

การพัฒนาคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 Development of an Item Bank Mathematics on the Integer for Mathayomsuksa 1 in Roi-Et

อภิญญา พลเย็น¹ สมประสงค์ เสนารัตน์² เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์³

Apinya Ponyuen¹, Somprasong Senarat² and Benjamaporn Senarat³

¹สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

¹Program in Educational Research and Evaluation, Faculty of Education, Roi Et Rajabhat University

²คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

²Faculty of Education, Roi Et Rajabhat University

³คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

³Faculty of Education, Roi Et Rajabhat University

email: m.apinya286@gmail.com

Received: July 17, 2023

Reviewed: August 8, 2023

Revised: August 13, 2023

Accepted: August 25, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนในจังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 2,366 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม แบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบด้วยโปรแกรมภาษา R แพ็กเกจ mirt ผลการวิจัย พบว่า ข้อสอบที่สร้างขึ้นจำนวน 140 ข้อ ผ่านการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 139 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ต้องการใช้จริง 113 ข้อ โดยการเรียงค่าดัชนีความสอดคล้องจากมากไปน้อย นำข้อสอบไปจัดเป็นฉบับ 4 ฉบับ ๆ ละ 35 ข้อ โดยมีข้อสอบรวม จำนวน 9 ข้อ และนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกับโปรแกรมภาษา R แพ็กเกจ equate แล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธีโค้งลักษณะข้อสอบของ Stocking-Lord Method ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ จำนวน 70 ข้อ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ในคลังข้อสอบ พิจารณาจากค่าความยากอยู่ระหว่าง -1.22 ถึง +2.06 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.71 ซึ่งแสดงว่าข้อสอบมีระดับความยากอยู่ในเกณฑ์ง่ายถึงยาก คลังข้อสอบสร้างขึ้นโดยใช้ฐานข้อมูลโปรแกรม PhpMyAdmin เก็บข้อมูลในรูปแบบ ตัวเลข และตัวอักษร และนำไปพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

คำสำคัญ: คณิตศาสตร์ คลังข้อสอบ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

Abstract

The purpose of this research to develop of an item bank mathematics on the integer for Mathayomsuksa 1 students by using item response theory. The samples consisted of 2,366 Mathayomsuksa 1 students in Roi-Et in the second semester of the academic year 2022. The samples were obtained by two-stage random sampling. The instrument used in the research was a mathematics test on integers consisting of 4 types of multiple-choice tests. Tests

parameters were analyzed by program R packages mirt. The results of the research showed that 140 test items which was conducted at first qualified totally 139 items from the experts, and index of congruence was between 0.60-1.00, 113 items were actually needed, arranged in descending order of IOC values. The exam be organized into 4 copies 35 items, 9 items joint, which will be tested with 2,366 students and the test results will be analyzed for parameters of the exam characteristics curve method of The Stocking-Lord Method. There were 70 items qualified for the item bank. Test parameters difficulty was between -1.22 to +2.06 with an average of 0.15 and standard deviation of 0.71, indicating that the exam has a level of difficulty in the criteria of easy to difficult. The Item bank was conducted by PhpMyAdmin database program which could store images number and texts for developing program of computer adaptive testing.

Keywords: Mathematics, Item bank, Item response theory

บทนำ

การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ เน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม รวมทั้งทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545, น. 13) ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และได้กำหนดให้คณิตศาสตร์เป็นกลุ่มสาระหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน มีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่าง มีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ ช่วยคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 56) ดังนั้น คณิตศาสตร์ จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติ

คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ การเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่จะประสบความสำเร็จนั้น ต้องมีการเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ พร้อมทั้งจะประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1-2) ในสภาพปัจจุบันของประเทศไทยพบว่า นักเรียนไทยมีผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะเห็นได้จากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education: O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในระยะเวลา 3 ปี ได้แก่ ปีการศึกษา 2562 - 2564 มีคะแนนเฉลี่ยลดลงในทุกปีการศึกษา และมีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 27 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2565) และผลการประเมินนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) ของประเทศไทย ด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างอายุ 15 ปีของประเทศไทย ในระยะเวลา 3 ปี ได้แก่ ปี 2012 ปี 2015 และปี 2018 พบว่า นักเรียนไทยมีผลการประเมินด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยขององค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (The Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564, น. 178) จากปัญหาดังกล่าวที่ทำให้ผลการเรียนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนั้น อาจจะเนื่องมาจากพื้นฐานคณิตศาสตร์ไม่เพียงพอ

การเรียนรู้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาเนื้อหาพื้นฐานแรกที่จะนำไปสู่การเรียนรู้ในระดับชั้นที่สูงขึ้น คือ เรื่อง จำนวนเต็ม (การบวกจำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม การคูณจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, สารบัญ) ประกอบกับการวิจัยของ สุชานาฏ คำพินันท์ (2559, น. 84) เรื่อง การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ข้อบกพร่องที่สำรวจพบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม คือ ยกตัวอย่างและเปรียบเทียบจำนวนเต็มไม่ได้ ดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็มไม่ถูกต้อง คำนวณหาคำตอบไม่ได้ ขาดทักษะการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา หาความสัมพันธ์สมผลของคำตอบไม่ได้ และนุรมา นิสาล๊ะ (2563, น. 99) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบข้อบกพร่องความสามารถในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 682 คน ผลการวิจัยพบว่า ข้อบกพร่องที่พบมากที่สุด คือ บกพร่องเครื่องหมายในการตอบในเนื้อหาการหารจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 50.90 รองลงมาคือ ไม่เข้าใจหลักการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาการบวก ลบ คูณ หารระคนจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 37.25 และใช้เลขที่อยู่ในหลักเดียวกันที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้งในเนื้อหาการบวก ลบ คูณ หารระคนจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 33.43 ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวนี้นำให้เห็นว่า การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้เกิดประสิทธิภาพนั้น ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เนื้อหาของแต่ละระดับชั้น มีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมาแล้ว สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการต่อยอดกับการเรียนในระดับชั้นที่สูงขึ้นไป ซึ่งการที่ผู้สอนจะทราบว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถเพียงใดจะต้องมีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เพื่อค้นหาจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของผู้เรียน โดยการวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนของผู้เรียน

การวัดประเมินเพื่อวินิจฉัย (Diagnostic Assessment) เป็นกระบวนการใช้ดุลยพินิจในการศึกษาพิจารณาสิ่งที่จะประเมิน เพื่อให้เข้าใจสภาพปัญหา จุดแข็ง จุดอ่อน และสาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่หนทาง การแก้ปัญหา และสามารถวางแผนการทำงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (วิโรจน์ ลีวงศ์สถาพร และจุฑามาส สรุปราชภู่, 2560, น. 33) และให้โอกาสในการสะท้อนความคิด จุดแข็ง และจุดอ่อนของนักเรียน สามารถให้ ข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน (Education Endowment Foundation, 2022) ซึ่งเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อหาจุดบกพร่องที่เป็นปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนเรื่องหนึ่ง ๆ ของผู้เรียนแต่ละคน เพื่อที่จะหาแนวทางแก้ไขได้ตรงจุดยิ่งขึ้น ทำให้สามารถช่วยเหลือผู้เรียนที่มีปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนได้ เรียกว่า “แบบทดสอบวินิจฉัย” (บุญชุม ศรีสะอาด, 2553, น. 50) นอกจากนี้แบบทดสอบวินิจฉัยยังเป็น แนวทางหนึ่งที่แก้ไขให้ผู้เรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (สมนึก ภัททิยธนี, 2560, น. 8) ซึ่งผลการ ทดสอบนั้นจะต้องมีวิธีการวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้นักทฤษฎีทางการวัดได้ให้ความสำคัญต่อการศึกษาค้นคว้าของการวัดทางการศึกษาและจิตวิทยา วิธีการวัด ตลอดจนแนวทางแก้ไขปัญหการวัดอย่างมี ประสิทธิภาพและประสิทธิภาพมาเป็นเวลาช้านาน ปัจจุบันได้พัฒนาองค์ความรู้ทั่วไปอันเป็นศาสตร์สาขาหนึ่ง ทางการศึกษาและจิตวิทยา โดยมีชื่อเรียกที่รู้จักกันทั่วไปในนามของ “ทฤษฎีการทดสอบ” จากทฤษฎีการ ทดสอบแบบดั้งเดิมสู่ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ ที่ได้ขยายแนวคิดของการทดสอบให้ครอบคลุม สถานการณ์ ของการทดสอบและการใช้ผลที่ถูกต้องให้เกิดประโยชน์ที่กว้างขวางและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563, น. 1) วิธีการทดสอบแบบดั้งเดิมเป็นการทดสอบที่ใช้กระดาษเขียนตอบ (Paper Pencil Test) แต่ ปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทดสอบ เพื่อช่วยลดเวลาในการทดสอบ สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ในทันที สามารถใช้นวัตกรรมในการจัดทำข้อสอบด้วยสื่อมัลติมีเดียได้ (Wise และ Plake. 1990,

pp. 1-2 อ้างถึงใน เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์, 2558, น. 43) คอมพิวเตอร์จึงมีความสำคัญต่อการทดสอบโดยช่วยเก็บรวบรวมข้อสอบไว้ในคลังข้อสอบ ผู้สอนสามารถจะเลือกหรือสุ่มข้อสอบจากคลังข้อสอบให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมายและเนื้อหาที่ต้องการสอบในแต่ละครั้งของการสอบ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบสอบคู่ขนาน การเปรียบเทียบคะแนนระหว่างแบบสอบ และให้คอมพิวเตอร์ช่วยพิมพ์ข้อสอบ เพื่อมาใช้เป็นแบบสอบสำหรับวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างง่าย สะดวกและมีประสิทธิภาพ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563, น. 229)

จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย และสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้น การทดสอบแบบใช้กระดาษเขียนตอบ ต้องใช้เวลาในการตรวจข้อสอบ และไม่สามารถรายงานผลการทดสอบให้ผู้เรียนได้ทันที และครูต้องเสียเวลาในการออกข้อสอบใหม่ทุกครั้งที่มีการทดสอบ ดังนั้นเพื่อลดระยะเวลาในการออกข้อสอบและตรวจคำตอบ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผลการวิจัยจะทำให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพจัดเก็บไว้ในคลังข้อสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบออนไลน์ เพื่อรองรับการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ได้

วิธีการวิจัย

ประชากร

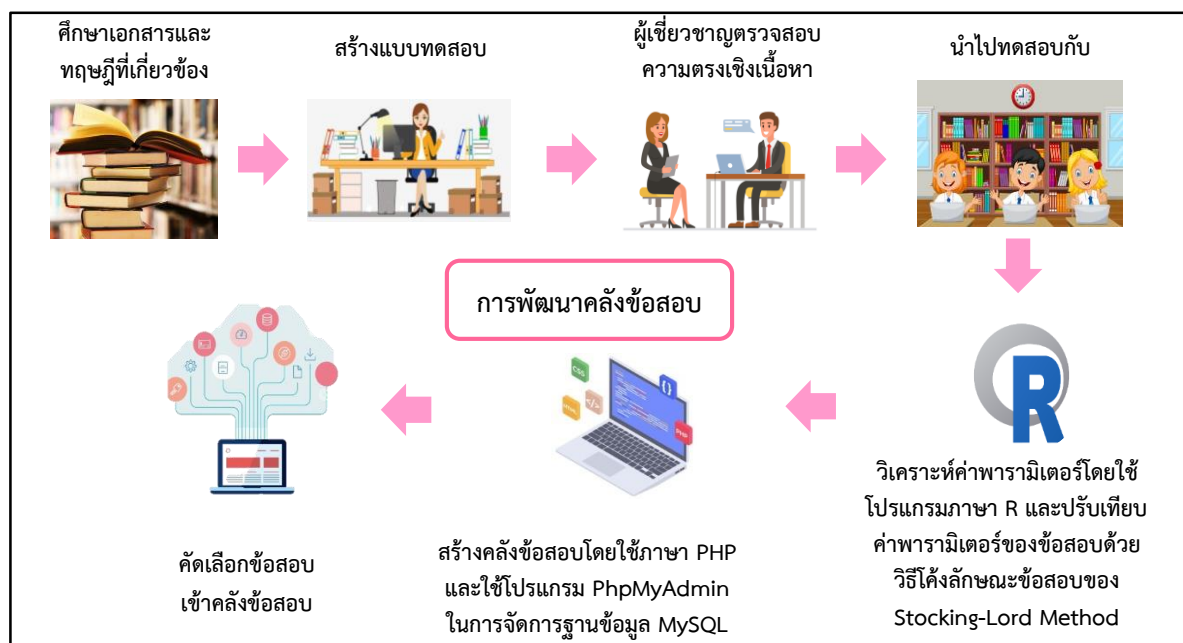
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนในจังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 10,957 คน

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนในจังหวัดร้อยเอ็ด ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 2,366 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่ม (Random Sampling)

การพัฒนาคลังข้อสอบ

การพัฒนาคลังข้อสอบมีวิธีดำเนินการ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลำดับขั้นตอนการพัฒนาคลังข้อสอบ

จากภาพที่ 2 การพัฒนาคลังข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีวิธีการดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์และสังเคราะห์ แนวคิด ทฤษฎี หรือวิธีการ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งฐานข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง จำนวนเต็ม
2. การสร้างข้อสอบสำหรับวินิจัย
 - 2.1 สร้างข้อสอบแบบตอบสั้นวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 125 ข้อ และแบ่งข้อสอบ ออกเป็น 5 ฉบับ ฉบับละ 25 ข้อ
 - 2.2 เสนออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
 - 2.3 นำข้อสอบแบบตอบสั้นไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 70 คน เพื่อหาจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม และนำคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิดมาสร้างเป็นตัวเลือกในแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 140 ข้อ ต้องการใช้จริง 113 ข้อ
3. นำข้อสอบจำนวน 140 ข้อ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน
4. ปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จัดชุดข้อสอบเป็น 4 ฉบับ แต่ละฉบับมีข้อสอบจำนวน 35 ข้อ โดยมีข้อสอบรวมจำนวน 9 ข้อ จัดทำเป็นชุดข้อสอบและแบบ QR-Code แยกเป็น 4 ฉบับ รวมข้อสอบทั้งหมดจำนวน 113 ข้อ
5. นำไปทดสอบกับนักเรียน จำนวน 2,366 คน ใช้เวลาในการทดสอบ จำนวน 1.30 ชั่วโมง
6. คำนวณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบเป็นรายข้อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบกับนักเรียนจำนวน 2,366 คน มาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ คือ ค่าความยาก (b) โดยใช้โปรแกรมภาษา R แพ็กเกจ mirt
7. ปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันด้วยวิธีโค้งลักษณะข้อสอบ (Characteristic Curve Method) ของ Stocking-Lord Method ด้วยโปรแกรมภาษา R โดยใช้แพ็กเกจ equate
8. สร้างคลังข้อสอบโดยเลือกใช้ภาษา PHP และใช้โปรแกรม PhpMyAdmin ในการจัดการฐานข้อมูล MySQL
9. คัดเลือกข้อสอบเข้าคลังข้อสอบ ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง -2.50 ถึง +2.50

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิเคราะห์ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการพิจารณาพบว่า ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามเนื้อหา จำนวน 140 ข้อ ผ่านเกณฑ์จำนวน 139 ข้อ มีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60-1.00 โดยการเรียงลำดับค่า IOC จากมากไปน้อย และทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ระหว่าง 0.80-1.00 เลือกข้อสอบให้ได้ข้อสอบครบตามจำนวนข้อที่ต้องการ จำนวน 113 ข้อ ประกอบด้วยเนื้อหา เรื่อง การคูณและการหารจำนวนเต็มมากที่สุด จำนวน 36 ข้อ รองลงมา คือ การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม จำนวน 29 ข้อ การบวกและการลบจำนวนเต็ม จำนวน 26 ข้อ จำนวนเต็มและสมบัติของจำนวนเต็ม จำนวน 13 ข้อ และการบวก ลบ คูณ และหารจำนวนเต็ม จำนวน 9 ข้อ ตามลำดับ

2. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบทั้งหมดจำนวน 113 ข้อ จัดเป็นชุดข้อสอบ 4 ฉบับ แต่ละฉบับมีจำนวนข้อสอบฉบับละ 35 ข้อ มีข้อสอบรวมจำนวน 9 ข้อ นำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนในจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 2,366 คน จากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมภาษา R และเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบด้วยวิธีหาโค้งลักษณะข้อสอบ (Characteristic Curve Method) ของ Stocking & Lord ซึ่งกำหนดให้ค่าอำนาจจำแนกคงที่ พบว่า มีค่าความยากมีค่าอยู่ระหว่าง -2.643 ถึง +3.272 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.001 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.444 แสดงว่า ข้อสอบมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ง่ายถึงยาก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 1 พารามิเตอร์

item	a	b	item	a	b	item	a	b
1	1	-0.475	39*	1	-2.544	77	1	0.085
2	1	-0.129	40*	1	-0.566	78	1	0.069
3	1	-0.381	41	1	-0.211	79*	1	-2.539
4	1	0.087	42*	1	2.509	80*	1	-2.531
5	1	0.066	43*	1	2.547	81	1	0.324
6	1	0.096	44	1	0.045	82*	1	-2.556
7	1	0.069	45	1	0.069	83*	1	2.580
8*	1	-2.547	46	1	0.065	84*	1	2.532
9*	1	-2.626	47*	1	2.514	85	1	0.108
10	1	-0.918	48	1	0.069	86*	1	-0.106
11	1	-1.220	49	1	0.083	87	1	1.517
12	1	-1.211	50	1	-0.619	88*	1	2.507
13	1	-0.122	51*	1	2.519	89*	1	0.221
14	1	-0.181	52*	1	-2.517	90	1	-1.121
15	1	-0.275	53	1	0.233	91	1	-0.165
16	1	-0.225	54*	1	-2.539	92	1	-0.401
17	1	-0.205	55	1	1.225	93	1	-0.151
18	1	0.064	56	1	1.312	94*	1	2.500
19	1	0.068	57	1	0.748	95*	1	-2.531
20	1	0.070	58	1	0.930	96	1	-0.072
21	1	0.103	59	1	1.445	97*	1	-1.510
22	1	0.084	60	1	1.585	98	1	0.090
23	1	0.073	61	1	1.654	99*	1	-1.634
24	1	0.076	62	1	-0.965	100	1	0.083
25	1	0.089	63*	1	0.392	101*	1	0.022
26	1	0.067	64	1	-0.619	102	1	0.099
27*	1	-2.512	65	1	-0.118	103	1	0.065
28*	1	-2.583	66*	1	-1.568	104*	1	0.110
29	1	0.134	67*	1	0.331	105*	1	-2.505
30*	1	-2.643	68*	1	1.932	106*	1	-2.501

ตารางที่ 1 (ต่อ)

item	a	b	item	a	b	item	a	b
31	1	0.631	69	1	-0.235	107*	1	-2.500
32*	1	1.972	70	1	0.017	108*	1	-0.605
33	1	1.508	71	1	0.088	109*	1	3.272
34	1	2.057	72*	1	0.017	110	1	0.344
35*	1	2.684	73*	1	-1.509	111	1	0.129
36	1	-0.869	74*	1	2.516	112	1	1.652
37*	1	2.542	75	1	0.085	113	1	1.638
38	1	-0.873	76	1	0.098			
Minimum								-2.643
Maximum								3.272
Mean								0.001
Standard Deviation								1.444

a แทนค่าอำนาจจำแนก (ค่าอำนาจจำแนกคงที่ = 1), b แทน ค่าความยาก

ข้อสอบข้อที่ 1-9 เป็นข้อสอบรวม

*ข้อสอบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ และถูกคัดออก

3. ผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) โดยใช้โปรแกรมภาษา R แพ็กเกจ lavaan พบว่า ค่าสถิติวัดความกลมกลืนของโมเดลองค์ประกอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ขององค์ประกอบเชิงยืนยันของข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ดังนี้

ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ฉบับที่ 1 จำนวน 32 ข้อ (ข้อที่ 1-20, 22-33) มีความเป็นเอกมิติ และมีหลักฐานสนับสนุนเพื่อบ่งชี้ว่ามีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยมีค่าสถิติ $\chi^2 = 391.931$, $df = 360$, $P\text{-value} = 0.119$, $\chi^2/df = 1.089$, $GFI = 0.963$, $AGFI = 0.946$, $CFI = 0.994$, $TLI = 0.992$, $RMSEA = 0.012$, $SRMR = 0.031$

ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ฉบับที่ 2 จำนวน 31 ข้อ (ข้อที่ 1, 3-14, 16-25, 27-34) มีความเป็นเอกมิติ และมีหลักฐานสนับสนุนเพื่อบ่งชี้ว่ามีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยมีค่าสถิติ $\chi^2 = 283.295$, $df = 262$, $P\text{-value} = 0.175$, $\chi^2/df = 1.081$, $GFI = 0.972$, $AGFI = 0.948$, $CFI = 0.994$, $TLI = 0.990$, $RMSEA = 0.011$, $SRMR = 0.031$

ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ฉบับที่ 3 จำนวน 33 ข้อ (ข้อที่ 1-15, 17-26, 28-35) มีความเป็นเอกมิติ และมีหลักฐานสนับสนุนเพื่อบ่งชี้ว่ามีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยมีค่าสถิติ $\chi^2 = 408.350$, $df = 374$, $P\text{-value} = 0.107$, $\chi^2/df = 1.092$, $GFI = 0.958$, $AGFI = 0.940$, $CFI = 0.993$, $TLI = 0.991$, $RMSEA = 0.013$, $SRMR = 0.035$

ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ฉบับที่ 4 จำนวน 34 ข้อ (ข้อที่ 1-29, 31-35) มีความเป็นเอกมิติ และมีหลักฐานสนับสนุนเพื่อบ่งชี้ว่ามีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยมีค่าสถิติ $\chi^2 = 271.722$, $df = 228$, $P\text{-value} = 0.103$, $\chi^2/df = 1.192$, $GFI = 0.974$, $AGFI = 0.931$, $CFI = 0.994$, $TLI = 0.986$, $RMSEA = 0.019$, $SRMR = 0.025$

4. ผลการพิจารณาคุณภาพข้อสอบเข้าคลังข้อสอบ พบว่า มีข้อสอบผ่านเกณฑ์ค่าความยากอยู่ระหว่าง -2.50 ถึง +2.50 จำนวน 70 ข้อ ที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง -1.220 ถึง +2.057 มีค่าเฉลี่ย 0.15 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 และผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจำแนกตามเนื้อหา พบว่า จำนวนเต็มและสมบัติของจำนวนเต็ม มีค่าความยากอยู่ระหว่าง -1.22 ถึง -0.48 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.92 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.25 การบวกและการลบจำนวนเต็ม มีค่าความยากอยู่ระหว่าง -0.40 ถึง 0.06 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.16 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.13 การคูณและการหารจำนวนเต็ม มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.07 ถึง 0.10 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.08 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.01 การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.11 ถึง 1.51 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.53 และการบวก ลบ คูณ และหารจำนวนเต็ม มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 1.58 ถึง 2.06 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.19 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อสอบที่คัดเลือกเข้าคลังข้อสอบ

item	a	b	item	a	b	item	a	b
1	1	-1.220	26	1	0.069	51	1	-1.121
2	1	-1.211	27	1	0.069	52	1	-0.475
3	1	-0.918	28	1	0.065	53	1	-0.151
4	1	-0.122	29	1	0.083	54	1	-0.381
5	1	-0.181	30	1	0.233	55	1	-0.401
6	1	-0.275	31	1	0.748	56	1	-0.165
7	1	-0.225	32	1	0.930	57	1	-0.129
8	1	0.064	33	1	1.225	58	1	-0.072
9	1	0.068	34	1	1.312	59	1	0.065
10	1	0.067	35	1	1.445	60	1	0.099
11	1	0.089	36	1	1.585	61	1	0.069
12	1	0.103	37	1	1.654	62	1	0.090
13	1	0.073	38	1	-0.619	63	1	0.087
14	1	0.076	39	1	-0.965	64	1	0.066
15	1	0.084	40	1	-0.118	65	1	0.083
16	1	0.070	41	1	-0.235	66	1	0.096
17	1	0.134	42	1	0.017	67	1	0.129
18	1	0.631	43	1	0.088	68	1	0.344
19	1	1.508	44	1	0.085	69	1	1.652
20	1	2.057	45	1	0.085	70	1	1.638
21	1	0.068	46	1	0.098			
22	1	-0.873	47	1	0.069			
23	1	-0.869	48	1	0.108			
24	1	0.045	49	1	0.324			
25	1	-0.211	50	1	1.517			
Minimum								-1.220
Maximum								2.057
Mean								0.145
Standard Deviation								0.706

a แทนค่าอำนาจจำแนก (ค่าอำนาจจำแนกคงที่ = 1), b แทน ค่าความยาก

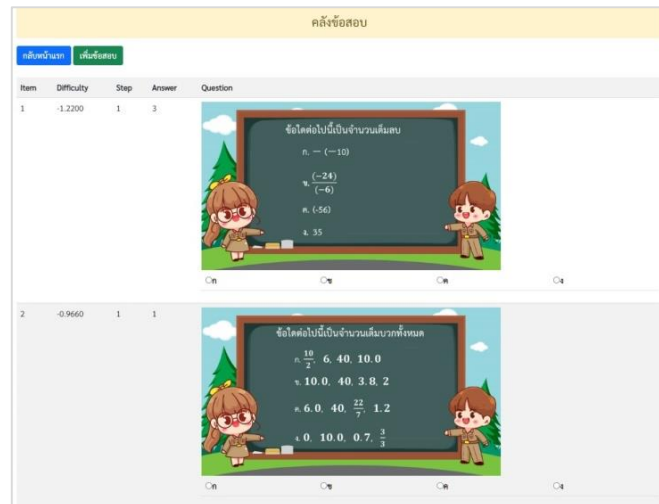
5. ผลการจัดทำฐานข้อมูลในคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม การออกแบบฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บข้อสอบไว้ในคลังข้อสอบที่สร้างขึ้นสามารถจัดเก็บข้อสอบผ่านระบบออนไลน์ โดยใช้ภาษา PHP และใช้โปรแกรม PhpMyAdmin ในการจัดการฐานข้อมูล MySQL โดยให้แต่ละเรคคอร์ด (Record) ประกอบด้วย ฟิลด์ (Field) ที่เป็นข้อมูลรูปภาพ ตัวอักษร และตัวเลข พร้อมทั้งตัวเลือก ก ตัวเลือก ข ตัวเลือก ค ตัวเลือก ง ค่าความยาก (b) และเฉลยคำตอบ บันทึกข้อมูลถูกจัดเก็บในรูปของตาราง การเข้าสู่ระบบการใช้งานสามารถนำไปใช้งานกับระบบปฏิบัติการ เช่น Windows Linux Android และ IOS ได้หลายหลายช่องทาง <https://reseva.reru.ac.th/1index.php> ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดโครงสร้างฐานข้อมูลคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม

ชื่อตาราง (Table Name)	ชื่อฟิลด์ (Field Name)	ชนิดของข้อมูล (Data Type)	คำอธิบาย (Description)
Test	item	Number	รหัสข้อสอบ
	image	Image	ภาพข้อสอบพร้อมตัวเลือก ประกอบด้วย ตัวเลือก ก ตัวเลือก ข ตัวเลือก ค ตัวเลือก ง
	difficulty	Decimal(5,4)	ค่าความยาก
	step	Text	กลุ่มเนื้อหา
	answer	Text	เฉลย

The screenshot shows a web application interface for managing a question bank. At the top, there is a header with a logo and the text 'โปรแกรมทดสอบและวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม'. Below the header are three buttons: 'ย้อนกลับ' (Back), 'คลังข้อสอบ' (Question Bank), and 'ออกจากระบบ' (Logout). The main content area is titled 'เพิ่มข้อสอบเข้าคลัง' (Add question to bank). It contains several input fields: 'Item : ข้อที่...' (Question number), 'Difficulty : ค่าความยาก...' (Difficulty level), 'Step : กลุ่มเนื้อหาของข้อสอบ' (Content group of the question), 'Answer : เฉลยคำตอบ...' (Answer), and 'image : Choose File' (No file chosen). There is a green 'ยืนยัน' (Confirm) button at the bottom. The footer contains copyright information: 'สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ', 'ดำเนินการแก้ไข ปรับปรุงแก้ไข จันทิรา ร้อยเอ็ด', 'ออกแบบและพัฒนา โดย นางสาวอริยาภา พลอิน', and 'copyright © 2023 RERU'.

ภาพที่ 3 ตัวอย่างการจัดเก็บข้อสอบในคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม



ภาพที่ 4 ตัวอย่างคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการพัฒนาคลังข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของข้อสอบ โดยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่า ข้อสอบที่สร้างขึ้นจำนวน 140 ข้อ ผ่านเกณฑ์จำนวน 139 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 1 ข้อ ซึ่งข้อที่ผ่านเกณฑ์มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00 ซึ่งผู้วิจัยต้องการใช้จริง จำนวน 113 ข้อ โดยการพิจารณาจากค่าความตรง เรียงลำดับค่าดัชนีความสอดคล้องจากมากไปน้อย เลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นมีความตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยได้ยึดหลักการและขั้นตอนในการสร้างข้อสอบตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้วิจัยสร้างข้อสอบจำนวนมากเพื่อให้ได้ข้อสอบเข้าคลังข้อสอบจำนวนมากและความหลากหลายในการนำไปใช้เพื่อวัดความรู้ของนักเรียนได้อย่างตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ และสมประสงค์ เสนารัตน์ (2561, น. 95) ที่กล่าวไว้ว่าแบบทดสอบควรมีข้อคำถามจำนวนมากและกระจายข้อคำถามให้น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา เนื่องจากข้อคำถามในแบบทดสอบเป็นเพียงตัวแทนหรือความรู้ความคิดของผู้เรียนที่ได้เรียนรู้

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ จำนวน 113 ข้อ พบว่า ข้อสอบผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าคลังข้อสอบ จำนวน 70 ข้อ มีค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -1.220 ถึง 2.057 มีค่าเฉลี่ย 0.145 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.706 ข้อสอบมีค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ง่ายถึงยาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุรัชย์ รักสมบัติ ปิยะทิพย์ ประจุพรหม และกนก พานทอง (2563, น. 328-329) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดการคลังข้อสอบจำแนกตามเนื้อหาและระดับความยากของข้อสอบ โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ พบว่าใช้การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบเพื่อหาคุณภาพข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักการทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ สำหรับค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -2.50 ถึง +2.50 มีข้อสอบผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 368 ข้อ ข้อสอบมีค่าพารามิเตอร์ความยาก ตั้งแต่ -1.19 ถึง 2.49 ค่าเฉลี่ยความยากของข้อสอบ เท่ากับ 1.20 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.81 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุจิตร สิทธิปฐ (2558) และ จิราพร ยายิรัมย์ (2563) พบว่า การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบใช้เกณฑ์ตั้งแต่ -2.50 ถึง +2.50

3. ผลการจัดทำคลังข้อสอบ พบว่า คลังข้อสอบประกอบด้วยข้อคำถาม ตัวเลือก เกลยคำตอบและค่าพารามิเตอร์ คือค่าความยาก พัฒนาโดยใช้ภาษา PHP และใช้โปรแกรม PhpMyAdmin ในการจัดการฐานข้อมูล MySQL สามารถบันทึก แก้ไข เพิ่ม แสดงฐานข้อมูล และจำนวนข้อสอบได้ สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ (2558, น. 75) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องมือประเมินความสามารถทางการศึกษาศึกษาของนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า เครื่องมือที่พัฒนาด้วยโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล PhpMyAdmin โดยใช้ภาษา PHP เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL สามารถดูข้อสอบผ่าน Web Browser สามารถบันทึก แก้ไข แสดงฐานข้อมูล และจำนวนข้อสอบได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของกนกกร พวงสมบัติ (2560, น. 118-119) ที่ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พบว่า การพัฒนาโปรแกรมทดสอบโดยใช้โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล PhpMyAdmin ด้วยภาษา PHP เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL สามารถใช้งานกับระบบปฏิบัติการ Windows Android และ IOS ใช้งานได้ดีกับโปรแกรม Web Browser สามารถบันทึก แก้ไข เพิ่มแสดงฐานข้อมูล และจำนวนข้อสอบได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ครูผู้สอนสามารถนำเอาข้อสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนได้ทั้งการใช้ในรูปแบบกระดาษเขียนตอบ (Paper Pencil Test) หรือการใช้รูปแบบการทดสอบออนไลน์โดยใช้คอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือได้

1.2 ครูผู้สอนสามารถเลือกข้อสอบให้เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียนได้

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

2.1 ควรมีการสร้างข้อสอบจำนวนมาก เพื่อให้ได้จำนวนข้อสอบในคลังข้อสอบมากขึ้น

2.2 ควรมีการพัฒนาเนื้อหาข้อสอบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีหลากหลายเรื่องเพื่อลดระยะเวลาในการออกข้อสอบของครูผู้สอนและเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กนกกร พวงสมบัติ. (2561). การพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จารุจิตร สิทธิปฐ. (2558). การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับการจัดสอบ O-NET ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- จิราพร ยายรัมย์. (2563). การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับการจัดสอบ Pre O-NET ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- นุรมา นิสาล๊ะ. (2563). การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องความสามารถในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). **การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาผู้เรียน** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น.
- เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์. (2558). **การพัฒนาเครื่องมือประเมินความสามารถทางการวิจัยการศึกษาของนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ และสมประสงค์ เสนารัตน์. (2561). **หลักการวัดและประเมินผลทางการศึกษา** (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.
- วิโรจน์ ลีวงศ์สภาพร และจุฑามาส สุปรานุรักษ์. (2560). ศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย: การประเมินและวิจัย. **นิตยสาร สสวท**, 45(205), 33.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2563). **ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (MODERN TEST THEORY)** (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันทดสอบทางศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน). (2565). รายงานผล O-NET ด้วยแผนที่ประเทศไทย. <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/3121>. (20 มีนาคม 2565).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). **หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ม.1 เล่ม 1**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). **ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- สมนึก ภัททิยธนี. (2560). **การวัดผลการศึกษา**. กทม.: ประสานการพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542**. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.
- สุชานาฏ คำพินันท์. (2559). **การสร้างแบบทดสอบวินิจัยข้อบ่งชี้ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- สุรัชย์ รักสมบัติ, ปิยะทิพย์ ประดุงพรหม และกนก พานทอง. (2563). การจัดการคลังข้อสอบจำแนกตามเนื้อหาและระดับความยากของข้อสอบ โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ. **วารสารการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม**, 26(2), 328-329.
- Albano, A. D. (2016). equate: An R package for observed-score linking and equating. **Journal of Statistical Software**, 74(8), 1-36.
- Chalmers, R. P. (2012). mirt: A multidimensional item response theory package for the R environment. **Journal of statistical Software**, 48(6), 1-29.
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R package for structural equation modeling. **Journal of statistical software**, 48(2), 1-36.