



การพัฒนาคคลังข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการ ตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

Development of the Mathematical Process Item Bank by Application Multidimensional Item Response Theory Model

ณัฐพงษ์ จันทะพรหม^{1*} และ พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ²

Natthapong Chantaprom^{1*} and Patcharin Chompuwiset²

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

² อาจารย์สาขาวิชาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

* ผู้ประสานงาน: km9994math@gmail.com

¹ M.Ed. Candidate in Educational Research and Evaluation, Faculty of Education,
Udon Thani Rajabhat University.

² Lecturer, Department of Educational Research and Evaluation, Faculty of Education,
Udon Thani Rajabhat University.

* Corresponding Author: km9994math@gmail.com

(Received: 2022-08-29; Revised: 2023-01-30; Accepted: 2023-03-08)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) สร้างและหาคุณภาพของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ 2) พัฒนาคคลังข้อสอบและสร้างคู่มือการใช้ฐานข้อมูลของคลังข้อสอบมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 25 จังหวัดขอนแก่น จำนวน 630 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ โดยหาคุณภาพของข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ได้แก่ ค่าความยากของข้อสอบแบบพหุมิติ (MDIFF_i) ค่าอำนาจจำแนกแบบ

พหุมิติแบบพหุมิติ (MDISC_i) ค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) และค่าโอกาสการเดา (c_i) ผลการวิจัยพบว่า

1. ข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีค่าโอกาสในการเดา (c_i) คัดเลือกข้อสอบ ในระหว่างช่วง 0.000 – 0.300 ได้จำนวน 58 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกแบบพหุมิติ (MDISC_i) มีค่าระหว่าง 0.558 – 6.871 และคัดเลือกข้อสอบที่ค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) ไม่ติดลบ ได้จำนวน 25 ข้อ ค่าความยากของข้อสอบแบบพหุมิติ (MDIFF_i) มีค่าระหว่าง -0.286 – 2.097 โดยคัดเลือกข้อสอบทั้งหมดได้จำนวน 60 ข้อ คัดเลือกข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านเกณฑ์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ได้จำนวน 24 ข้อ และ 2. คลังข้อสอบประกอบด้วยข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ จำนวน 24 ข้อ จัดเก็บในฐานข้อมูลออนไลน์โดยใช้โปรแกรมการจัดฐานข้อมูล MySQL และ PhpMyAdmin ในรูปของตาราง ใช้งานโปรแกรมบน Web Browser เชื่อมต่อผ่าน URL และสร้างคู่มือการใช้งานข้อมูลการใช้คลังข้อสอบมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ที่มีองค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความมุ่งหมายของคลังข้อสอบ 2) ลักษณะของคลังข้อสอบ 3) การพัฒนาคลังข้อสอบ 4) คุณภาพของคลังข้อสอบ 5) การใช้คลังข้อสอบและการดำเนินการสอบ และ 6) การวัดผล

คำสำคัญ : โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ, คลังข้อสอบ, กระบวนการทางคณิตศาสตร์, โปรแกรมการจัดฐานข้อมูล MySQL และ PhpMyAdmin

Abstract

The research objectives were to 1) develop and determine the quality of mathematical process test, and 2) develop item bank and create an instruction in order to use the database of the mathematical process dimension applying the multidimensional item response theory model. The samples in this research were acquired by using multi-stage random sampling consisting of 630 secondary school students level 3 (Grade 9), in semester 2 of 2021 under the Secondary Educational Service Area Office, Khon Kaen. The research tool was a mathematical process test with 4 multiple choice, as a number of 80 items totally. The quality of the test was evaluated according to the multidimensional item response theory as follows; the difficulty of the multidimensiona (MDIFF_i), the multidimensional discrimination

(MDISC_i), the discrimination of each dimension (a_{im}), and the guessing chance (c_i). The results showed that:

1. the results of creation and quality determination of mathematical process items there were 58 items from probability of guessing (c_i) by selecting the test during the range of 0.000-0.300, the multidimensional discrimination (MDISC_i) between 0.558-6.871 and the discrimination of each dimension (a_{im}) with no negative value were 25 items, the difficulty of the multidimensional (MDIFF_i) by selecting the exam. During the range of -0.286-2.097, 60 items. A total of 24 items were selected from the mathematical process test that passed the criteria according to the multidimensional item response theory, and 2. The items bank consisted of 24 quality mathematical process test according to multidimensional item response theory, keeping them on the online database using MySQL and PhpMyAdmin, storing the recorded data in form of table and using the program on the Web Browser connected through a URL, as well as creating an instruction for using the mathematical process dimension item bank's database whose components were 1) the purpose of the item bank, 2) the nature of the item bank, 3) the development of the item bank, 4) the quality of the item bank, 5) the usage and the conduct of the item bank, and 6) the assessment.

Keywords: Multidimensional Item Response Theory Model, Item Bank, Mathematical Process Item, MySQL and PhpMyAdmin.

บทนำ

การวัดผลมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีทฤษฎีการทดสอบอยู่ 2 แนวคิดที่นิยม คือ ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ ดังที่ ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) กล่าวไว้ว่า ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) เป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีในวงการวัดผลทางการศึกษาและจิตวิทยามาเป็นเวลานาน แนวคิดทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการสร้าง วิเคราะห์ และตรวจสอบคุณภาพสำหรับการพัฒนาแบบสอบต่าง ๆ เช่น แบบสอบผลสัมฤทธิ์ แบบวัดความถนัด แบบวัดบุคลิกภาพ เป็นต้น ด้วยข้อจำกัดที่สำคัญของ CTT ได้แก่ การที่พารามิเตอร์ของข้อสอบผันแปรตามกลุ่มผู้สอบและคะแนนที่สังเกตได้หรือ

ค่าประมาณความสามารถของผู้ตอบไม่เป็นอิสระหรือขึ้นอยู่กับข้อสอบ และแบบสอบที่นำมาใช้นักทฤษฎีการทดสอบหลายท่านจึงได้พัฒนาระบบการวัดแนวใหม่ และยอมรับกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันคือทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory : IRT) ซึ่งเป็นทฤษฎีการวัดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถที่มีอยู่ภายในบุคคล (Latent trait or ability) กับผลการตอบข้อสอบหรือข้อคำถามโดยใช้โค้งลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve; ICC) มีการกำหนดลักษณะของข้อสอบด้วยพารามิเตอร์ความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) และโอกาสการเดาข้อสอบถูก (c) IRT อยู่บนฐานความคิดที่สำคัญ 2 ประการคือ 1) ผลการตอบข้อสอบหรือข้อคำถามของผู้ตอบสามารถอธิบายได้ด้วยความสามารถที่มีอยู่ภายในของผู้ตอบและ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างผลการตอบข้อสอบกับความสามารถที่มีอยู่ภายในสามารถอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันลักษณะข้อสอบหรือโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) อันมีลักษณะเป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เรียกว่าฟังก์ชันโลจิส (Logistic function) หรือใกล้เคียงกับฟังก์ชันปกติสะสม (Normal ogive function)

IRT เป็นทฤษฎีที่พยายามมุ่งหาทางวัดคุณลักษณะภายในโดยการวิเคราะห์ผ่านข้อคำถามรายข้อ โดยมีหลักว่าโอกาสที่จะตอบข้อคำถามถูกหรือผิดจากแบบสอบใด ๆ ของผู้ตอบคนหนึ่ง ๆ จะขึ้นอยู่กับระดับความสามารถและคุณลักษณะของข้อคำถาม (เยาเวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี, 2554) โดยจะไม่แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มของผู้ตอบไม่ว่าจะนำไปสอบกับผู้ใดก็ตาม ทำให้สามารถคำนวณหาความสามารถที่แท้จริงของบุคคลนั้นได้ (สุภาพร ละอองวิจิตร, 2543) แต่อย่างไรก็ตามในการทดสอบส่วนมากจะพิจารณาคคุณลักษณะแฝงหรือระดับความสามารถของผู้สอบเพียงองค์ประกอบเดียว เป็นแนวคิดพื้นฐานของเอกมิติ มีข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่าคุณลักษณะแฝงที่จะทำการวัดไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ 1) ความเป็นเอกมิติเดียว (Composite approach) มีลักษณะของข้อคำถามวัดคุณลักษณะแฝงเดียวและมีคุณลักษณะแฝงเดียว และ 2) ความเป็นเอกมิติแยกตามมิติ (Consecutive approach) มีลักษณะของข้อคำถามวัดคุณลักษณะแฝงเดียวแต่มีหลายคุณลักษณะแฝงเดียว (ชัยวิชิต เขียรชนะ, 2552) ซึ่งจะต่างจากทฤษฎีของโมเดลการตอบสนองพหุมิติ ที่ถือว่าคุณลักษณะแฝงของบุคคลมีมากกว่า 1 องค์ประกอบ ส่งผลต่อการทำข้อสอบ ดังนั้นพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบจึงมีตั้งแต่ 2 พารามิเตอร์ขึ้นไป การพิจารณาความสามารถหลายมิติของบุคคล น่าจะช่วยให้โมเดลนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) จากเหตุผลดังกล่าวภายใต้ทฤษฎีของโมเดลการตอบสนองพหุมิติจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาแบบสอบที่ต้องการศึกษาประเด็นการประเมินที่มีความซับซ้อน เพราะทฤษฎีการตอบสนองที่วัดคุณลักษณะแฝงหลายมิติสามารถประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงของบุคคลได้ในหลายคุณลักษณะและมีคุณภาพที่ดีกว่า

การทดสอบแบบดั้งเดิมข้อด้วยจำกัดที่ไม่สามารถอธิบายถึงคุณลักษณะแฝงที่มีความซับซ้อนได้ ทฤษฎีการทดสอบที่พัฒนามาก่อนมีคุณภาพต่ำกว่าทฤษฎีการทดสอบที่พัฒนาขึ้นมาทีหลัง เพราะสามารถคลายข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีเดิมได้ โดยการแก้ปัญหานั้นก็จำเป็นต้องใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้ปัญหา โดยในหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 (ปรับปรุง พ.ศ.2560) ได้ระบุว่าทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตรประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในที่นี้ เน้นที่ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้แก่ การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล และการคิดสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ซึ่งกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้สำหรับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาตามเกณฑ์การประเมินผลของ PISA จึงได้กำหนดเป็นพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ภายใต้โมเดลการตอบสนองแบบพหุมิติ

ปัจจุบันเป็นยุคของการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงานเก็บรวบรวมข้อมูล การค้นหาข้อมูล และการสร้างคลังข้อสอบ (คมสัน เอี่ยมจำรัส, 2547) ซึ่งคลังข้อสอบเป็นที่รวมของข้อสอบที่มีคุณภาพจำนวนมากสำหรับใช้วัดความรู้ความสามารถ และทักษะอันเป็นผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายของวิชาและหลักสูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) นอกจากนี้คลังข้อสอบยังเป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการบริหารการสอบแบบเลือกตอบที่ถูกต้องและเชื่อถือได้สามารถเก็บรายการข้อสอบไว้ และสามารถนำกลับมาใช้ได้ตามต้องการ (McDonald, 2002) ทำให้ไม่จำเป็นต้องเขียนข้อสอบใหม่ทั้งหมดสำหรับการสอบในทุก ๆ ครั้ง (McDonald, 2002) ซึ่งมีความจำเป็นเป็นอย่างมากสำหรับผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับการสร้างหรือพัฒนาข้อสอบหรือแบบทดสอบที่สร้างโดยการมีการอ้างอิงทฤษฎีต่างๆ เพราะมีข้อมูลจำเพาะมาก ซึ่งต้องมีแหล่งเก็บรวบรวมข้อสอบที่มีมีความสะดวกในการนำเอาข้อสอบมาใช้และคัดเลือกข้อสอบได้เหมาะสมต่อความสามารถของผู้สอบนั้น

ดังนั้นจากที่มาและความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการศึกษาเรื่อง การพัฒนาคลังข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ เพื่อหาว่าคุณภาพเป็นไปตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติหรือไม่อย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาคุณภาพของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ
2. เพื่อพัฒนาค้างข้อสอบและสร้างคู่มือการใช้ฐานข้อมูลของคลังข้อสอบมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขตที่ 25 จังหวัดขอนแก่น จำนวน 84 โรงเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 10,975 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขตที่ 25 จังหวัดขอนแก่น โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยได้กำหนดขนาดตัวอย่าง โดยใช้เกณฑ์ที่เสนอโดย Drasgow (1989) Harwell & Janosky (1991) และ Stone (1992) (ณพงษ์ ร่มแก้ว, 2563) ให้คำอธิบายว่าการทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ถ้าหากเป็น 2 พารามิเตอร์ หรือ 3 พารามิเตอร์ ต้องใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 500 ขึ้นไป จากเกณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้นในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 25 จังหวัดขอนแก่น จำนวน 630 คน ที่ได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ที่สร้างให้สอดคล้องการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ (Mathematising) โดยมีลักษณะของข้อสอบและเนื้อหาคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์การประเมินผลของ PISA ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพฤติกรรมที่ต้องการวัด (มิติ) คือ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ที่มีข้อคำถามเป็นปัญหาเชิงสถานการณ์ โดยการให้คะแนนแบบ 2 ค่า จำนวน 80 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาคลังข้อสอบโดยกำหนดปัญหาในข้อคำถามเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน มีลักษณะ การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ตามเกณฑ์การประเมินผลของ PISA โมเดลการตอบสนองแบบพหุมิติ กระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางการสร้างและพัฒนาคลังข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

2. กำหนดวัตถุประสงค์ของการพัฒนาคลังข้อสอบ คือ เพื่อให้ได้คลังข้อสอบ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่มีคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ และมีคู่มือการใช้งานข้อมูลของคลังข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์

3. ผู้วิจัยกำหนดนิยามของพฤติกรรมที่ต้องการวัด (มิติ) คือ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) คือ 1) การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำ ความเข้าใจปัญหาหาคิวิเคราะห์วางแผนแก้ปัญหาและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความ สมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง 2) การสื่อสารและการสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์ความสามารถในการใช้รูปภาพและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารสื่อ ความหมายสรุปผลและนำเสนอได้อย่างถูกต้องชัดเจน 3) การเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการ ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง 4) การให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผลรับฟังและให้เหตุผล สนับสนุนหรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุปโดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ และ 5) การคิด สร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิมหรือสร้างแนวคิดใหม่เพื่อปรับปรุง พัฒนางค์ความรู้

4. วิเคราะห์รูปแบบของการสร้างข้อคำถาม มีขั้นตอนดังนี้

วิเคราะห์การสร้างข้อสอบแนวคิดการแก้ปัญหามาตามเกณฑ์การประเมินผลของ PISA ที่เน้นการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) อาศัยกลยุทธ์ของคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า “การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ” มี 5 ลักษณะ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) โดยสังเคราะห์รูปแบบที่ใช้ในการสร้างข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับ การคิดให้เป็น คณิตศาสตร์ทั้ง 5 ลักษณะ ให้รูปแบบของข้อคำถามเป็นไปดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของข้อสอบในข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์	ลักษณะของข้อคำถาม
ลักษณะที่ 1 เริ่มต้นด้วยปัญหาที่มีอยู่ในความเป็นจริง	มีลักษณะเป็นสถานการณ์ ปัญหา ที่มีอยู่ในความจริง ได้แก่ สิ่งที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันทั่วไป การงานอาชีพ สังคม วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์
ลักษณะที่ 2 จัดการโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์	ในข้อคำถามจะแทรกด้วยเนื้อหาคณิตศาสตร์ตามเกณฑ์การประเมินผลของ PISA ซึ่งออกแบบให้ผู้สอบต้องอาศัยความรู้พื้นฐานของคณิตศาสตร์ร่วมกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์และสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ใน
ลักษณะที่ 3 ค่อย ๆ ตัดความเป็นจริงออกไปในขณะดำเนินการคิด เป็นต้นว่ามองหาวส่วนไหนของปัญหามีความสำคัญที่สุดที่ต้องคิดออกมาในรูปของคณิตศาสตร์	การแก้ปัญหา โดยความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อยู่ในรูปแบบพหุมิติ
ลักษณะที่ 4 แก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	คำตอบมีลักษณะเป็นได้ทั้งจำนวนและข้อความ ตัวอักษร ซึ่งรูปแบบของคำตอบเป็นไปได้ทั้งปลายปิดหรือปลายเปิด รวมทั้งคำตอบที่มีค่าใกล้เคียงก็มีผลต่อการได้คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนอย่างชัดเจน
ลักษณะที่ 5 ทำให้คำตอบของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีความหมายในรูปของความจริง	

5. สร้างตารางวิเคราะห์ ตามน้ำหนักของแต่ละมิติกิจกรรมการทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ซึ่งแบ่งข้อคำถามที่ประกอบด้วยเป็น 2 มิติ 3 มิติ และ 4 มิติ ดังในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 จำนวนข้อคำถามตามจำนวนของมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์

จำนวนมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์	น้ำหนัก (จำนวนข้อ)
ข้อคำถามที่มีมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 2 มิติ	30
ข้อคำถามที่มีมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3 มิติ	35
ข้อคำถามที่มีมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 4 มิติ	15
รวม	80

ตารางที่ 3 ค่าน้ำหนักของมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มิติกระบวนการ	น้ำหนัก (คะแนน)	ข้อคำถาม		
		2 มิติ	3 มิติ	4 มิติ
1. แก้ปัญหา	62	20	29	13
2. สื่อสาร	38	6	22	10
3. เชื่อมโยง	68	26	30	12
4. ให้เหตุผล	40	8	25	7
5. สร้างสรรค์	17	0	3	14
รวม	225	60	109	56

6. การสร้างข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การสร้างข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ผู้วิจัยมีขั้นตอนดำเนินการสร้างแบบทดสอบ ดังนี้

6.1 สร้างข้อสอบมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีลักษณะเป็นปัญหาเชิงสถานการณ์ที่พบได้ในชีวิตจริง สอดคล้องกับการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ มีการให้คะแนน 2 ค่า คือ ถูกต้องได้คะแนน 1 คะแนน ไม่ถูกต้องได้คะแนน 0 คะแนน มีจำนวนทั้งหมด 80

6.2 ตรวจสอบความถูกต้องของภาษา ความชัดเจนในการใช้ภาษา องค์ประกอบต่าง ๆ ของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์

6.3 สร้าง Q – Matrix ของข้อสอบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (มิติ) คือมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นำ Q – Matrix ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตามวิธีของโรวินลลีและแฮมเบิลตัน (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2527) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่าง Q – Matrix

ข้อสอบ	พฤติกรรม (มิติ)	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ																								
		-1	0	+1																						
ในการทดสอบสมรรถนะของรถยนต์ 4 ยี่ห้อ เกี่ยวกับอัตราการประหยัดน้ำมัน โดยนำรถยนต์ทั้ง 4 ยี่ห้อ มาทดสอบขับเดินทางในระยะทางที่แตกต่างกัน แต่ใช้น้ำมันชนิดเดียวกัน ทดสอบในลักษณะภูมิประเทศที่คล้ายกันและการใช้ความเร็วในการทดสอบใกล้เคียงกัน ผลทดสอบดังในตาราง	แก้ปัญหา	✓																								
	สื่อสาร																									
	เชื่อมโยง	✓																								
	ให้เหตุผล	✓																								
	สร้างสรรค์																									
<table><tr><th rowspan="2">ยี่ห้อ</th><th colspan="2">น้ำมัน (Liter)</th><th rowspan="2">ระยะทาง (km)</th></tr><tr><th>เต็มถัง</th><th>คงเหลือ</th></tr><tr><td>A</td><td>30.5</td><td>12</td><td>225</td></tr><tr><td>B</td><td>32</td><td>20.8</td><td>85</td></tr><tr><td>C</td><td>31.5</td><td>11</td><td>260</td></tr><tr><td>D</td><td>34</td><td>6.3</td><td>280</td></tr></table>	ยี่ห้อ	น้ำมัน (Liter)		ระยะทาง (km)	เต็มถัง	คงเหลือ	A	30.5	12	225	B	32	20.8	85	C	31.5	11	260	D	34	6.3	280				
ยี่ห้อ		น้ำมัน (Liter)			ระยะทาง (km)																					
	เต็มถัง	คงเหลือ																								
A	30.5	12	225																							
B	32	20.8	85																							
C	31.5	11	260																							
D	34	6.3	280																							
จากตารางการ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง																										
1) A มีอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเป็นอันดับสอง																										
2) B มีอัตราประหยัดน้ำมันน้อยที่สุด																										
3) C สิ้นเปลืองน้ำมันมากกว่า A																										
4) D ถ้าเติมน้ำมันเต็มถังจะขับไปได้ระยะทางน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับยี่ห้ออื่น																										

การพิจารณาเลือกข้อสอบที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป นำข้อสอบมิติกระบวนการทาง
 คณิตศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
 เพื่อความถูกต้องเหมาะสม

7. ทดลองใช้เครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพ ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดย
 การนำข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี
 ที่ 3 ที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน เลือกข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม นั่นคือ มีค่า
 อำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 – 1.00 มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 (สมชาย วรกิจเกษมสกุล,
 2559)

8. นำข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการทดลองใช้เครื่องมือแล้วไป
 ทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 630 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้วยโมเดลการ

ตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Theory Models: MIRT Models)

9. คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ ในการทดสอบ จากการนำคะแนนของผู้สอบในกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้จากการทดสอบ มาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบตามทฤษฎีของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่มี 3 พารามิเตอร์ (Multidimensional 3 – Parameter Logistic Model) ด้วยโปรแกรม R studio แล้ววิเคราะห์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (Reckase and McKinley, 1991; Reckase, 2009), (Senarat & Tayraukham, 2013)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่มี 3 พารามิเตอร์ (Multidimensional 3 – Parameter Logistic Model) โดยใช้สูตร ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

$$P_i(\theta_p) = c_i + \frac{(1 - c_i)}{1 + e^{-(\sum_m a_{im}\theta_{pm} + \delta_i)}}$$

เมื่อ $P_i(\theta_p)$ แทน ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบซึ่งมีความสามารถ $\theta_{pm} (m \geq 2)$ จะตอบข้อสอบ i ได้ถูกต้อง

θ_{pm} แทน ค่าระดับความสามารถหรือคุณลักษณะแฝงของผู้สอบ $p (m \geq 2)$

a_{im} แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่ i ในมิติที่ m

c_i แทน ค่าโอกาสการเดาข้อสอบได้ถูกต้อง (guessing) ของข้อสอบที่ i

δ_i แทน ค่าจุดตัดความง่าย (easiness intercept) ของข้อสอบที่ i

e แทน การยกกำลังของค่าคงที่ลอการิทึมธรรมชาติ .718...

พารามิเตอร์อำนาจจำแนกแบบพหุมิติ ($MDISC_i$) ของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ใช้สูตร ดังนี้ (สัตยา นาอุตม, 2559)

$$MDISC_i = \sqrt{\sum_{k=1}^m a_{ik}^2}$$

เมื่อ $MDISC_i$ แทน ค่าอำนาจจำแนกแบบพหุมิติ

a_{im} แทน อำนาจแนกของข้อสอบที่ i ในมิติที่ k

m แทน จำนวนของมิติในข้อสอบ

k แทน จำนวนมิติที่เป็นองค์ประกอบในข้อสอบ

พารามิเตอร์ความยากแบบพหุมิติ (MDIFF_i) ของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ใช้สูตร ดังนี้ (สตัยา นาอุดม, 2559)

$$MDIFF_i = \frac{-\delta_i}{MDISC_i}$$

เมื่อ MDIFF_i แทน ค่าความยากแบบพหุมิติ

MDISC_i แทน ค่าอำนาจจำแนกแบบพหุมิติ

δ_i แทน ค่าจุดตัดความง่าย (easiness intercept) ของข้อสอบ
ที่ i

ค่าอำนาจจำแนก (MDISC_i) ตามทฤษฎี ค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) ควรมีค่า
เป็นบวกและไม่ควรมีค่ามากอย่างสุดโต่งเมื่อเทียบกับ a_{im} ในข้อคำถามอื่น ๆ (MDIFF_i) ตาม
ทฤษฎีควรมีค่าตั้งแต่ -4.00 ถึง 4.00 และวิเคราะห์ค่าจุดตัดความยากแบบพหุมิติ (δ_i) เพื่อหา
ความสัมพันธ์ของความยากของแบบวัดทั้งฉบับ ค่าโอกาสการเดา (c_i) ตามทฤษฎีควรมีค่าไม่เกิน
0.30

10. นำข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์สร้างเป็นคลังข้อสอบโดยจัดเก็บข้อสอบลงใน
ฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมฐานข้อมูลออนไลน์ MySQL และ PhpMyAdmin แล้ว
จัดทำคู่มือการใช้งานข้อมูลของคลังข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดล
การตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

ผลการวิจัย

1. ผลตรวจสอบคุณภาพรายข้อของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามทฤษฎีการ
ทดสอบแบบดั้งเดิม โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่างช่วง 0.20 – 0.56 และ
ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่างช่วง 0.20 – 0.56 คัดเลือกข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ได้จำนวน 60 ข้อ และผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์
จำนวน 60 ข้อ โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่มี 3 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความ
ยากของข้อสอบแบบพหุมิติ (MDIFF_i) มีค่าระหว่าง 0.286 – 2.097 โดยคัดเลือกข้อสอบ ใน
ระหว่างช่วง -0.286 – 2.097 ได้จำนวน 60 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกแบบพหุมิติ (MDISC_i) มีค่า
ระหว่าง 0.558 – 6.871 โดยคัดเลือกค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) ไม่ติดลบได้จำนวน 25
ข้อ ค่าโอกาสในการเดา (c_i) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.000 – 0.411 โดยคัดเลือกข้อสอบ ในระหว่างช่วง
0.000 – 0.300 ได้จำนวน 58 ข้อ คัดเลือกข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้จำนวน 24
ข้อ ดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบรายข้อโดยใช้
โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่มี 3 พารามิเตอร์

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im})					δ_i	c_i	MDISC _i	MDIFF _i
	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}				
1	0.131	0.000	0.935	-0.448	0.000	-0.868	0.058	1.045	0.830
*2	0.714	0.000	0.335	0.000	0.000	-0.444	0.154	0.788	0.563
3	0.072	0.000	0.799	-0.289	0.000	-1.583	0.001	0.853	1.857
*4	0.452	0.000	0.327	0.000	0.000	-0.412	0.012	0.558	0.738
5	0.000	-0.217	0.000	1.723	0.000	-1.673	0.411	1.736	0.964
6	0.073	0.000	1.553	-0.676	0.000	-1.095	0.102	1.695	0.646
*7	0.000	0.345	0.885	0.000	0.000	0.063	0.071	0.950	-0.066
*8	1.223	0.000	1.055	0.106	0.000	-2.870	0.052	1.619	1.773
9	0.000	0.000	1.294	-0.395	0.000	-0.456	0.170	1.353	0.337
*10	0.051	0.210	1.312	0.000	0.000	-2.513	0.046	1.330	1.890
11	1.025	-0.302	0.000	0.765	0.000	-1.495	0.001	1.314	1.138
12	0.000	0.000	1.65	-1.389	0.000	-0.784	0.162	2.157	0.364
13	0.214	-0.225	1.249	0.000	0.000	-2.099	0.015	1.287	1.631
14	0.000	0.000	1.779	-0.823	0.000	-0.049	0.164	1.960	0.025
15	-0.833	0.000	3.038	0.384	0.000	-1.275	0.177	3.174	0.402
*16	1.277	0.000	0.531	0.031	0.000	-2.155	0.016	1.383	1.558
17	1.635	0.641	0.000	-0.815	0.000	0.039	0.001	1.937	-0.020
18	0.000	-0.231	0.990	0.391	0.000	-1.714	0.000	1.089	1.5743
19	2.168	0.000	0.000	-0.481	0.000	-0.700	0.252	2.221	0.315
20	-0.266	0.000	1.280	0.000	0.000	-0.478	0.002	1.307	0.366
21	0.650	-0.122	0.340	0.000	0.000	0.019	0.002	0.744	-0.026
22	0.000	0.000	2.294	-0.766	0.000	-3.602	0.044	2.418	1.490
*23	0.000	0.923	2.829	0.000	0.000	-1.628	0.209	2.976	0.547
24	0.000	-2.071	2.587	-0.011	0.000	-1.452	0.143	3.314	0.438
25	1.846	0.261	0.000	-0.671	0.000	0.264	0.002	1.982	-0.133
*26	0.870	0.000	0.313	0.000	0.000	-1.940	0.007	0.925	2.097
*27	1.298	0.000	0.492	0.06	0.000	-2.802	0.017	1.390	2.016
28	-0.700	0.000	2.117	0.000	0.000	-0.577	0.091	2.230	0.259

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบรายข้อโดยใช้
โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่มี 3 พารามิเตอร์ (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im})					δ_i	c_i	MDISC _i	MDIFF _i
	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}				
29	2.172	0.000	0.000	1.146	-1.475	-0.923	0.199	2.865	0.322
30	-0.038	0.000	0.000	-1.632	6.675	-1.201	0.083	6.871	0.175
31	-0.646	0.000	2.218	0.000	0.000	-0.058	0.035	2.310	0.025
*32	3.276	1.534	0.979	0.000	0.000	-5.556	0.067	3.748	1.483
33	0.000	-0.005	1.058	-0.244	0.000	-0.372	0.001	1.086	0.342
*34	1.132	0.000	0.839	0.000	0.000	-1.306	0.236	1.409	0.927
35	-0.084	0.000	2.514	0.000	0.000	-3.343	0.029	2.516	1.329
*36	1.642	0.000	0.025	0.000	0.000	-0.682	0.106	1.643	0.415
*37	1.242	0.000	1.257	0.000	0.000	-2.889	0.041	1.767	1.635
*38	1.087	0.000	0.000	0.599	0.000	-1.404	0.000	1.241	1.131
*39	0.863	0.121	0.838	0.000	0.000	-1.759	0.032	1.209	1.455
40	2.497	0.000	-0.055	0.000	0.000	-3.113	0.024	2.498	1.247
41	-0.591	0.000	2.681	0.000	0.000	-1.393	0.216	2.745	0.507
*42	3.611	0.795	0.107	0.000	1.100	-5.217	0.058	3.858	1.352
*43	0.703	0.000	1.886	0.000	0.000	-1.652	0.204	2.013	0.820
44	1.605	0.000	0.963	-0.147	0.000	-3.42	0.036	1.877	1.822
45	-0.338	0.880	3.888	0.000	0.000	-2.494	0.265	4.001	0.624
46	0.325	-0.362	0.651	0.000	0.000	0.233	0.007	0.812	-0.286
47	0.152	-0.964	1.069	0.000	0.000	-0.476	0.157	1.447	0.329
*48	0.357	0.370	1.315	0.000	0.000	-0.773	0.052	1.412	0.548
49	2.279	-3.136	0.000	1.419	0.000	-2.089	0.257	4.128	0.506
50	0.000	1.637	5.311	0.000	0.000	-3.785	0.324	5.557	0.681
*51	0.000	0.058	1.641	0.103	0.000	-0.970	0.051	1.645	0.589
52	0.053	-0.224	1.159	0.000	0.000	0.116	0.010	1.181	-0.098
53	0.000	-0.300	1.741	-0.287	0.000	-0.862	0.092	1.790	0.481
*54	0.174	0.000	1.899	0.000	0.000	-1.479	0.300	1.907	0.776
*55	0.886	0.000	0.093	1.766	0.000	0.174	0.103	1.978	-0.088
56	-0.609	1.045	3.040	0.000	0.000	-1.183	0.100	3.272	0.361
57	0.521	-0.952	1.273	0.000	0.000	-1.225	0.251	1.673	0.732

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์แบบรายข้อโดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่มี 3 พารามิเตอร์ (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im})					δ_i	c_i	MDISC _i	MDIFF _i
	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}				
*58	0.000	0.127	0.782	1.226	0.000	-0.503	0.001	1.460	0.345
*59	0.526	0.000	0.865	0.230	0.000	-0.290	0.162	1.037	0.279
*60	0.000	0.336	0.715	0.620	0.000	-0.270	0.003	1.005	0.269

* หมายถึง ข้อสอบที่มีคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่คัดเลือกไว้

ผลการสร้างข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่าได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ จำนวน 24 ข้อ จากข้อสอบที่วิเคราะห์ทั้งหมด 60 ข้อ

ตารางที่ 6 จำนวนข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการวิเคราะห์

มิติใน ข้อสอบ	จำนวนข้อสอบ		หมายเลขข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์
	ทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์	
2 มิติ	26	11	2, 4, 7, 23, 26, 34, 36, 37, 38, 43, 54
3 มิติ	33	12	8, 10, 16, 27, 32, 39, 48, 51, 55, 58, 59, 60
4 มิติ	1	1	42
รวม	60	24	

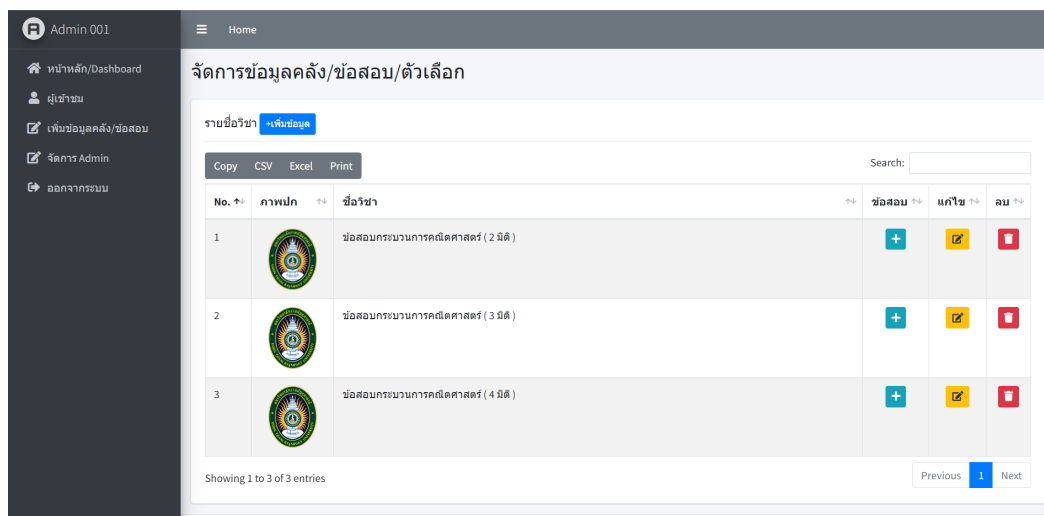
ผลการพัฒนาค้างข้อสอบ พบว่า ค้างข้อสอบออนไลน์ที่สร้างขึ้นสามารถจัดเก็บข้อสอบที่ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้ หมายเลขข้อสอบ, ตัวเลข, ตัวอักษร, รูปภาพ, พร้อม ตัวเลือก A ตัวเลือก B ตัวเลือก C ตัวเลือก D , ค่าอำนาจจำแนกพหุมิติ, ค่าอำนาจจำแนกบนมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์, จุดตัดความยาก, ค่าความยากพหุมิติ, ค่าโอกาสการเดา, และเฉลยข้อคำถาม โดยใช้โปรแกรมการจัดฐานข้อมูล MySQL และ PhpMyAdmin บันทึกข้อมูลถูกจัดเก็บไว้ในรูปของตาราง ดังตารางที่ 7 ภาพที่ 1 ภาพที่ 2 และภาพที่ 3

ตารางที่ 7 การออกแบบฐานข้อมูลคลังข้อสอบทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

Table Name	Field Name	Data Type	Description
Math process Item bank	ID	Numeric	ข้อที่
	Question	Text	ข้อความคำถาม
	Choice A	Text	ตัวเลือก A
	Choice B	Text	ตัวเลือก B
	Choice C	Text	ตัวเลือก C
	Choice D	Text	ตัวเลือก D
	Answer	Text	เฉลยข้อความคำถาม
	MDISC	Numeric	ค่าอำนาจจำแนกพหุมิติ
	a_1	Numeric	ค่าอำนาจจำแนกพหุมิติ 1
	a_2	Numeric	ค่าอำนาจจำแนกพหุมิติ 2
	a_3	Numeric	ค่าอำนาจจำแนกพหุมิติ 3
	a_4	Numeric	ค่าอำนาจจำแนกพหุมิติ 4
	a_5	Numeric	ค่าอำนาจจำแนกพหุมิติ 5
	d	Numeric	จุดตัดความยาก
	MDIFF	Numeric	ค่าความยากพหุมิติ
	c	Numeric	ค่าโอกาสการเดา



ภาพที่ 1 ตัวอย่างหน้าจอหลักคลังข้อสอบ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอการเพิ่มคลังข้อสอบสำหรับผู้ดูแล

No.	ภาพ คำถาม	คำถาม/ตัวเลือก	เฉลย	MDISC	a1	a2	a3	a4	a5	d	MDIFF	c	แก้ไข	ลบ
1		คำถาม : โลกไอศกรีมอันหนึ่ง ถ้าโดน ไอศกรีมเต็มมีความสูงเป็น 2 เท่าของ เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานโคน ในการ ตัดไอศกรีมเป็นรูปทรงกลมวาง บนโคนหลังจากตัดไอศกรีมเต็มโดน แล้ว ในการตัดไอศกรีม 1 โคน จะมี ปริมาตรไอศกรีมที่ลูกมากี่ชิ้นเต็ม เนื่องการตัดไอศกรีมให้เป็นรูปทรงกลม 1 ลูก จะมีปริมาตร A: 141 ลูกมากี่ชิ้นเต็ม B: 147 ลูกมากี่ชิ้นเต็ม C: 441 ลูกมากี่ชิ้นเต็ม D: 441 ลูกมากี่ชิ้นเต็ม	B	0.788	0.714	0.000	0.335	0.000	0.000	-0.444	0.563	0.154		
2		คำถาม : โรงงานผลิตแก้วกาแฟ พลาสติก ในสายการผลิตแก้วกาแฟ ความจุ 22 ออนซ์ โดยฐานแก้วเป็นรูป วงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 7 เซนติเมตร และปากแก้วเป็นรูปวงกลมที่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8.4 เซนติเมตร ถ้าโรงงานแห่งนี้ต้องการ ผลิตแก้วกาแฟพลาสติกให้ได้ความสูง ลดลงจากปากแก้วแล้ว 5 ใน 7 เท่า ของ	C	0.558	0.452	0.000	0.327	0.000	0.000	-0.412	0.738	0.012		

ภาพที่ 3 ตัวอย่างหน้าจอการเพิ่มข้อสอบในคลังข้อสอบสำหรับผู้ดูแล

ผลการสร้างคู่มือการใช้งานฐานข้อมูลของคลังข้อสอบมิตกระบวนทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมติ ผู้วิจัยสร้างคู่มือการใช้งานฐานข้อมูลของคลังข้อสอบมิตกระบวนทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมติ จากข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมติ จำนวน 24 ข้อ บนโปรแกรม MySQL และ PhpMyAdmin มีการเข้าสู่ระบบการใช้งานโปรแกรมบน Web Browser โดยคู่มือการใช้งานฐานข้อมูลของคลังข้อสอบมี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความมุ่งหมายของคลังข้อสอบ 2) ลักษณะของคลังข้อสอบ 3) การพัฒนาคลังข้อสอบ 4) คุณภาพของคลังข้อสอบ 5) การใช้คลังข้อสอบ 6) การวัดผล

การอภิปรายผล

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ผู้วิจัยได้หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีของโรวินลีสกับแอม เบิลลิน จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์และการวัดผลประเมินผล 5 คน วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างเนื้อหาของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (มิติ) และความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาของข้อคำถามกับนิยามของเนื้อหา จาก Q-Matrix ของข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่าระหว่างเนื้อหาของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (มิติ) มีความสอดคล้องกันทุกข้อ ซึ่งสอดคล้องกับศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ได้กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเป็นความสอดคล้องหรือความเหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับลักษณะที่มุ่งวัด เช่นเดียวกับ สัตยา นาอุดม (2559) ที่ได้การพัฒนาแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ผู้เชี่ยวชาญได้พิจารณาความสอดคล้องของ Q-Matrix ปรากฏว่า แบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 74 ข้อจากข้อสอบทั้งหมด 78 ข้อ

2. ค่าโอกาสในการเดา (c_i) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.000 – 0.411 โดยคัดเลือกข้อสอบในระหว่างช่วง 0.000 – 0.300 ได้จำนวน 58 ข้อ สอดคล้องกับ ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ได้กล่าวไว้ว่า การคัดเลือกข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ความค่าโอกาสในการเดา (c_i) ควรมีค่าไม่เกิน 0.300 เช่นเดียวกับจิรนนท์ รัตนวิเศษ (2559) ที่ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ค31101 เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติและในส่วนโดยพบว่าแบบทดสอบวิเคราะห์ค่าโอกาสในการเดา (c_i) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.12 ถึง 0.28 โดยได้ข้อสอบผ่านเกณฑ์ 30 ข้อ

3. ค่าความยากของข้อสอบแบบพหุมิติ ($MDIFF_i$) มีค่าระหว่าง -0.286 – 2.097 สอดคล้องกับ สมประสงค์ เสนารัตน์ (2559) ได้กล่าวไว้ว่า การคัดเลือกข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ความยากของข้อสอบควรมีค่าอยู่ระหว่าง -4.00 – 4.00 เช่นเดียวกับสัตยา นาอุดม (2559) ที่ได้การพัฒนาแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติวิเคราะห์ค่าความยากของข้อสอบแบบพหุมิติ ($MDIFF_i$) มีค่าระหว่าง -2.481 – 1.209 โดยได้ข้อสอบผ่านเกณฑ์ตามทฤษฎี 78 ข้อ

4. ค่าอำนาจจำแนกแบบพหุมิติ ($MDISC_i$) มีค่าระหว่าง 0.558 – 6.871 และค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) มีค่าระหว่าง -3.136 – 6.675 จาก สมประสงค์ เสนารัตน์ (2559) ได้กล่าวไว้ว่า ตามทฤษฎีควรมีค่าอำนาจจำแนกแบบพหุมิติ ($MDISC_i$) มีค่าเป็นบวกขึ้นไป และค่า

อำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) มีค่าเป็นบวกและไม่ควรมีค่ามากอย่างสุดโต่งเมื่อเทียบกับ a_{im} ในข้อสอบอื่น ๆ โดยคัดเลือกข้อสอบ จึงคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) ไม่ติดลบ ไว้จำนวน 25 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับ จีรนนท์ รัตนวิเศษ (2559) ที่ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบ วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ค31101 เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติและในส่วนโดยพบว่าแบบทดสอบ วิชาคณิตศาสตร์จำนวน 60 ข้อ ที่มีค่าอำนาจจำแนกแบบพหุมิติ (MDISC) อยู่ระหว่าง 1.37 ถึง 5.64 และมีค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) ไม่ติดลบ ที่พบค่า a_{im} ติดลบ โดยได้ข้อสอบผ่านเกณฑ์ตามทฤษฎี 30 ข้อ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ตัดข้อสอบออกเป็นจำนวนถึง 35 ข้อ ซึ่งเป็นไปได้ว่าในขั้นตอนของกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัยดำเนินการในช่วงเวลาที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด - 19 ทำให้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลต้องเปลี่ยนจากการสอบโดยกระดาษแบบทดสอบ เป็นการสอบออนไลน์ผ่านโปรแกรม Google form ซึ่งมีแนวโน้มที่จะให้ผลการทดสอบที่คลาดเคลื่อน จึงเป็นประเด็นที่น่าสังเกตเกี่ยวกับการที่ a_{im} ติดลบ จำนวนมากได้

5. การคัดเลือกข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการสร้างคลังข้อสอบและเขียนคู่มือการใช้คลังข้อสอบบนฐานข้อมูลออนไลน์ โดยใช้โปรแกรมการจัดฐานข้อมูล MySQL และ PhpMyAdmin บันทึกข้อมูลถูกจัดเก็บไว้ในรูปของตาราง เช่นเดียวกับที่ศึกษาการประยุกต์ใช้โมเดลตอบสนองข้อสอบในการพัฒนาคลังข้อสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นพื้นฐานซึ่งได้สร้างฐานข้อมูลออนไลน์ MySQL และ PhpMyAdmin เพื่อเก็บข้อสอบจำนวน 31 ข้อ และผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าโอกาสในการเดา (c_i) ในระหว่างช่วง 0.000 – 0.300 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกบนมิติที่ m (a_{im}) ไม่ติดลบ ได้จำนวน 24 ข้อ ค่าความยากของข้อสอบแบบพหุมิติ (MDIFF) มีค่าระหว่าง -0.286 – 2.097 โดยคัดเลือกข้อสอบ ในระหว่างช่วง -0.286 – 2.097 ได้จำนวน 60 ข้อ ได้จำนวน 24 ข้อ ได้จำนวน 25 ข้อ โดยแบ่งตามจำนวนมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการวัด คือ ข้อสอบมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่วัด 2 มิติ จำนวน 11 ข้อ ข้อสอบมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่วัด 3 มิติ จำนวน 12 ข้อ และข้อสอบมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่วัด 4 มิติ จำนวน 1 ข้อ เช่นเดียวกับที่ พัทธราภรณ์ ไวกุณฐ์วิวรรณ์ (2561) ได้ศึกษา การประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองแบบพหุมิติในการพัฒนาคลังข้อสอบ Pre O-net กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 โดยได้นำเข้าข้อสอบ Pre O-net กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ที่ผ่านเกณฑ์การวิเคราะห์โมเดลการตอบสนองแบบพหุมิติ เข้าสู่ระบบคลังข้อสอบ 163 ข้อ และเนื่องจากการสร้างข้อสอบที่มุ่งวัด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

- 1.1 ควรศึกษาคู่่มือการใช้คลังข้อสอบก่อนเข้าใช้คลังข้อสอบ
- 1.2 ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรทำการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมต้นให้ครบตามตัวชี้วัดตามหลักสูตรก่อนใช้คลังข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผลการวัดที่ได้ความเที่ยงตรงที่สุด
- 1.3 หลังจากการใช้คลังข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ควรนำผลการทดสอบที่วัดด้านมิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน มาใช้สำหรับประกอบการวางแผนการพัฒนาผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
- 1.4 ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรเลือกใช้จำนวนข้อสอบตามระดับความยากของข้อสอบและกำหนดเวลาการทำข้อสอบให้เหมาะสมต่อการทำข้อสอบแต่ละครั้ง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- 2.1 สร้างข้อสอบให้มีจำนวนมากขึ้น เพราะเมื่อผ่านกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์คุณภาพตามทฤษฎีจะได้มีจำนวนข้อสอบที่เพียงพอต่อการสร้างคลังข้อสอบ
- 2.2 นำข้อสอบกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการวิเคราะห์หาคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองแบบพหุมิติ เข้าสู่ปรับเหมาะด้วยระบบคอมพิวเตอร์
- 2.3 พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดสอบแบบปรับเหมาะข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองแบบพหุมิติ
- 2.4 การสร้างข้อสอบออนไลน์ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ควรปรับลดขนาดของแบบทดสอบและกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการทำแบบทดสอบแต่ละชุด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของคำตอบที่ได้รับ

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้ตัวชี้วัด กลุ่มสาระเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.

- คมสัน เอี่ยมจำรัส. (2547). *การสร้างและพัฒนาโปรแกรมระบบการทดสอบ*. วิทยานิพนธ์
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- จิรนนท์ รัตนวิเศษ. (2559). *การพัฒนาแบบทดสอบ วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน รหัสวิชา ค
31101 เรื่อง จำนวนจริง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนอง
ข้อสอบแบบพหุมิติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและ
ประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชัยวิชิต เชียรชนะ. (2552). *การวิเคราะห์พหุมิติ (Multidimensional Analysis)*. *วารสาร
ศึกษาศาสตร์*, 32(4), มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 13 – 22.
- ณพงษ์ ร่มแก้ว. (2563). *การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบในการพัฒนาค้างข้อสอบ
ความรู้พื้นฐานทางพลศึกษา*. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*.
27(2): 82 –98
- บุญเชิด ภิญโญนนท์พงษ์. (2527). *การทดสอบอิงเกณฑ์: แนวคิดและวิธีการ*. กรุงเทพฯ :
โอเดียนสโตร์.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- สุภาพร ละอองวิจิตร. (2543). *การพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง
ฟังก์ชัน โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*.
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- _____. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *ตัวอย่างการประเมินผลนานาชาติ
PISA คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(สสวท.).
- สมชาย วรภิเกษมสกุล. (2559). *การสร้างแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์*. อุดรธานี: คณะครุ
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- สมประสงค์ เสนารัตน์. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา (Educational Research)*.
มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.

- สัตยา นาอุดม. (2559). การพัฒนาแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ. การประชุมวิชาการ “มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 12” (12) : 198 – 205.
- Drasgow, F. (1989). An evaluation of marginal maximum likelihood estimation for the two parameter logistic model. *Applied Psychological Measurement*, 5(13), 77-90.
- Harwell, M. R., & Janosky, J. E. (1991). An empirical study of the effects of small datasets and varying prior variances on item parameter estimation in BILOG. *Applied Psychological Measurement*, 7(15), 279-291.
- Mcdonald, M. E. (2002). *Systematic Assessment of Learning Outcomes: Developing Multiple-Choice Exams*. Published by Jones and Bartlett Publishers.
- Senarat, S., Tayraukham, S. (2013). Development of a computerized adaptive testing for diagnosing the cognitive process of grade 7 students in learning algebra, using multidimensional item response theory. *Global Educational Journal of Science and Technology*. 1(1), 68 – 80.
- Stone, H. (1992). *Quantitative descriptive analysis (QDA)*. Philadelphia: ASTM Manual Series: MNL, 13.