

การพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

Development of automatic item generation program in mathematics for grade nine level

สุขุมารณ์ จันทนา ¹ ปิยะทิพย์ ประดุงพรหม ²

Sukumarporn Jantana ¹ Piyathip Pradujprom ²

¹ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการวัดและเทคโนโลยีทางวิทยาการปัญญา

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

Master degree of Measurement and Technology in Cognitive Science

College of Research and Methodology in Cognitive Science, Burapha University

Corresponding author, E-mail: zisuka_caki@hotmail.com

² อาจารย์ ดร. ประจำวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

College of Research and Methodology in Cognitive Science, Burapha University

Corresponding author, E-mail: piyati10@hotmail.com

Received: November 20, 2019; Revised: June 14, 2020; Accepted: July 15, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างโมเดลข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ 2) เพื่อพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ และ 3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่พัฒนาจากโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งมีวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การสร้างโมเดลข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) การพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 3) การหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ข้อสอบ O-NET ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2561 โดยให้นักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนอรุณประเทศ จังหวัดสระแก้ว สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 7 จำนวน 105 คน ทำแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสมมติฐานสหสัมพันธ์เพียร์สัน ผลการวิจัยปรากฏว่า

1. ได้โมเดลข้อสอบต้นแบบวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 50 ข้อ ประกอบด้วย 5 สารการเรียนรู้แกนกลางวิชาคณิตศาสตร์ ได้แก่ สารที่ 1 จำนวนและการดำเนินการมีข้อสอบ จำนวน 16 ข้อ สารที่ 2 การวัดมีข้อสอบ จำนวน 10 ข้อ สารที่ 3 เรขาคณิตมีข้อสอบ จำนวน 9 ข้อ สารที่ 4 พีชคณิตมีข้อสอบ จำนวน 10 ข้อ และสารที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นมีข้อสอบ จำนวน 5 ข้อ

2. โปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ทางเว็บไซต์ www.aigmath.com โปรแกรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากเป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญ และมีระดับความคิดเห็นจากครูผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการสอบจากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงกับผลการสอบจากแบบทดสอบต้นแบบ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน เท่ากับ .92 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ : การสร้างข้อสอบอัตโนมัติ โมเดลข้อสอบ วิชาคณิตศาสตร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์

Abstract

The purposes of this research were 1) to create a mathematics item model, 2) to develop an Automatic Item Generation program for Grade 9 mathematics, and 3) to study the relation between the test results obtained from the prototype test and those collected from the Automatic Item Generation program. The research was divided into three phases as follows: 1) Modeling Grade 9 mathematics items. 2) Developing an Automatic Item Generation program for Grade 9 mathematics. 3) Finding the relation between the test results obtained from the prototype test and from the Automatic Item Generation program by using the Grade 9 O-NET Mathematics exam from the academic year 2012-2018. The sample involved 105 Grade 9 students who studied in the second semester of the academic year 2019 at the Aranyaprathet school, Sakaew Province, under the Office of Secondary Educational Service Area 7. Data were analyzed with Pearson correlation. The results were as follows:

1. Fifty items modeling the math exam prototype consisted of five core courses: the 1st learning area consisted of 16 items of number and operation, the 2nd learning area consisted of 10 items of measurement, the 3rd learning area consisted of 10 items of Geometry, the 4th learning area consisted of 10 items of algebra, and the 5th learning area consisted of 5 items of data analysis and probability.

2. The Developed Automatic Item Generation program of Grade 9 mathematics was developed for use on a website (www.aigmath.com). It was judged highly suitable by experts, and regarded to be at the highest level by teachers.

3. The items generated by the developed computer program were found to correlate positively with the prototype test, $r = .92$, significant at .01 level.

Keywords : Automatic Item Generation: AIG, Item Model, Mathematics, Computer Software

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 1)

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทศ. และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน หรือ สพฐ. โดย สทศ.ดำเนินการจัดการทดสอบที่เรียกว่า “การทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินักเรียนขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบทดสอบเติมคำ (Completion Test) และแบบทดสอบปรนัย (Objective Test) ประเภทเลือกตอบชนิดหลายตัวเลือก เป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผลความสามารถทางคณิตศาสตร์จากผลการทดสอบระดับชาติ (O-NET) ปีการศึกษา 2561 พบว่า คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ ระดับโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 30.28 ระดับประเทศรวมทุกสังกัด มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 30.04 ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นต่ำ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) สทศ., 2562, หน้า 1) สอดคล้องกับผลการประเมินการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินักเรียนขั้นพื้นฐาน ที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นต่ำ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, หน้า 5)

ข้อสอบที่เลือกจากคลังข้อสอบที่สร้างขึ้นในรูปแบบคลังข้อสอบ (Item Bank) จำเป็นต้องมีการออกแบบข้อสอบให้มีความหลากหลายและครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัด (โสฬส สุขานนท์สวัสดิ์, เสรี ชัดแจ้ง และกฤษณะ ชินสาร, 2555), หน้า 73) กระบวนการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบจึงถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญ การใช้โปรแกรม JEMS (Just Easy Measurement and Statistics) ส่งผลให้กระบวนการวิเคราะห์ข้อสอบทำได้ง่าย มีความถูกต้อง และภายในเวลาอันรวดเร็ว (สมกิจ กิจพูนวงศ์, 2556, หน้า 20) รูปแบบข้อสอบที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย คือ ข้อสอบประเภทเลือกคำตอบชนิดหลายตัวเลือก ผู้สร้างข้อสอบต้องเขียนตัวเลือกไม่น้อยกว่า 3 ตัวเลือกในแต่ละข้อ ผู้สร้างข้อสอบจึงต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สร้างข้อสอบเป็นอย่างดี อีกทั้งต้องมีความรู้ ความเข้าใจและความชำนาญในการเขียนข้อสอบ รวมทั้งต้องมีทักษะในการใช้ภาษาอีกด้วย จึงจะทำให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ข้อสอบรูปแบบนี้สร้างยาก ใช้เวลาในการสร้างข้อสอบมาก เมื่อเทียบกับการสร้างข้อสอบอื่นๆ อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ ในการสร้างข้อสอบ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, หน้า 196)

ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในการพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียน เช่น การทำสื่อการสอน วิดีทัศน์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล จากโปรแกรม Camtasia Studio ให้นักเรียนใช้เรียนเสริม ด้วยการนำเนื้อหาที่สอดคล้องและครอบคลุมกับผลการเรียนรู้ รูปแบบโปรแกรมจะมีตัวอย่างและข้อคำถามทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้และทักษะมากขึ้น (กมลชนก ภาควงมณี, 2561, หน้า 54) ในการสร้างข้อสอบ โดยการสร้างโมเดลข้อสอบ (Item Model) ที่มีคุณภาพขึ้นมา แล้วเขียน

โปรแกรมให้คอมพิวเตอร์สร้างข้อสอบตามโมเดลข้อสอบเหล่านั้น โดยการวิเคราะห์ส่วนคงที่และความแปรเปลี่ยนของข้อสอบในโมเดลข้อสอบ วิธีการนี้ เรียกว่า การสร้างข้อสอบอัตโนมัติ (Automatic Item Generation: AIG) ซึ่งเพิ่มความสะดวกและความรวดเร็วในการสร้างข้อสอบได้อย่างมาก (Gierl & Haladyna, 2013) การสร้างข้อสอบอัตโนมัติเป็นทางเลือกสำหรับการสร้างข้อสอบจำนวนมาก ที่บูรณาการองค์ความรู้จากการสร้างโมเดลของข้อสอบด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ในการสร้างคำถามแบบหลายตัวเลือก การอธิบายและตรวจสอบวิธีการสร้างตัวลวงที่น่าเชื่อถือ การสร้างข้อสอบอัตโนมัติแสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการสร้างข้อสอบที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตข้อสอบมาตรฐาน การทดสอบที่ผ่านมามีความต้องการพัฒนาข้อสอบในปริมาณที่มาก เพื่อให้ง่ายต่อการประเมินความรู้นักเรียนอย่างต่อเนื่อง กระบวนการพัฒนาข้อสอบแบบดั้งเดิมใช้เวลานาน สิ้นเปลืองเวลา และทรัพยากรมาก โดยคุณภาพของข้อสอบที่สร้างขึ้นต้องผ่านการตรวจสอบเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ (Pugh, Champlain, Gierl, Lai, & Touchie, 2016)

จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐานด้านความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในมาตรฐานขั้นต่ำ ผู้วิจัยเห็นถึงประโยชน์และความจำเป็นของการออกแบบข้อสอบให้มีความสอดคล้องและครอบคลุมกับผลการเรียนรู้ การพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยยึดหลักการพัฒนาโมเดลข้อสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างข้อสอบ (Gierl, Zhou, and Alves, 2008) รวมทั้งแนวคิดในการสร้างข้อสอบอัตโนมัติของ Gierl and Haladyna (2013) จึงเป็นประโยชน์ต่อการวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ และเป็นการช่วยลดภาระงานของครูในการสร้างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ อำนวยความสะดวกในการเลือกใช้ข้อสอบจากคลังข้อสอบที่มีคุณภาพจำนวนมาก อีกทั้งช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะที่หลากหลายควบคู่กับการเรียนส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น หากนักเรียนได้รับการฝึกฝนทักษะการคำนวณเป็นประจำ นักเรียนอาจจะมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น (วัฒนาวิทย์ อัครเดชสุธา, 2556, หน้า 72) มีความรู้ความเข้าใจสามารถนำความรู้ที่ได้เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาระดับสูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโมเดลข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่พัฒนาจากโปรแกรมสำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

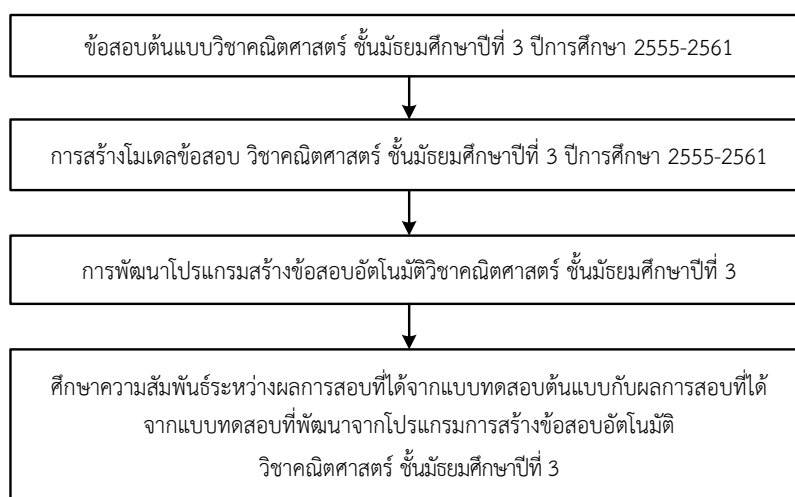
สมมติฐานของการวิจัย

การสร้างข้อสอบอัตโนมัติสามารถช่วยสร้างข้อสอบได้จำนวนมากจากโมเดลข้อสอบต้นแบบ ซึ่งแบบทดสอบต้นแบบและแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจะมีเนื้อหาที่ใกล้เคียง แตกต่างกันเพียงรายละเอียดของข้อมูลบางส่วน ดังนั้น ผู้รับการทดสอบที่ได้คะแนนจากแบบทดสอบต้นแบบที่สูง น่าจะได้คะแนนจากแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สูงด้วย ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อ 3 ดังนี้

ผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่พัฒนาจากโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการรวบรวมข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2561 มากำหนดเพื่อสร้างโมเดลข้อสอบ (Item Model) จากข้อสอบต้นแบบ (Parent Item) ข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2555-2561 นำมาใช้ในการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ (Gierl & Haladyna, 2013) จากนั้นพัฒนาโมเดลข้อสอบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างข้อสอบ (Gierl et al., 2008) ผสานกับแนวคิดของวงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC) (Singh, Thakur, & Chaudhary, 2015; อรยา ปรีชาพานิช, 2557) สู่การพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ ดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย เรื่องการพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างโมเดลข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2561 มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวมข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2561 จำนวน 163 ข้อ มาจำแนกตามสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์ ทั้ง 5 สาระ ดังนี้ 1) สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการมีข้อสอบ จำนวน 54 ข้อ 2) สาระที่ 2 การวัดมีข้อสอบ จำนวน 31 ข้อ 3) สาระที่ 3 เรขาคณิตมีข้อสอบ จำนวน 36 ข้อ 4) สาระที่ 4 พีชคณิตมีข้อสอบ จำนวน 23 ข้อ และ 5) สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นมีข้อสอบ จำนวน 19 ข้อ

2. การสร้างโมเดลข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กำหนดตามโครงสร้างโมเดลข้อสอบ จำนวน 10 รูปแบบ จากการจับคู่ระหว่างโจทย์และตัวเลือก มาวิเคราะห์และกำหนดข้อมูลที่เหมาะสม โดยแบ่งรายละเอียดเป็น 5 ส่วน คือ 1) โจทย์ (Stem) 2) ส่วนประกอบ (Elements)

3) ตัวเลือก (Options) 4) ข้อมูลเสริม (Auxiliary Information) และ 5) เฉลย (Key) แล้วตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบแต่ละข้อในการสร้างเป็นโมเดลข้อสอบ โดยพิจารณาทีละข้อ ว่าสอดคล้องกับทฤษฎีหรือเนื้อหา เน้นที่ระดับความเห็นด้วยของผู้เชี่ยวชาญต่อเนื้อหาของข้อสอบทั้งข้อคำถาม ตัวเลือก และเฉลยคำตอบที่ถูกต้อง โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ต้องมีความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์หรือการวัดผล มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 10 ปี มีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโท จำนวน 2 คน และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน แล้วหาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (CVI) ไม่ต่ำกว่า .90 (Polit, Beck, & Owen, 2007, p. 467) ได้ค่าความตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

3. นำข้อสอบต้นแบบมาสร้างเป็นโมเดลข้อสอบ จำนวน 50 ข้อ เพื่อนำข้อสอบไปพัฒนาโปรแกรมสำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ระยะที่ 2 การพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. ศึกษาแนวคิดสำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ และวงจรการพัฒนาระบบ เพื่อออกแบบโปรแกรม
2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ตามแนวคิดของวงจรการพัฒนาระบบ โดยใช้แบบจำลองน้ำตก (Waterfall Model) แล้วจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบอัตโนมัติ เมื่อทดสอบปรับปรุงจุดบกพร่อง และแก้ไขการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรียบร้อยแล้ว จึงจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรม เพื่อเป็นแนวทางการนำไปใช้จริง

3. การประเมินผลการพัฒนาโปรแกรม โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญต้องมีความรู้ทางด้านการวัดผลการศึกษา ด้านการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และมีประสบการณ์ด้านนี้ไม่น้อยกว่า 10 ปี และมีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโท ใน 4 ด้าน คือ 1) ด้านความถูกต้องในการใช้งาน 2) ด้านความสะดวกในการใช้โปรแกรม 3) ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม และ 4) ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม ซึ่งลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ และให้ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จำนวน 30 คน ประเมิน 3 ด้าน คือ 1) ด้านความสะดวกในการใช้โปรแกรม 2) ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม และ 3) ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ระยะที่ 3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1. นำแบบทดสอบต้นแบบฉบับ A และแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากการพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ฉบับ B ให้กลุ่มเป้าหมายทำแบบทดสอบ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนอรุณประเทศ จังหวัดสระแก้ว สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 7 จำนวน 105 คน

2. นำผลการสอบทั้งสองชุดมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's Correlation Coefficient) พิจารณาผลของแบบทดสอบต้นแบบ และแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมที่พัฒนามีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด ซึ่งแสดงให้เห็น 3 ลักษณะ คือ 1) สหสัมพันธ์ทางบวก (Positive Correlations) 2) สหสัมพันธ์ทางลบ (Negative Correlations) และ 3) สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (Zero Correlations)

3. รายงานผลการศึกษาความสัมพันธ์ และสรุปสมมติฐาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบต้นแบบ เป็นข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2555-2561 ซึ่งได้มาจากสถาบันการทดสอบแห่งชาติ (องค์การมหาชน) จำนวน 50 ข้อ แทนด้วยฉบับ A แบ่งเป็นจำนวน 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่ข้อ 1-25 และชุดที่ 2 ตั้งแต่ข้อ 26-50
2. แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากการพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แทนด้วยฉบับ B แบ่งเป็นจำนวน 2 ชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่ข้อ 1-25 และชุดที่ 2 ตั้งแต่ข้อ 26-50

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล แล้วดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำผลการสอบจากแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient) ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

ผลการสร้างโมเดลข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยรวบรวมข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2561 จำนวน 163 ข้อ นำมาสร้างโมเดลข้อสอบ มีการกำหนดรายละเอียดในส่วนต่างๆ 5 ส่วน ดังนี้ 1) โจทย์ โดยมีการนำข้อความโจทย์มาวิเคราะห์เพื่อกำหนดส่วนคงที่และส่วนแปรผัน โดยในส่วนของข้อมูลที่แปรผันนั้น สามารถเป็นได้ทั้งข้อความ ตัวเลข และรูปภาพ 2) ส่วนประกอบ จะเป็นส่วนที่ต้องกำหนดรายละเอียด ข้อจำกัด ขอบเขตค่าของตัวเลขหรือข้อความที่กำหนดให้ใช้ได้ โจทย์ รวมไปถึงเงื่อนไขการดำเนินการต่างๆ ของข้อมูลในโจทย์ 3) ตัวเลือก โดยในแต่ละโมเดลจะมี 4 ตัวเลือก มีการกำหนดเป็นข้อความ ตัวเลข รูปภาพ หรือเป็นเงื่อนไขการดำเนินการต่างๆ ของข้อมูลในโจทย์ 4) ข้อมูลเสริม เป็นรูปภาพ ซึ่งอาจมีในบางโมเดล และ 5) เฉลย เป็นคำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบข้อนั้นๆ ซึ่งคำตอบจะมีการสลับกันไปในแต่ละข้อของข้อสอบที่ถูกรวบรวมจากโมเดลเดียวกัน จากหลักการดังกล่าวข้างต้น เมื่อนำข้อสอบมาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบที่นำมาสร้างเป็นโมเดลข้อสอบและรูปแบบโมเดลข้อสอบของ Gierl et al. (2008) ได้โมเดลข้อสอบต้นแบบวิชาคณิตศาสตร์ 5 สารการเรียนรู้แกนกลางวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 50 โมเดล ดังนี้ สารที่ 1 จำนวนและการดำเนินการมีข้อสอบ จำนวน 16 ข้อ สารที่ 2 การวัดมีข้อสอบ จำนวน 10 ข้อ สารที่ 3 เรขาคณิตมีข้อสอบ จำนวน 9 ข้อ สารที่ 4 พีชคณิตมีข้อสอบ จำนวน 10 ข้อ และสารที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นมีข้อสอบ จำนวน 5 ข้อ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา ของแบบประเมินโครงสร้างโมเดลข้อสอบต้นแบบสำหรับการพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งใช้มาตรวจวัดตามองค์ประกอบโมเดลข้อสอบ ตามรูปแบบของโจทย์ และตัวเลือกลักษณะต่างๆ ในโมเดลข้อสอบปรากฏว่า อยู่ในระดับสอดคล้องมาก สามารถนำมาใช้เป็นโมเดลข้อสอบ เพื่อนำข้อสอบไปพัฒนาโปรแกรมสำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยจะยกตัวอย่างโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้นจากข้อสอบต้นแบบที่สอดคล้องกับแต่ละสารการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์ และตามโครงสร้างโมเดลข้อสอบต้นแบบ สำหรับการพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รายละเอียดดังตารางที่ 1

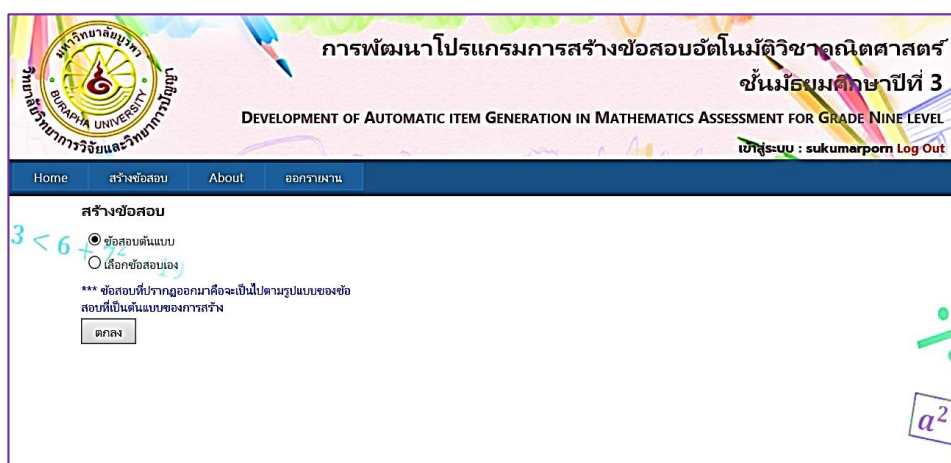
ตารางที่ 1 ตัวอย่างโมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้นจากข้อสอบต้นแบบที่สอดคล้องกับแต่ละสาระการเรียนรู้แกนกลางคณิตศาสตร์ และตามโครงสร้างโมเดลข้อสอบต้นแบบ สำหรับการพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สาระที่ 2 การวัด	โมเดลข้อสอบที่สร้างขึ้น
ข้อสอบต้นแบบข้อที่ 17. ปริซึมฐานรูปสามเหลี่ยมอันหนึ่ง โดยรูปสามเหลี่ยมมีฐานยาว 4 เซนติเมตร และ สูง 6 เซนติเมตร ถ้าปริซึมแท่งนี้ยาว 8 เซนติเมตร จะมีปริมาตรเท่าไร	Stem ปริซึมฐานรูปสามเหลี่ยมอันหนึ่ง โดยรูปสามเหลี่ยมมีฐานยาว (I1) เซนติเมตร และ สูง (I2) เซนติเมตร ถ้าปริซึมแท่งนี้ยาว (I3) เซนติเมตร จะมีปริมาตรเท่าไร
1. 72 ลูกบาศก์เซนติเมตร	Elements
2. 96 ลูกบาศก์เซนติเมตร	I1 = Value Range สุ่มเลข 3-10
3. 144 ลูกบาศก์เซนติเมตร	I2 = Value Range (สุ่มเลข I1 + I2) ถึง 20
4. 192 ลูกบาศก์เซนติเมตร	I3 = Value Range (สุ่มเลข I2 + 2) ถึง 30
Model 5	คำตอบ ANS = $\left(\frac{1}{2} \times I1 \times I2\right) \times I3$
โจทย์ รูปแบบไม่อิสระ มีจำนวน	Options
ส่วนประกอบ 2 ส่วน แต่ละ	1. $\left(\left(\frac{1}{2} \times I1 \times I2\right) \times I3\right) \times 2$
ส่วนประกอบมีการเชื่อมโยงกับ	2. $\left(\frac{1}{2} \times I1 \times I2\right) \times I3$
ส่วนประกอบ	3. $\left(\left(\frac{1}{2} \times I1 \times I2\right) \times I3\right) - \left[\left(\left(\frac{1}{2} \times I1 \times I2\right) \times I3\right) / 2\right] / 2$
	4. $\left(\frac{1}{2} \times I1 \times I2\right) \times I3 + 6$
	Auxiliary Information
	-Key
	ข้อ 2 สลับคำตอบ

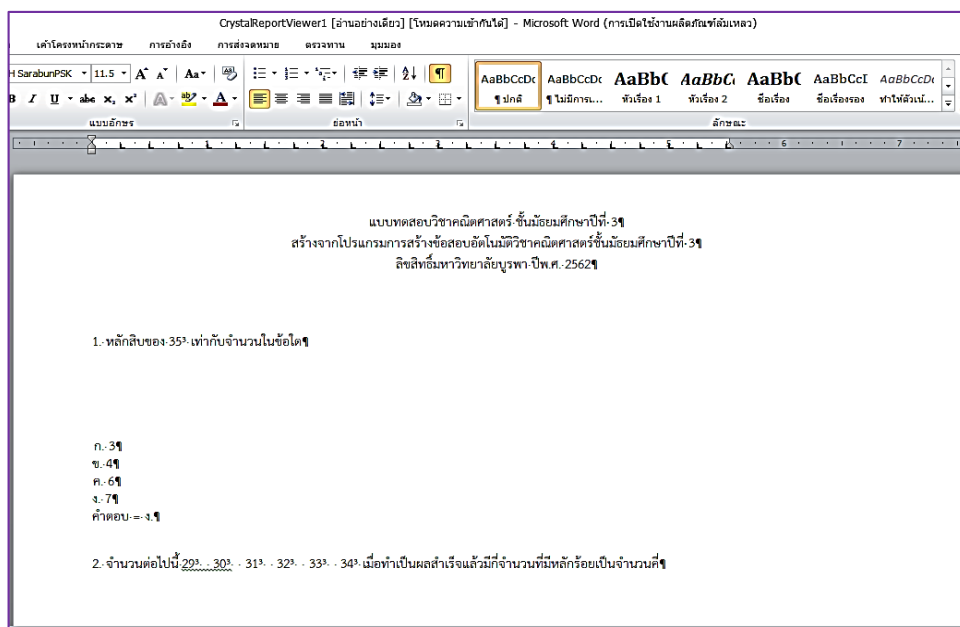
2. การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นการพัฒนาโปรแกรมตามแนวคิดของ การสร้างข้อสอบอัตโนมัติ และวงจรการพัฒนาระบบ เพื่อเพิ่มจำนวนในการสร้างข้อสอบจากข้อสอบต้นแบบ ผู้ใช้งาน สามารถเข้าไป ใช้งานโปรแกรมผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้เว็บเบราว์เซอร์ พิมพ์ที่ช่อง URL ดังนี้ www.aigmath.com ลักษณะหน้าจอของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แสดงตัวอย่างดังภาพ 2-4



ภาพ 2 หน้าจอ ‘หน้าหลัก’ ของ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบอัตโนมัติ วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



ภาพ 3 หน้าจอ ‘สร้างข้อสอบ’ จำนวน 2 ตัวเลือก ประกอบไปด้วย ‘สร้างข้อสอบต้นแบบ’ หรือ ‘เลือกข้อสอบเอง’ วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 5 สารการเรียนรู้



ภาพ 4 ไฟล์ที่ Export สร้างข้อสอบออกมาแล้ว

ตัวอย่างแบบทดสอบที่สร้างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบบทดสอบฉบับ B

1. หลักร้อยละของ 9° เท่ากับจำนวนในข้อใด

ก. 4 ข. 5 ค. 7 ง. 8 คำตอบ = ก.

2. จำนวนต่อไปนี้ 29^3 30^3 31^3 32^3 33^3 34^3 เมื่อทำเป็นผลสำเร็จแล้วมีกี่จำนวนที่มีหลักร้อยละเป็นจำนวนคี่

ก. 5 ข. 6 ค. 8 ง. 9 คำตอบ = ก.

จากข้อสอบตัวอย่างข้างต้น ข้อสอบที่สร้างจากโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถใช้โปรแกรม Microsoft Word ปรับแก้ไขได้ ก่อนพิมพ์ข้อสอบออกมาใช้ได้ การพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโมเดลต้นแบบ จำนวน 50 ข้อ สามารถนำมาสร้างข้อสอบได้อีกจำนวนมาก

**ผลการประเมินความเหมาะสมการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ**

หลังจากทดสอบการใช้งานโปรแกรม แก้ไขข้อผิดพลาด และปรับปรุงโปรแกรมให้สมบูรณ์แล้ว จึงจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 ด้าน คือ 1) ความถูกต้องในการใช้งาน 2) ความสะดวกในการใช้โปรแกรม 3) ความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม และ 4) ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม โดยใช้แบบสอบถามแบบมาตราประมาณค่า สรุปผล การประเมินความเหมาะสมการใช้งานโปรแกรมทั้ง 4 ด้าน โดยผู้เชี่ยวชาญ รายละเอียดดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติทั้ง 4 ด้าน
โดยผู้เชี่ยวชาญ**

ลำดับที่	รายการ	Mean	SD	ระดับความเหมาะสม
1	ความถูกต้องในการใช้งาน	4.47	0.30	มาก
2	ความความสะดวกในการใช้งาน	4.27	0.28	มาก
3	ความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม	4.53	0.30	มากที่สุด
4	ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม	3.87	0.18	มาก
สรุปผลทั้ง 4 ด้าน		4.28	0.36	มาก

จากตารางที่ 2 ปรากฏว่า การประเมินความเหมาะสมในการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ สรุปผลโดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (Mean = 4.28, SD = 0.36)

ผลการประเมินการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ โดยครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นผู้ใช้งาน

หลังจากการประเมินความเหมาะสมการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน ผู้วิจัยนำโปรแกรมและคู่มือการใช้งานทดลองใช้กับครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษา

ตอนต้น จำนวน 30 คน ประเมินการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใน 3 ด้าน คือ 1) ความสะดวกในการใช้โปรแกรม 2) ความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม และ 3) ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม แสดงผลการประเมินการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติทั้ง 3 ด้าน โดยครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ลำดับที่	รายการ	Mean	SD	ระดับความคิดเห็น
1	ด้านความสะดวกในการใช้โปรแกรม	4.41	0.48	มาก
2	ความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม	4.60	0.35	มากที่สุด
3	ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม	4.51	0.34	มากที่สุด
สรุปผลทั้ง 3 ด้าน		4.51	0.34	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ปรากฏว่า ผลการประเมินการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สรุปผลโดยรวมการใช้งานโปรแกรมอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.51, SD = 0.34)

3. ผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบจากโปรแกรม โดยในขั้นตอนการสร้าง เมื่อเลือกเมนู ‘สร้างข้อสอบ’ ให้เลือกรูปแบบการสร้างข้อสอบเป็น ‘ข้อสอบต้นแบบ’ โปรแกรมจะสร้างข้อสอบที่เป็นข้อสอบคู่ขนานกับข้อสอบต้นแบบ จำนวน 50 ข้อ ที่มีการเรียงลำดับข้อ เช่นเดียวกับข้อสอบต้นแบบ นำแบบทดสอบต้นแบบ และแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม รวม 2 ฉบับ ไปให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แล้ว จำนวน 105 คน ได้ทดสอบ ผลการศึกษาค่าความสัมพันธ์ โดยนำแบบทดสอบมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson’s Correlation Coefficient) มีค่าเป็น .92 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 คือ เป็นสหสัมพันธ์ทางบวก (Positive Correlations) หมายความว่า เมื่อผลการสอบจากแบบทดสอบต้นแบบมีค่าคะแนนสูง ผลการสอบจากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติจะมีค่าคะแนนที่สูงด้วย และเมื่อผลการสอบจากแบบทดสอบต้นแบบมีค่าคะแนนต่ำ ผลการสอบจากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติจะมีค่าคะแนนที่ต่ำด้วยเช่นกัน สามารถสรุปได้ว่า สมมติฐานการวิจัยของงานวิจัยนี้เป็นจริง คือ ผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบ

อภิปรายผล

ผลการสร้างโมเดลข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบ กับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่พัฒนาจากโปรแกรมสำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบประเด็นที่สำคัญสามารถอธิบาย ดังนี้

1. การสร้างโมเดลข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2561 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากสถาบันการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทศ. แล้วนำข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมสำหรับการสร้างเป็นโมเดลข้อสอบ มาวิเคราะห์และกำหนดข้อมูลที่เหมาะสม โดยแบ่งรายละเอียดเป็น 5 ส่วน คือ 1) โจทย์ 2) ส่วนประกอบ 3) ตัวเลือก 4) ข้อมูลเสริม และ 5) เฉลย แล้วทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ O-NET โดยพิจารณาแบบประเมินโครงสร้างโมเดลข้อสอบต้นแบบ สำหรับการพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งใช้มาตรวัดตามองค์ประกอบโมเดลข้อสอบ ตามรูปแบบของโจทย์ และตัวเลือกลักษณะต่างๆ ในโมเดลข้อสอบ ปรากฏว่าอยู่ในระดับสอดคล้องมาก สามารถนำมาใช้เป็นโมเดลข้อสอบต้นแบบได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศศิธร จันทรมหา และเสรี ชัดแจ้ง (2561) ได้ศึกษาการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยข้อสอบต้นแบบที่นำมาสร้างเป็นโมเดลข้อสอบนั้น นำมาสร้างเป็นโมเดลข้อสอบได้ จำนวน 44 ข้อ จากข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบ 3 พารามิเตอร์ และนอกจากนี้ ปิยะทิพย์ ประจุพรม และกนก พานทอง (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบแบบหลายตัวเลือก โดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติตามหลักการกำหนดรูปแบบของโจทย์และตัวเลือก ได้จำนวนโมเดลต้นแบบวิชาคณิตศาสตร์แบบหลายตัวเลือก จำนวน 22 ข้อ สามารถนำไปวิเคราะห์และออกแบบโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์แบบหลายตัวเลือก เป็นไปตามแนวคิดของ Gierl et al. (2008) ที่มีการกำหนดโครงสร้าง จากการจับคู่ระหว่างโจทย์และตัวเลือกประเภทต่างๆ โดยโมเดลข้อสอบเป็นส่วนสำคัญในการสร้างข้อสอบอัตโนมัติที่ประกอบด้วยโจทย์และตัวเลือก โดยโจทย์และตัวเลือกสามารถแยกเป็นองค์ประกอบสำหรับสร้างข้อสอบจำนวนมาก และสามารถจัดการองค์ประกอบที่มีอยู่ในเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อรวบรวมข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2561 จำนวน 163 ได้โมเดลข้อสอบต้นแบบวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 50 ข้อ จำนวน 5 สารการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ได้ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อสอบแต่ละข้อเพื่อนำมาสร้างเป็นโมเดลข้อสอบ โดยพิจารณารูปแบบข้อสอบแล้ว พบว่า มีข้อสอบบางข้อที่ไม่สามารถนำมาสร้างให้สอดคล้องตามรูปแบบของโมเดลข้อสอบได้ เนื่องจากเกิดข้อจำกัด ได้แก่ ไม่สามารถวิเคราะห์รูปแบบ การกำหนดทิศทางที่จะสร้างโมเดลข้อสอบออกมาได้อย่างเหมาะสมได้ ไม่สามารถเปลี่ยนเนื้อหาหรือข้อความ รูปภาพ/ตาราง และตัวเลขในโจทย์ให้สัมพันธ์สอดคล้องกันได้ หรือเป็นข้อสอบที่ต้องตีความหมาย ซึ่งเกินระดับความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นได้นำโมเดลข้อสอบจำนวน 50 ข้อที่คัดเลือกแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา องค์ประกอบโมเดลข้อสอบ ตามรูปแบบของโจทย์ และตัวเลือกลักษณะต่างๆ ในโมเดลข้อสอบ สำหรับการสร้างเป็นโมเดลข้อสอบ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นโมเดลข้อสอบต้นแบบตามรูปแบบโมเดลได้ จึงนำข้อสอบต้นแบบมาพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. การพัฒนาโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการทำงาน โดยการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบอัตโนมัตินี้ จะสามารถสร้างข้อสอบจากโมเดลข้อสอบต้นแบบได้อีกหลายข้อคล้ายการสร้างข้อสอบคู่ขนาน โดยอาจมีจำนวนข้อที่สร้างได้แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ และค่าที่เป็นไปได้ที่กำหนดไว้ในโมเดลข้อสอบ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ

แนวคิด การสร้างข้อสอบอัตโนมัติ ความก้าวหน้าทางวิทยาการปัญญา สถิติด้านคณิตศาสตร์ เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ จิตวิทยาทางการศึกษา และวิทยาการทางคอมพิวเตอร์ เพิ่มโอกาสสู่การเปลี่ยนแปลงแนวคิดทฤษฎีและการปฏิบัติต่อการวัดผลทางการศึกษา และศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ก่อให้เกิดพื้นที่ใหม่ของการวิจัยที่เรียกว่าวิศวกรรมการประเมิน (Assessment Engineering: AE) ซึ่งใช้หลักทางวิศวกรรมเป็นหลักสำคัญในการออกแบบและพัฒนา รวมทั้งการวิเคราะห์ การให้คะแนน และการรายงานผลการประเมิน (Gierl et al., 2008) ลักษณะโมเดลข้อสอบเป็นชุดข้อสอบตัวอย่างที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นข้อสอบต้นแบบสำหรับการสร้างข้อสอบชุดอื่นๆ และเป็นโมเดลที่มีข้อสอบเป็นตัวแทนของงานการประเมิน (Assessment Task) โมเดลข้อสอบ ประกอบด้วย ข้อคำถาม ตัวเลือก และ ข้อมูลเสริมหรือเพิ่มเติม (Gierl et al., 2008, p. 5) และวงจรการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก (Singh et al., 2015; อรปรียา ปรีชาพานิช, 2557, หน้า 42) ดังนี้ 1) การสำรวจเบื้องต้น (Preliminary Investigation Phase) 2) การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis Phase) กำหนดให้มีการพัฒนาระบบใหม่ โดยใช้ ภาษา Visual Studio 2010 Express 3) การออกแบบเชิงตรรกะ (Logical Design Phase) 4) การออกแบบระบบเชิงกายภาพ (Physical Design Phase) 5) การพัฒนาระบบ (System Implementation Phase) และ 6) การบำรุงรักษาระบบ (System Maintenance Phase) เป็นการเพิ่มความสามารถต่อการสร้างข้อสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มากขึ้นจากเดิมที่ใช้วิธีการสร้างข้อสอบด้วยมือและผู้ที่มีความชำนาญในการสร้างข้อสอบเอง ในตัวโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัตินี้สามารถสร้างข้อสอบจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น จากข้อสอบต้นแบบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถเพิ่มข้อมูลที่เป็นรูปภาพ และข้อความที่ถูกกำหนดด้วยตัวชี้วัดทางสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ข้อความที่สร้างยังเป็นสาระเดิม แต่สามารถสร้างได้จำนวนมาก และเพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมให้สามารถใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ สามารถใช้งานโดยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Internet Explorer เพื่อการทำงานที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพที่ดีของโปรแกรม เนื่องจากผู้วิจัยพัฒนาโดยใช้ Visual Basic.Net โดยจะรองรับ Optional Argument ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการใช้งานร่วมกับ ActiveX, MS Office, Framework รวมถึง Component อื่นๆ ที่มาในสายของ Windows โดย Internet Explorer เป็นส่วนหนึ่งของ Microsoft ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาให้เป็นส่วนหนึ่งของ OS และส่วนของ Developer Tool Kits บางกลุ่มจะมีแต่เฉพาะ Internet Explorer หากผู้ใช้งานเปิดใช้งานโปรแกรมโดยเว็บเบราว์เซอร์ อื่นๆ เช่น Google Chrome หรือ Firefox Opera อาจส่งผลให้การทำงานของโปรแกรมมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ

จากการประเมินความเหมาะสมโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ มีความเหมาะสมในระดับมาก ทั้ง 4 ด้าน คือ ความถูกต้องในการใช้งาน ความสะดวกในการใช้งาน ความชัดเจนของคู่มือ การใช้โปรแกรม และ ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม ปรากฏว่า ผลการประเมินความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมาก และจากการประเมินผลการใช้งานโปรแกรมจากผู้ใช้งาน คือ ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความสะดวกในการใช้โปรแกรม ด้านความชัดเจนของคู่มือในการใช้โปรแกรม และด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม ปรากฏว่า ผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีความคิดเห็นว่า โปรแกรมมีความสะดวกเมื่อเรียกใช้งาน โปรแกรมมีความชัดเจนในการใช้คู่มือ รูปแบบการทำงานเข้าใจได้ง่าย ลักษณะทั่วไปที่เหมาะสมในการใช้งาน เมนูรายการที่ให้เลือกมีความเหมาะสม โปรแกรมมีความสวยงาม สร้างความสนใจในการใช้งาน นอกจากนี้ยังมี ความคิดเห็นในด้านความสะดวกในการใช้โปรแกรมในระดับมาก คือ มีความสะดวกในการเรียกใช้งาน บนแถบเมนู โปรแกรมสามารถสร้างข้อสอบได้เร็วกว่าการสร้างข้อสอบด้วยมือ มีการแสดงผลการสร้างข้อสอบบนจอภาพได้ครบถ้วน สามารถแก้ไขปรับปรุงข้อสอบได้ตามความต้องการ และสามารถสั่งพิมพ์แบบทดสอบ พร้อมเฉลยที่สะดวก โดยโปรแกรม

คอมพิวเตอร์นี้จะช่วยลดภาระงานการสร้างข้อสอบของครู เพราะใช้เวลาในการสร้างข้อสอบค่อนข้างน้อย ทำให้สร้างข้อสอบที่มีคุณภาพได้จำนวนข้อที่มาก เป็นการประหยัดเวลา และครูสามารถเลือกใช้งานได้ตามความต้องการ เช่น การสร้างข้อสอบทั้งหมดตามโมเดลข้อสอบ 50 ข้อ หรือต้องการสร้างเพียงบางข้อตามรูปแบบของโมเดลที่สร้าง สามารถศึกษาเรียนรู้วิธีใช้งานโปรแกรมได้จากคู่มือการใช้ เป็นลักษณะไฟล์ Word, Excel หรือ PDF และอื่นๆ นอกจากนี้ ผู้ที่สนใจ ได้แก่ นักเรียน ผู้ปกครอง ก็สามารถเข้าใช้งานโปรแกรมได้อย่างสะดวก ด้วยโปรแกรมนี้มีการออกแบบที่ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และประมวลผลได้ค่อนข้างเร็ว อีกทั้งยังเอื้อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับแต่งรูปแบบข้อสอบ หรือเพิ่มเติมข้อมูลในโปรแกรมจัดการเอกสาร เช่น Microsoft Word ก่อนพิมพ์ออกมาใช้งานได้อีกด้วย

3. การหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ความสัมพันธ์ระหว่างผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์กันระดับสูง ได้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันเป็น .92 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องมาจากข้อสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม เป็นข้อสอบคู่ขนานกับข้อสอบต้นแบบ เนื่องจากการปรับเปลี่ยนข้อมูลเพียงบางส่วนในโมเดลข้อสอบ ข้อสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมจึงเป็น Isomorphic Instances ที่ลักษณะภายนอกของข้อสอบไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงระดับความยาก (Gierl et al., 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของนพวรรณ สว่างบุญ, สมนึก ภัททิยธนี และชูศรี วงศ์รัตน์ (2555) ที่ศึกษาการสร้างแบบทดสอบคู่ขนานตามรูปแบบพาเซวิชคณิตศาสตร์ เรื่องการแยกตัวประกอบพหุนามดีกรีสอง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบทดสอบคู่ขนานที่สร้างตามรูปแบบพาเซวิชมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศศิธร จันทรมหา และเสรี ชัดแจ้ง (2561) ที่ได้ศึกษาการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ผสานแนวคิดของวิศวกรรมการประเมินช่วยในการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ เป็นแนวทางในการสร้างข้อสอบคู่ขนานจำนวนมากจากโมเดลข้อสอบต้นแบบที่มีคุณภาพ ผลที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงกับผลการสอบจากแบบทดสอบต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากผลการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ปรากฏว่า สอดคล้องกับสมมติฐาน การวิจัย คือ ผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการสอบที่ได้จากแบบทดสอบต้นแบบ เนื่องจากข้อสอบที่สร้างจากโปรแกรมถือได้ว่าเป็นข้อสอบที่สามารถใช้เทียบเคียงกับข้อสอบต้นแบบ ด้วยการสร้างเกิดจากโมเดลข้อสอบที่มีต้นแบบที่มีมาตรฐานเหมือนกันทุกประการ จากข้อสรุปนี้สนับสนุนให้โปรแกรมมีความน่าเชื่อถือ ว่าสามารถสร้างข้อสอบเทียบเท่าและปริมาณข้อจำนวนมากที่มีคุณภาพเช่นเดียวกับข้อสอบต้นแบบได้จริง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เหมาะสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ครู นักเรียน ผู้ปกครอง นักศึกษา หรือผู้ที่สนใจในข้อสอบ O-NET วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Internet Explorer สามารถพิมพ์ที่ช่อง URL: www.aigmath.com

2. ผู้ใช้งานสามารถศึกษาคู่มือการใช้งานโปรแกรมการสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และสามารถดาวน์โหลดคู่มือการใช้งาน ได้จากรายการเมนู ‘คู่มือ’ ในโปรแกรม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาข้อสอบที่สามารถทำแบบทดสอบออนไลน์ได้บนคอมพิวเตอร์ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้หลากหลาย และสามารถใช้งานแอปพลิเคชันผ่านมือถือ พร้อมเฉลยอธิบายแนวคิด และแจ้งผลคะแนนได้ทันทีหลังทำแบบทดสอบเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

- กมลชนก ภาคภูมิ. (2561). การพัฒนาสื่อการสอนวีดิทัศน์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลด้วยโปรแกรม Camtasia Studio. *วารสารการวัดผลการศึกษา*. 35 (97). 45-55.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- นพวรรณ สว่างบุญ, สมนึก ภัททิยธนี และชูศรี วงศ์รัตน์. (2555). การสร้างแบบทดสอบคู่ขนานตามรูปแบบฟาเซท วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสอง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่2. *วารสารการวัดผลทางการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 17 (1). 369-378.
- ปิยะทิพย์ ประดุงพรม และกนก พานทอง. (2562). การพัฒนา โปรแกรมการสร้างข้อสอบแบบหลาย ตัวเลือกโดยใช้วิธีการสร้างข้อสอบอัตโนมัติ. *วารสารเทคโนโลยีภาคใต้*. 12 (2). 74-87.
- วัฒนาวดี อัครเดชลือชา. (2556). ผลของการใช้แบบฝึกเพื่อพัฒนาทักษะการบวกและการลบเลขจำนวนไม่เกิน 1,000 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. *วารสารการวัดผลการศึกษา*. 30 (87). 72-82.
- ศศิธร จันทรมหา และเสรี ชัดเข้ม. (2561). การสร้างข้อสอบอัตโนมัติวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*. 16 (1). 138-149.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory). พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2562). *คู่มือการจัดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 สำหรับศูนย์สอบ*. กรุงเทพฯ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2560. รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น: ผลการทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET). สืบค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2561, จาก http://3.ipst.ac.th.th2primary_math/ebook.
- สมกิจ กิจพูนวงศ์. (2556). การวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบด้วยโปรแกรม JEMS. *วารสารการวัดผลการศึกษา*. 30 (87). 20-31.
- โสฬส สุขานนท์สวัสดิ์, เสรี ชัดเข้ม และกฤษณะ ชินสาร. (2555). การพัฒนาวิธีการคัดเลือกข้อสอบข้อถัดไปโดยใช้ทฤษฎีการตัดสินใจในการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์. ศูนย์การวัดผลประยุกต์. *วารสารวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*. 10 (2). 71-85.

- อรรยา ปรีชาพานิช. (2557). *คู่มือเรียน การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and design) ฉบับสมบูรณ์*. นนทบุรี: ไอทีซี พรีเมียร์. หน้า 41-46.
- Gierl, M. J., & Haladyna, T. M. (2013). *Automatic item generation: An introduction Automatic item generation: Theory and practice*. New York: Routledge.
- Gierl, M. J., Zhou, J., & Alves, C. (2008). Developing a taxonomy of item model types to promote assessment engineering. *The Journal of Technology, Learning and Assessment*. 7 (2).
- Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Focus on research methods Is the CVI an Acceptable Indicator of Content Validity? Appraisal and Recommendations. *Research in Nursing & Health*. 30 (4). 459-467.
- Pugh, D., De Champlain, A., Gierl, M., Lai, H., & Touchie, C. (2016). Using cognitive models to develop quality multiple-choice questions. *Medical teacher*. 38(8). 838-843.
- Singh, D., Thakur, A., & Chaudhary, A. (2015). A Comparative Study between Waterfall and Incremental Software Development Life Cycle Model. *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*. 2(4). 2202-2208.