

**การพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา
เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว**
**Development of the Testing and Diagnostic Assessment Program of
Problem Solving Skills in Application of Linear Equation**

กนกกร พวงสมบัติ¹, สมประสงค์ เสนารัตน์² และเบญจมาภรณ์ เสนารัตน์³
Kanokkorn Paungsombat¹, Somprasong Senarat² and Benjamaporn Senarat³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเป็น 3 ขั้นตอน คือ การพัฒนาคลังข้อสอบ การสร้างและทดลองใช้โปรแกรม และการประเมินคุณภาพโปรแกรม ตามลำดับ

ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมประกอบด้วยคลังข้อสอบ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 48 ข้อ โปรแกรมสามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในรูปสัดส่วนของจำนวนครั้งของการตอบถูกต้องตามทักษะการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้น คือ ขั้นเข้าใจโจทย์ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นปฏิบัติตามแผน และ ขั้นตรวจสอบ โดยจำแนก ระดับความสามารถของผู้สอบเป็นระดับย่อยได้ 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ ต่ำ และต่ำมาก เมื่อนำไปให้ครูผู้สอน และนักเรียนใช้งาน และทำการประเมินคุณภาพของโปรแกรมหลังการใช้งาน พบว่า ครูผู้สอนเห็นว่าโปรแกรมมีประโยชน์ ความเป็นไปได้ มีความเหมาะสม และมีความถูกต้องครอบคลุม ในระดับมากที่สุด ส่วนนักเรียนเห็นว่าโปรแกรมมีประโยชน์ ความเป็นไปได้ มีความเหมาะสม และมีความถูกต้องครอบคลุมในระดับมาก

คำสำคัญ การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์, การประเมินวินิจฉัย, ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา

Abstract

The purposes of this research were to develop a testing and diagnostic assessment program of problem solving skills in application of linear equation. It carried out processes and development into 3 stages which were item bank development, program creation and trial, and quality assessment of the program, respectively.

¹ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด E-mail: kanokkorn9928@gmail.com

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด : อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

³ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด : อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

The research findings were as follows: the program included item bank of application of linear equation for 48 items. The program was able to estimate test takers' abilities in term of correction frequency based on 4 stages of problem solving skills process which included understanding the problem, devising a plan, carrying out the plan, and looking back. It clarified test takers' abilities into 5 levels: very good, good, average, poor, and very poor. Finally, after trying out with teachers and students and its quality evaluation from their usage, teachers considered the program with utility, feasibility, propriety, and accuracy were at the highest level while the students' perceptions of the program in terms of utility, feasibility, propriety, and accuracy were at high level.

Keywords Computerized Adaptive Testing, Diagnostic Assessment, Problem Solving Skills, Polya's Problem Solving Process

บทนำ

การแก้ปัญหาเป็นหัวใจของคณิตศาสตร์ (Lester 1977 : 12) มีความสำคัญและเหมาะที่จะใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เพราะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนพัฒนาศักยภาพในการวิเคราะห์ และเป็นเครื่องช่วยให้ประยุกต์ศักยภาพเหล่านั้นไปสู่สถานการณ์ใหม่ การแก้ปัญหาช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ข้อเท็จจริง ทักษะ ความคิดรวบยอด และหลักการต่าง ๆ โดยจะประยุกต์ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ และประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาต่าง ๆ (Bell 1978 : 301) นอกจากนี้การแก้ปัญหาก็เป็นการเตรียมการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ไปสู่แนวคิดใหม่ เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ความสำเร็จในการแก้ปัญหาจะทำให้เกิดการพัฒนาคูณลักษณะของนักเรียนที่ต้องการ เช่น ความใฝ่รู้ ความอยากรู้อยากเห็น ความเป็นคนช่างคิดช่างสังเกต (Perdikaris 1993 : 423) นอกจากนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้กำหนดคุณภาพของนักเรียน เมื่อเรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบรูป สถานการณ์หรือปัญหา และสามารถไขสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและกราฟในการแก้ปัญหาได้ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology 2008 : 5) แต่จากผลการทดสอบ O-NET ปีการศึกษา 2558 พบว่า กลุ่มสาระคณิตศาสตร์เป็นสาระที่มีคะแนนน้อยที่สุดเป็น อันดับ 2 รองจากกลุ่มสาระภาษาอังกฤษ และ วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจำนวนนักเรียนที่รอบรู้หรือผ่านในแต่ละสาระของหลักสูตรแกนกลาง ร้อยละ 11.72 -17.47 สาระที่ควรปรับปรุงการเรียนการสอนเรียงตามลำดับ คือ สาระจำนวน และการดำเนินการ การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การวัด พิกัดคณิต และ เรขาคณิต (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ 2559 : 25-26, 51) จากปัญหาที่พบ หากต้องการทราบว่านักเรียนมีความบกพร่องทางการเรียนเรื่องใดนั้น วิธีการที่เหมาะสม คือ การวินิจฉัยโดยการวิเคราะห์ทักษะ ซึ่งการวิเคราะห์ทักษะจะต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างละเอียด (Lindquist 1951 : 37)

โดยทั่วไปการวินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียนจะใช้กระดาษเขียนตอบและใช้เวลาค่อนข้างนาน แต่ปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการทดสอบและประเมินผลนักเรียน เพื่อลดระยะเวลาในการตรวจสอบและวินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียน และวิธีการหนึ่งที่นักวิจัยนำมาใช้ก็คือการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์

เนื่องจากการทดสอบมีความคล่องตัว สามารถทดสอบเป็นรายบุคคล มีการตรวจให้คะแนน และรายงานผลเป็นไปอย่างอัตโนมัติ สามารถตรวจให้คะแนน และส่งผลป้อนกลับแก่นักเรียนได้ทันที ส่งผลให้ครูนำข้อมูลไปปรับปรุงการเรียนการสอน ได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น และนักเรียนได้ทำข้อสอบที่มีความยากเหมาะสมกับระดับความสามารถของตน ทั้งนี้ การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์จะให้สารสนเทศที่แม่นยำและรวดเร็วกว่าการทดสอบแบบใช้กระดาษเขียนตอบ ด้วยการให้ข้อสอบน้อยลงประมาณ 30-50% (Frey and Seitz 2009 : 93) และการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินวินิจัยจะต้องอาศัยโมเดลวินิจัยพุทธิปัญญาที่มุ่งประเมินเพื่อให้สารสนเทศว่านักเรียนรอบรู้หรือไม่รอบรู้ในแต่ละกลุ่มทักษะหรือคุณลักษณะ ร่วมกับคลังข้อสอบที่ข้อสอบแต่ละข้อมีการกำหนด Q-matrix เอาไว้ (Huebner 2010 : 1-2)

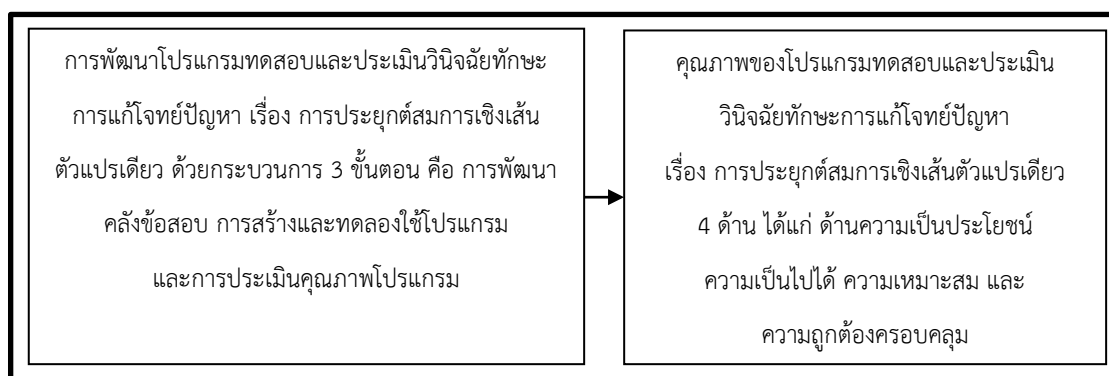
จากการศึกษาเอกสารต่าง ๆ ข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยประยุกต์ใช้ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของ Polya (1957 : 5-15) เพื่อเป็นเครื่องมือให้ครูใช้วินิจัยทักษะนักเรียน และให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังครูและนักเรียนได้อย่างถูกต้องพร้อมกันหลายทักษะ (Senarat et al. 2013 : 1010) ซึ่งจะช่วยให้ครูได้ข้อมูลสารสนเทศนำไปสู่การปรับปรุง พัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น และยังช่วยให้ครูประหยัดเวลา และทรัพยากรในการประเมินนักเรียนอีกด้วย เนื่องจากใช้โปรแกรมในการทดสอบจะต้องใช้ข้อสอบจำนวนน้อย แต่สามารถวัดคุณลักษณะของนักเรียนได้หลายคุณลักษณะ และข้อมูลสารสนเทศที่ได้รับมีความแม่นยำในการวินิจัยนักเรียนมากยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กระบวนการในการพัฒนาโปรแกรมคือสิ่งที่สำคัญที่จะส่งผลต่อคุณภาพในการทำงานของโปรแกรม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำเอากระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มาเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม โดยมีแนวคิดในการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว มีกระบวนการวิจัยและพัฒนาประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การพัฒนาคำถามข้อสอบ การสร้างและทดลองใช้โปรแกรม และการประเมินคุณภาพโปรแกรม ดังนี้

1. การพัฒนาคำถามข้อสอบ

1.1 การสร้างแบบทดสอบวินิจัย

1.1.1 สร้างแบบทดสอบแบบตอบสั้นเพื่อหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน โดยมีคำถามเป็นโจทย์ปัญหาเป็นคำถามหลัก และใช้ขั้นทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya เป็นคำถามย่อย จากเนื้อหาเรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว 75 ข้อ แล้วแบ่งข้อสอบออกเป็น 3 ฉบับ แต่ละฉบับมีข้อสอบ 25 ข้อ

1.1.2 นำแบบทดสอบแบบตอบสั้นไปทดสอบกับนักเรียน 60 คน เพื่อหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน สำหรับเป็นข้อมูลในการจัดทำแบบทดสอบแบบเลือกตอบต่อไป ตัวอย่างได้จากนักเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่เรียนเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ในปีการศึกษา 2560 ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน โดยใช้ขนาดโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม เลือกมา 1 โรงเรียน ด้วยวิธีจับสลาก หลังจากนั้นใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม และเลือกห้องเรียนมา 2 ห้องเรียน ด้วยวิธีจับสลาก และนักเรียนทุกคนเป็นตัวอย่าง หลังจากนั้นทำการสุ่มข้อสอบให้กับนักเรียนแต่ละคน ซึ่งนักเรียนจะได้ข้อสอบเพียง 1 ฉบับ และใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง

1.1.3 สร้างแบบทดสอบวินิจัยแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก โดยใช้ข้อคำถามจากแบบทดสอบแบบตอบสั้น และใช้คำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิดมาสร้างเป็นตัวลวงตามทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยาเป็น 4 ขั้นตอน โดยขั้นตอนของทักษะเป็นการก้าวข้ามแบบขั้นบันไดไม่สามารถก้าวข้ามขั้นตอนได้ ดังนั้น ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจโจทย์ ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติตามแผน และขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบได้ข้อสอบทั้งสิ้น 120 -ข้อ

1.1.4 เชื่อมโยงข้อสอบแต่ละข้อกับ Q-matrix เพื่อระบุว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาได้บ้าง

1.2 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา

1.2.1 นำข้อสอบไปตรวจสอบหาคุณภาพเกี่ยวกับความตรงเชิงเนื้อหาว่าข้อสอบแต่ละข้อมีข้อคำถามตรงตามเนื้อหา และพิจารณาความเหมาะสมของการระบุ Q-matrix จากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 4 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมิน 1 คน จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.00 ไว้ใช้ในขั้นต่อไป

1.2.2 พิมพ์ชุดข้อสอบ โดยจัดชุดข้อสอบออกเป็น 4 ฉบับ แต่ละฉบับมีข้อสอบ 35 ข้อ โดยแต่ละฉบับมีข้อสอบรวม 8 ข้อ (มิติละ 2 ข้อ) รวมข้อสอบทั้งสิ้น 116 ข้อ

1.2.3 นำแบบทดสอบแต่ละฉบับที่จัดพิมพ์เรียบร้อยแล้วไปทดสอบกับนักเรียน จำนวน 1,206 คน จากนักเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่เรียนเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ในปีการศึกษา 2560 ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน โดยแบ่งกลุ่มตามขนาดโรงเรียนออกเป็น 4 ขนาด คือ ใหญ่พิเศษ ใหญ่ กลาง และขนาดเล็ก จากนั้นสุ่มโรงเรียนแต่ละขนาดด้วย

วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ขนาดโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ด้วยวิธีจับสลากตามกลุ่มโรงเรียนที่กำหนดไว้ และเลือกนักเรียนทุกคนที่อยู่ในโรงเรียนเป็นตัวอย่าง โดยทำการสุ่มข้อสอบให้กับนักเรียนแต่ละคน ซึ่งนักเรียนจะได้ข้อสอบเพียง 1 ฉบับ

1.2.4 การหาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนักเรียน 1,206 คน มาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยาก (b) และโอกาสการเดา (c)) โดยใช้โปรแกรม BILOG-MG

1.2.5 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยและซิกมา (Mean and Sigma Method) โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณ

1.3 การสร้างคลังข้อสอบ

1.3.1 สร้างคลังข้อสอบโดยจัดทำเป็นฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม PhpMyAdmin โดยให้แต่ละเรคคอร์ด (Record) ในฐานข้อมูลประกอบด้วยฟิลด์ (Field) ที่เป็นข้อมูลรูปภาพ ตัวอักษร และตัวเลข

1.3.2 คัดเลือกข้อสอบเข้าคลังข้อสอบ จากข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าตั้งแต่ 0.70 - 3.19 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -0.32 ถึง 3.27 ค่าโอกาสการเดา (c) มีค่าตั้งแต่ 0.05 ถึง 0.28 โดยเลือกข้อสอบที่วัดขั้นทำความเข้าใจโจทย์จะต้องมีความยากน้อยกว่าข้อสอบที่วัดขั้นวางแผน ข้อสอบที่วัดขั้นวางแผนจะต้องมีความยากน้อยกว่าข้อสอบที่วัดขั้นปฏิบัติ และขั้นตรวจสอบ และข้อสอบที่วัดขั้นปฏิบัติและขั้นตรวจสอบ ให้มีค่าความยากในระดับเดียวกันได้

2. การสร้างและทดลองใช้โปรแกรม

2.1 เขียนโปรแกรม โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1.1 ออกแบบหน้าจอโปรแกรม โดยการออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของโปรแกรม แบ่งตามผู้ใช้งาน ได้แก่ ผู้สอบ และผู้ดูแลระบบ

2.1.2 สร้างผังงานโปรแกรม (Program Flowchart) เป็นกระบวนการทำงานของโปรแกรม ตั้งแต่รับข้อมูล (Input) คำนวณ (Process) จนถึงแสดงผลลัพธ์ (Output) ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิดการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์มาเป็นแนวทางในการเขียนผังงาน ดังนี้ 1) เริ่มต้นจากเข้าสู่ระบบการสอบผ่าน Web Browser 2) เริ่มทดสอบโดยคัดเลือกข้อสอบข้อแรกด้วยวิธีคัดเลือกข้อสอบที่ให้สารสนเทศสูงสุด (Maximum Information Item Information) โดยประมาณค่าสารสนเทศของข้อสอบทุกข้อที่ระดับความสามารถของผู้สอบปานกลาง ($\theta = 0$) และคัดเลือกข้อสอบที่มีตำแหน่งสารสนเทศสูงสุดมา 3 ข้อ หลังจากนั้น สุ่มข้อสอบมา 1 ข้อ มาเป็นข้อสอบข้อแรก 3) ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบโดยวิธีเบย์สปรับปรุงใหม่ (Bayesian Updating) 4) คัดเลือกข้อสอบข้อต่อไปให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้สอบด้วยวิธีคัดเลือกข้อสอบที่ให้สารสนเทศสูงสุด (Maximum Information Item Information) โดยประมาณค่าสารสนเทศของข้อสอบทุกข้อที่ระดับความสามารถของผู้สอบเท่ากับค่าความสามารถที่ประมาณค่าได้จากการทดสอบข้อก่อนหน้า และคัดเลือกข้อสอบที่มีตำแหน่งสารสนเทศสูงสุด ทั้งนี้ ข้อสอบที่ใช้ทดสอบแล้วจะไม่นำกลับมาคำนวณอีก เมื่อสอบเสร็จก็ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบอีกครั้งหนึ่ง และดำเนินการคัดเลือกข้อสอบข้อต่อไปให้ผู้สอบทดสอบไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะเข้าสู่เกณฑ์ยุติ 5) ยุติการสอบโดยพิจารณาจาก 2 เกณฑ์ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความสามารถ และกำหนดจำนวนข้อสอบให้คงที่ โดยกำหนดให้หยุดการทดสอบเมื่อความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบมีค่าน้อยกว่า 0.20 หรือทดสอบครบ 20 ข้อ และ 6) รายงานผลการทดสอบและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้สอบเป็นรายบุคคล เมื่อผู้สอบ

ทำการทดสอบข้อแรกไปจนยุติการทดสอบ โปรแกรมจะรายงานผลการสอบ โดยจำแนกผู้สอบตามระดับความสามารถของผู้สอบออกเป็น 5 ระดับย่อย คือ ดีมาก ดี พอใช้ ต่ำ และต่ำมาก

2.1.3 เขียนโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผู้วิจัยเลือกใช้ภาษา PHP โปรแกรม PhpMyAdmin ในการพัฒนาโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Windows Android และ IOS บน Web Browser : Google-Chrome Mozilla Firefox และ Spark

2.1.4 เขียนคู่มือการใช้งานโปรแกรม โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับ ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโปรแกรม วัตถุประสงค์ การนำไปใช้ประโยชน์ ขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรม นิยามศัพท์เฉพาะ เกี่ยวกับผู้พัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานโปรแกรมได้ตามลำดับขั้นตอน

2.2 ตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมและคู่มือเบื้องต้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

2.2.1 จัดทำแบบประเมิน โดยสร้างข้อคำถามจากนิยามตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ คุณภาพของโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัย ที่มีองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้ ด้านความเหมาะสม และความถูกต้องครอบคลุมของโปรแกรม จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ 2 คน พิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามตัวแปรที่ต้องการศึกษา พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีความสอดคล้องสูง (IOC=1.00 ทุกข้อ)

2.2.2 ให้ผู้เชี่ยวชาญ 7 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ 2 คน ตรวจสอบคุณภาพโปรแกรมในประเด็นความเป็นประโยชน์ ความเป็นไปได้ ความเหมาะสม และความถูกต้องครอบคลุม หลังจากนั้น นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปปรับปรุงโปรแกรมและคู่มือก่อนนำไปทดลองใช้

2.3 ทดลองใช้โปรแกรม ดังนี้

2.3.1 ทดลองครั้งที่ 1 ทดลองใช้โปรแกรมกับตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ 3 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เคยเรียนเรื่องการประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมาแล้ว 5 คน โดยเลือกจากครูและนักเรียนที่เต็มใจร่วมทดลอง เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับความถูกต้อง ความเหมาะสม ความง่ายของการใช้งาน และความรวดเร็วในการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ และทำการสัมภาษณ์การใช้งานเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของโปรแกรม ด้วยแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมิน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ 2 คน (มีค่า IOC = 1.00 ทุกข้อคำถาม)

2.3.2 ทดลองครั้งที่ 2 ทดลองใช้โปรแกรมกับตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ 5 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เคยเรียนเรื่องการประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมาแล้ว 15 คน โดยเลือกจากครูและนักเรียนที่เต็มใจร่วมทดลอง เพื่อตรวจสอบเบื้องต้น เกี่ยวกับความถูกต้อง ความเหมาะสม ความง่ายของการใช้งาน และความรวดเร็วในการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ และทำการสัมภาษณ์การใช้งานเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของโปรแกรม โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในข้อ 2.3.1

3. การประเมินคุณภาพโปรแกรม

ประเมินความคิดเห็นของครูและนักเรียน ภายหลังจากที่ได้ทดลองใช้งานโปรแกรมแล้วเกี่ยวกับ ความเป็นประโยชน์ ความเป็นไปได้ ความเหมาะสม และความถูกต้องครอบคลุม ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ จำนวน 2 ฉบับ คือ

3.1.1 แบบประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนเกี่ยวกับคุณภาพของโปรแกรมทดสอบและประเมิน วินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 20 ข้อ

3.1.2 แบบประเมินความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับคุณภาพของโปรแกรมทดสอบและประเมิน วินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 19 ข้อ

แบบประเมินทั้ง 2 ฉบับสร้างขึ้นจากนิยามตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ คุณภาพของโปรแกรม ทดสอบและประเมินวินิจฉัยที่มีองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ ด้านความมีประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้ ด้านความเหมาะสม และความถูกต้องครอบคลุมของโปรแกรม จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมินผล 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้าน คอมพิวเตอร์ 2 คน พิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามตัวแปรที่ต้องการศึกษา พบว่า ข้อคำถาม ทุกข้อมีความสอดคล้องสูง (IOC=1.00 ทุกข้อ)

3.2 ตัวอย่างที่ให้ข้อมูลประกอบด้วยครู จำนวน 10 คน และนักเรียน จำนวน 40 ดังนี้

3.2.1 ครูคณิตศาสตร์ที่สอนเนื้อหาเรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ในปีการศึกษา 2560 เลือกจากผู้ครุคณิตศาสตร์ที่อาสาร่วมทดลองใช้โปรแกรมฯ จากโรงเรียน 4 โรง จำนวน 10 คน

3.2.2 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 ที่เรียนเนื้อหาเรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ในปีการศึกษา 2560 ได้มาด้วยการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two Stage Random Sampling) โดยการสุ่มอย่างง่าย ด้วยวิธีการจับสลากมา 1 โรงเรียน จากนั้นเลือกห้องเรียน จำนวน 1 ห้อง ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก และเลือกนักเรียน ทั้งหมดของห้อง 40 คน เป็นตัวอย่าง

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาล้างข้อสอบ คลังข้อสอบจัดทำด้วยโปรแกรมการจัดฐานข้อมูล PhpMyAdmin โดย ฐานข้อมูลประกอบข้อข้อสอบที่เป็นรูปภาพ ตัวอักษร และตัวเลขคลังข้อสอบประกอบด้วยข้อคำถาม 48 ข้อ ค่าพารามิเตอร์ ของข้อสอบที่บรรจุในคลังข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.70 ถึง 3.19 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 1.87 และ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 แสดงว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง และค่าโอกาสการเดา อยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.28 ส่วนความยากมีค่าอยู่ระหว่าง -0.32 ถึง 3.27 ค่าความยากเฉลี่ย 1.48 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59

2. ผลการพัฒนาโปรแกรม

2.1 ผลการประเมินคุณภาพโปรแกรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ในภาพรวมผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า โปรแกรมมีคุณภาพ ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.66 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.44 และในส่วนของผู้ใช้โปรแกรม ทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ในภาพรวมผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า ผู้ใช้โปรแกรมมีคุณภาพ ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42

2.2 ผลการทดลองใช้โปรแกรมจากการทดลองใช้ครั้งแรก พบว่า ทั้งครูและนักเรียนเห็นว่าโปรแกรม และคู่มือมีความถูกต้องและมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน และมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงให้ดีขึ้นในบางประเด็น ได้แก่ การเรียกข้อสอบในแต่ละข้อใช้เวลาเนื่องจากขนาดของภาพประกอบเป็นไฟล์ขนาดใหญ่ และสีพื้นของ โปรแกรมอ่อนเกินไปทำให้เห็นปุ่มคำสั่งไม่ชัดเจน ปุ่มคำสั่งและตัวอักษรมีขนาดเล็ก และตารางการรายงานสรุปผล

การวิเคราะห์ความสามารถทักษะการแก้โจทย์ปัญหาไม่สามารถรายงานได้ครบทุกขั้นตอน ผู้วิจัยได้ปรับปรุงโปรแกรมและนำไปทดลองใช้ครั้งที่สอง พบว่า ทั้งครูและนักเรียนเห็นว่าโปรแกรมและคู่มือมีความถูกต้องและมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน

2.3 โปรแกรมสามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Windows Android และ IOS และเรียกใช้งานได้กับโปรแกรมบน Web Browser: Google-Chrome Mozilla Firefox Spark โดยสามารถเรียกใช้งานได้ที่ URL: <http://202.29.53.60/tests/> ผู้สอบสามารถลงทะเบียนโดยป้อนข้อมูลส่วนตัว ได้แก่ ชื่อ-สกุล เลขบัตรประจำตัวประชาชน 13 หลัก ก็สามารถใช้งานโปรแกรมได้ทันที และโปรแกรมเริ่มการทดสอบจากข้อสอบข้อแรก และคัดเลือกข้อสอบข้อต่อไปจากข้อสอบทุกข้อที่ยังไม่ได้นำมาใช้สอบด้วยวิธีการเดียวกันกับข้อสอบข้อแรก ประเมินค่าความสามารถของผู้สอบ และยุติการสอบเมื่อเป็นไปตามเกณฑ์การยุติ ในขณะที่ทำการทดสอบ และโปรแกรมจะสามารถประเมินค่าความสามารถของผู้สอบในรูปสัดส่วนของจำนวนครั้งของการตอบถูกตามทักษะการแก้โจทย์ปัญหา 4 ชั้น คือ ชั้นเข้าใจ โจทย์ ชั้นวางแผนแก้ปัญหา ชั้นปฏิบัติตามแผน และ ชั้นตรวจสอบ โดยจำแนกระดับความสามารถของผู้สอบเป็นระดับย่อยได้ 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ ต่ำ และต่ำมาก นอกจากนี้โปรแกรมสามารถรายงานผลการทดสอบโดยรวมและรายชื่อของผู้สอบที่สอบไปแล้วว่าข้อใดตอบถูกข้อใดตอบผิด จำนวนข้อที่สอบไปแล้วทั้งหมด และจำนวนข้อที่ตอบถูกต้อง

3. ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้งานภายหลังจากที่ได้ทดลองใช้งานโปรแกรมแล้ว เกี่ยวกับคุณภาพของโปรแกรม ดังนี้

3.1 ผลการประเมินความคิดเห็นของครูผู้สอนเกี่ยวกับคุณภาพของโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ในภาพรวมพบว่า ครูผู้สอนมีความเห็นว่าโปรแกรมมีคุณภาพในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.78 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านด้านความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.83 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.25 รองลงมาคือ ด้านความเป็นไปได้มีค่าเฉลี่ย 4.83 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.40 ด้านความถูกต้องครอบคลุม มีค่าเฉลี่ย 4.77 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 ด้านความเป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 4.78 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ตามลำดับ

3.2 ผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับคุณภาพของโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ในภาพรวม พบว่า นักเรียนมีความเห็นว่าโปรแกรมมีคุณภาพในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.26 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความเป็นไปได้มีค่าเฉลี่ย 4.33 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61 รองลงมา คือ ด้านด้านความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.28 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63 ด้านความเป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 4.20 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70 และด้านความถูกต้องครอบคลุม มีค่าเฉลี่ย 4.17 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พบว่า โปรแกรมประกอบด้วยคลังข้อสอบ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 48 ข้อ ที่มีค่าพารามิเตอร์ความยากมีค่าอยู่ระหว่าง -0.32 ถึง 3.27 อำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.70 ถึง 3.19 และส่วนโอกาสการเดา มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.28 โดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษา PHP และใช้โปรแกรม PhpMyAdmin

สำหรับการจัดการฐานข้อมูล สามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Windows Android และ IOS เรียกใช้งานได้ดีบน Web Browser: Google-Chrome Mozilla Firefox และ Spark การออกแบบโปรแกรมโดยใช้แนวคิดการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ ใช้วิธีการคัดเลือกข้อสอบข้อแรกใช้วิธีการเสนอทดสอบสูงสุดตรงตำแหน่ง 0 (Maximum Information Item Information) และคัดเลือกข้อสอบข้อต่อไปด้วยวิธีการเดียวกัน ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบโดยวิธีเบย์สปรับปรุงใหม่ (Bayesian Updating) และใช้เกณฑ์ในการยุติการสอบ 2 เกณฑ์ คือ โปรแกรมจะยุติเมื่อความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบมีค่าน้อยกว่า 0.20 แต่ถ้าหากผู้สอบทำข้อสอบครบ 20 ข้อ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานยังไม่น้อยกว่า 0.20 โปรแกรมก็จะยุติทันที ทั้งนี้โปรแกรมสามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในรูปสัดส่วนของจำนวนครั้งของการตอบถูกต้องตามทักษะการแก้โจทย์ปัญหา 4 ชั้น คือ ชั้นเข้าใจ โจทย์ ชั้นวางแผนแก้ปัญหา ชั้นปฏิบัติตามแผน และชั้นตรวจสอบ และรายงานผลจำนวนข้อสอบที่ตอบผิดหรือถูก การจำแนกระดับความสามารถของผู้สอบเป็นระดับย่อยได้ 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ ต่ำ และต่ำมาก และผลการประเมินความมีประโยชน์ ด้านความเป็นไปได้ ด้านความเหมาะสม และความถูกต้องครอบคลุมของโปรแกรม โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า โปรแกรมมีประโยชน์ มีความเป็นไปได้ มีความเหมาะสม และมีความถูกต้องครอบคลุมในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.66 นอกจากนี้เมื่อนำไปให้ครูผู้สอนและนักเรียนใช้งาน และทำการประเมินคุณภาพของโปรแกรมหลังการใช้งาน พบว่า ครูผู้สอนเห็นว่าโปรแกรมมีประโยชน์ มีความเป็นไปได้ มีความเหมาะสม และมีความถูกต้องครอบคลุม ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 4.78 ส่วนนักเรียนเห็นว่าโปรแกรมมีประโยชน์ มีความเป็นไปได้ มีความเหมาะสม และมีความถูกต้องครอบคลุม ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.26

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา PHP และใช้โปรแกรม PhpMyAdmin ในการจัดการฐานข้อมูลคลังข้อสอบหาคุณภาพตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบ 3 พารามิเตอร์ และระบุ Q-matrix ให้กับข้อสอบแต่ละข้อเพื่อช่วยในการประเมินวินิจฉัย การพัฒนาโปรแกรมใช้แนวคิดของการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized Adaptive Testing) ผลการพัฒนาพบว่า โปรแกรมสามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Windows Android และ IOS ใช้งานได้ดีกับโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ Google-Chrome Mozilla Firefox และ Spark ตามลำดับ เมื่อการทดสอบเสร็จโปรแกรมสามารถรายงานผลเกี่ยวกับทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของผู้สอบเป็นรายบุคคล โดยจำแนกระดับความสามารถของผู้สอบออกเป็น 5 ระดับย่อย คือ ดีมาก ดี พอใช้ ต่ำ และต่ำมาก และจากการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญมีเห็นว่าเป็นโปรแกรมที่ทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานในระดับมากที่สุด นอกจากนี้เมื่อนำไปทดลองใช้กับครูและนักเรียน ครูและนักเรียน เห็นว่าเป็นโปรแกรมที่มีประโยชน์ ใช้งานได้ง่าย ให้ผลการทดสอบถูกต้อง รวดเร็ว และมีความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการพัฒนาโปรแกรมเป็นไปตามกระบวนการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ 5 ขั้นตอนของ Thompson and Weiss (2011 : 1) คือ การสร้างคลังข้อสอบ การคัดเลือกข้อสอบข้อแรก การคัดเลือกข้อสอบข้อถัดไป การประมาณค่าความสามารถของผู้เข้าสอบ และเกณฑ์การยุติการทดสอบ อีกทั้งในขั้นตอนการพัฒนาคลังข้อสอบให้มีคุณภาพโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ และเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบก่อนนำเข้าคลัง (Senarat et al. 2013 : 1012-1013)) นอกจากนี้กระบวนการพัฒนาโปรแกรม เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ปรับปรุง

โปรแกรมก่อนนำไปทดลองใช้ ทดลองใช้กับกลุ่มผู้ใช้งานและปรับปรุงโปรแกรม และประเมินโปรแกรมจากการใช้งาน ในสถานการณ์จริง สอดคล้องกับแนวคิดในการพัฒนาพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (System Development Life Cycle : SDLC) 6 ขั้นตอน ของ Half (2017 : unpagged) นอกจากนี้โปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นการใช้สื่อผสมหลายหลาก ทำให้ลดผลกระทบในทางลบที่มีต่อผู้สอบที่มีความสามารถในการอ่านต่ำ ทำให้ชุดข้อคำถามมีความสอดคล้องเหมาะสม กับสิ่งที่ต้องการถาม (Parshall et al. 2002 : 136) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Senarat et al. (2013 : 1010-1019) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง Development of a Computerized Adaptive testing for Diagnosing the Cognitive Process of Grade 7 Students in Learning Algebra, Using Multidimensional Item Response Theory ที่ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมเป็น 4 ขั้นตอนคือ พัฒนาล้างข้อสอบ พัฒนาโปรแกรม ทดลองใช้ และประเมินคุณภาพ ของโปรแกรม และผลการประเมินของผู้ใช้งานพบว่า ครู และนักเรียน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าโปรแกรมมีประโยชน์ ใช้งานได้ง่าย ให้ผลการทดสอบถูกต้อง รวดเร็ว และมีความถูกต้องครอบคลุม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ครูสามารถนำโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวไปใช้ในการวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนในการเรียนได้ทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน
2. นักเรียนสามารถนำโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ไปใช้เพื่อทดสอบความสามารถของตนเอง
3. ผู้ปกครอง หรือผู้ที่สนใจ สามารถนำโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ไปใช้เพื่อทดสอบความสามารถของบุตร หลาน หรือบุคคลที่อยู่ภายใต้ การปกครองของตนเอง

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา วิชาคณิตศาสตร์ ในเรื่องอื่น ๆ โดยประยุกต์ใช้ระดับขั้นของทักษะกระบวนการด้านคณิตศาสตร์เป็นกรอบในการวินิจฉัย
2. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะในรายวิชาอื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

- Bell, F H. **Teaching and Learning Mathematics : in Secondary School.** Dubuque, Iowa : Wm. C. Brown Publisher, 1978.
- Frey, A., and N.N.Seitz. "Multidimensional Adaptive Testing in Educational and Psychological Measurement : Current State and Future Challenges," **Stud. Educ. Evalu.** 35 (2009) : 89-97.

- Half, R.. **6 Basic SDLC Methodologies: Which One is Best?**. (online) 2016. (cited 10 April 2018).
Available from: <https://www.roberthalf.com/blog/salaries-and-skills/6-basic-sdlc-methodologies-which-one-is-best>
- Huebner, A. “An Overview of Recent Developments in Cognitive Diagnostic Computer Adaptive Assessments,” **Practical Assessment, Research & Evaluation**. 15, 3 (2010) : 1-7.
- Ketterlin-Geller, L.R. and P. Yovanoff. “Diagnostic Assessments in Mathematics to Support Instructional Decision Making,” **Practical Assessment, Research Evaluation**. 14, 16 (2009) : 1-11.
- Lester, F. K. Ideas about Problem-Solving: A look at Some Psychology Research. **Arithmetic Teacher**. 25, 2 (November 1977) : 12-14.
- Lindquist, E.F. **Educational Measurement**. Washington : American Council of Education, 1951.
- National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). **Annual Report 2016**. (online) 2016 (cited 10 April 2018). Available from:
http://www.niets.or.th/uploads/content_pdf/pdf_1503649895.pdf. [in Thai].
- Parshall, C.G., T. Davey and P.J. Pashley. “Innovative Item Types for Computerized Testing,” In W. J. van der Linden & C.A.W. Glas (Eds.). **Computerized Adaptive Testing : Theory and Practice**. Netherlands : Kluwer, 2002.
- Perdikaris, S.C. “Applications of Ergodic Chains to Problem Solving,” **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**. 24:3, (1993) : 423-427.
- Polya, G. **"How to Solve It"**. 2nd ed. New Jersey : Princeton University Press, 1957.
- Senarat S., S. Tayraukham, C. Piyapimonsit and S. Tongkhambanjong. “Development of a Computerized Adaptive Testing for Diagnosing the Cognitive Process of Grade 7 Students in Learning Algebra, Using Multidimensional Item Response Theory,” **Educational Research and Reviews**. Kenya. 8, 13, (2013) : 1009-1021.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. **The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008) Mathematics**. (online) 2018 (cited 10 April 2018).
Available from: http://www.ipst.ac.th/images/stories/files/Curriculum/MathCur_2008_EngVersion.pdf.2008.
- Thompson, Nhan A. and David A. Weiss. “A Framework for the Development of Computerized Adaptive Tests,” **Practical Assessment, Research & Evaluation**. 16, 1 (2011) : 1-9.