

การออกแบบการรายงานผลการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์  
แบบเรียลไทม์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล  
Designing of the Diagnostic Report of Mathematical Proficiency Level Through  
Real Time Digital Learning Platform

สินีนานท์ แพ่งคำ<sup>1\*</sup> พัชรี จันทร์เพ็ง<sup>2</sup> สำรวน ชินจันท์<sup>3</sup> ประภาวดี สุวรรณไตรย์<sup>3</sup>  
เมตตา มาเวียง<sup>4</sup> ชัยวัฒน์ ทะวะรุ่งเรือง<sup>5</sup> และ จารุวรรณ เกื่อนมัน<sup>5</sup>  
Sineenart Phaengkham<sup>1\*</sup>, Patcharee Junpeng<sup>2</sup>, Samruan Chinjunthuk<sup>3</sup>, Prapawadee Suwannatrai<sup>3</sup>,  
Metta Marwiang<sup>4</sup>, Chaiwat Tawarungruang<sup>5</sup> and Jaruan Thuanman<sup>5</sup>

(Received: February 22, 2021 ; Revised: April 15, 2021 ; Accepted: April 26, 2021)

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนในการสร้างจุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติและออกแบบการรายงานผลผู้เรียนเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบเรียลไทม์ กลุ่มผู้สอบคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1,559 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก สาระจำนวนและพีชคณิต, การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น ผ่านชุดเครื่องมือวินิจฉัยในระบบการทดสอบออนไลน์ “eMAT-Testing”

ผลการวิจัยพบว่า

1. จุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์จากการวิเคราะห์ผลการตอบผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การออกแบบการรายงานผลผู้เรียนครอบคลุม 2 มิติ คือ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมิติโครงสร้าง

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>3</sup> อาจารย์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (มอดินแดง)

<sup>4</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (ศึกษาศาสตร์)

<sup>5</sup> นักวิจัย ศูนย์จัดการข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>1</sup> Master's degree student, Measurement and Evaluation Program, Faculty of Education, Khon Kaen University

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Educational Measurement and Evaluation, Faculty of Education, Khon Kaen University

<sup>3</sup> Lecturer, Demonstration School of Khon Kaen University, Secondary Division (Modindang)

<sup>4</sup> Assistant Professor, Demonstration School of Khon Kaen University, Secondary Division (Suksasart)

<sup>5</sup> Researcher, Data Management and Statistical Analysis Center, Faculty of Public Health, Khon Kaen University

ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานวิจัยแห่งชาติ

This research was funded by National Research Council of Thailand (NRCT)

\*Corresponding Author E-mail: p.sineenart@kkumail.com

ความคิดรวบยอดใน 3 สารระ โดยแต่ละสารระมีความสามารถของนักเรียนในแต่ละมิติแบ่งได้ 5 ระดับ 4 จุดเปลี่ยนผ่าน

2. ผลการออกแบบการรายงานผลผู้เรียนเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) การรายงานรายบุคคลสำหรับผู้เรียนและผู้ปกครอง ซึ่งจะแสดงข้อมูลส่วนตัว คะแนนที่ผู้เรียนทำได้ และการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อบอกระดับความสามารถปัจจุบันของผู้เรียน สิ่งที่คุณเรียนต้องพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้น และช่องทางการศึกษาเพิ่มเติม และ (2) การรายงานการสำหรับครู สถานศึกษาและเขตพื้นที่การศึกษา ซึ่งเป็นการรายงานผลผู้เรียนในภาพรวม

**คำสำคัญ:** การออกแบบการรายงานผลการวินิจฉัย ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โมเดลเชิงโครงสร้าง โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

## Abstract

The study was intended to analyze students' multidimensional response patterns for creating transition points of mathematical proficiency levels and to design the student real time diagnostic report of mathematical proficiencies. The respondents were 1,559 grade 7 students. The research instrument was a 4-choice objective test on 3 topics, namely number and algebra, measurement and geometry, and statistics and probability, through a package of diagnostic tools in an online testing system—"eMAT-Testing."

The results are presented below.

1. The transition points for mathematical proficiency levels, from the analysis of the students' response patterns, which were used to design the student report covered two dimensions: mathematical procedures and conceptual structures, in three substances. In each substance the student's proficiency in each dimension could be classified into 5 levels and 4 transition points.

2. The student diagnostic report of mathematical proficiency level using real time digital learning platform was composed of 2 parts: 1) the individual report for students and parents, displaying personal information, earned scores and feedbacks to indicate the student's current proficiency level, areas of improvement, and channels of additional learning; 2) the report for teachers, educational institutions, and educational service areas, showing students' overall results.

**Keywords:** designing of diagnostic report, mathematical proficiency level, construct modelling, multidimensional item response model

## บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งถือเป็นทิศทางร่วมกันของโลกอนาคต ที่มุ่งเน้นการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพพลเมืองโดยใช้การศึกษาและการเรียนรู้เป็นยุทธศาสตร์สำคัญ (Organization for Economic Co-operation and Development; OECD, 2019) ที่เน้นทักษะความคิดสร้างสรรค์หรือแนวทางการทำงานรูปแบบใหม่ นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญกับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology; IPST., 2017) ซึ่งประเทศไทยก็ได้เห็นความสำคัญในเรื่องนี้และได้มีการปรับปรุงหลักสูตรเพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยได้มีการกำหนดให้ประเมินความสามารถด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับการประเมินด้านเนื้อหาสาระ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากความหมายของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์แล้วจะพบว่าเป็นความสามารถที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความสามารถทางคณิตศาสตร์ คือศักยภาพของนักเรียนในการนำความรู้ ความเข้าใจในแนวคิดหรือความคิดรวบยอด และทักษะมาใช้ในการแก้ปัญหา การให้เหตุผลในสถานการณ์ที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคยโดยเลือกใช้วิธีการหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหามathematics อย่างเหมาะสม ซึ่งความสามารถทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งได้หลายองค์ประกอบด้วยกัน แต่ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นไปยัง 2 องค์ประกอบที่สำคัญ (Junpeng et al., 2020a) ประกอบด้วย (1) มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์และ (2) มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด

จากผลการประเมินผู้เรียนในโครงการ PISA ปี 2015 บ่งชี้ว่าผู้เรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD (IPST., 2017) ประกอบกับผลการประเมินการเรียนรู้จากการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ก็บ่งชี้เช่นเดียวกันว่าผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั่วประเทศต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นต่ำ จากผลการประเมินดังกล่าวซึ่งเน้นประเมินเกี่ยวกับความรู้และความสามารถในการแก้ปัญหา สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยมีปัญหาในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะความสามารถในการแก้ปัญหามathematics และควรได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน ซึ่งสิ่งหนึ่งที่จะช่วยให้รู้ความสามารถของผู้เรียนนั้นจะต้องอาศัยการประเมินหรือการวินิจฉัย การวินิจฉัยเป็นกระบวนการวิเคราะห์ความสามารถของผู้เรียน เพื่อหาแนวทางช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนการเรียนรู้ไปยังระดับที่สูงขึ้น การประเมินเชิงการวินิจฉัย เป็นการรวบรวมข้อมูลเพื่อตัดสินจุดเด่น จุดด้อย ปัญหาอุปสรรค รวมทั้งสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาอุปสรรคเหล่านั้นโดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงแก้ไข จากการศึกษาการทดสอบทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติของนักเรียนยังอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งคือนักเรียนอาจมีข้อบกพร่องหรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งหากมีการทำการวินิจฉัยเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนอย่างทันที่ก็จะทำให้นักเรียนเข้าเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น (Phonapichat, 2013) โดยการวินิจฉัยด้วยการใช้แบบทดสอบ ซึ่งการวินิจฉัยจะเกิดประโยชน์ก็ต่อเมื่อผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้เรียน ครู ผู้ปกครองรวมถึงผู้บริหารได้รับการรายงานผลเพื่อที่จะนำผลจากวินิจฉัยไปปรับปรุงพัฒนาต่อยอดได้

ในการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการรายงานผล เช่น งานวิจัยของ Zapata et al. (2014) ได้เสนอแบบรายงานที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเข้าใจการรายงานคะแนนและนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการเรียนรู้ โดยให้ข้อมูลสิ่งที่ต้องทำต่อไปพร้อมคำแนะนำการเรียนการสอนที่เหมาะสม และยังมีส่วนสำหรับการเชื่อมโยงไปยังข้อมูลเพิ่มเติมซึ่งจะเป็นส่วนที่จะเป็นประโยชน์กับผู้เรียนเป็นอย่างมาก และงานวิจัย Junpeng et al. (2017) ที่ได้ทำการพัฒนาเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการประเมินผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ มีการรายงานผลเพื่อพัฒนาผู้เรียนแต่ยังเป็นการรายงานเพียงหนึ่งด้านของความสามารถทางคณิตศาสตร์ในหนึ่งสาระเท่านั้น โดยยังไม่ครอบคลุมทุกด้านและทุกสาระ ซึ่งแนวโน้มของการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ในอนาคต มีความจำเป็นต้องรายงานผลความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ง่ายต่อการนำไปใช้ในชั้นเรียนจริง รวมทั้งการรายงานในระดับชั้นเรียนและระดับสถานศึกษาควบคู่กันไปเพื่อให้เป็นการประเมินอย่างครบวงจร โดยมุ่งเน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบทันที ซึ่งการให้ข้อมูลป้อนกลับนั้นเป็นกระบวนการที่สำคัญและถือเป็นหัวใจสำคัญของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ เนื่องจาก การได้สารสนเทศเพื่อปรับปรุงการสอนระหว่างเรียน จะเป็นการประเมินที่มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอน (Krotha and Junpeng, 2018) ซึ่งในปัจจุบันที่เป็นยุคของการใช้เทคโนโลยี มีการนำแพลตฟอร์มดิจิทัลมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน การให้ข้อมูลป้อนกลับผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลจึงเป็นทางเลือกที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลเป็นการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง ส่งเสริมให้คนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองจากสื่อสังคมออนไลน์ (Boonprom, 2017) คนในยุคดิจิทัลจึงมีความสามารถในการสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้เพื่อตอบสนองความต้องการในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เห็นได้จากข้อมูลจำนวนมากจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่สามารถวิเคราะห์และประมวลออกมาเป็นความรู้ใหม่ และเผยแพร่ความรู้ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ได้อย่างไม่สิ้นสุด

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับได้อย่างทันทีทันที คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะออกแบบการรายงานผลการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Junpeng et al., 2020a) เลือกใช้ข้อสอบปรนัยจากทั้ง 3 สาระซึ่งอยู่ในชุดที่ 3 ชุดที่ 6 และชุดที่ 9 และทำการวินิจฉัยระดับความสามารถของผู้เรียนใน 2 มิติ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลตามโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MRCML) (Adams et al, 1997) และประยุกต์ใช้โมเดลเชิงโครงสร้าง (Construct Modeling) (Wilson, 2005) มาช่วยในการตีความการออกแบบการรายงานผลผู้เรียน ซึ่งแสดงค่าสารสนเทศต่าง ๆ รวมถึงพัฒนาการของนักเรียนที่สามารถพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้น สามารถตีความได้อย่างมีความหมายและนำไปสู่การวินิจฉัย ปรับปรุงพัฒนา นักเรียนได้อย่างชัดเจนและครอบคลุมยิ่งขึ้น

## ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนในการสร้างจุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ
2. เพื่อออกแบบการรายงานผลการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบเรียลไทม์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยการออกแบบ (Design Research; DR) (Wongwanit, 2020) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ 4 ระยะ คือ ระยะที่ 1 วิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียน ระยะที่ 2 ออกแบบการรายงานผลผู้เรียนเฉพาะบุคคลเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนแบบเรียลไทม์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล ระยะที่ 3 การนำเครื่องมือไปทดลองใช้กับนักเรียนเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ปรับปรุงและพัฒนาการรายงานผลผู้เรียนให้สมบูรณ์ ครอบคลุมยิ่งขึ้น และระยะที่ 4 นวัตกรรมใหม่และหลักการออกแบบการรายงานผลผู้เรียนเฉพาะบุคคลเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบเรียลไทม์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล แต่ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษานำร่องซึ่งจะนำเสนอ 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 วิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียน และระยะที่ 2 ออกแบบการรายงานผลการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

### ระยะที่ 1 วิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนจากการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

ทำการวิเคราะห์ผลการตอบของนักเรียนซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Junpeng et al., 2020a) มีรายละเอียดดังนี้

#### 1. กลุ่มผู้สอบ

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดผู้สอบซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Junpeng et al., 2020a) จำนวน 1,559 คน จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งหมด 23 โรงเรียน ของโรงเรียนใน 4 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ โดยการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างให้เพียงพอต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล MRCML และให้ครอบคลุมระดับความสามารถของนักเรียนตามแผนที่ภาวะสันนิษฐาน แทนที่จะคำนึงถึงความเป็นตัวแทนประชากรเพื่อสรุปอ้างอิงนัยทั่วไป (Demars, 2010) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 200 คน เพียงพอสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำและเกิดความแปรเปลี่ยนต่ำระหว่างกลุ่มผู้สอบและข้อสอบ (Sass et al., 2008) และเมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างขั้นต่ำเป็นระหว่าง 250-500 คน พบว่า ค่าพารามิเตอร์แม่นยำมากยิ่งขึ้น (Linacre, 1994; Wright & Stone, 1979) นอกจากนี้ยังพิจารณาจากขนาดโรงเรียน ผลการประเมินภาพรวมของโรงเรียนทั้งในระดับชาติและนานาชาติ และความพร้อมของโรงเรียนด้วย

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาจากโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ผ่านชุดเครื่องมือวินิจฉัยเรียกว่า “eMAT-Testing” (Junpeng et al., 2020a) ซึ่ง “eMAT-Testing” เป็นชุดเครื่องมือในระบบออนไลน์แบบเรียลไทม์ผ่าน Web Application แบบตอบสนองโต้ได้โดยตรง (interactive) รองรับระบบ iOS Android และ Window ซึ่งแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ตามมาตรฐานและตัวชี้วัดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใน 3 สาระหลักประกอบด้วย ข้อสอบชุดที่ 3 จำนวนและพีชคณิต จำนวน 10 สถานการณ์ รวมทั้งหมด 21 ข้อ ข้อสอบชุดที่ 6 การวัดและเรขาคณิต จำนวน 8 สถานการณ์ รวมทั้งหมด 20 ข้อ และข้อสอบชุดที่ 9 สถิติและความน่าจะเป็น จำนวน 10 สถานการณ์ รวมทั้งหมด 17 ข้อ


## 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาข้อมูลที่ใช้ประกอบการสร้างจุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาแผนที่โครงสร้างระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของโครงการการสร้างเครื่องมือวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการรายงานผลการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งทำการสร้างแผนที่โครงสร้างของระดับผลลัพธ์การเรียนรู้เพื่อใช้ในการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ 2 มิติ (Junpeng et al., 2020b) คือ (1) ด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (2) ด้านโครงสร้างความคิดรวบยอด โดยแต่ละมิติจะแบ่งระดับคุณลักษณะภายในที่มีลักษณะเป็นระดับและมีความเข้มข้นของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ลดหลั่นกันจากน้อยไปมาก รายละเอียดดังภาพ 1-2

5	การคิดเชิงกลยุทธ์/เชิงขยาย (Strategic/Extended Thinking)	แสดงวิธีการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างหลากหลายและเหมาะสม ขยายองค์ความรู้เดิมไปสู่องค์ความรู้ใหม่ได้
4	แนวคิดและทักษะขั้นพื้นฐาน (Simple Skills and Concept)	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้มากขึ้น ให้เหตุผลประกอบได้อย่างเหมาะสม แต่ยังไม่สมบูรณ์หรือถูกต้องเท่าที่ควร
3	การจำและระลึกได้ (Basic Memory and Reproduction)	สามารถเขียนอธิบายแนวคิดได้ แต่ยังไม่สามารถอธิบายออกมาในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้
2	ไม่มีความรู้พื้นฐาน (Unrecalled Memory)	ไม่สามารถนำความรู้พื้นฐานมาต่อยอดการแก้ปัญหา หรือสามารถหาคำตอบได้
1	ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง (Non-Response/Irrelevance)	ไม่ตอบ/ตอบผิด หรือตอบไม่เกี่ยวข้องกับคำถาม

ภาพ 1 แผนที่โครงสร้างและคำอธิบาย มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์

5	 <p>ขั้นขยายส่วนามธรรม (Extended Abstract Structure)</p>	นำความคิดรวบยอดมาเชื่อมโยงและสามารถสรุปอ้างอิงเป็นองค์ความรู้เชิงนามธรรมได้
4	<p>ความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง ความคิดรวบยอด/ชั้นโครงสร้างหลากหลาย (Relation structure/ Multistructure)</p>	แก้ปัญหาและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหาได้ แต่ยังไม่สามารถ สรุปเป็นองค์ความรู้เชิงนามธรรมได้
3	<p>ชั้นโครงสร้างเดี่ยว (Unistructure)</p>	แก้ปัญหาและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหาในแต่ละส่วนเข้ากันได้แต่ไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหาได้
2	<p>ขั้นก่อนโครงสร้าง (Pre-structure)</p>	ตอบคำถามในลักษณะเหมือนตัวอย่าง แต่เมื่อเพิ่มเงื่อนไขไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหาได้
1	<p>ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง (Non-Response/Irrelevance)</p>	ขาดทักษะการแปลความหมายของคำถาม/สถานการณ์ปัญหา ไม่สามารถสร้างหรือเชื่อมโยงความคิดรวบยอด

ภาพ 2 แผนที่โครงสร้างและคำอธิบาย มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด

จากภาพ 1 และภาพ 2 แผนที่โครงสร้างของระดับผลลัพธ์การเรียนรู้เพื่อใช้ในการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ 2 มิติ คือ (1) มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 5 ระดับ และ (2) มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด แบ่งเป็น 5 ระดับ

3.2 ศึกษาคุณภาพของข้อสอบรายข้อและทั้งฉบับของแบบทดสอบที่จะนำไปใช้ในการสร้างจุดเปลี่ยนผ่าน ซึ่งเป็นข้อมูลทฤษฎีจากโครงการฯ โดยมีรายละเอียดของคุณภาพดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลพบว่า สาระจำนวนและพีชคณิตมีค่าสถิติดีเวียนซ์ AIC และ BIC ของโมเดลการประเมินแบบพหุมิติมากกว่าโมเดลแบบเอกมิติรวม สารการวัดและเรขาคณิตและสาระสถิติและความน่าจะเป็น มีค่าสถิติดีเวียนซ์ AIC และ BIC ของโมเดลการประเมินแบบพหุมิติน้อยกว่าโมเดลแบบเอกมิติรวม เมื่อประเมินความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัด คือ โมเดลที่มีค่า AIC และ BIC น้อยที่สุดเป็นโมเดลที่สอดคล้องกลมกลืนกับผลการตอบข้อสอบมากที่สุด (Lin & Dayton, 1997) จากการเปรียบเทียบโมเดลแสดงว่า สาระจำนวนและพีชคณิตสามารถเลือกประเมินได้ว่าจะพิจารณาเป็นภาพรวมของความสามารถทางคณิตศาสตร์หรือแยกเป็นรายมิติ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการทราบสารสนเทศเพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขในรายด้านเพื่อให้เห็นจุดแข็งและจุดอ่อนที่ชัดเจน ดังนั้นโมเดลการวินิจฉัยแบบพหุมิติจึงมีความเหมาะสมมากกว่าโมเดลแบบเอกมิติรวม

2) ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างมิติของโมเดลการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด ในสาระจำนวนและพีชคณิตมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.78 ในสารการวัดและเรขาคณิตมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.89 ในสาระสถิติและความน่าจะเป็นมีความสัมพันธ์ เท่ากับ 0.89 แสดงว่า สหสัมพันธ์ระหว่างมิติในแต่ละสาระมีความสัมพันธ์กันสูง

3) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit) โดยพิจารณาค่า MNSQ ของข้อคำถามทั้งฉบับใน 3 สารระ จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลพหุมิติ พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อคำถามในแต่ละสารระ ค่า INFIT MNSQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.87–1.22 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ โดยควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.75 – 1.33 (Adam & Khoo, 1996; Wilson et al., 2006) แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และข้อสอบส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกลมกลืนกันของคำตอบข้อสอบแต่ละข้อกับข้อสอบข้ออื่น เพราะมีค่าผู้เข้าหา 1 โดยสามารถวัดได้สอดคล้องกับแผนที่โครงสร้างการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ จากหลักฐานดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่า ข้อคำถามทุกข้อมีคุณภาพโดยสามารถวัดได้สอดคล้องกับแผนที่โครงสร้างทั้งสองมิติ

4) หลักฐานความตรงที่มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์อื่น (Validity Evidence Based on Relations with Other Variables) (AERA, APA, & NCME, 2014) เมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยระดับความสามารถของนักเรียน ในมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอดกับ GPA วิชาคณิตศาสตร์ เช่น ในสาระจำนวนและพีชคณิต พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยระดับความสามารถ (Level\_MAP, Level\_SLO) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (GPA\_MATH) มีค่าเท่ากับ 0.48 และ 0.52 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีแนวโน้มความสัมพันธ์ทางบวกอยู่ในระดับปานกลางค่อนข้างสูง

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การให้คะแนนของผลลัพธ์การเรียนรู้ มีการกำหนดระดับคะแนนให้สอดคล้องกับแผนที่โครงสร้างของระดับผลลัพธ์การเรียนรู้ ซึ่งข้อสอบที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ผลการตอบเป็นข้อสอบปรนัย มีการให้คะแนนแบบสองค่าคือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

#### 4.2 การสร้างจุดเปลี่ยนผ่านของระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

1) วิเคราะห์โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติสัมประสิทธิ์การสุ่มแบบโลจิสต์ (MRCML) โดยใช้โปรแกรม ACER ConQuest Version 2.0 (Wu et al., 2007) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบแบบ MLE พร้อมนำเสนอเป็น Wright Map โดยด้านซ้ายมือนำเสนอค่าความสามารถของผู้เรียนแต่ละข้อ ส่วนด้านขวามือนำเสนอค่าระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แต่ละขั้นของการตอบ โดยนำเสนอแยกตามมิติ

2) ทำการกำหนดจุดเปลี่ยนผ่าน โดยนำค่าขั้นระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ (threshold) ในแต่ละขั้นของการตอบแบบเดียวกันรวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยในแต่ละมิติ ตัวอย่างเช่น นำค่าขั้นระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์จากระดับที่ 1 ไปยังระดับที่ 2 (Step 1) มารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดเป็นจุดเปลี่ยนผ่านในการแบ่งระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับที่ 1

3) แปลงคะแนนสเกลให้สามารถเปรียบเทียบกันเนื่องจากเมื่อพิจารณาการนำคะแนนระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แท้จริงนำเสนออาจยากต่อการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากไม่เป็นที่แพร่หลายใช้โดยทั่วไปในสถานการณ์ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปตีความและไปใช้ในทางปฏิบัติ Junpeng et al., 2018) ได้มีการคำนวณคะแนนความสามารถรายบุคคล โดยให้หาค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 สามารถเขียนเป็นสมการ คะแนนสเกล = 50 + 10(θ) เมื่อ θ แทนระดับความสามารถในแต่ละมิติ



## ระยะที่ 2 ออกแบบการรายงานผลการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยร่วมกับครูและวิศวกรคอมพิวเตอร์ ผู้เชี่ยวชาญในด้านการวัดและประเมินผล ผู้เชี่ยวชาญในด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อร่วมกันออกแบบการรายงานผลการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำผลการวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียนเพื่อสร้างจุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มาร่วมกันกำหนดแผนภาพระดับความสามารถในแต่ละมิติและแต่ละสาระ
- ร่วมกันออกแบบนวัตกรรมต้นแบบการรายงานผลผู้เรียน โดยอาศัยโมเดลเชิงโครงสร้าง (construct modelling) มาเป็นแนวทางในการพัฒนา เพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนแยกเป็นการนำเสนอรายงานรายบุคคลและภาพรวม

### ผลการวิจัย

#### 1. ผลการวิเคราะห์ผลการตอบของผู้เรียน เพื่อสร้างจุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์จากการวิเคราะห์ผลการตอบผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การออกแบบการรายงานผลผู้เรียนครอบคลุม 2 มิติ คือ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอดใน 3 สาระ คือ (1) จำนวนและพีชคณิต (2) การวัดและเรขาคณิต และ (3) สถิติและความน่าจะเป็น โดยแต่ละสาระมีความสามารถของนักเรียนในแต่ละมิติแบ่งได้ 5 ระดับ 4 จุดเปลี่ยนผ่านซึ่งจุดเปลี่ยนผ่านดังกล่าวสามารถนำไปสู่การกำหนดช่วงระดับความสามารถ คะแนนสเกล และคะแนนดิบเพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในแต่ละมิติ และนำไปสู่การออกแบบการรายงานผลรายบุคคล รายมิติได้ รายละเอียดปรากฏผลดังตาราง 1-3

ตาราง 1 เกณฑ์จุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ สาระจำนวนและพีชคณิต

มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์				มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด			
ระดับ	จุดเปลี่ยนผ่าน	ช่วงระดับความสามารถ ( $\theta$ )	ช่วงคะแนนดิบ	ระดับ	จุดเปลี่ยนผ่าน	ช่วงระดับความสามารถ ( $\theta$ )	ช่วงคะแนนดิบ
ระดับ 5 การคิดเชิงกลยุทธ์/ขยายการคิดนามธรรม	$\theta = 1.16$	สูงกว่า $\theta = 1.16$	8-11	ระดับ 5 ขั้นขยายสู่นามธรรม	$\theta = 2.28$	สูงกว่า $\theta = 2.28$	8-10
ระดับ 4 แนวคิดและทักษะขั้นพื้นฐาน	$\theta = 0.71$	$\theta = 0.71$ ถึง $\theta = 1.16$	7	ระดับ 4 ขั้นโครงสร้างหลากหลาย	$\theta = 0.98$	$\theta = 0.98$ ถึง $\theta = 2.28$	6-7
ระดับ 3 ความรู้ความจำ	$\theta = 0.13$	$\theta = -0.13$ ถึง $\theta = 0.70$	5-6	ระดับ 3 ขั้นโครงสร้างเดี่ยว	$\theta = 0.21$	$\theta = 0.21$ ถึง $\theta = 0.97$	4-5
ระดับที่ 2 ไม่มีความรู้พื้นฐาน	$\theta = -0.54$	$\theta = -0.54$ ถึง $\theta = 0.12$	4	ระดับ 2 ขั้นก่อนโครงสร้าง	$\theta = -0.19$	$\theta = -1.09$ ถึง $\theta = 0.20$	3
ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง		ต่ำกว่า $\theta = -0.54$	0-3	ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง		ต่ำกว่า $\theta = -1.09$	0-2

จากตาราง 1 พบว่า มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มี 4 จุดเปลี่ยนผ่าน จากระดับต่ำสุดคือ ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง ไปยังระดับสูงสุดคือ ระดับ 5 การคิดเชิงกลยุทธ์/ขยายการคิดนามธรรม เท่ากับ -0.54, 0.13, 0.17 และ 1.16 ตามลำดับ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด จากระดับต่ำสุดคือ ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง ไปยังระดับสูงสุด คือ ระดับ 5 ขันขยายสู่นามธรรม เท่ากับ -0.19, 0.21, 0.98 และ 2.28 ตามลำดับ ซึ่งจุดเปลี่ยนผ่านดังกล่าวสามารถนำไปสู่การกำหนดช่วงระดับความสามารถ คะแนนสเกล และคะแนนดิบเพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในแต่ละมิติของสาระ จำนวนและพีชคณิต

ตาราง 2 เกณฑ์จุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ สาระการวัดและเรขาคณิต

มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์				มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด			
ระดับ	จุดเปลี่ยนผ่าน	ช่วงระดับความสามารถ ( $\theta$ )	ช่วงคะแนนดิบ	ระดับ	จุดเปลี่ยนผ่าน	ช่วงระดับความสามารถ ( $\theta$ )	ช่วงคะแนนดิบ
ระดับ 5 การคิดเชิงกลยุทธ์/ขยายการคิดนามธรรม	$\theta = 0.83$	สูงกว่า $\theta = 0.83$	8-10	ระดับ 5 ขันขยายสู่นามธรรม	$\theta = 0.76$	สูงกว่า $\theta = 0.76$	8-10
ระดับที่ 4 แนวคิดและทักษะขั้นพื้นฐาน	$\theta = 0.42$	$\theta = 0.42$ ถึง $\theta = 0.83$	7	ระดับ 4 ขันโครงสร้างหลากหลาย	$\theta = 0.17$	$\theta = 0.17$ ถึง $\theta = 0.76$	7
ระดับ 3 ความรู้ความจำ	$\theta = -0.03$	$\theta = -0.03$ ถึง $\theta = 0.41$	4-6	ระดับ 3 ขันโครงสร้างเดี่ยว	$\theta = -0.51$	$\theta = -0.51$ ถึง $\theta = 0.16$	4-6
ระดับที่ 2 ไม่มีความรู้พื้นฐาน	$\theta = -1.00$	$\theta = -1.00$ ถึง $\theta = -0.04$	2-3	ระดับ 2 ขันก่อนโครงสร้าง	$\theta = -1.09$	$\theta = -1.09$ ถึง $\theta = -0.52$	2-3
ระดับที่ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่สนใจ		ต่ำกว่า $\theta = -1.00$	0-1	ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่สอดคล้อง		ต่ำกว่า $\theta = -1.09$	0-1

จากตาราง 2 พบว่า มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มี 4 จุดเปลี่ยนผ่าน จากระดับต่ำสุดคือ ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง ไปยังระดับสูงสุดคือ ระดับ 5 การคิดเชิงกลยุทธ์/ขยายการคิดนามธรรม เท่ากับ -1.00, -0.03, 0.42 และ 0.83 ตามลำดับ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด จากระดับต่ำสุดคือ ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง ไปยังระดับสูงสุด คือ ระดับ 5 ขันขยายสู่นามธรรม เท่ากับ -1.09, -0.51, 0.17 และ 0.76 ตามลำดับ ซึ่งจุดเปลี่ยนผ่านดังกล่าวสามารถนำไปสู่การกำหนดช่วงระดับความสามารถ คะแนนสเกล และคะแนนดิบเพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในแต่ละมิติของสาระการวัดและเรขาคณิต

ตาราง 3 เกณฑ์จุดเปลี่ยนผ่านระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ สาระสถิติและความน่าจะเป็น

มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์				มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด			
มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์	จุดเปลี่ยนผ่าน	ช่วงระดับความสามารถ ( $\theta$ )	ช่วงคะแนนดิบ	มิติโครงสร้างความคิดรวบยอด	จุดเปลี่ยนผ่าน	ช่วงระดับความสามารถ ( $\theta$ )	ช่วงคะแนนดิบ
ระดับที่ 5 การคิดเชิงกลยุทธ์/ขยายการคิดนามธรรม	$\theta = 0.63$	สูงกว่า $\theta = 0.63$	7-8	ระดับ 5 ชั้นขยายสู่นามธรรม	$\theta = 3.16$	สูงกว่า $\theta = 3.16$	7-9
ระดับที่ 4 แนวคิดและทักษะขั้นพื้นฐาน	$\theta = -0.33$	$\theta = -0.33$ ถึง $\theta = 0.63$	6	ระดับ 4 ชั้นโครงสร้างหลากหลาย	$\theta = 0.94$	$\theta = 0.94$ ถึง $\theta = 3.16$	5-6
ระดับ 3 ความรู้ความจำ	$\theta = -1.46$	$\theta = -1.46$ ถึง $\theta = -0.34$	4-5	ระดับ 3 ชั้นโครงสร้างเดี่ยว	$\theta = 0.16$	$\theta = 0.16$ ถึง $\theta = 0.93$	3-4
ระดับที่ 2 ไม่มีความรู้พื้นฐาน	$\theta = -2.85$	$\theta = -2.85$ ถึง $\theta = -1.47$	2-3	ระดับ 2 ชั้นก่อนโครงสร้าง	$\theta = -0.51$	$\theta = -0.51$ ถึง $\theta = 0.15$	1-2
ระดับที่ 1 ตอบไม่ตอบสนอง		ต่ำกว่า $\theta = -2.85$	0-1	ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่สอดคล้อง		ต่ำกว่า $\theta = -0.51$	0

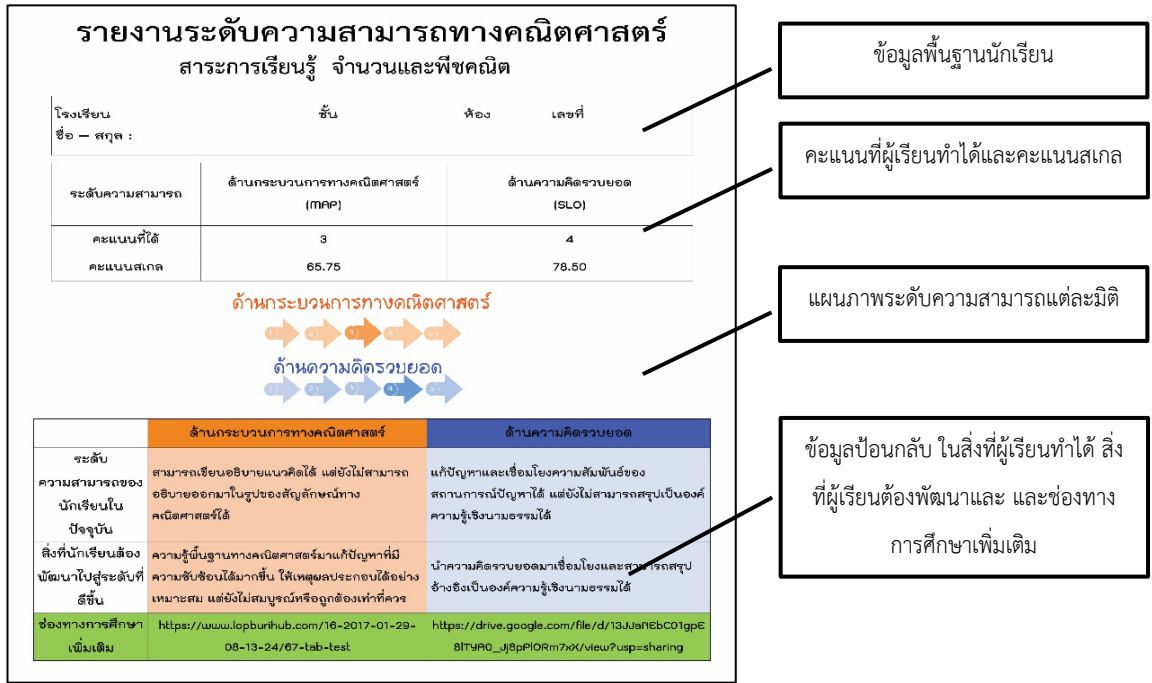
จากตาราง 3 พบว่า มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มี 4 จุดเปลี่ยนผ่าน จากระดับต่ำสุดคือ ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง ไปยังระดับสูงสุดคือ ระดับ 5 การคิดเชิงกลยุทธ์/ขยายการคิดนามธรรม เท่ากับ  $-2.85$ ,  $-1.46$ ,  $-0.33$  และ  $0.63$  ตามลำดับ และมิติโครงสร้างความคิดรวบยอด จากระดับต่ำสุดคือ ระดับ 1 ไม่ตอบ/ตอบไม่เกี่ยวข้อง ไปยังระดับสูงสุด คือ ระดับ 5 ชั้นขยายสู่นามธรรม เท่ากับ  $-0.51$ ,  $0.16$ ,  $0.94$  และ  $3.16$  ตามลำดับ ซึ่งจุดเปลี่ยนผ่านดังกล่าวสามารถนำไปสู่การกำหนดช่วงระดับความสามารถ คะแนนสเกล และคะแนนดิบเพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในแต่ละมิติของสาระสถิติและความน่าจะเป็น

## 2. ผลการออกแบบการรายงานผลผู้เรียนเฉพาะบุคคลเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

ผลการออกแบบการรายงานผลผู้เรียนเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (1) การรายงานรายบุคคลสำหรับผู้เรียนและผู้ปกครอง ซึ่งจะแสดงข้อมูลส่วนตัว คะแนนที่ผู้เรียนทำได้ คะแนนสเกลและให้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อบอกระดับความสามารถปัจจุบันของผู้เรียน สิ่งที่ผู้เรียนต้องพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้น และช่องทางการศึกษาเพิ่มเติม และ (2) การรายงานการสำหรับครู สถานศึกษาและเขตพื้นที่การศึกษา ซึ่งเป็นการรายงานผลผู้เรียนในภาพรวม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**2.1 การรายงานรายบุคคลสำหรับผู้เรียนและผู้ปกครอง** เป็นการรายงานผลเฉพาะบุคคล (individual report) โดยการรายงานในส่วนนี้ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือการรายงานรายสาระกับการรายงานทุกสาระของผู้เรียนแต่ละคนในแต่ละมิติ ดังนี้

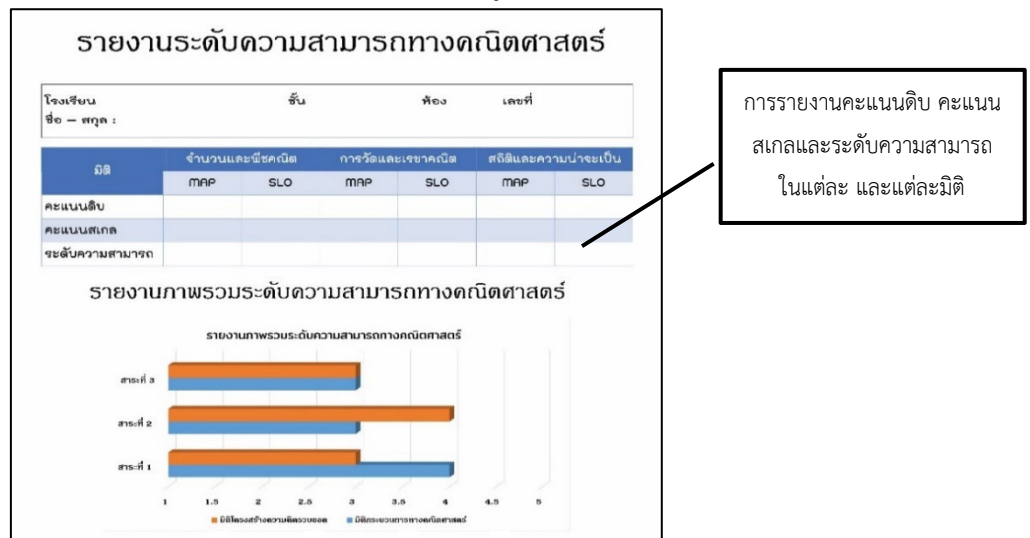
2.1.1 การรายงานรายสาระ ประกอบด้วย ลำดับ ชื่อโรงเรียน ชั้น ห้อง เลขที่ ชื่อ-นามสกุล ค่าระดับความสามารถและให้ข้อมูลป้อนกลับ ระดับความสามารถปัจจุบันของผู้เรียน สิ่งที่ผู้เรียนต้องพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้น และช่องทางการศึกษาเพิ่มเติม ปรากฏตัวอย่างดังภาพ 3



ภาพ 3 ตัวอย่างหน้าสำหรับรายงานรายบุคคล (Personalized Report) สำหรับผู้เรียนและผู้ปกครอง

จากภาพ 3 เป็นการรายงานระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ สารระจำนวนและพีชคณิต โดยใน ด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผู้เรียนทำได้ คะแนน อยู่ในระดับความสามารถที่ 3 และด้านโครงสร้าง ความคิดรวบยอดผู้เรียนทำได้ คะแนน อยู่ในระดับความสามารถที่ 4 ซึ่งจะมีความอธิบายในสิ่งที่ผู้เรียน สามารถทำได้และสิ่งที่ต้องพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้นพร้อมทั้งช่องทางการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นที่ผู้เรียนยัง บกพร่องหรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

2.1.2 การรายงานภาพรวมทุกสาระประกอบด้วย ลำดับ ชื่อโรงเรียน ชั้น ห้อง เลขที่ ชื่อ- นามสกุล เป็นการแสดงหน้าสำหรับรายงานรายบุคคล (Personalized Report) ทั้ง 3 สาระ สำหรับผู้เรียนและ ผู้ปกครองเพื่อให้เห็นภาพรวมของคะแนนและระดับความสามารถที่ผู้เรียนทำได้ ตัวอย่างปรากฏ ดังภาพ 4



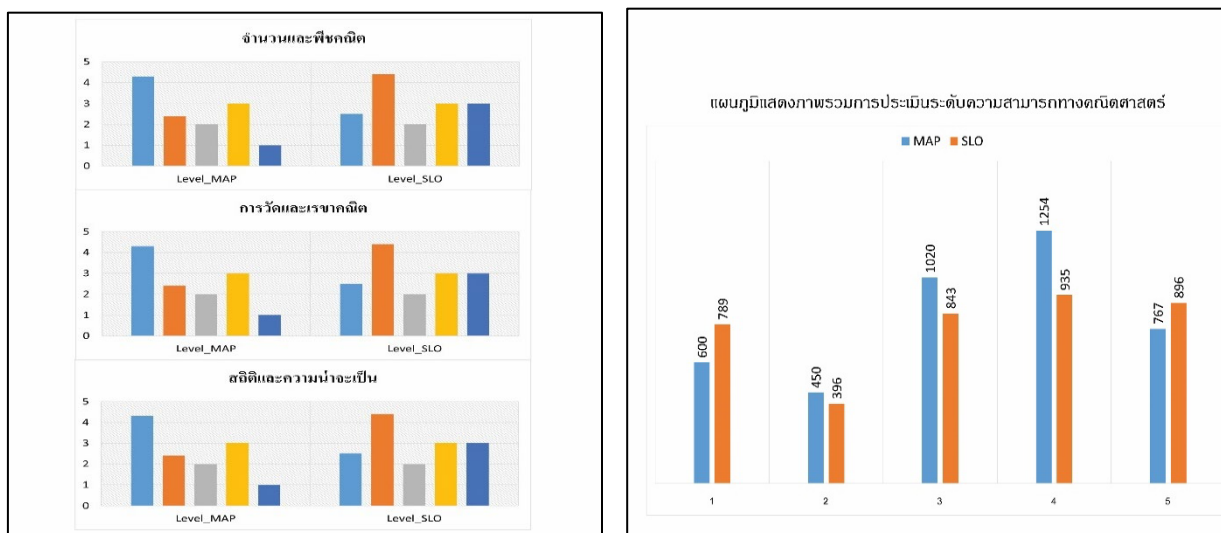
ภาพ 4 ตัวอย่างหน้าสำหรับรายงานรายบุคคล (Personalized Report) ทั้ง 3 สาระ

จากภาพ 4 แสดงตัวอย่างหน้าสำหรับรายงานรายบุคคล (personalized report) เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบครบทั้ง 3 สาระ โดยในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต ผู้เรียนมีความสามารถในด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ 4 และด้านโครงสร้างความคิดรวบยอดอยู่ในระดับที่ 3 และในสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น ผู้เรียนมีความสามารถในการด้านบวนการทางคณิตศาสตร์และโครงสร้างความคิดรวบยอดอยู่ในระดับที่ 3

2.2 การรายงานการสำหรับครู สถานศึกษาและเขตพื้นที่การศึกษาเป็นการรายงานผลในภาพรวม (overall report) ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแบบพหุมิติ ซึ่งการรายงานผลในส่วนนี้เป็นการแสดงผลสำหรับครู คีศึกษานิเทศก์ หรือผู้จัดการประเมิน ตัวอย่างปรากฏดังภาพที่ 5-6

โรงเรียน จังหวัด		ห้อง เขตพื้นที่				
เลขที่	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4	ระดับที่ 5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
รวม (คน)						

ภาพ 5 ตัวอย่างหน้าสำหรับรายงานรายบุคคลสำหรับครู



ภาพ 6 ตัวอย่างหน้ารายงานภาพรวม (group report)สำหรับครู สถานศึกษาและเขตพื้นที่การศึกษา

จากภาพ 5-6 แสดงตัวอย่างหน้าสำหรับรายงานระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ผู้เรียนสำหรับครู เพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมระดับความสามารถของผู้เรียนทั้งห้อง และตัวอย่างหน้ารายงานภาพรวมสำหรับครู สถานศึกษาและเขตพื้นที่ ซึ่งจะแสดงภาพรวมในรูปแบบแผนภูมิ เพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนการสอน หรือภาพรวมการจัดการศึกษา

## อภิปรายผล

จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าสามารถนำประเด็นมาอภิปรายได้หลายประเด็น ดังนี้

1. จากผลการสร้างจุดเปลี่ยนผ่านเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบการรายงานผลมีความถูกต้องและเหมาะสมกับบริบทจริง โดยพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของผลการประเมินระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์กับเกณฑ์สัมพันธ์อื่นที่เกี่ยวข้อง ในที่นี้พิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางและระดับสูง เช่น ในสาระจำนวนและพีชคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยระดับความสามารถในแต่ละมิติ (Level\_MAP, Level\_SLO) กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (GPA\_MATH) มีค่า  $r$  เท่ากับ 0.48 และ 0.52 ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GPA) วิชาคณิตศาสตร์สูง จะสามารถทำแบบทดสอบได้และมีผลการวินิจฉัยระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง ในขณะที่เดียวกันนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GPA) วิชาคณิตศาสตร์ต่ำลงมา ก็จะมีผลการวินิจฉัยระดับความสามารถในระดับที่ต่ำลงมาเช่นกัน ซึ่งผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าจุดเปลี่ยนผ่านที่สร้างขึ้นสามารถประเมินได้ตรงกับสภาพบริบทที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ออกแบบการรายงานในระยะต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ มาตรฐานการประเมินการวัดทางการศึกษาและจิตวิทยา (AERA, APA, & NCME, 2014) ในด้านหลักฐานความตรงที่มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์อื่น ที่กล่าวถึง ความสอดคล้องสัมพันธ์ของข้อมูลคะแนนคำตอบของผู้เรียนกับตัวแปรอื่น ๆ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Ngamsuntikul (2015) และ Radtanarodjanakul (2018) ที่สะท้อนให้เห็นว่าคะแนนความรู้หรือทักษะถ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับคะแนนความสามารถที่เกี่ยวข้องกับความรู้และทักษะนั้น จะสามารถสะท้อนให้เห็นว่าผลการประเมินที่ได้มีความสมเหตุสมผล

2. จากผลการออกแบบการรายงานผลในครั้งนี้ พบว่ามีจุดเด่นคือสามารถให้คำอธิบายได้อย่างรอบด้าน ทั้งการรายงานรายบุคคลสำหรับผู้เรียนและผู้ปกครอง ซึ่งจะแสดงข้อมูลส่วนตัว คะแนนที่ผู้เรียนทำได้ และการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อบอกระดับความสามารถปัจจุบันของผู้เรียน สิ่งที่คุณเรียนต้องพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้น และช่องทางการศึกษาเพิ่มเติม และการรายงานการสำหรับครู สถานศึกษาและเขตพื้นที่การศึกษา ซึ่งเป็นการรายงานผลผู้เรียนในภาพรวม แต่อย่างไรก็ตามในการเผยแพร่รายงานผลการวินิจฉัยจำเป็นต้องพิจารณาถึงสารสนเทศที่เหมาะสมของแต่ละผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ในบางข้อมูลอาจไม่เหมาะสมในการนำเสนอข้อมูลแก่ผู้เรียนและผู้ปกครอง เช่น ผลการเปรียบเทียบตนเองกับผู้อื่น เนื่องจากจำเป็นต้องคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวของผู้รับการวินิจฉัย รวมถึงการตีความผลการวินิจฉัย ควรนำเสนอสารสนเทศของตัวเลขเท่าที่จำเป็น และง่ายต่อการตีความสำหรับบุคคลทั่วไป ไม่เหมาะในการนำเสนอ เช่น ค่าพารามิเตอร์ระดับความสามารถ

ทางคณิตศาสตร์ ( $\theta_1, \theta_2$ ) แต่ควรนำเสนอเป็นค่าคะแนนสเกลแทน เนื่องจากเข้าใจสำหรับบุคคลทั่วไปและ คล้ายคลึงกับการประเมินในระดับนานาชาติ เช่น PISA และ TIMSS ซึ่งวัฒนธรรมของไทยจะคุ้นเคยลักษณะนี้ จึงเกิดประโยชน์เพื่อสื่อให้กับผู้เรียนและผู้ปกครองได้ง่ายขึ้น สอดคล้อง Junpeng et al. (2018) และ Junpeng et al. (2020b) ที่ได้เสนอแนะให้มีการคำนวณคะแนนความสามารถรายบุคคล โดยให้มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 สามารถเขียนเป็นสมการ คะแนนสเกล =  $50 + 10(\theta)$  หรือ คะแนนสเกลเท่ากับ  $500 + 100(\theta)$  เมื่อ  $\theta$  แทนระดับความสามารถในแต่ละมิติ

นอกจากนี้การออกแบบการรายงานผลผู้เรียนเฉพาะบุคคลเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทาง คณิตศาสตร์แบบเรียลไทม์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัลในครั้งนี้เลือกใช้แบบทดสอบจากโครงการฯ ในชุด ที่ 3, 6 และ 9 ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยที่สามารถวินิจฉัยได้แม่นยำ แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่ครอบคลุมในส่วนที่ แสดงเนื้อหาการสอน หรือรูปแบบการสอน และเป็นแบบทดสอบปรนัยอาจมีผลจากการเดาคำตอบของผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบผ่านระบบ ในสถานการณ์นอกชั้นเรียนที่ไม่สามารถควบคุมในประเด็นดังกล่าวได้ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในกรณีที่ครูให้ความสนใจกับการคิดขั้นสูงของผู้เรียน และผลการตอบของผู้เรียน ส่งผลกระทบต่อผู้เรียนถ้าไม่ได้รับการวินิจฉัยที่ถูกต้อง ซึ่งหากได้ผลการตอบของผู้เรียนจากการตอบข้อสอบ อัตนัย จะเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการติดตามพัฒนาการของผู้เรียนในการจัดการสอบครั้งต่อไปได้ สอดคล้องกับ Bureau of Educational Testing (2016) ที่กล่าวว่าแบบทดสอบอัตนัยที่มีคุณภาพจะช่วยวัดความสามารถ ของผู้เรียนในด้านการจัดระเบียบความคิดและการสังเคราะห์ความรู้ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีจึงเหมาะสำหรับการ วัดทักษะการคิดขั้นสูง นอกจากนี้ Ritjaroon (2014) ได้กล่าวถึงข้อดีของข้อสอบอัตนัยไว้ว่าสามารถวัด พฤติกรรมต่าง ๆ ได้ทุกด้าน โดยเฉพาะพฤติกรรมด้านการคิดขั้นสูง อีกทั้งผู้ตอบได้มีอิสระในการแสดง ความคิดเห็นหรือเจตคติของตนได้เต็มที่ และป้องกันการเดาได้ดี

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ครูและผู้เกี่ยวข้องสามารถนำแบบรายงานผลผู้เรียนเพื่อวินิจฉัยระดับความสามารถทาง คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการวินิจฉัยนักเรียนโดยการนำผลรวมของคะแนนดิบในแต่ละมิติที่ได้จากคำตอบของ นักเรียนไปเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้ทราบว่าผู้เรียนมีระดับความสามารถอยู่ในระดับใด มีความคลาดเคลื่อนอย่างไร และมีสิ่งใดที่ควรพัฒนาต่อไป ไปหาแนวทางการพัฒนานักเรียนให้อยู่ในระดับ ที่สูงขึ้น และมีความเข้าใจในระดับที่ถูกต้องได้มากขึ้น

1.2 ควรเลือกใช้สารสนเทศในการรายงานผลผู้เรียนให้ตรงกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

1.2.1 การรายงานสำหรับผู้เรียนและผู้ปกครองควรนำเสนอเป็นผลการประเมินค่าระดับ ความสามารถ และคะแนนสเกลมากกว่าค่าพารามิเตอร์ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ( $\theta_1, \theta_2$ ) โดยมุ่งเน้นไปที่การให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อบอกระดับความสามารถปัจจุบันของผู้เรียน สิ่งที่คุณเรียนต้องพัฒนา ไปสู่ระดับที่สูงขึ้น และช่องทางการศึกษาเพิ่มเติม

1.2.2 การรายงานสำหรับครู สถานศึกษาและเขตพื้นที่การศึกษา ควรนำเสนอให้เห็นภาพรวมของการวินิจฉัย ไม่จำเป็นต้องแสดงการเสนอแนะรายบุคคล อาจนำเสนอในรูปแบบตาราง กราฟหรือข้อมูลที่จะนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการจัดการศึกษาต่อไป

## 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยที่พัฒนากับข้อสอบปรนัย เนื่องจากเป็นแบบทดสอบปรนัยสามารถวินิจฉัยได้แม่นยำ แต่มีข้อจำกัดคืออาจมีผลจากการเดาคำตอบของผู้เรียน ในการวิจัยครั้งต่อไปควรพัฒนาเพื่อรายงานระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ในข้อสอบแบบผสมและแบบอัตนัย เพื่อให้เห็นกระบวนการแก้ปัญหาของผู้เรียน ซึ่งจะเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการติดตามพัฒนาการของผู้เรียนต่อไป

2.2 การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นออกแบบและพัฒนาการรายงานระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ แต่ยังไม่ครอบคลุมในส่วนที่แสดงเนื้อหาการสอน หรือรูปแบบการสอน ในการวิจัยครั้งต่อไปเสนอแนะให้พัฒนาต่อยอดให้ครอบคลุมเป็นระบบที่สามารถจัดการเรียนการสอน และวัดประเมินผลผู้เรียนได้อย่างครอบคลุม หรือที่เรียกว่าระบบการสอนทบทวนแบบอัจฉริยะ (Intelligent Tutoring Systems : ITS)

## References

- Adams, R. J., & Khoo, S.T. (1996). *Quest: The interactive test analysis system*. 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
- AERA, APA, & NCME. (2014). *Standards for Educational and Psychological Testing*. (6th ed.). American Educational Research Association.
- DeMars, C. (2010). *Item Response Theory: Understanding Statistics Measurement*. Oxford University Press.
- Junpeng, P., Inprasitha, M., & Wilson, M. (2018). Modeling of the open-ended items for assessing multiple proficiencies in mathematical problem solving. *The Turkish Online Journal of Educational Technology, 2*(Special Issue for INTE-ITICAM-IDEC), 142–149.
- Junpeng, P., Marwiang, M., Chaijunthuk, S., Suwannatrai, P., Chanayota, K., Pongboriboon, K., Tang, K. N., Wilson, M. (2020b). Validation of a digital tool for diagnosing mathematical proficiency. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE), 9*(3), 665-674.
- Lin, T. H. & Dayton, C. M. (1997). Model-selection information criteria for nonnested latent class models. *Journal of Educational and Behavioral Statistics, 22*, 249-264.
- Linacre, J. M. (1994). *Sample size and item calibration [or person measure] stability*. *Rasch Measurement Transactions, 7*(4), 328.



- OECD. (2019). *OECD learning compass 2030*. OECD Publishing.  
<http://www.oecd.org/education/2030-project>
- Sass D. A., Schmitt T. A., & Walker C. M. (2008). Estimating non-normal latent trait distributions with item response theory using true and estimated item parameters. *Applied Measurement in Education*, 21, 65-88.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Rout ledge.
- Wilson, M., Allen, D. D., & Li. J.C. (2006). Improving Measurement in Health Education and Health Behavioral Research using Item Response Modeling: Comparison with the Classical Test Theory Approach. *Health Educ. Res.*, 21, 19-32.
- Wright, B. D., & Stone, M. H. (1979). *Best Test Design: Rasch Measurement*. Mesa Press.
- Wu, M. L., Adams, R. J., & Wilson, M. R. (2007). *ACER Conquest: Generalized item response modelling software*. ACER Press. [https://works.bepress.com/ray\\_adams/25/](https://works.bepress.com/ray_adams/25/)
- Zapata-Rivera and Irvin R. Katz. (2014). Applying audience analysis to the design of interactive score reports. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 21(4), 442-463, <http://dx.doi.org/10.1080/0969594X.2014.936357>

### Translate Thai References

- Boonprom, R. (2017). Digital Learning Platform: Learning Trends in the Digital Era. *Journal of BMA Training and Development*, 84-89.  
[http://www.etrainingbma.net/Panyapat/Panyapat39\\_1/Content10.pdf](http://www.etrainingbma.net/Panyapat/Panyapat39_1/Content10.pdf). (in Thai)
- Bureau of Educational Testing. (2016). *Handbook for the development of teacher and supervisors potential in creating of essay Test Based on International Testing. (Revised version 2016)*. Bureau of Educational Testing, Office of the Basic Education Commission, Ministry of Education. (in Thai)
- Junpeng, P., Marwiang, M., Chinjunthuk, S., Suwannatrai, P., Krotha, J., Chanayota, K., Tawarungruang, C., Thuanman, J., Tang K. N., & Wilson M. (2020a). *Developing Students' Mathematical Proficiency Level Diagnostic Tools through Information Technology in Assessment for Learning Report*. The Thailand Research Fund and Khon Kaen University. (in Thai)
- Junpeng, P., Wilson, M., Marwiang, M., Krotha, J., & Chanayota, K. (2017). *Design and development of information technology in reporting assessment results for learning based on mathematical proficiency in learners*. Faculty of Education, Khon Kaen University. (in Thai)

- Krotha, J. & Junpeng, P. (2018). Assessing Student's Multidimensional Mathematical Proficiency Level Through Information Technology in Assessment for Learning Report. In Junpeng P. (Eds.), *Documents for academic seminars the 26th Thailand Measuring, Evaluation and Research Relationship*, 181-198. (in Thai)
- Ngamsuntikul, R. (2015). A Prediction of Learning Achievement of Department of Mathematics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University Students Admitted through Direct Examination. *J. Res. Unit Sci. Technol. Environ. Learning*, 6(2), 127 – 140.  
<http://doi.org/10.14456/jstel.2015.11> (in Thai)
- Phonapichat, P. (2013). *Development of a manual for constructing mathematical problem solving diagnostic test for primary school teacher by using item model and attribute hierarchy methods*. [Doctor of Education Thesis in Educational]. Chulalongkorn University. <http://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/42995/1/5484221027.pdf> (in Thai)
- Radtanarodjanakul, A. (2018). Relationship between High School Grade Point Achievement and Admission Score and 1 - 3 year Achievement of Medical Students in Faculty of Medicine Mahasarakham University. *Sarakham Journal*, 9(1), 141-152.  
[http://www.journal.msu.ac.th/upload/articles/article2146\\_34897.pdf](http://www.journal.msu.ac.th/upload/articles/article2146_34897.pdf) (in Thai)
- Ritjaroon, P. (2014). *Principles of measurement and evaluation of education* (7th ed.). House of kermyst. (in Thai)
- The institute for the promotion of teaching science and technology (IPST). (2017). *Handbook for using the mathematics curriculum (Revised 2017) based on the basic education core curriculum B.E. 2551 for primary education, lower secondary education and upper secondary education*. <http://www.ipst.ac.th>. (in Thai)
- Wongwanit, S. (2020). *Design Research in Education* (1st ed.). Chulalongkorn University. (in Thai)