มีการตรวจให้คะแนนแบบตอบผิดเป็น 0 ตอบถูกเป็น 1 แต่ 1 คะแนนที่ปรากฏตรงกับการวินิจฉัยระดับความสามารถในระดับที่ 4 (3 คะแนน) ตามแผนที่เชิงโครงสร้างในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นค่า threshold ที่ได้จึงตรงกับตำแหน่งของ threshold ในระดับขั้นความยากที่ 3 ซึ่งสะท้อนถึงระดับความยากของข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นร้อยละ 50 ในการได้คะแนนในขั้นนั้น นั่นคือผู้สอบที่มีความสามารถเท่ากับ -0.18 ขึ้นไป จึงมีโอกาสร้อยละ 50 ในการได้คะแนนจาก 0, 1, 2 ไปยัง 3 คะแนน เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวจึงนำค่าดังกล่าวไปคำนวณหาจุดตัดร่วมกับข้ออื่น ๆ ที่อยู่ threshold ระดับขั้นความยากที่ 3 เหมือนกัน

5. นำคะแนนจุดตัดที่ได้เทียบกับพื้นที่บน Wright map ปรากฏเป็นช่วง ระดับความสามารถตามที่กำหนดไว้ในโมเดลเชิงโครงสร้างในแต่ละมิติ

6. ประเมินค่าความสามารถของผู้สอบแต่ละคน ในแต่ละมิติ (θ_1 และ θ_2) ตามวิธี MLE ไปเทียบกับจุดตัด และคะแนนดิบของแต่ละคนที่ประมาณได้จากวิธี MLE

7. นำค่าจุดตัดซึ่งเป็นพารามิเตอร์ความสามารถที่เหมาะสม ที่ปรากฏใน Wright map และแปลงเป็นคะแนนสเกล (θ_d) ที่เป็นคะแนนมาตรฐานในการวินิจฉัย โดยใช้สูตรดังสมการ

$$\text{คะแนนสเกล} = 50 + 10(\theta_d)$$

เมื่อ θ_d แทน ค่าความสามารถของผู้สอบซึ่งประมาณได้จากโมเดล MRCML ในมิติที่ทำการวินิจฉัย โดยถ้าผลการคำนวณได้น้อยกว่า 50 สะท้อนว่าผู้สอบมีผลการประเมินต่ำกว่า base line ถ้ามากกว่า 50 แสดงว่าสูงกว่า base line โดยยึด 50 เป็น base line พิจารณาความถูกต้องการนำไปใช้ในการตีความเพื่อนำไปสู่การตีความผลการวินิจฉัยได้อย่างมีความหมาย (พัทรี จันทพรเพ็ญ, 2561)

8. วิเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากผลการตอบของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการแสดงวิธีทำในแต่ละคำถามจากข้อคำถามปลายเปิด เพื่อเชื่อมโยงการนำคำตอบที่ได้ไปเทียบเคียงกับตัวเลือกและตัวลงสำหรับข้อสอบปรนัย และคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดสำหรับข้อสอบที่เป็นอัตนัย ที่สอดคล้องกับระดับความสามารถตามแผนที่เชิงโครงสร้าง และคำอธิบายในแต่ละระดับความสามารถ

9. วิเคราะห์แนวทางการพัฒนาของผู้เรียน โดยกำหนดแหล่งในการศึกษาเพิ่มเติมให้กับผู้เรียน ในแต่ละเงื่อนไขการตอบของผู้สอบในแต่ละข้อคำถามทั้งรูปแบบที่เป็นอัตนัยและปรนัย เพื่อนำไปสู่การออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติผ่านทางดิจิทัลในลำดับต่อไป

ระยะที่ 2 ออกแบบนวัตกรรมต้นแบบ

คณะผู้วิจัยร่วมกับครุคณิตศาสตร์ 2 ท่าน วิศวกรคอมพิวเตอร์ 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญในด้านการวัดและประเมินผล 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญในการใช้เทคโนโลยี 2 ท่าน เพื่อร่วมกันการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบแบบอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ผู้ให้ข้อมูล

ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญในการใช้เทคโนโลยีนักเรียนและครุคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เครื่องมือ

เครื่องมือคือแบบประเมินการกำหนดมาตรฐานด้วยแบบอิงมาตรฐาน และแบบประเมินการกำหนดมาตรฐานด้วยแบบฮิวริสติก เพื่อสะท้อนความถูกต้อง ความเหมาะสม และความเป็นไปได้ ในการนำไปใช้ตีความจากการออกแบบนวัตกรรมต้นแบบ

การเก็บข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. จัดเตรียมข้อมูลผลการกำหนดจุดตัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และแนวทางการพัฒนาของผู้เรียนเป็นรายบุคคล โดยการแนะนำสื่อและแหล่งเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

2. ร่วมกันออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล ให้ผู้เรียนสามารถศึกษาค้นคว้าได้ด้วยตนเอง และกำหนดทิศทางการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองภายหลังจากการเข้าใช้ระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ

3. กำหนดองค์ประกอบของระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ แผนผังการทำงานของนวัตกรรมผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล (work flow) พร้อมทั้งหน้าที่ในแต่ละองค์ประกอบ

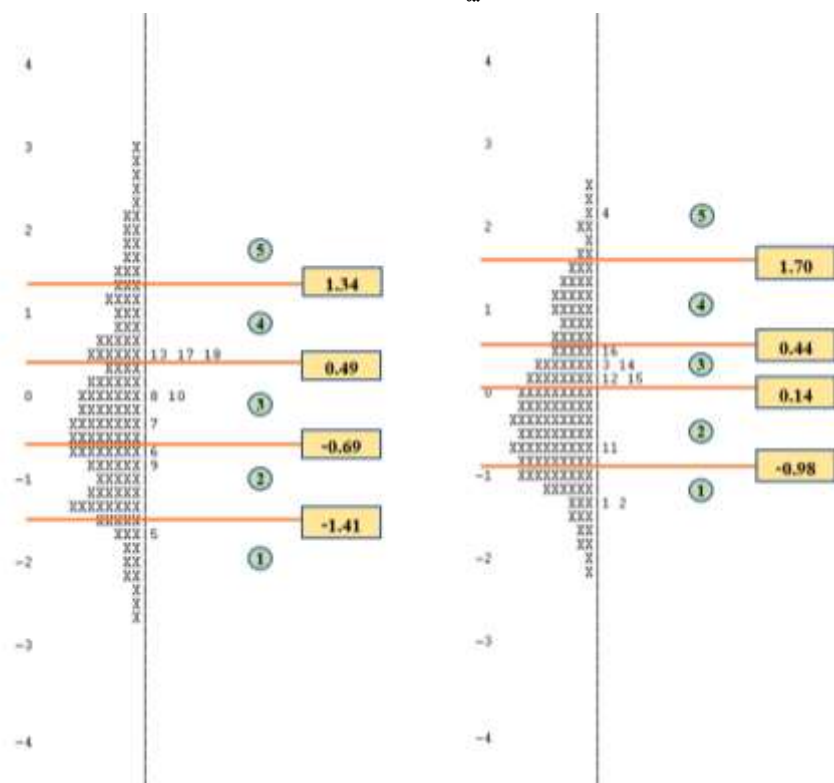
4. พิจารณาคุณภาพของนวัตกรรมต้นแบบที่พัฒนาขึ้นก่อนนำไปทดลองใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ด้านการใช้เทคโนโลยีและครุคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสม และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ โดยผลการตรวจสอบคุณภาพของระบบใน 2 ด้าน (1) การประเมินระบบด้วยแบบฮิวริสติกโดยภาพรวม มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M = 4.83$, $SD = 0.23$) โดยด้านที่มีระดับการประเมินสูงสุด คือ ด้านการมองเห็นสถานะของระบบ ($M = 5$, $SD = 0$) และน้อยที่สุด คือ รูปแบบสวยงาม และเรียบง่าย มีความเหมาะสมในระดับมาก ($M = 4.33$, $SD = 0.57$) และ (2) การประเมินแบบอิงมาตรฐาน พบว่า ด้านที่มีระดับการประเมินสูงสุด คือ ด้านความมีประโยชน์ มีระดับการประเมินสูงสุด ($M = 4.89$, $SD = 0.58$) และด้านที่มีระดับการประเมินน้อยสุด คือ ด้านความถูกต้อง มีระดับการประเมินน้อยสุด ($M = 4.78$, $SD = 0.58$)

5. นำผลการประเมินที่ได้มาร่วมกันสะท้อนคิดและปรับปรุงแก้ไขเป็นนวัตกรรมการประเมินต้นแบบก่อนนำไปทดลองใช้ในลำดับถัดไป

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนในการกำหนดจุดตัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และแนวทางการพัฒนาของผู้เรียนในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ

1.1 ผลการกำหนดจุดตัดเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการกำหนดเกณฑ์พื้นที่บน Wright map พบว่า มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบ่งได้ 5 ระดับ 4 จุดตัด จากระดับต่ำสุดไปสูงสุด ที่ -1.41 -0.69 0.49 และ 1.34 ตามลำดับ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด แบ่งได้ 5 ระดับ 4 จุดตัด จากระดับต่ำสุดไปสูงสุดที่ -0.98 0.14 0.44 และ 1.70 ตามลำดับ ปรากฏดังภาพ 3



ภาพ 3 การกำหนดจุดตัดในมิติด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (ซ้าย) และมิติด้านโครงสร้างความคิดรวบยอด (ขวา)

จาก 4 จุดตัดในแต่ละมิติดังกล่าวข้างต้น นำไปสู่การกำหนดช่วงการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในแต่ละมิติ เป็น 5 ช่วง ที่สามารถแปลงเป็นช่วงคะแนนสเกล และช่วงคะแนนดิบ เพื่อนำไปใช้ในการวินิจฉัยผู้เรียนเป็นรายบุคคล ได้ดังตาราง 2 เช่น ผู้สอบที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ระดับความสามารถด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ 1.34 ($\theta \geq 1.34$) แสดงว่า ผู้สอบจะได้รับการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ 5 โดยมีคะแนนสเกลเท่ากับ 63.40 ขึ้นไป และเมื่อนำไปเทียบกับคะแนนดิบจะมีค่าเท่ากับ 8 คะแนน จากคะแนนเต็ม 13 คะแนน ในขณะเดียวกัน ผู้สอบที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ระดับความสามารถด้านโครงสร้างความคิดรวบยอด ตั้งแต่ 1.70 ($\theta \geq 1.70$) แสดงว่า ผู้สอบจะได้รับการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ 5 โดยมีคะแนนสเกลเท่ากับ 67.00 ขึ้นไป และเมื่อนำไปเทียบกับคะแนนดิบ จะมีค่าเท่ากับ 8 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน เป็นต้น จากกระบวนการในการกำหนดคะแนนสเกลที่นำไปสู่การกำหนดช่วงคะแนนดิบ ถือเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปกำหนดเป็นคะแนนเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในขั้นของการพัฒนานวัตกรรมการต้นแบบในลำดับถัดไป

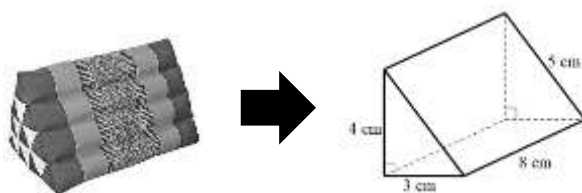
ตาราง 2 เกณฑ์จุดตัดระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (MAP) และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด (SLO) ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์				
จุดตัด	มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	คะแนนสเกล	ช่วงคะแนนดิบ (คะแนนเต็ม=13คะแนน)
$\theta = 1.34$	ระดับ 5	$\theta = 1.34$ ขึ้นไป	63.40 ขึ้นไป	8–13
$\theta = 0.49$	ระดับ 4	$\theta = 0.49$ ถึง $\theta = 1.33$	54.90–63.30	7
$\theta = -0.69$	ระดับ 3	$\theta = -0.69$ ถึง $\theta = 0.48$	43.10–54.89	6
$\theta = -1.41$	ระดับ 2	$\theta = -1.41$ ถึง $\theta = -0.70$	35.90–43.19	3–5
	ระดับ 1	ต่ำกว่า $\theta = -1.41$	ต่ำกว่า 35.90	0–2
มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด				
จุดเปลี่ยนผ่าน	มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	คะแนนสเกล	ช่วงคะแนนดิบ (คะแนนเต็ม=12คะแนน)
$\theta = 1.70$	ระดับ 5	$\theta = 1.70$ ขึ้นไป	67.00 ขึ้นไป	8–12
$\theta = 0.44$	ระดับ 4	$\theta = 0.44$ ถึง $\theta = 1.69$	54.40–66.99	7
$\theta = 0.14$	ระดับ 3	$\theta = 0.14$ ถึง $\theta = 0.43$	51.40–54.39	6
$\theta = -0.98$	ระดับ 2	$\theta = -0.98$ ถึง $\theta = 0.13$	40.20–51.39	3–5
	ระดับ 1	ต่ำกว่า $\theta = -0.98$	ต่ำกว่า 40.20	0–2

1.2 ผลการวิเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของการแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิต พบว่า หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนทั้ง 2 มิติ มี 5 แบบรูป คือ (1) ด้านการบิดเบือนทฤษฎีบท กฎสูตร บทนิยาม และสมบัติทางการวัดและเรขาคณิต (2) ขาดการตรวจสอบในระหว่างการแก้ปัญหา (3) ผิดพลาดในเทคนิคการทำ (4) ด้านการไขขอมูลผิด และ (5) ผิดพลาดในการตีความด้านภาษาและสัญลักษณ์ทางการวัดและเรขาคณิต โดยข้อค้นพบดังกล่าว นำไปสู่การกำหนดคำอธิบายในสิ่งที่ผู้เรียนทำได้เพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในแต่ละมิติและระดับความสามารถ โดยแยกพิจารณาเป็นภาพรวมและรายข้อจนได้ข้อค้นพบหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละระดับ แต่ละมิติ และแต่ละข้อ เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในการออกแบบระบบในลำดับถัดไป ตัวอย่างจากผลการตอบของผู้เรียนจากข้อคำถามในภาพ 4 ที่แสดงให้เห็นถึงระดับความสามารถ คำบรรยายความสามารถของผู้เรียน ตัวอย่างผลการตอบที่สะท้อนในแต่ละระดับความสามารถของผู้เรียน และหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนในด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์แต่ละมิติที่ปรากฏดังตาราง 3

สถานการณ์ที่ 2 : ที่ห้อยพวงกุญแจรูปหมอนอิงสามเหลี่ยม

ต้องการสร้างที่ห้อยพวงกุญแจคล้ายรูปหมอนอิงสามเหลี่ยม ดังภาพด้านขวามือ



คำถามที่ 2.1
จากรูปทางขวามือ จะใช้ผ้าอย่างน้อยเท่าไร?

.....

.....

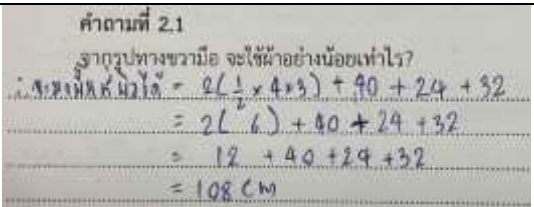
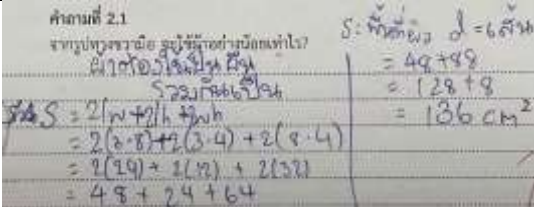
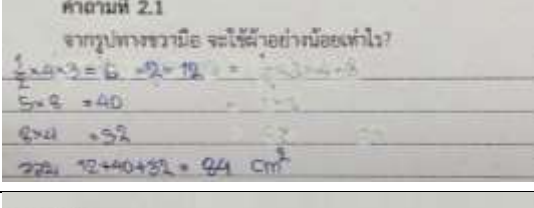
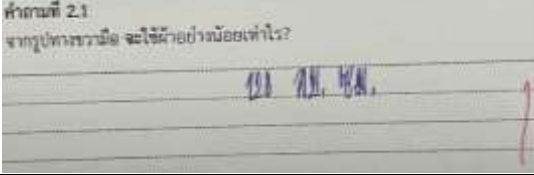
.....

.....

ภาพ 4 ตัวอย่างข้อคำถามด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์

๕ สกฤรัตน์ จันทสุข ประภาวดี สุวรรณไธรั พัทธี จันทรเพ็ญ ลำรวน ชินจันทิก เมตตา มาเวียง ชัยวัฒน์ ทะวะรุ่งเรือง และ จารุวรรณ เกื่อนมัน

ตาราง 3 ระดับความสามารถ คำบรรยายความสามารถของผู้เรียน ตัวอย่างผลการตอบ และโน้ตบันทึกที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนในแต่ละมิติในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์			
ระดับความสามารถ	คำอธิบายระดับความสามารถ	ตัวอย่างผลการตอบ	ความคลาดเคลื่อน
ระดับ 4 การคิดเชิงกลยุทธ์/ เชิงขยาย (strategic/ extended thinking)	ผู้เรียนสามารถแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนหลายขั้นตอนเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้อง และสามารถแสดงการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายและสามารถสรุปเป็นวิธีการที่สามารถใช้ในระดับที่สูงขึ้นได้		
ระดับ 3 แนวคิดและทักษะขั้นพื้นฐาน (simple skills and concept)	ผู้เรียนสามารถใช้ความเข้าใจในกระบวนการหลักการ ทฤษฎี ทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย สามารถแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนมากกว่า 1 ขั้นตอนได้		ผู้เรียนขาดความเข้าใจในกระบวนการหลักการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาเรื่องการวัดและเรขาคณิตได้
ระดับ 2 การจำและระลึกได้ (basic memory and reproduction)	ผู้เรียนสามารถใช้ความเข้าใจในกระบวนการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายมาประกอบการหาคำตอบ สามารถแก้ไขปัญหาที่มีขั้นตอนได้หรือพยายามแสดงวิธีการหา 1 คำตอบแต่ได้คำตอบที่ยังคงไม่สมบูรณ์		ผู้เรียนระบุคำตอบโดยสามารถแสดงเหตุผลเรื่องการวัดและเรขาคณิตได้ถูกต้องบางส่วนและอาจมีบางส่วนไม่เกี่ยวข้อง
ระดับ 1 ไม่มีความรู้พื้นฐาน (unrecalled memory)	ผู้เรียนตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถามปลายเปิดหรือตอบความรู้บางส่วนแต่ผลการตอบสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนไม่สามารถจดจำเนื้อหาที่สำคัญหรือจำเป็นมาเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาได้		ผู้เรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในความรู้พื้นฐานเรื่องการวัดและเรขาคณิตตอบโดยทวนคำถามซ้ำและไม่สามารถอธิบายเหตุผลที่สอดคล้องกับคำตอบ
ไม่ตอบ (non- response/ irrelevance)	ผู้เรียนไม่ตอบ		ผู้เรียนขาดการเชื่อมโยงแนวคิดที่หลากหลายอย่างเป็นระบบเรื่องการวัดและเรขาคณิตและยังไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องการวัดและเรขาคณิตไปสู่บริบทจริงที่สอดคล้องและเหมาะสม

1.3 แนวทางการพัฒนาของผู้เรียนในการออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอัตโนมัติ พบว่าสามารถกำหนดขอบข่ายของการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติที่สามารถปรากฏในระบบโดยเน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับใน 5 รูปแบบ คือ (1) การให้ข้อมูลป้อนกลับทางบวก (2) การลองอีกครั้ง (3) การยกตัวอย่าง (4) การตั้งคำถามและให้คำแนะนำ/ข้อมูล โดยนำเสนอแหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติมหลักในการเลือกใช้แต่ละรูปแบบ อาจเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งหรือหลายแบบบูรณาการรวมกันได้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และข้อคำถามในแต่ละข้อเป็นสำคัญ ตัวอย่างปรากฏดังตาราง 4 ซึ่งเป็นลักษณะของการวิเคราะห์ผลการตอบผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การกำหนดข้อความป้อนกลับอัตโนมัติในระบบ โดยเน้นเทคนิคการให้ข้อมูลป้อนกลับบูรณาการรวมกัน ในรูปแบบที่ 1 2 4 และ 5 เป็นต้น

ตาราง 4 ตัวอย่างการกำหนดขอบข่ายของการให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อนำไปสร้างข้อความอัตโนมัติในระบบ

สถานการณ์	คำตอบ	เนื้อหาที่ผู้เรียนต้องศึกษาเพิ่ม	ระดับความสามารถ	ข้อความที่ปรากฏในระบบ
สถานการณ์ที่ 2 : ที่ห้อยพวงกุญแจ รูปหมอนอิง สามเหลี่ยม	คำตอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้อง (108)	ค2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ค2.1ป.6/2 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม	2	พยายามใหม่อีกครั้งนะคะ นักเรียนสามารถใช้ความเข้าใจในกระบวนการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เรื่องการหาพื้นที่ผิวของทางสามเหลี่ยม อย่างง่ายมาประกอบการหาคำตอบ แสดงวิธีการหาคำตอบแต่ได้คำตอบที่ยังคงไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการแทนค่าในสูตรหาคำนวณผิด ดังนั้น ควรศึกษาเพิ่มเติม ตามลิงก์นี้คะ https://sites.google.com/site/pluslike11394/reuxng-phunthi-phiw-laea-primatr-m-3

2. ผลออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล

จากการวิเคราะห์ผลการตอบในระยะแรกนำมาสู่การออกแบบนวัตกรรมต้นแบบผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล พบว่า ควรกำหนดจุดตัดในแต่ละมิติเป็น 4 จุดตัด ซึ่งจุดตัดดังกล่าวนำไปสู่ข้อค้นพบในการแบ่งช่วงคะแนนสเกล และคะแนนดิบเพื่อนำมาสู่เกณฑ์ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนทั้ง 2 มิติ ที่ครอบคลุม 5 แบบรูป โดยเน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับใน 5 รูปแบบ คือ (1) การให้ข้อมูลป้อนกลับทางบวก (2) การลองอีกครั้ง (3) การยกตัวอย่าง (4) การตั้งคำถามและให้คำแนะนำ/ข้อมูล โดยหลักในการเลือกใช้แต่ละรูปแบบ อาจเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งหรือหลายแบบบูรณาการรวมกันได้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และข้อคำถามในแต่ละข้อ โดยระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ (1) ส่วนรับข้อมูล (2) ส่วนประมวลผล (3) ส่วนแสดงผล (4) ส่วนให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ และ (5) ส่วนรายงานผลการประเมินสรุปดังภาพ 5

◆ สกูลรัตน์ จันทสุข ประภาวดี สุวรรณไตรย์ พัชรี จันทร์เพ็ง สำรวน ชินจันทิก เมตตา มาเวียง ชัยวัฒน์ ทะว่งเรือง และ จารุวรรณ เกื่อนมัน



ภาพ 5 ระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ

รายละเอียดในแต่ละส่วนปรากฏ ดังนี้

2.1 ส่วนรับข้อมูล เป็นการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการตอบในระยະที่ 1 กรอกเข้าสู่ระบบ ประกอบด้วย (1) จุดตัดและช่วงคะแนนของจุดตัดที่แปลงเป็นคะแนนสเกลและคะแนนดิบ (2) คำอธิบายระดับความสามารถในแต่ละมิติ (3) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละตัวเลือก/แต่ละข้อคำถาม และ (4) แนวทางการพัฒนาผู้เรียนที่บูรณาการการให้ข้อมูลป้อนกลับ 5 รูปแบบ (5) คำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบแต่ละข้อ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ซึ่งต้องการตรวจให้คะแนนของข้อสอบแบบอัตโนมัติ และสำหรับครูที่จะใช้เป็นแนวทางในการตรวจให้คะแนนผ่านระบบดิจิทัล ดังภาพ 6

แก้ไขขอ 1 ที่หน้า 1

คำถาม:

สถานการณ์ที่ 1 ข้อ 1.1

เฉลย:

1

อธิบายเพิ่มเติม:

Link:

บันทึก

ตัวเลือกที่ 1

คำตอบที่ถูกต้อง

คำตอบถูกต้องค่ะ

บันทึก

ตัวเลือกที่ 2

คำตอบที่ผิด

พยายามใหม่อีกครั้งนะคะ

นักเรียนยังตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้อง มีสาเหตุมาจาก การคำนวณ

Link:

https://www.youtube.com/watch?v=pw6KV5Tb210

บันทึก

ตัวเลือกที่ 3

คำตอบที่ผิด

พยายามใหม่อีกครั้งนะคะ

นักเรียนยังตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้อง มีสาเหตุมาจาก การคำนวณ

Link:

https://www.youtube.com/watch?v=pw6KV5Tb210

บันทึก

ตัวเลือกที่ 4

คำตอบที่ผิด

พยายามใหม่อีกครั้งนะคะ

นักเรียนยังตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้อง มีสาเหตุมาจาก การคำนวณ

Link:

https://www.youtube.com/watch?v=pw6KV5Tb210

บันทึก

พื้นที่สำหรับใส่คำอธิบาย
บนทัศนที่ตลาดเคลื่อน
ของผู้เรียน

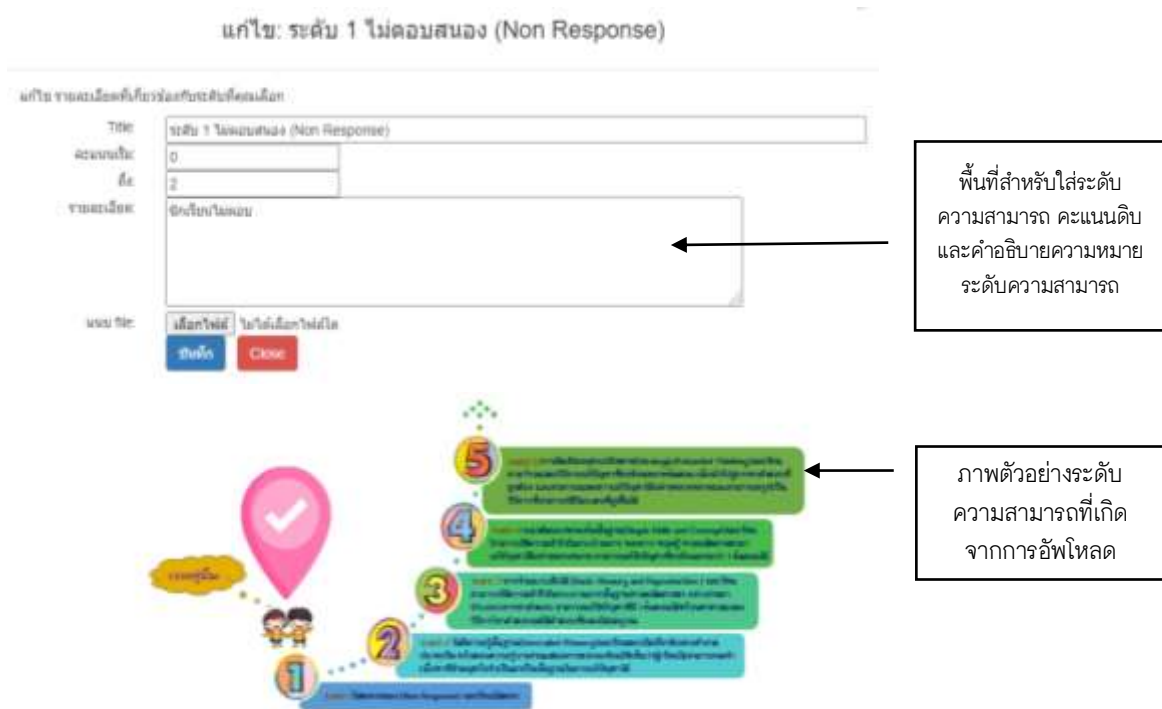
พื้นที่สำหรับใส่ลิงก์

พื้นที่สำหรับใส่คำอธิบาย
มนต์ศน์ที่คลาดเคลื่อน
ของผู้เรียน

พื้นที่สำหรับใส่ลิงก์

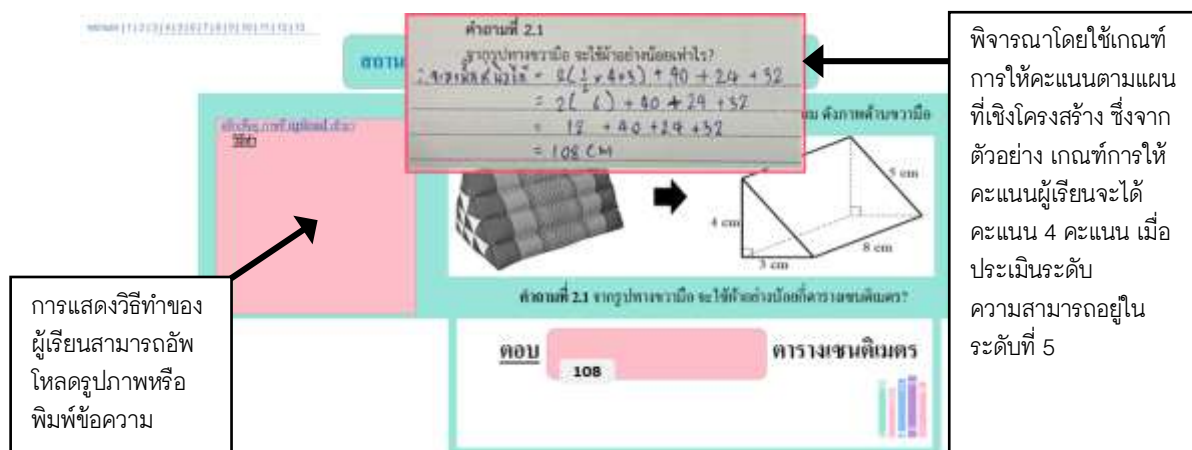
ภาพ 6 มโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อนพร้อมถึงกันในแต่ละตัวเลือก
และการนำจดตัดเพื่อประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

- ❖ การออกแบบระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบอัตโนมัติเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล



ภาพ 6 (ต่อ) มโนทัศน์ที่ตลาดเคลื่อนพร้อมลิงก์ในแต่ละตัวเลือก และการนำจุดตัดเพื่อประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

ในส่วนนี้ระบบจำเป็นต้องอาศัยข้อมูล รหัสโรงเรียน รายชื่อโรงเรียน รหัสนักศึกษา เพื่อเตรียมพร้อมในการสอบแต่ละคน หลังจากนั้นมีการกำหนดห้องสอบเพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าสู่ระบบการสอบได้ โดยการสร้าง QR Code ที่สามารถสแกนไปยังระบบการทดสอบ eMAT-Testing ได้ทันที โดยผู้เรียนต้องมีการ login Username และ Password ก่อนดำเนินการสอบ และเมื่อผู้เรียนดำเนินการสอบถือเป็นขั้นตอนสำคัญของผู้เรียนในการแสดงวิธีและคำตอบลงในสถานการณ์ปลายเปิดที่เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่กำหนดไว้ โดยขณะที่ทำการทดสอบข้อสอบอัตนัยแต่ละข้อ ผู้เรียนสามารถ upload ผลการตอบได้เป็น 2 ลักษณะ คือ (1) การพิมพ์เพื่อแสดงวิธีทำและเติมคำตอบในระบบ และ (2) สามารถ upload ไฟล์ รูปภาพนามสกุล .jpg เพื่อแสดงวิธีทำ โดยสามารถนำภาพที่ได้จากการแสดงวิธีทำบนกระดาน หรือ โปรแกรมที่สามารถเขียนแสดงวิธีทำได้ เช่น การใช้ iPad ในโปรแกรม notepad เป็นต้น จากนั้นแปลงเป็นไฟล์ภาพตามนามสกุลที่กำหนดไว้ ตัวอย่างการ upload คำตอบในระบบแสดงดังภาพ 7



ภาพ 7 แสดงตัวอย่างผลการตอบของผู้เรียนโดยการอัปโหลดรูปภาพของการแสดงวิธีทำ

2.2 ส่วนประมวลผล เป็นขั้นตอนของการตรวจให้คะแนนอัตโนมัติผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้แบบดิจิทัล ในขณะที่ผู้เรียนทำข้อสอบแต่ละข้อ โดยใน 2 กรณี คือ (1) ข้อสอบปรนัย กรณีที่ผู้เรียนเลือกตัวลง ซึ่งไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้อง ระบบจะมีการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติทันทีว่า มีความคลาดเคลื่อนแบบใด และมีแนวทางการปรับปรุงแก้ไข พร้อมแหล่งเรียนรู้เพิ่มเติมจากช่องทางใดบ้าง และ (2) ข้อสอบอัตนัย มีวิธีการกำหนดการแสดงผลในระบบ 2 ลักษณะ คือ แบบเรียลไทม์ กับแบบไม่เรียลไทม์ ในกรณีที่ต้องการต้องการให้ระบบตรวจและให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติแบบเรียลไทม์ ระบบจะให้ความสำคัญกับคำตอบที่ถูกต้อง หรือคำตอบถูกที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่กำหนดขึ้นในส่วนรับข้อมูลเป็นสำคัญ โดยไม่ได้พิจารณาไปยังการแสดงวิธีทำของผู้เรียน แต่ในกรณีที่ครูหรือผู้ใช้ระบบต้องการให้ข้อมูลป้อนกลับที่แสดงวิธีทำในการแก้โจทย์ปัญหา จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรอการให้ข้อมูลป้อนกลับจากครูหรือผู้ประเมิน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามแผนที่เชิงโครงสร้างที่กำหนดไว้ในแต่ละมิติ โดยผู้ประเมินจะทำการพิจารณาผลการตอบของผู้เรียนที่ upload เข้ามายังระบบ โดยพิจารณาการให้คะแนนทีละข้อ จากนั้นผู้ประเมินจะทำการกรอกคะแนนในช่องของการคะแนนแต่ละข้อ ตั้งแต่ 0-4 คะแนนในแต่ละมิติ รวมถึงคำอธิบายที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนเพิ่มเติมได้

2.3 ส่วนแสดงผล เป็นการให้ข้อมูลที่ได้รับจากส่วนนำเข้ามาสู่กระบวนการประมวลผล โดยเน้นไปที่กระบวนการของโปรแกรม (algorithm) เช่น การประมวลผลเพื่อให้เห็นข้อเสนอแนะบนหน้าจอซึ่งจะปรากฏบนหน้าจอการประมวลผล การแปลผลและตีความ เป็นต้น ในตอนท้ายของการดำเนินงานระบบดิจิทัลจะทำการรวมคะแนนดิบของข้อสอบทุกข้อในแต่ละมิติ ไปเทียบกับคะแนนดิบที่กำหนดไว้ จากนั้นระบบจะนำไปประมวลผลเทียบกับคะแนนสเกล และนำไปสู่การวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ในมิตินั้น ๆ ว่าอยู่ในระดับใด

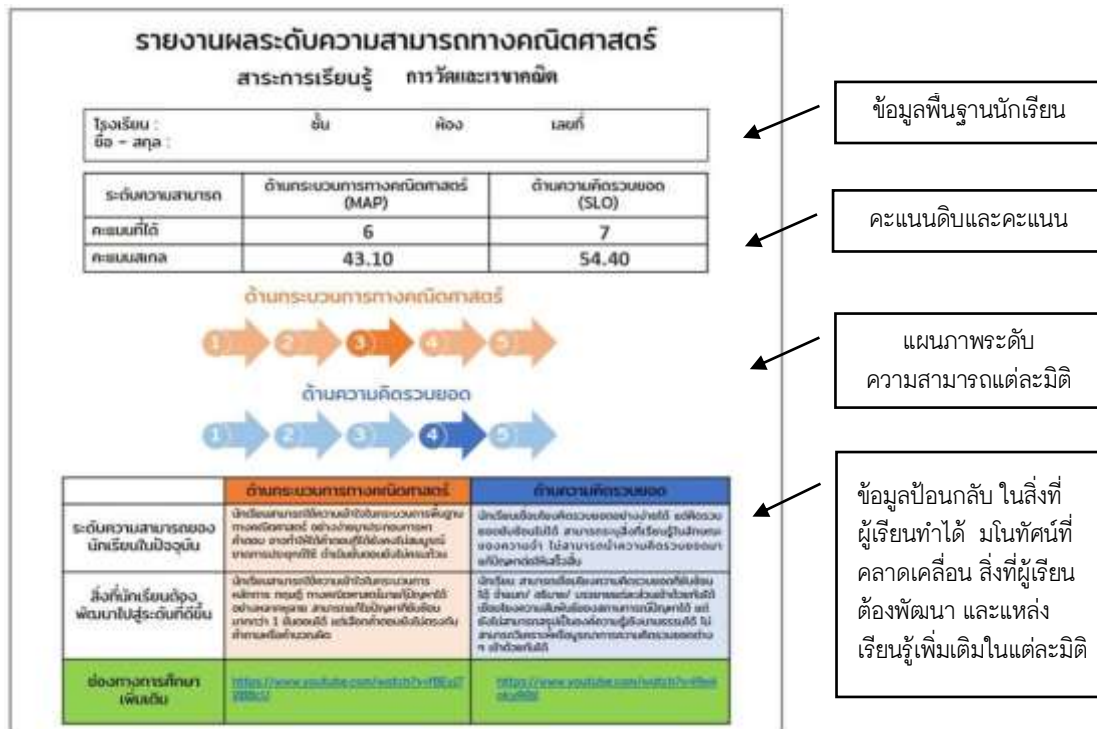
2.4 ส่วนให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติ เป็นการแสดงผลการให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้เห็นวิธีการที่จะนำไปสู่การพัฒนาตนเองให้อยู่ในระดับความสามารถด้านคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น เช่น คำอธิบาย วิดีทัศน์ ลิงก์ข้อมูลความรู้ เป็นต้น โดยระบบจะมีการดึงคำอธิบายระดับความสามารถที่กำหนดไว้ในแผนที่โครงสร้าง ซึ่งถือเป็นสิ่งที่ผู้เรียนทำได้ สำหรับสิ่งที่ผู้เรียนควรพัฒนาต่อ ระบบจะดึงข้อมูลมาจากคำอธิบายของระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่สูงกว่าที่ปรากฏในแผนที่โครงสร้างที่กำหนดไว้ ตลอดจนรายละเอียดเกี่ยวกับโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนพร้อมแนวทางการพัฒนาตนเองในแต่ละข้อคำถามและทุกข้อในภาพรวมเฉพาะบุคคลส่วนที่ผู้ใช้งานจะได้รับเมื่อทำแบบทดสอบเสร็จ โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ (1) ผู้เรียนสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องในครั้งแรกระบบจะทำการประมวลผลแสดงผล และให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติเพียงครั้งเดียว และ (2) ผู้เรียนเลือกคำตอบที่ไม่ถูกต้อง ระบบจะทำการประมวลผล แสดงผล และให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติเพื่อให้ข้อเสนอแนะผู้เรียนเพื่อนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง ดังภาพ 8 หลังจากนั้นระบบจะให้ผู้เรียนนำเข้าข้อมูลในส่วนรับข้อมูลใหม่และระบบจะทำตามฟังก์ชันที่กล่าวมาอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบเสร็จเรียบร้อยผู้เรียนจะได้รับแบบรายงานผลหลังเสร็จสิ้นทันที



ภาพ 8 แสดงตัวอย่างผลการตอบของผู้เรียนโดยการอัปโหลดรูปภาพของการแสดงวิธีทำ

2.5 ส่วนรายงานผลการประเมิน

ในส่วนนี้เป็นการรายงานผลการทดสอบเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำผลจากการประมวลผลมารายงานให้ผู้ในระบบเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น เป็นการรายงานผลรายบุคคล (Individual report) การรายงานในส่วนนี้จะเป็นการรายงานผลจากการประเมินและจากการวิเคราะห์ของระบบโดยจะแสดงผลเป็นรายบุคคล สำหรับผู้เรียนในการรายงานจะประกอบด้วย 1) ข้อมูลส่วนบุคคล 2) ข้อมูลสารสนเทศและสถิติของการประเมิน และ 3) ข้อมูลจากการประเมินผลระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยการแสดงผลตัวหนังสือบนหน้าจะใช้ขนาดตัวหนังสือขนาด 18 และใช้ขนาด 20 สำหรับข้อความที่ต้องการเน้นให้เห็นชัดเจน สีสันที่ใช้เป็นสีสันสบายตาเหมาะสำหรับการอ่าน ดังภาพ 9



ภาพ 9 ตัวอย่างการรายงานผลการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วยการโต้ตอบเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากผลการวิจัยพบว่าจุดตัดโดยการพิจารณาร่วมกับการกำหนดพื้นที่บน Wright map ทั้งที่แปลงจากค่าพารามิเตอร์ระดับความสามารถ คะแนนสากล และคะแนนดิบ มีความเหมาะสม และค่าจุดตัดมีการหลุดหล่นจากระดับต่ำสุดไปยังระดับสูงสุดได้อย่างสมเหตุสมผล ดังจะเห็นได้จากความสามารถของผู้เรียนในแต่ละมิติกระจายได้ครอบคลุมทุกระดับความสามารถตั้งแต่ช่วง -3 ถึง +3 โดยมีข้อสังเกตที่สำคัญคือมีผู้เรียนที่อยู่ในระดับความสามารถนั้นจริงทั้งในระดับต่ำสุดและระดับสูงสุด สอดคล้องกับการกำหนดตามแผนที่โครงสร้างที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจจะเป็นเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้มีการวิเคราะห์ผลการตอบที่ได้มาจากรายงานข้อมูลขนาดใหญ่ (big data) ที่เป็นตัวแทนในทุกระดับความสามารถของผู้เรียน และเป็นตัวแทนที่มาจาก 4 ภูมิภาคของประเทศไทย โดยมุ่งเน้นการคัดเลือกกลุ่มผู้สอบที่มาจากกลุ่มความสามารถพิเศษ ไปจนถึงกลุ่มที่มีความสามารถที่ต้องปรับปรุง ทำให้ลักษณะการกระจายครอบคลุมเหมาะสมในการนำมากำหนดจุดตัด สอดคล้องกับแนวคิดของ Demars (2010) ที่ให้ความสำคัญกับการกำหนดตัวอย่างและการได้มาของตัวอย่าง ในการกำหนดจุดตัดที่มีคุณลักษณะของระดับความสามารถ (θ) ที่ครอบคลุม เพียงพอในทุกระดับความสามารถในแต่ละมิติที่ทำการศึกษา มากกว่า

มุ่งเน้นการสุ่มตัวอย่างให้มีความเป็นตัวแทนของประชากรเหมือนการออกแบบการวิจัยที่มุ่งเน้นการสรุปอ้างอิงนัยทั่วไปจากกลุ่มผู้สอบไปยังประชากร (Demars, 2010) ปรากฏการณ์ดังกล่าวจึงสะท้อนให้เห็นถึงหลักฐานความตรงในการการกำหนดจุดตัดเพื่อนำไปใช้ในการตีความได้อย่างมีความหมายตามมาตรฐานการวัดทางการศึกษาและจิตวิทยา (AERA et al., 2014) นอกจากนี้ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับ Junpeng, et al., (2018, 2020) ที่พบว่าถ้าการกระจายความสามารถของผู้สอบไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อการกำหนดจุดตัดเพื่อใช้ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ และมีผลต่อการนำไปใช้ในการตีความที่อาจจะทำให้ผลการวินิจฉัยที่ได้ขาดความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่า และส่งผลกระทบต่อการศึกษาให้เห็นถึงมิติที่คลาดเคลื่อน และแนวทางของการปรับปรุงพัฒนาในอนาคตของผู้เรียน ก่อนเข้าสู่การวินิจฉัยผ่านทางเทคโนโลยีดิจิทัล

2. รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอัตโนมัติผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล พบว่า มุ่งเน้นการใช้รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่ครอบคลุม 5 รูปแบบ ที่บูรณาการร่วมกัน โดยรูปแบบดังกล่าวเกิดจากการวิเคราะห์มิติที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนที่มีโอกาสเกิดได้ 5 ลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการบิดเบือนทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยามและสมบัติทางการวัดและเรขาคณิต และมีความผิดพลาดในการตีความด้านภาษาและสัญลักษณ์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ คณิน พันธุ์สุภา และคณะ (2557) ได้ทำการวิเคราะห์มิติที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ซึ่งอยู่ในสาระการวัดและเรขาคณิตของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่พบแบบรูปของมิติที่คลาดเคลื่อนทั้ง 5 แบบรูป โดยมีสาเหตุของการเกิดมิติที่คลาดเคลื่อน ได้แก่ ขาดความรู้พื้นฐานในเรื่องที่มีความสัมพันธ์กับเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร ขาดความเข้าใจในกระบวนการและวิธีการ ด้านการอ่านและการเขียน ขาดความรอบคอบในการนำข้อกำหนดมาใช้ ทำให้เกิดการผิดพลาดในการทำงาน นักเรียนขาดการเชื่อมโยงมิติที่คลาดเคลื่อนแต่ละเรื่องได้ อย่างไรก็ตามถึงแม้การวิจัยในครั้งนี้ได้มีการเลือกใช้การให้ข้อมูลป้อนกลับหลายรูปแบบเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนในทุกระดับความสามารถ ซึ่งทุกคนจะได้รับลักษณะการให้ข้อมูลป้อนกลับเหมือนกันในกรณีที่เลือกคำตอบ พิมพ์คำตอบเหมือนกัน โดยไม่ได้พิจารณาถึงความแตกต่างของระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคนซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวคิดของ Black & William (1998) และ Shute (2007) ที่ได้ให้ความสำคัญกับลักษณะการให้ข้อมูลป้อนกลับที่ควรต้องคำนึงถึงระดับความสามารถของผู้เรียน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาประเด็นดังกล่าวในอนาคต

3. การออกแบบระบบในครั้งนี้ ผลการวิจัยพบว่า ควรมุ่งเน้นในส่วนของการรับเข้า ซึ่งเป็นปัจจัยนำเข้าตั้งต้นที่จะส่งผลให้การประมวลผลและการแสดงผลมีความถูกต้องแม่นยำ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Tian et al. (2019) และ Panori et al. (2020) ที่ได้ให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ นั่นคือ แพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลเข้ามาช่วยกระตุ้นความสนใจในการวินิจฉัยการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นไปที่ปัจจัยนำเข้าและการประมวลผลเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดสำหรับการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติกรณีข้อสอบที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดหรือให้แสดงวิธีทำ เนื่องจากระบบจะสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอัตโนมัติแบบเรียลไทม์เฉพาะการนำคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดของข้อนั้น เทียบกับคะแนนในแผนที่เชิงโครงสร้าง โดยไม่ได้พิจารณาถึงการแสดงวิธีทำของผู้เรียน ในกรณีที่ครูหรือผู้ใช้ต้องการผลการวินิจฉัยที่แม่นยำเพื่อนำไปสู่การให้ข้อมูลป้อนกลับที่สอดคล้องกับผู้เรียนเฉพาะบุคคลมากขึ้น จำเป็นต้องมีครูหรือผู้ประเมินมาร่วมกันพิจารณาให้คะแนนพร้อมกับป้อนข้อมูลสารสนเทศที่สำคัญเพื่อนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยจำเป็นต้องรอรยะเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้ามาเรียนรู้ด้วยตนเองภายหลังจากครูหรือผู้ใช้ดำเนินการให้ข้อมูลป้อนกลับเรียบร้อยแล้ว

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการออกแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอัตโนมัติเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในกรณีทั่วไป จะสามารถใช้ได้ในเงื่อนไขของเครื่องมือที่ผ่านการพัฒนามาจากขั้นตอนตามแนวคิดโมเดลเชิงโครงสร้าง โดยจำเป็นต้องมีการกำหนดแผนที่โครงสร้างเพื่อนำไปสู่การกำหนดคำอธิบายในสิ่งที่ผู้เรียนทำได้ สิ่งที่คุณเรียนมีในทัศน์ที่คลาดเคลื่อน รวมถึงสิ่งที่ผู้เรียนต้องปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้น เนื่องจากขั้นตอนดังกล่าวได้ออกแบบมาเพื่อนำไปสู่การสร้างเครื่องมือที่เน้นการตีความอย่างมีความหมาย และนำไปเชื่อมโยงสู่การวินิจฉัยและให้การป้อนกลับแบบอัตโนมัติแบบเรียลไทม์ได้

2. การนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปใช้ สามารถนำไปใช้ประเมินผู้เรียนเป็นรายบุคคลได้ เช่น 1 คน สามารถประมวลผลได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องนำไปทดสอบกับผู้สอบที่มีจำนวนมาก เนื่องจากนวัตกรรมการประเมินที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ สามารถนำผลคะแนนดิบไปเทียบกับคะแนนสเกลได้ทันทีเพื่อประมวลผลในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้แบบเรียลไทม์ เนื่องจากขั้นตอนการพัฒนาในระบบในส่วนของการรับเข้าได้มีการกำหนดจุดตัดมาจากรายข้อมูลที่มีความเพียงพอ และครอบคลุมผู้เรียนในทุกระดับความสามารถ

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. การใช้รูปแบบการป้อนกลับอัตโนมัติควรมีรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับที่สอดคล้องกับผู้เรียน แต่ละบุคคล ซึ่งมีลักษณะและพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาผลของการเลือกใช้รูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติผ่านเทคโนโลยีดิจิทัลให้มีระดับความสามารถเท่ากันที่ส่งผลต่อคุณภาพในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

2. การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถวินิจฉัยระดับความสามารถแบบอัตโนมัติแบบเรียลไทม์ในกรณีที่สถานการณ์ปัญหาเป็นการแสดงวิธีทำ โดยระบบสามารถประมวลผลได้เฉพาะคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดเมื่อเทียบกับระดับความสามารถตามแผนที่เชิงโครงสร้างเท่านั้น ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการพัฒนากระบวนการวินิจฉัยและระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับอัตโนมัติผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล ในกรณีที่มุ่งเน้นการที่การแสดงวิธีทำหรือกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของผู้เรียนที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยหรือคำถามปลายเปิด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากการได้รับการสนับสนุนให้ใช้ฐานข้อมูลผลการตอบของผู้เรียน และระบบเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์จากโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนจากทุนพัฒนานักวิจัยรุ่นกลาง (เมธีวิจัย สกว.) ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยร่วมกับมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2560 (RSA6080074)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณิน พันธุ์สุภา, สมทรง สุวพานิช, และ อรุณี จันทร์ศิลา (2557). การวิเคราะห์ทัศนคติที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 8(3). 265–274

พัชรี จันทรเพ็ง. (2561). การประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติเพื่อการวิจัย. คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัทธิ จันทรเพ็ง, เมตตา มาเวียง, สำรวน ชินจันทิก, ประภาวดี สุวรรณไตรย์, เจนรบ โกรธา, กนกพร ชนะโยธา, ชัยวัฒน์ ทะวะรุ่งเรือง, จารุวรรณ เกื่อนมัน, แทง เกียว จัง และ มาร์ก อาร์. วิลสัน. (2563). โครงการการสร้างเครื่องมือวัดนิยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

รุ่งหทัย บุญพรหม. (2561). Digital disruption กับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19. วารสารปัญญาพัฒน์, 39(2), 77–83.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุธารัตน์ พาเหนียว, พัทธี จันทรเพ็ง, สำรวน ชินจันทิก, และ ประภาวดี สุวรรณไตรย์. (2566). การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติเพื่อกำหนดมาตรฐานการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของแบบทดสอบรูปแบบผสม. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 25(2).

สุวิมล ว่องวานิช. (2563). การวิจัยการออกแบบทางการศึกษา. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2563). รายงานหลักสูตรเพื่อการพัฒนาทักษะดิจิทัลพื้นฐานสำหรับบุคลากร. <http://www.ops.moe.go.th/ops2017/attachments/article/7599/img-201102080823.pdf>

ภาษาอังกฤษ

Adams, R. J., & Khoo, S. T. (1996). Quest: The interactive test analysis system, Version 2.1 [Computer software]. The Australian Council for Educational Research.

Adams, R. J., Wilson, M., & Wang, W. C. (1997). The multidimensional random coefficients multinomial logit model. *Applied Psychological Measurement*, 21(1), 1–23.

Adams, R. M. (1997). Introduction to contemporary moral and political issues: A discussion. *Social research: An international quarterly technology and the rest of culture*, 64(3), 1309–1311.

American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. American Educational Research Association.

Barker, T. (2010). An automated feedback system based on adaptive testing: Extending the model. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 5(2), 11–14.

Black, P., & William, D., (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>

Chappuis, J., & Stiggins, R. J. (2011). *An introduction to student-involved assessment for learning* (6th ed.). Pearson.

Csapó, B., Molnár, G., & Nagy, J. (2014). Computer-based assessment of school readiness and early reasoning. *Journal of Educational Psychology*, 106(3), 639–650.

- Csapó, B., & Molnár, G. (2019). Online diagnostic assessment in support of personalized teaching and learning: The eDia system. *Frontiers in Psychology*, 10, Article 1522. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01522>
- Demars, C. (2010). *Item response theory: Understanding statistics measurement*. Oxford University Press.
- Ebyary, K. E., & Wendeatt, S. (2010). The impact of computer-based feedback on students' written work. *International Journal of English Studies*, 10(2), 121–142.
- Junpeng, P., Inprasitha, M., & Wilson, M. (2018). Modelling of the Open-ended Items for Assessing Multiple Proficiencies in Mathematical Problem Solving. *The Turkish Online Journal of Educational Technology [Special Issue]*, 2, 142–149.
- 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.
- Junpeng, P., Marwiang, M., Chiajunthuk, S., Suwannatrai, P., Chanayota, K., Pongboriboon, K., Tang, K. N., Wilson, M. (2020). Validation of a digital tool for diagnosing mathematical proficiency. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 9(3) , 665–674. <https://doi.org/10.11591/ijere.v9i3.20503>
- Kellogg, R. T., & Whiteford, A. P. (2009). Training advanced writing skills: The case for deliberate practice. *Educational Psychologist*, 44(4), 250–266. <https://doi.org/10.1080/00461520903213600>
- National Council of Teachers of Mathematics. (2021). *Common Core State Standards for Mathematics*. <https://www.nctm.org/ccssm/>
- Organization for Economic Co-operation and Development. (2018). *PISA 2021 Mathematics framework (draft) .* <https://www.oecd.org/pisa/sitedocument/PISA-2021-mathematics-framework.pdf>
- Panori, A., Kakderi, C., Komninos, N., Fellnhofner, K., Reid, A., & Mora, L. (2021). Smart systems of innovation for smart places: Challenges in deploying digital platforms for co-creation and data-intelligence. *Land Use Policy*, 111, 104631.
- Rasch, G. (1960). *Studies in mathematical psychology: I, Probabilistic models for some intelligence and attainment tests*. Nielsen & Lydiche.
- Tian, M., Guo, H., Chen, H., Wang, Q., Long, C., & Ma, Y. (2019). Automated pig counting using deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163, Article 104840. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.049>
- Trends in International Mathematics and Science Study. (2019). *TIMSS 2019 Assessment Frameworks*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College, and International Association for the Evaluation of Educational Achievement. <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>
- Wang, W. -C., Su, C. -M., & Qiu, X. -L. (2014). Item response models for local dependence among multiple ratings. *Journal of Educational Measurement*, 51(3) , 260–280. <https://doi.org/10.1111/jedm.12045>
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Routledge.

- Wilson, M., Allen, D. D., Li, J. C. (2006). Improving measurement in health education and health behavior research using item response modeling: introducing item response modeling. *Health Educ Res*, 21(Suppl 1): i4–i18.
- Wright, B. D., and Stone, M. H. (1979). *Best test design: Rasch measurement*. Mesa Press.
- Wu, H., & Molnár, G. (2019, August 10-16) The impact of learning strategies on problem-solving performance: A cross-national comparison study [Paper presentation]. EARLI 2019, RWTH Aachen, Germany.

Translated Thai References

- Bunprom, R. (2019). Digital disruption and the situation of COVID-19 outbreak. *Journal of Panyapat*, 39(2), 77–83.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). Curriculum manual for Mathematics subject area according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (Rev. B.E. 2560 ed.). Agricultural Co-operative Federation of Thailand.
- Junpeng, P. (2018). Applications of the multidimensional item response theory of research. Faculty of Education, Khon Kaen University.
- Junpeng, P. , Marwiang, M. , Chinjunthuk, S. , Suwannatrai, P. , Krotha, J. , Chanayota, K. , Tawarungruang, C. , Thuanman, J., Tang, K. N., & Wilson, M. (2020). Developing students' mathematical proficiency level diagnostic tools through information technology in assessment for learning report. Thailand Science Research and Innovation.
- Office of the Basic Education Commission. (2017). Indicator and core content of Mathematics subject area according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (Rev. B.E. 2560 ed.). Agricultural Co-operative Federation of Thailand.
- Office of the Permanent Secretary. (2020). Empowering people with digital skill program report. <http://www.ops.moe.go.th/ops2017/attachments/article/7599/img-201102080823.pdf>
- Phaniew, S., Patcharee, J., Chinjanthuk, S., & Suwannatrai, P. (2023). An Application of multidimensional item response theory for developing standard setting of mathematical proficiency level for mixed format test. *Journal of Education Naresuan University*, 25(2).
- Punsupa, K., Suwapanich, S., & Jansila, A. (2014). Analysis of Mathematical Misconception on Surface Area and Capacitance in Grade 9th Students. *Rajabhat Maha Sarakham University Journal (Humanities and Social Sciences)*, 8(3). 265–274.
- Wongwanich, S. (2020). *Design research in education*. Chulalongkorn University Press.