

การพัฒนาคลังข้อสอบเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครูโดยใช้ทฤษฎีตอบสนองข้อสอบแบบ 4 พารามิเตอร์

ศิมาวรรณ โสมแพน¹

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

สมประสงค์ เสนารัตน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์

มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

บทความวิจัย

รับต้นฉบับ: 15 กรกฎาคม 2563

รับตีพิมพ์: 6 มิถุนายน 2566

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาคลังข้อสอบวิชาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู ด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 4 พารามิเตอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครูศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ปีการศึกษา 2562 จำนวน 200 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบด้วยโปรแกรม R แพคเกจ mirt, lavaan, Psych และ GPArotation

ผลการวิจัยพบว่า

ข้อสอบที่สร้างขึ้นจำนวน 120 ข้อ ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 90 ข้อ คือมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 -1.00 เมื่อนำไปตรวจสอบค่าพารามิเตอร์รายข้อกับเกณฑ์การคัดเลือกข้อสอบให้มีค่าอำนาจจำแนก (a) มีค่าระหว่าง 0.50 ถึง 5.00 ค่าจุดตัดความยาก (d) มีค่าระหว่าง -3.00 ถึง 3.00 ค่าโอกาสการเดา (g) มีค่าไม่เกิน 0.30 และ ความสะเพร่า (u) มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.70 ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าคลังข้อสอบจำนวน 18 ข้อ โดยมีค่าอำนาจจำแนกอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.55 ถึง 4.55 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยเท่ากับ 1.96 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.38 แสดงว่าข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง ค่าจุดตัดความยากอยู่ระหว่าง -2.82 ถึง 2.95 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.64 แสดงว่า ข้อสอบมีระดับความยากอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างง่าย ค่าโอกาสการเดาอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.30 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.01 และค่าความสะเพร่าอยู่ระหว่าง 0.72 ถึง 1.00 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 ส่วน

¹ การติดต่อและการร้องขอบทความนี้ กรุณาส่งถึง ศิมาวรรณ โสมแพน มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

เบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.00 คลังข้อสอบสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล PhpMyAdmin สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ทั้งรูปภาพและตัวอักษร สามารถนำไปพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะบนคอมพิวเตอร์ต่อไป

คำสำคัญ: เคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู, คลังข้อสอบ, ทฤษฎีตอบสนองข้อสอบ 4 พารามิเตอร์

A DEVELOPMENT OF A TEST ITEM BANK FOR ENVIRONMENTAL CHEMISTRY FOR TEACHERS APPLYING 4-PARAMETER ITEM RESPONSE THEORY

Simawan Homepan¹

Roi Et Rajabhat University

Benjamaporn Senarat

Roi Et Rajabhat University

Somprasomg Senarat

Roi Et Rajabhat University

Research Article

Received: 15 July 2020

Accepted: 6 June 2023

The purpose of this study was to develop a test item bank for environmental chemistry test for teachers using 4-parameter item response theory. The samples obtained by simple random sampling consisted of 200 general science students in the Faculty of Education, Roi Et Rajabhat University, in the academic year 2019. The instrument used in the research was four multiple-choice test. Data was analyzed for test parameters according to item response theory using the Program R packages including Mirt, Lavaan, Psych, and GPArotation packages before selecting the items for the bank.

The results showed that 120 test items qualified from the experts totally 90 items with the index of congruence (IOC) between 0.60-1.00. The items are listed by a parameter value and the item selection criterion to provide discriminatory power (a) between 0.50 to 5.00, item difficulty (d) between -3.00 to 3.00, pseudo-guessing (g) not over 3.00, and slipping effect (u) less than 0.70. There were 18 items which qualified a criterion for the test item bank selection. Item discrimination was between 0.55 to 4.55 with mean score at 1.96 and standard deviation at 1.38, indicating that the exam has relatively high discriminatory power. Item difficulty (d) was between -2.82 to 2.95 with mean score at 1.42 and standard deviation at 1.64 which indicated that the difficulty of the test was moderate and relatively easy.

¹Correspondence concerning this article and requests for reprints should be addressed to Miss Simawan Homepan

E-mail: homeonee37@gmail.com

Pseudo-guessing (g) was between 0.00 to 0.30 with their mean score at 0.06 and standard deviation at 0.01. Slipping effect (u) was between 0.72 to 1.00 with mean score at 0.93 and standard deviation at 0.00. The item bank was conducted by the PhpMyAdmin database program which could store images and texts for further development of a computerized adaptive testing program.

Keywords: environmental chemistry for teachers, test item bank, 4-parameter item response theory

บทนำ

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2579 ได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการศึกษาไว้ 5 ประการ คือ 1) ประชากรทุกคนเข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานอย่างทั่วถึง 2) ผู้เรียนทุกคน ทุกกลุ่มเป้าหมายได้รับการบริการการศึกษาที่มีคุณภาพตามมาตรฐานอย่างเท่าเทียม 3) ระบบการศึกษาที่มีคุณภาพสามารถพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุขีดความสามารถเต็มตามศักยภาพ 4) ระบบการบริหารจัดการศึกษาที่มีประสิทธิภาพ เพื่อการลงทุนทางการศึกษาที่คุ้มค่าและบรรลุเป้าหมาย 5) ระบบการศึกษาที่สนองตอบและก้าวทันการเปลี่ยนแปลงของโลกที่เป็นพลวัตและบริบทที่เปลี่ยนแปลง (Relevancy) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) การพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่สำคัญยิ่งในการจัดการเรียนสอน การที่จะพัฒนาผู้เรียนได้นั้น จะต้องทราบถึงความรู้ความสามารถของผู้เรียนว่าบรรลุตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้จึงเป็นการตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียน และเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ คือ แบบทดสอบ (เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ และสมประสงค์ เสนารัตน์, 2561, หน้า 12) การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบและข้อสอบมีการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจะเปลี่ยนไปตามกลุ่มผู้สอบ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, หน้า 7) ต่อมาได้มีการพัฒนาแนวคิดแนวทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ภายใต้ชื่อทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ และในยุคปัจจุบันเป็นยุคของการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการทำงาน ส่วนหนึ่งนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การค้นหาข้อมูล และการสร้างคลังข้อสอบ (คมสัน เอี่ยมจรัส, 2547, หน้า 28) ซึ่งคลังข้อสอบยังเป็นที่รวมของข้อสอบที่มีคุณภาพจำนวนมากสำหรับใช้วัดความรู้ความสามารถ และทักษะอันเป็นผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายของวิชาและหลักสูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 246) การจัดเก็บข้อสอบไว้ในคอมพิวเตอร์ โดยจัดทำเป็นฐานข้อมูลมีความสะดวกในการนำกลับมาใช้งาน ง่ายต่อการสืบค้น และการเพิ่มเติมข้อสอบภายหลัง นอกจากนี้คลังข้อสอบยังเป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการบริหารการสอบแบบเลือกตอบที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ คลังข้อสอบช่วยให้สามารถเก็บรายการข้อสอบ และสามารถนำกลับมาใช้ได้ตามต้องการ ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องสร้างข้อสอบใหม่ทั้งหมดสำหรับการสอบในทุกๆ ครั้ง (McDonald, 2002, p. 200)

ปัจจุบันครู/อาจารย์จำนวนมากที่มีปัญหาเกี่ยวกับการสร้างและการใช้ข้อสอบในสถานศึกษา โดยใช้ข้อสอบที่ไม่ผ่านการหาคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ใช้ข้อสอบไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ไม่มีการจัดเก็บข้อสอบไว้อย่างเป็นระบบ ปลอดภัยและสะดวกในการนำมาใช้ การนำข้อสอบมาใช้แต่ละครั้งไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงหรือพัฒนาให้ดีขึ้น การวิเคราะห์ข้อสอบจะช่วยให้เห็นสภาพจริงของข้อสอบว่าเป็นข้อสอบที่ยากเกินไปหรือง่ายเกินไป ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

ให้ข้อมูลแก่ครูผู้สอนในการปรับปรุงจุดบกพร่องการจัดการเรียนการสอนให้ดีขึ้นในครั้งต่อไป ข้อสอบที่ไม่ผ่านการวิเคราะห์ห้มักจะเป็นข้อสอบที่ไม่มีคุณภาพและไม่ถือว่าเป็นข้อสอบที่ดีได้ ถึงแม้ว่าข้อสอบจะผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาแล้วก็ตาม ลักษณะของข้อสอบที่ดีต้องสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ คือ คนเก่งต้องได้คะแนนสูง คนอ่อนต้องได้คะแนนต่ำ ข้อสอบแต่ละข้อมีความยากและอำนาจจำแนกเพียงใด ผลการวิเคราะห์ข้อสอบจะช่วยให้ทราบว่า จะปรับปรุงข้อสอบอย่างไรเพื่อให้ได้ข้อสอบที่ดีมีคุณภาพและเก็บไว้ใช้ต่อไป การสร้างคลังข้อสอบเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยในการเก็บข้อสอบได้อย่างเป็นระบบปลอดภัยและสะดวกในการค้นหา เหมาะสมที่จะใช้วัดผลการเรียนการสอน และยังแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนและความไม่น่าเชื่อถือของผลการวัดที่เกิดขึ้น กระบวนการสร้างข้อสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อให้ได้ข้อสอบที่ดีมีคุณภาพเก็บไว้ใช้งานยังเป็นเรื่องยุ่งยากสำหรับครู/อาจารย์ ที่มักเสียเวลาในการสร้าง การจัดเก็บและการนำข้อสอบมาใช้ โดยต้องเริ่มกระบวนการสร้างข้อสอบใหม่ทุกครั้งไม่มีโอกาสได้พัฒนาให้ดีขึ้นอย่างชัดเจน การมีระบบคลังข้อสอบสามารถเอื้ออำนวยความสะดวกในการจัดการเกี่ยวกับข้อสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถจัดเก็บข้อสอบและสะสมข้อสอบได้สะดวกสามารถนำข้อสอบออกมาใช้วัดผลการเรียนการสอนตามจุดมุ่งหมายในโอกาสต่างๆได้อย่างรวดเร็วตรงจุดประสงค์และได้แบบทดสอบที่ดีมีคุณภาพ ซึ่งจะเป็นโยบายขึ้นต่อกระบวนการจัดการเรียนการสอนทำให้ครู/อาจารย์มีเวลาที่จะสร้างสรรค์คุณภาพการจัดการเรียนการสอนได้มากยิ่งขึ้น

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบอาจประกอบด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบหนึ่งพารามิเตอร์ แบบสองพารามิเตอร์ และแบบสามพารามิเตอร์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555 : น.52-53) และต่อมา Barton and Lord (1981: p.2) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่ 4 ในปี 1981 แต่ยังไม่ได้รับความสนใจ เนื่องจากยังไม่มีเครื่องมือที่ช่วยในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ต่อมาทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 4 พารามิเตอร์ได้มีการนำมาพิจารณาอีกครั้งเนื่องจากวิทยาการทางคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยขึ้น ทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมทางสถิติที่สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ เช่น โปรแกรม M-plus และ โปรแกรม R มีหลากหลายแพคเกจที่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบพารามิเตอร์ เช่น แพคเกจ difNLR, catR, irtProb, mirt และ mirtCAT (Choi and Asilkalkan, 2019: p.169) โมเดลการตอบสนองข้อเป็นโมเดลที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของบุคคลกับการตอบสนองข้อสอบภายใต้คุณลักษณะตามรูปแบบของโมเดลข้อคำถามโดยใช้โค้งลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve; ICC) เป็นการกำหนดลักษณะของข้อสอบด้วยพารามิเตอร์ค่าจุดตัดความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) โอกาสการเดา (g) และความสะเพร่า (u) การทดสอบมี 2 แบบ คือ ทดสอบด้วยกระดาษและทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ การทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงคือ การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วย

คอมพิวเตอร์ ที่สามารถลดจำนวนข้อสอบ ใช้เวลาน้อยลง การรายงานผลการทดสอบได้ทันที แต่การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีการสร้างข้อสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) สร้างคลังข้อสอบเพื่อรองรับการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ จากการศึกษายังพบว่า การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบด้วยการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerized Adaptive testing: CAT) ที่ใช้คลังข้อสอบที่พัฒนาขึ้นจากโมเดล 4 พารามิเตอร์ เหนือกว่าการใช้คลังข้อสอบที่พัฒนาจากโมเดล 3 พารามิเตอร์ (Liao et al, 2012: p.1686)

จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเหตุผลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่ศึกษาการพัฒนาคลังข้อสอบวิชาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จากสภาพการสอบวัดประเมินผลทุกครั้งอาจารย์ผู้สอนต้องสร้างข้อสอบสำหรับการทดสอบใหม่ทุกครั้งไป ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาคลังข้อสอบเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ซึ่งผลการวิจัยจะทำให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ จัดเก็บไว้ในคลังข้อสอบออนไลน์ เพื่อเตรียมรองรับการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังจะเป็นแนวทางให้บุคคลอื่นที่สนใจนำไปใช้ในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

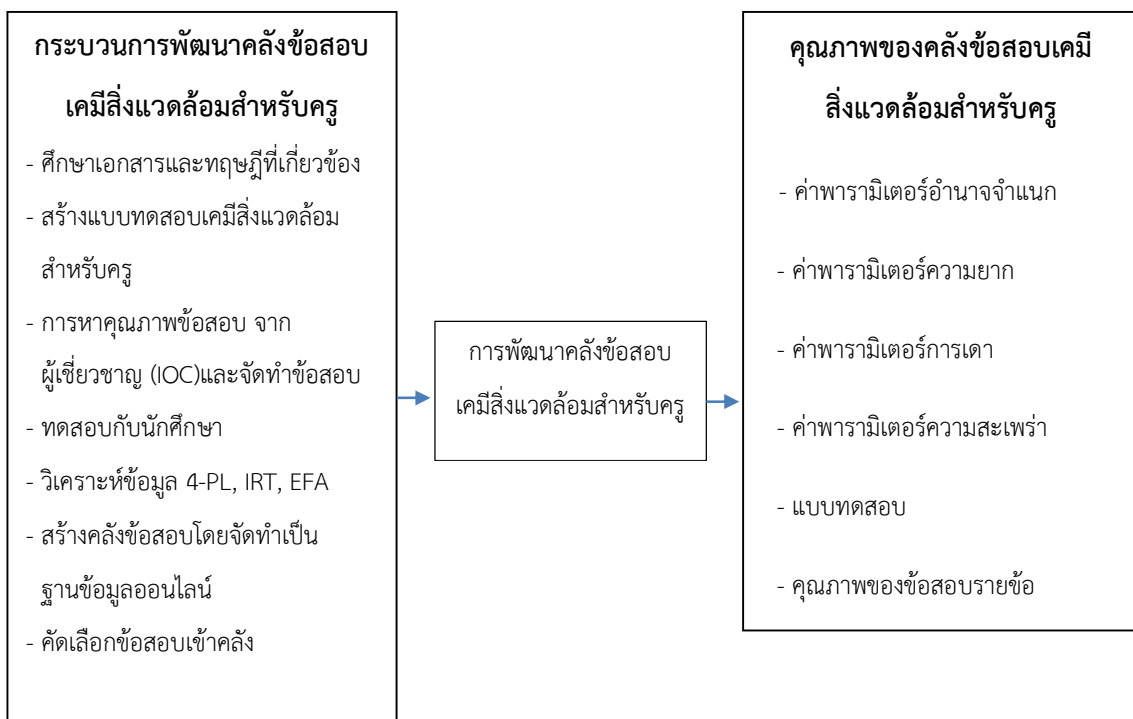
เพื่อพัฒนาคลังข้อสอบวิชาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 4 พารามิเตอร์

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ได้รับการออกแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เข้าสอบ สามารถประมาณความผิดพลาดได้หลากหลายแบบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) เช่น โมเดล 3 พารามิเตอร์ ได้นำเอาโอกาสการเดามาใช้ในโมเดล และโมเดล 4 พารามิเตอร์ มีการนำเอาข้อผิดพลาดที่เกิดจากความสะเพร่าเข้ามาขยายโมเดล 3 พารามิเตอร์ เพื่อช่วยให้การประมาณค่าความสามารถของผู้เข้าสอบมีความถูกต้องเหมาะสมมากขึ้น (Amarnani, 2009)

ผู้วิจัยในฐานะผู้สอน จึงมีความสนใจที่จะทำการประเมินผู้เรียนให้มีความถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น จึงมีแนวคิดสร้างคลังข้อสอบและประเมินผู้เรียนด้วยการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โมเดล 4 พารามิเตอร์ ที่นำเสนอไว้โดย Barton & Lord, (1981) ที่เพิ่มพารามิเตอร์ที่ 4 คือพารามิเตอร์ ความสะเพร่า (upper asymptote) จากความสำคัญและประโยชน์ของคลังข้อสอบผู้วิจัยจึงพัฒนาคลังข้อสอบวิชาเคมี

สิ่งแวดล้อมสำหรับครู เนื้อหาด้านความหมายและขอบเขตของเคมีสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบทางเคมี และสารมลพิษทางอากาศ ลักษณะที่สำคัญของสารมลพิษทางน้ำ มลพิษจากอุตสาหกรรม มลพิษทางการเกษตร มลพิษทางรังสีและความร้อน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการป้องกันและแก้ไข และการวิเคราะห์หามลพิษสิ่งแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ ของเสีย รวมเป็น 120 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาจุดประสงค์ในรายวิชาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู และนำไปตรวจสอบความตรงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความเป็นเอกมิตี โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และดำเนินการจัดทำคลังข้อสอบไว้สำหรับจัดทำโปรแกรมการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีกรอบแนวคิดดังภาพประกอบ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย การพัฒนาคลังข้อสอบเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ เป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่1-5 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ในปีการศึกษา 2562 จำนวน 292 คน กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 3-5 คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ในปีการศึกษา 2562 จำนวน 200 คน เป็นจำนวนขั้นต่ำที่จะทำได้ เนื่องจากสถานการณ์จำกัดในสถานการณ์โรคระบาดโควิด ซึ่งเป็นจำนวนตัวอย่างที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Dennis Child, 2006, p.50; มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2545, หน้า 147-148)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เป็นแบบทดสอบรายวิชาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 120 ข้อ

การพัฒนาค้างข้อสอบ

การพัฒนาค้างข้อสอบมีวิธีดำเนินการ ตามภาพ 2



ภาพ 2 ลำดับขั้นตอนการพัฒนาค้างข้อสอบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากภาพ 2 การพัฒนาคลังข้อสอบ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีวิธีสร้างเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบ ทฤษฎีการวัด การพัฒนาคลังข้อสอบ และเนื้อหาความรู้เคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู วิเคราะห์ สังเคราะห์ แนวคิดทฤษฎี เอกสาร ตำรา บทความ งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งฐานข้อมูลต่างๆ ในอินเทอร์เน็ต
2. กำหนดนิยามเนื้อหา วิเคราะห์เนื้อหา เพื่อกำหนด test blueprint กำหนด item specification เขียนข้อสอบ และเขียนข้อสอบตามนิยามเนื้อหาเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ที่มีความยากกระจายแบบปกติ วัดพฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ จำนวน 120 ข้อ ตามเนื้อหาสาระวิชาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครูดังนี้ ความหมายและขอบเขตของเคมีสิ่งแวดล้อม จำนวน 10 ข้อ องค์ประกอบทางเคมี และสารมลพิษทางอากาศ จำนวน 15 ข้อ ลักษณะที่สำคัญของสารมลพิษทางน้ำ จำนวน 15 ข้อ มลพิษจากอุตสาหกรรม จำนวน 10 ข้อ มลพิษทางการเกษตร จำนวน 10 ข้อ มลพิษทางรังสีและความร้อน จำนวน 10 ข้อ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การป้องกันและแก้ไข จำนวน 25 ข้อ และการวิเคราะห์มลพิษสิ่งแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ ของเสีย จำนวน 25 ข้อ
3. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ด้านเนื้อหาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู 3 คน และด้านวัดและประเมินผล 2 คน พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์และนิยามเนื้อหาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู และคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 90 ข้อ จากข้อสอบ 120 ข้อ ไปทดลองสอบ เพื่อตรวจสอบคุณภาพต่อไป
4. นำแบบทดสอบจำนวน 90 ข้อไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน โดยใช้เวลาในการทำข้อสอบ 1.30 ชั่วโมง ตรวจสอบผลการทดสอบของนักศึกษา และนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นถัดไป
5. นำผลการทดสอบวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 4 พารามิเตอร์ ด้วยโปรแกรม R แพ็กเกจ mirt (Cholmers, 2020)
6. การจัดทำคลังข้อสอบออนไลน์ โดยการออกแบบฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บข้อสอบไว้ในคลังข้อสอบในระบบออนไลน์ ด้วยโปรแกรม MySQL และ PhpMyAdmin

7. คัดเลือกข้อสอบเข้าคลังโดยพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ค่าอำนาจจำแนก (a) มีค่าระหว่าง 0.50 ถึง 5.00, ค่าจุดตัดความยาก (d) มีค่าระหว่าง -3.00 ถึง 3.00, ค่าโอกาสการเดา (g) มีค่าไม่เกิน 0.30, และ ความสับสน (u) มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.70 (Loken, & Rulison, 2010: p.522)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ตรวจสอบการแจกแจงปกติของตัวอย่างด้วยสถิติ Shapiro-Wilk ด้วยโปรแกรม Jamovi (The jamovi project, 2019)

2. วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 4 พารามิเตอร์ ด้วยโปรแกรม R แพ็กเกจ mirt (Cholmers, 2020)

3. นำข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มาตรวจสอบหาความเป็นเอกมิติ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) โปรแกรม R แพ็กเกจ Psych และ GPArotation (Revelle, 2020) ด้วยวิธีสกัดองค์ประกอบขั้นต้น Minimum residual หมุนแกนองค์ประกอบด้วยวิธี Promax

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามเนื้อหาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู ผลการพิจารณา พบว่าค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามเนื้อหา ผ่านเกณฑ์จำนวน 90 ข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 -1.00

ตาราง 1 ค่าสถิติเบื้องต้นของการกระจายของข้อมูล

N	M	Median	Mode	Min	Max	Skewness	Kurtosis
200.00	60.40	61.00	55.00	34.00	85.00	-0.11	-0.63

จากตาราง 1 พบว่าผลการตรวจสอบการวิเคราะห์ค่าสถิติบรรยายก่อนดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรม Jamovi (The jamovi project, 2019) มีค่าเฉลี่ย 60.40 ค่ามัธยฐาน 61.00 ค่าฐานนิยม 55.00 ค่าความเบ้-0.11 ค่าความโด่ง -0.63 และสถิติ Shapiro-Wilk ให้ค่า P value 0.08 แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน มีการแจกแจงอย่างเป็นปกติ (เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ และสมประสงค์ เสนารัตน์, 2552: 33)

ตาราง 2 การวิเคราะห์ข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 4 พารามิเตอร์

Item	a	d	g	u	Item	a	d	g	u
1	65.42	-45.74	0.53	1.00	32	1.59	1.83	0.00	0.99
2	64.36	-57.77	0.44	1.00	33	2.66	2.95	0.28	0.97
3	38.75	-65.83	0.41	1.00	34	55.14	60.55	0.42	0.94
4	65.42	-45.74	0.53	1.00	35	3.79	2.61	0.41	0.90
5	64.36	-57.77	0.44	1.00	36	-2.09	4.46	0.00	1.00
6	65.42	45.74	0.53	1.00	37	1.38	-1.68	0.71	1.00
7	30.44	49.51	0.00	0.85	38	46.45	-22.58	0.46	0.80
8	26.11	-42.66	0.40	1.00	39	69.98	-7.07	0.19	0.92
9	57.26	-62.69	0.44	1.00	40	1.82	2.13	0.00	0.98
10	55.40	-71.73	0.29	1.00	41	72.53	35.59	0.00	0.67
11	33.03	-39.35	0.52	0.97	42	-26.35	52.52	0.00	0.80
12	65.42	-45.74	0.53	1.00	43	1.75	0.53	0.00	0.58
13	39.56	-47.21	0.50	1.00	44	55.34	27.77	0.45	0.68
14	44.26	-60.08	0.40	1.00	45	-28.77	-24.84	0.65	0.89
15	1.54	1.84	0.00	0.99	46	0.02	2.68	0.14	0.89
16	32.20	54.76	0.00	0.89	47	49.86	15.55	0.76	0.97
17	4.66	2.46	0.30	0.96	48	36.44	21.20	0.48	0.78
18	38.16	31.97	0.41	0.94	49	45.34	13.72	0.47	0.69
19	49.11	-53.05	0.39	0.93	50	46.07	41.44	0.40	0.74

20	3.13	-2.56	0.53	1.00	51	57.53	28.42	0.26	0.71
21	69.98	-7.07	0.19	0.92	52	31.42	-6.48	0.43	0.74
22	1.82	2.13	0.00	0.98	53	33.16	56.52	0.00	0.83
23	52.68	-15.8	0.31	0.65	54	-30.16	13.43	0.53	0.76
24	50.64	-15.72	0.45	0.71	55	20.69	-37.99	0.82	1.00
25	3.08	2.13	0.08	0.60	56	1.67	1.39	0.00	1.00
26	72.53	35.93	0.00	0.67	57	1.59	1.83	0.00	0.99
27	2.12	1.67	0.00	0.98	58	0.79	-0.39	0.00	0.82
28	4.95	-2.82	0.21	0.87	59	67.03	47.18	0.14	0.79
29	52.41	-4.68	0.60	0.82	60	-22.45	40.79	0.74	0.92
30	55.36	60.71	0.32	0.97	61	-61.73	-31.04	0.48	0.79
31	67.03	47.18	0.14	0.79	62	-37.42	-41.66	0.46	0.74

ตาราง 2 (ต่อ)

Item	a	d	g	u	Item	a	d	g	u
63	2.03	0.72	0.15	0.85	78	1.34	-1.43	0.58	1.00
64	1.67	1.39	0.00	1.00	79	26.52	-43.46	0.49	0.93
65	2.12	1.67	0.00	0.98	80	0.46	0.60	0.00	0.99
66	2.73	-3.28	0.77	0.93	81	0.60	1.33	0.00	0.88
67	1.22	-1.80	0.54	1.00	82	0.55	1.36	0.00	0.82
68	44.27	30.51	0.56	0.85	84	5.52	10.00	0.14	0.66
69	29.20	26.46	0.35	0.82	85	27.47	41.23	0.20	0.50

70	32.97	-30.35	0.40	0.54	86	2.25	4.98	0.00	0.81
71	16.65	-23.66	0.87	1.00	87	0.56	1.67	0.00	0.57
72	2.25	4.98	0.00	0.81	88	2.05	1.69	0.24	0.72
64	1.67	1.39	0.00	1.00	89	32.55	14.73	0.62	0.72
73	48.72	-24.27	0.43	0.75	90	25.52	-44.46	0.59	0.93
74	8.87	1.66	0.61	0.84	Min	-61.73	-71.73	0.00	0.58
75	32.14	39.78	0.16	0.77	Max	72.53	60.71	0.88	1.00
76	4.68	7.22	0.00	0.84	M	65.45	-0.71	0.31	0.87
77	1.05	2.44	0.00	0.94	S	1.00	31.98	0.25	0.13

จากตาราง 2 พบว่าผลการประมาณ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจำนวน 90 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง -61.73 ถึง 72.53 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 65.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.00 ค่าจุดตัด ความยาก อยู่ระหว่าง -71.73 ถึง 60.71 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ -0.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 31.98 ค่าโอกาสการเดาอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.88 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.31 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.25 ค่าความสับสนอยู่ระหว่าง 0.58 ถึง 1.00 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.87 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.13

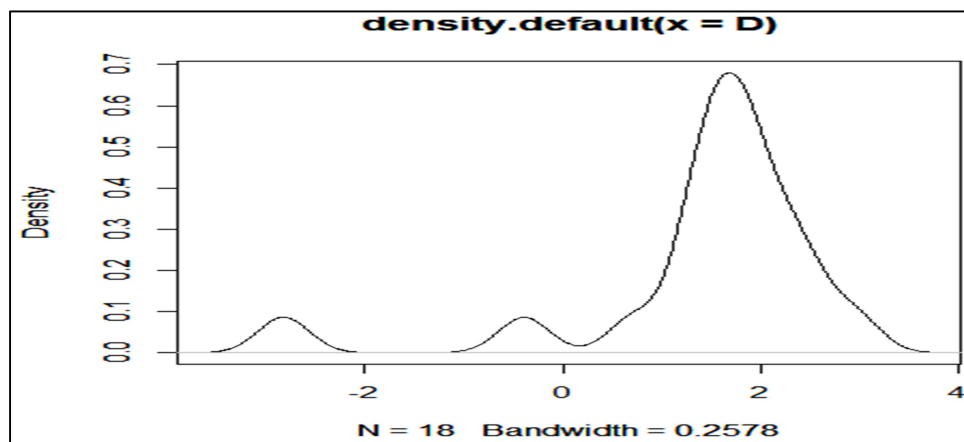
ตาราง 3 ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์

item	a	d	g	u	item	a	d	g	u
1	1.54	1.84	0.00	0.99	12	2.03	0.72	0.15	0.85
2	4.66	2.46	0.30	0.96	13	2.12	1.67	0.00	0.98
3	1.82	2.13	0.00	0.98	14	1.05	2.44	0.00	0.94
4	2.12	1.67	0.00	0.98	15	0.60	1.33	0.00	0.88
5	4.95	-2.82	0.21	0.87	16	0.55	1.36	0.00	0.82

6	1.591	1.83	0.00	0.99	17	1.67	1.39	0.00	1.00
7	2.66	2.95	0.28	0.97	18	2.05	1.69	0.24	0.72
8	1.82	2.13	0.00	0.98	Min	0.55	-2.82	0.00	0.72
9	1.677	1.39	0.00	1.00	Max	4.95	2.95	0.30	1.00
10	1.59	1.83	0.00	0.99	M	1.96	1.42	0.06	0.93
11	0.79	-0.39	0.00	0.82	S	1.38	1.64	0.01	0.00

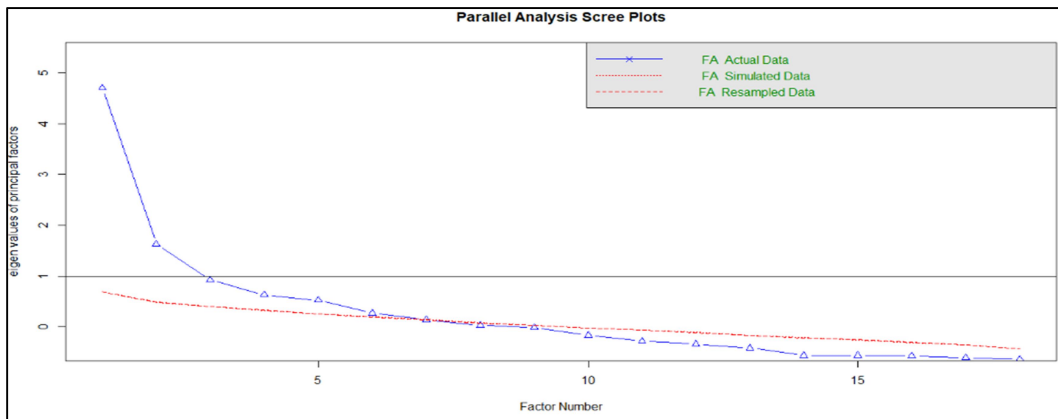
จากตาราง 3 พบว่า ผลการคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มีข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้จำนวน 18 ข้อ โดยมีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.55 ถึง 4.55 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย เท่ากับ 1.96 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.38 แสดงว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง ค่าจุดตัดความยากอยู่ระหว่าง -2.82 ถึง 2.95 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.64 แสดงว่า ข้อสอบมีระดับความยากอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างง่าย และค่าโอกาสการเดา อยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.30 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.01 และค่าความสับสน อยู่ระหว่าง 0.72 ถึง 1.00 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.00

เมื่อนำค่าความยากของข้อสอบมาเขียนกราฟ เพื่อแสดงถึงลักษณะการกระจายของค่าความยากของข้อสอบพบว่า โค้งการแจกแจงของกราฟมีลักษณะค่อนข้างสมมาตร สามารถนำไปวัดความรู้ตามเนื้อหาเคมี สิ่งแวดล้อมสำหรับครู ดังภาพ 3



ภาพ 3 ลักษณะการกระจายของค่าความยากพารามิเตอร์ของข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจและผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างโดยพิจารณาความเป็นเอกมิติ (unidimensionality) จากค่าอัตราส่วนระหว่างค่า Eigen องค์ประกอบแรกต่อค่า Eigen องค์ประกอบที่สอง หากมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 3.00 จะบ่งบอกถึงความเป็นเอกมิติ (Morizot, Ainsworth และ Reise (2007) อ้างจาก ชัยวิจิตต์ เขียวชนะ (2552) ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า มีค่าไอเกน เท่ากับ 4.71 มีค่าเดียวที่ค่าเกิน 1 และอัตราส่วนระหว่างค่า Eigen องค์ประกอบแรกต่อค่า Eigen องค์ประกอบที่สอง มีค่ามากกว่า 3.00 จากการพิจารณาสก็พล็อต (Scree Plot) แสดงถึงความเป็นเอกมิติของข้อสอบ ดังภาพ 4



ภาพ 4 Parallel Scree Plot

ผลการวิจัย

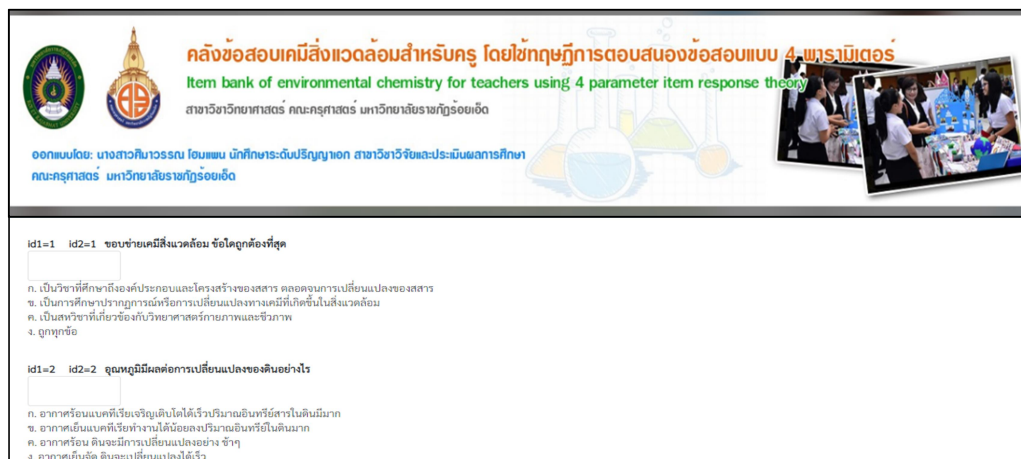
ผลการจัดทำคลังข้อสอบ พบว่าคลังข้อสอบที่สร้างขึ้นสามารถจัดเก็บข้อสอบออนไลน์ที่ประกอบด้วย ข้อมูล หมายเลขข้อสอบ ตัวเลข ตัวอักษร และรูปภาพ พร้อม ตัวเลือก ก ตัวเลือก ข ตัวเลือก ค ตัวเลือก ง ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก ค่าโอกาสการเดา ค่าความสับสน และเฉลยข้อคำถาม โดยใช้โปรแกรมการจัดฐานข้อมูล PhpMyAdmin บันทึกข้อมูลถูกจัดเก็บไว้ในรูปของตาราง การเข้าสู่ระบบการใช้งานโปรแกรมบน Web Browser ได้หลากหลาย ได้แก่ Google Chrom, และเข้าถึงได้ที่ Uniform Resource Locator: URL http://edu.reru.ac.th/thaimusicstest/all_test.php ผ่านช่องทางผู้ดูแลระบบ ดังตาราง 4 ภาพ 5 และภาพ 6 และได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์เก็บเข้าคลังจำนวน 18 ข้อ

ตาราง 4 โครงสร้างฐานข้อมูล

ชื่อตาราง	ชื่อฟิลด์	ชนิดของข้อมูล	คำอธิบาย
(Table name)	(Field Name)	(Data type)	(Description)
An environmental chemistry for teachers Test	ID	item	ข้อที่
	Question	Text	ข้อความคำถาม
	Answer	Text	คำตอบ
	Choice 1	Text	ตัวเลือกที่ 1
	Choice 2	Text	ตัวเลือกที่ 2
	Choice 3	Text	ตัวเลือกที่ 3
	Choice 4	Text	ตัวเลือกที่ 4
	(a)	Numeric	ค่าอำนาจจำแนก
	(d)	Numeric	ค่าจุดตัดความยาก
(g)	Numeric	ค่าโอกาสการเดา	
(u)	Numeric	ค่าความสับสน	

id2	Question	Image	Choice1	Choice2	Choice3	Choice4	a	d	g	u	Answer	
1	ขอความช่วยเหลือสิ่งแวดล้อม ข้อใดถูกต้องที่สุด		เป็นวิชาที่ศึกษาดังองค์ประกอบและโครงสร้างของสสาร ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของสสาร	เป็นการศึกษาปรากฏการณ์หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม	เป็นสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์กายภาพและชีวภาพ	ถูกทุกข้อ	1.543	1.847	0.000	0.992	ข	
2	อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของดินอย่างไร		อากาศร้อนแคะหรือเจริญเติบโตได้เร็วปริมาณอินทรีย์สารในดินมีมาก	อากาศเย็นแคะหรือทำงานได้น้อยลงปริมาณอินทรีย์สารในดินมีมาก	อากาศร้อน ดินจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว	อากาศเย็นจัด ดินจะเปลี่ยนแปลงได้เร็ว	4.664	2.467	0.300	0.968	ก	
3	ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับอากาศในดิน		น้ำในดินมาก ปริมาณแก๊สในดินมีมาก	น้ำในดินน้อย ปริมาณแก๊สในดินลดลง	น้ำในดินมาก ปริมาณแก๊สในดินลดลง	ปริมาณแก๊สในดินเพิ่มขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในดิน	1.828	2.130	0.000	0.983	ค	

ภาพ 5 ตัวอย่างผลการจัดเก็บข้อสอบในคลังข้อสอบเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู



ภาพ 6 ตัวอย่างข้อสอบในคลังข้อสอบเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามเนื้อหาเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู ผลการพิจารณา พบว่า ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับนิยามเนื้อหาผ่านเกณฑ์จำนวน 90 ข้อ ข้อที่ผ่านมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60–1.00 เนื่องจากกระบวนการตรวจของผู้วิจัยเอง อาจจะไม่ละเอียดเพียงพอ เพราะผู้วิจัยเริ่มฝึกในการเขียนข้อสอบ ทำให้ขาดความชำนาญในการเขียน และรอบคอบในการตรวจสอบ ไม่สามารถเขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับนิยามเนื้อหา จึงทำให้ข้อสอบไม่ผ่านตามเกณฑ์จำนวนหลายข้อ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้เขียนสอบไว้มากกว่าที่ต้องการร้อยละ 60 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของเบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ และสมประสงค์ เสนารัตน์ (2561: น.66)

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบจำนวน 90 ข้อ พบว่า มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง -61.73 ถึง 72.53 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 65.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.00 แสดงว่าข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง ค่าจุดตัดความยาก อยู่ระหว่าง -71.73 ถึง 60.71 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ -0.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 31.98 แสดงว่าข้อสอบค่อนข้างง่าย ค่าโอกาสการเดาอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.88 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.31 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.25 แสดงว่าโอกาสการเดาค่อนข้างต่ำ ค่าความสะเพร่าอยู่ระหว่าง 0.58 ถึง 1.00 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.87 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.13 แสดงว่าข้อสอบมีค่าความสะเพร่าต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Liao et al., (2012: p.1686) ที่มีค่าอำนาจจำแนก 1.33 ถึง 3.96 ค่าความยาก 0.39 ถึง 2.13 ค่าโอกาสการเดา 0.01 ถึง 0.09 และค่าความสะเพร่า 0.72 ถึง 0.89 ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องเหมาะสมแล้วโดยผู้เชี่ยวชาญ

3. ผลการคัดเลือกข้อสอบเข้าคลังข้อสอบผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาเพื่อให้เกิดความแกร่งของคุณภาพข้อสอบ คือ ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.50 ถึง 5.00 ค่าพารามิเตอร์ความยากอยู่

ระหว่าง -3.00 ถึง 3.00 ค่าพารามิเตอร์โอกาสในการเดาไม่เกิน 0.30 และค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่าหรือความคลาดเคลื่อนอื่นต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.70 ผลการพิจารณาตามเกณฑ์ดังกล่าว พบว่า ได้ข้อสอบเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ จำนวน 18 ข้อ อำนาจจำแนก ระหว่าง 0.55 ถึง 4.55 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.96 แสดงว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง มีค่าความยากอยู่ระหว่าง -2.82 ถึง 2.95 ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.42 แสดงว่า ข้อสอบมีระดับความยากอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างง่าย แสดงว่า มีค่าความยากอยู่ในระดับค่อนข้างง่าย และมีบางข้อที่ค่อนข้างยาก ทั้งนี้เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาในรายวิชา แต่ผู้สอบทั่วไปสามารถทำข้อสอบได้ ค่าโอกาสในการเดาอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.30 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.06 และค่าความสะเพร่าอยู่ระหว่าง 0.72 ถึง 1.00 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจันทร์เพ็ญ มาศแสน, ญาณภัทร สีหะมงคล, ดาวรุกรรณ ฤวิการ (2559) การสร้างแบบทดสอบพีระมิดที่มีหลายข้อในแต่ละชั้น ที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์วิชาเคมี เรื่อง ตารางธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ข้อสอบที่มีค่าพารามิเตอร์ที่เข้าเกณฑ์ จำนวน 84 ข้อ จัดเข้าโครงสร้างแบบทดสอบพีระมิดที่มีหลายข้อในแต่ละชั้น ชนิด 7 ชั้น มีค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบรายข้อตรงตามเกณฑ์ จำนวน 84 ข้อ ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนก (a) ตั้งแต่ 0.11 ถึง 1.944 มีค่าความยาก (b) ตั้งแต่ -2.737 ถึง 0.292 และค่าสัมประสิทธิ์การเดา (c) ตั้งแต่ 0.051 ถึง 0.272

4. ผลการจัดทำคลังข้อสอบ พบว่า คลังข้อสอบประกอบด้วยรายการข้อคำถาม ตัวเลือก คำตอบ ค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าการเดา และค่าความสะเพร่า การบริหารคลังข้อสอบผ่าน Web Browser ได้ด้วย Google-Chrome ที่พัฒนาด้วยโปรแกรมการจัดการฐานข้อมูล PhpMyAdmin ใช้ภาษา PHP เพื่อใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล MySQL สามารถบันทึก แก้ไข เพิ่ม แสดงฐานข้อมูล และจำนวนข้อสอบได้สะดวกและเหมาะสมต่อการใช้งาน เป็นโปรแกรมที่จัดการฐานข้อมูลที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ฟรี และใช้งานได้สะดวก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเบญจมาภรณ์ เสนารัตน์, บุญชม ศรีสะอาด และจรรยา ภัคตราจันทร์. (2559, น.178) ได้ศึกษาวิจัย เรื่องการพัฒนาเครื่องมือประเมินความสามารถทางการวิจัยการศึกษาของนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กนกกร พวงสมบัติ, สมประสงค์ เสนารัตน์ และเบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ (2561, น.98) ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พบว่า การจัดทำคลังข้อสอบของผู้วิจัยจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ MySQL และใช้ภาษา PHP ในการพัฒนาคลังข้อสอบ และจัดการคลังข้อสอบผ่านเว็บ Template ทั้งยังสอดคล้องกับ อรณิชา ทศตา, ปิยะทิพย์ ประดุงพรม, และกนก พานทอง (2562, น.137) ได้พัฒนาโปรแกรมคำนวณคะแนนจุดตัดตามแนวคิดของ Angoff โดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบในรูปแบบ Web application เพื่อเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอันจะนำไปสู่การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และลดภาระค่าใช้จ่ายในการจัดทำแบบทดสอบ

5. ข้อสอบเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับครู มีคุณภาพผ่านเกณฑ์เก็บเข้าคลัง จำนวน 18 ข้อ เนื่องจากขนาดของกลุ่มตัวอย่างน้อยจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของตัวอย่างที่ต้องการนำไปใช้ แต่อย่างไรก็ตามก็จะ

ทำให้เกิดมาตรฐานความคลาดเคลื่อนในการวัดค่อนข้างสูงซึ่งจะส่งผลให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์น้อยกว่าปกติ ซึ่งตัวอย่างน้อยส่งผลต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบเป็นประเด็นสำคัญ ในโอกาสต่อไปต้องใช้จำนวนตัวอย่างมากกว่า 1,000 คน เพื่อให้พารามิเตอร์ของข้อสอบไม่แปรเปลี่ยน และโมเดล 4 พารามิเตอร์ จะทำให้คุณภาพข้อสอบสูงให้ข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์น้อยกว่าจำนวนโมเดลที่มีพารามิเตอร์น้อย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนมากพอ
2. ควรมีคลังข้อสอบสำหรับใช้ในการสอบคัดเลือกคนให้มีความแม่นยำมากกว่าเดิม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในโอกาสต่อไปเพิ่มข้อสอบเข้าคลังเพื่อให้คลังสามารถใช้เป็นส่วนประกอบของโปรแกรมได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยจำเป็นต้องเพิ่มข้อสอบเข้าคลังให้มีจำนวนมากพอและเพิ่มขนาดของตัวอย่างในการทดลองหาคุณภาพเพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์และส่งผลให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์มากขึ้น

2. ครู/อาจารย์ผู้สอนสามารถนำเอาข้อสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้สอบทั้งในรูปแบบใช้กระดาษเขียนตอบ (Paper Pencil Test) ได้ หรือจะใช้การทดสอบบนคอมพิวเตอร์ก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามการนำคลังข้อสอบไปใช้ในการทดสอบ การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์จะมีความเหมาะสมกว่าและควรพัฒนาค้างข้อสอบให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กนกกร พวงสมบัติ, สมประสงค์ เสนารัตน์ และเบญจมาภรณ์ เสนารัตน์. (2561). การพัฒนาโปรแกรมทดสอบและประเมินวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหาเรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว. *วิจัยและประเมินผลอุบลราชธานี*, 7(2), 90-100.
- คมสัน เอี่ยมจรัส. (2547). *การสร้างและพัฒนาโปรแกรมระบบการทดสอบ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์เพ็ญ มาศแสน, ญาณภัทร สีหะมงคล, ดาวรุวรรณ ถวิลการ.(2559). *การสร้างแบบทดสอบพีระมิดที่มีหลายข้อในแต่ละชั้น ที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์วิชาเคมี เรื่อง ตารางธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*.วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 22(1), 37-46.

ชัยวิชิต เขียรชนะ.(2552). การวิเคราะห์พหุมิติ *วารสารศึกษาศาสตร์* มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 32(4), 13-22.

เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ และ สมประสงค์ เสนารัตน์. (2552). *แผนแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์*.วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.15(1),25-36

เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์, บุญชม ศรีสะอาด และจริญญา ภักตราจันทร์. (2559). การพัฒนาเครื่องมือประเมินความสามารถทางการวิจัยการศึกษานักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.*วารสารการวัดและประเมิน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 22(1), 164-182

เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ และ สมประสงค์ เสนารัตน์. (2561). *หลักการวัดและประเมินผลทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4).มหาสารคาม: อภิชาติการพิมพ์.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.(2545). *ประมวลสาระชุดวิชา สัมมนาการประเมินศึกษา* หน่วยที่ 1-5 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีทดสอบแนวใหม่*, พิมพ์ครั้งที่ (ฉบับปรับปรุง), กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิม*, (พิมพ์ครั้งที่ 4), กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.(2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579* สืบค้น วันที่10 มิถุนายน 2563.จาก <https://www.egov.go.th/th/government-agency/242/>

อรณิชชา ทศตา, ปิยะทิพย์ ประดุงพรม, และกนก พานทอง. (2562). การพัฒนาโปรแกรมคำนวณคะแนนจุดตัดตามแนวคิดของ Angoff โดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ. *วิทยาการวิจัยและ วิทยาการปัญญา*,17(2), 134-148.

Barton, M. A., & Lord, F. M. (1981). *An upper asymptote for the three-parameter logistic item-response model*. Research Bulletin 81-20. Princeton, NJ: Educational Testing Service.

Chalmers, R. P. (2020). *Package 'mirt'*. Retrieved June 3, 2020, from <https://cran.r-project.org/web/packages/mirt/mirt.pdf>

- Choi, Y.-J. & Asilkalkan, A (2019). R Packages for Item Response Theory Analysis: Descriptions and Features. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 17(3),168-175, Retrieved May 12, 2020, from DoI: 10.1080/15366367.2019.1586404
- Dennis, C. (2006). *The Essentials of Analysis*. Third edition published by Continuum, Retrieved June 3, 2020, from https://books.google.co.th/books?id=rQ2vdJgohH0C&pg=A50&lpq=PA50&dq=comrey+and+lee+1992+sample+size&source=bl&ots=mX9UHSkT3Q&sig=ACfU3U0Y2JTPlBZOWY2O_nNEBE6oeJnkhQ&hl=th&sa=X&ved=2ahUKEwj64e6F_uXpAhXK7XMBHQDsCKAQ6AEwEXoECAoQAAQ#v=onepage&q=comrey%20and%20lee%201992%20sample%20size&f=false.
- Liao, W.-W., Ho, R.-G., Yen, Y.-C., & Cheng, H.-C. (2012). The four-parameter logistic item response theory model is a robust method of estimating ability despite aberrant responses. *Social Behavior and Personality*, 40, 1679-1694.
- Loken, E. & Rulison, K. L. (2010). Estimation of a 4-parameter Item Response Theory model. *The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. Retrieved June, 3, 2020 from <http://dx.doi.org/10.1348/000711009X474502>.
- The jamovi project (2019). jamovi. (Version 1.1) [Computer Software]. Retrieved 12 June 2020, from <https://www.jamovi.org>
- McDonald, M. E. (2002). *Systematic Assessment of Learning Outcomes: Developing Multiple-Choice Exams*. Published by Jones and Bartlett Publishers
- Revelle, W. (2020). Package ‘psych’. Retrieved June 3, 2020, from <https://personality-project.org/r/psych-manual.pdf>