การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

THE DEVELOPMENT OF KNOWLEDGE INTEGRATION ABILITY TEST BASED ON STEM EDUCATION FOR GRADE 9 STUDENTS

ศันสนีย์ ยอดดำเนิน[1], พนิดา ศกุนตนาค[2], สุรชัย มีชาญ[3]

Sunsanee Yoddamnern[1]; Panida Sakuntanak [2]; Surachai Meechan[3]

Corresponding author, e-mail: Parn108@hotmail.com

Received: *November 07, 2020;* ***Revised:*** *January 15, 2021;* ***Accepted:*** *February 02, 2021*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รวมทั้งศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท จำนวน 593 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบทดสอบสถานการณ์ ซึ่งวัดความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ระบุปัญหา (2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ (5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบด้วยโมเดล GPCM ผลการวิจัยพบว่า (1) แบบทดสอบที่สร้างขึ้นทั้งหมด 10 สถานการณ์ 70 ข้อ เมื่อวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 5 สถานการณ์ 35 ข้อ โดยมีค่า CVI เท่ากับ 1.00 ค่าความยากตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.69 (2) ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.66 ถึง 1.60 ค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) มีค่าตั้งแต่ -2.28 ถึง 1.69 และค่าสารสนเทศของแบบทดสอบสูงสุดเมื่อผู้สอบมีความสามารถระดับปานกลาง และ (3) ความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 41.14 จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา; ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ; ความสามารถในการบูรณาการความรู้; จีพีซีเอ็ม

[1] นิสิตระดับมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[2, 3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ABSTRACT

The objectives of this research are to construct and verify the quality of an integration ability test and to study integration ability based on STEM Education among Grade Nine students. The samples consisted of 593 Early Childhood Education students in Grade Nine and under the authority of the Chainat Provincial Education Office in the 2019 academic year. The participants were sampled using Multi-stage sampling. The research instrument was a situational test that measures integration ability in terms. It covered three subjects: Science, Technology and Mathematics and Engineering Design Process in five stages: (1) problem identification; (2) related information searching; (3) solution design; (4) planning and development; and (5) testing, evaluation and design improvement. The verification of the quality of integration ability tests by the Generalized Partial Credit Model (GPCM) and verified integration ability with STEM Education by mean and standard deviation. The results of study were as follows: (1) the integration ability test consisted of 10 situations and a total of 70 questions. When verifying quality using Classical Test Theory, there were 35 questions in five situations that passed and with a CVI at 1.00, difficulty has values from 0.41 to 0.80 and discrimination values from 0.21 to 0.69; (2) to verify the quality of the G-PCM Model with items in five stages, according to Engineering Design Process. The Value Discrimination Parameter (α_i) from stages one to five had values from 0.66 to 1.60. The value Difficulty Parameter (δ_{ij}) had values from -2.28 to 1.69. The test Information had the highest value, when the participants had an integration ability level based on STEM Education; and (3) the students had a 41.14-point mean of integrating ability out of a full 80 and standard deviation had a 17.92.

Keywords: STEM Education; Item Response Theory; Integration Ability Test; GPCM

บทนำ

การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและเป็นปัจจัยสำคัญในการแข่งขันในระดับนานาชาติเพราะเป็นรากฐานของการพัฒนาระบบเศรษฐกิจ ให้เจริญก้าวหน้า ปัจจุบันการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองวิถีชีวิตของมนุษย์ในยุคศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมที่มีความทันสมัย สะดวกสบาย เป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การเพิ่มขีดความสามารถของประชากรในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมให้มีความเชี่ยวชาญจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศด้วยนวัตกรรม โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการวิจัย (จิตรลดา พิศาลสุพงษ์ และสุพัตรา ศรีภูมิเพชร, 2560, น. 50) จึงถือได้ว่าเป็นภารกิจหน้าที่สำคัญของรัฐบาลในการกำกับดูแลและดำเนินการให้มีการพัฒนาประชากรซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญของประเทศ ทั้งนี้รัฐบาลจึงให้ความสำคัญกับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในฐานะเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปพัฒนาและต่อยอดเป็นความรู้แขนงต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงตามความต้องการของกลไกทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ถูกนำมาใช้ในระบบการศึกษาในหลายประเทศรวมถึงในประเทศไทยด้วย เพราะเป็นระบบการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ การสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยี โดยอาศัยการบูรณาการความรู้จากศาสตร์หลากหลายแขนง นักเรียนได้เรียนรู้กิจกรรมต่าง ๆ เป็นการสร้างกระบวนการคิดแบบองค์รวมหรือคิดเชิงบูรณาการ ซึ่งถือว่าเป็นการพัฒนาการคิดขั้นสูงของนักเรียน แนวโน้มการจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องบูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ

และบูรณาการความรู้ที่ได้จากการเรียนในห้องเรียนและชีวิตประจำวัน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 50) เนื่องจากการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นไม่สามารถแยกออกเป็นวิชาต่าง ๆ ได้ต้องบูรณาการองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งการเรียนรู้แบบบูรณาการจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เรียนกับชีวิตจริง เกิดความสัมพันธ์กันระหว่างความคิดรวบยอดของวิชาต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ซึ่งการบูรณาการความรู้ สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary integration) 2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary integration) 3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) และ 4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Trans disciplinary Integration) (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2559, น. 336)

การจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ถูกนำมาใช้กับการศึกษาไทยในขณะนี้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการบูรณาการ 4 กลุ่มสาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science : S) เทคโนโลยี (Technology : T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer : E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics : M) (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2559, น. 334-338) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติและวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา ทั้งนี้ในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไม่ได้นำเอาเนื้อหามาใช้จัดการเรียนรู้แก่นักเรียน แต่นำเอากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่วิศวกรใช้ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งการค้นคว้าและพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันเป็นวิธีการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ และสอดคล้องกับการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับต่างประเทศที่มีการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในห้องเรียนเช่นกัน โดยได้อธิบายถึงสะเต็มศึกษาว่าคือหลักสูตรที่ยึดตามการเรียนการสอ นใน 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในรูปแบบสหวิทยาการและการประยุกต์ความรู้แทนที่จะสอนทั้ง 4 สาขาวิชาเป็นวิชาแยกกันและไม่ต่อเนื่องกัน แต่สะเต็มศึกษาเป็นการศึกษาแบบองค์รวมไว้ในกระบวนทัศน์การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงและสัมพันธ์กับโลกแห่งความเป็นจริง (Elaine J. Hom, 2014) สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและสามารถส่งเสริมนักเรียนให้เป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 อย่างสมบูรณ์ได้

สำหรับสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท มีการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทั้งในระดับประถมศึกษาจนถึงมัธยมศึกษา โดยใช้แนวทางบูรณาการแบบสหวิทยาการที่มีความท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) มีกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพในอนาคต และใช้การวัดและประเมินผลที่หลากหลายทั้งด้านทฤษฎีและการปฏิบัติ การประเมินตามสภาพจริงซึ่งแตกต่างไปจากการประเมินแยกตามรายวิชาเช่นเดิม สำหรับการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในโรงเรียนต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลนักเรียน ถึงแม้ว่าจะจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเป็นองค์รวม แต่การวัดและประเมินผลก็ยังแยกตามรายวิชา และนักเรียนขาดการบูรณาการความรู้ที่แท้จริง ทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556, น. 14-18)

จากปัญหาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อให้ได้เครื่องมือวัดและประเมินความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีคุณภาพตามหลักของการสร้างเครื่องมือ โดยผู้วิจัยจะตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) โดยใช้โมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM) เนื่องจากเป็นโมเดลที่เหมาะสมกับแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพราะข้อสอบ

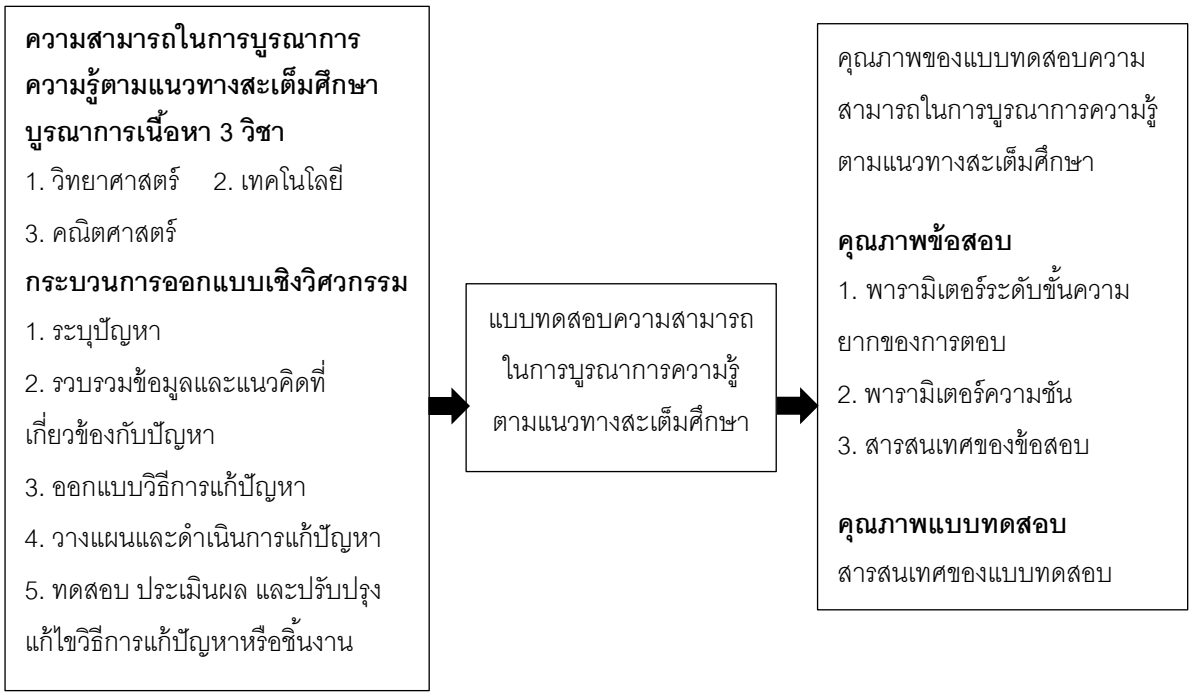
บูรณาการเป็นข้อสอบอัตนัยที่แต่ละคำถามมีรายการคำตอบแบบมาตรเรียงลำดับ (Ordered categorical Response) ที่จำนวนสเกลและช่องห่างระหว่างสเกลไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกข้อ และมีการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนที่แต่ละข้อมีจำนวนลำดับขั้นของการให้คะแนนแตกต่างกันไป ที่จะทำให้สามารถระบุนัยทั่วไปของคะแนนจริงคุณภาพของแบบทดสอบตามเงื่อนไขของการทดสอบ รวมทั้งให้ข้อมูลที่ตรงกับระดับความสามารถของผู้สอบและคุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ ทั้งยังสามารถวัดคุณลักษณะภายในหรือความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบเป็นรายบุคคลได้อีกด้วย (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, น. 6) เพื่อให้ได้ผลการวัดที่ชัดเจนตรงประเด็น เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบทดสอบให้สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ครูผู้สอนสะเต็มศึกษาได้ทราบถึงข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับความรู้ความสามารถของนักเรียนและสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของตนเองตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิด โดยศึกษาแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อนำมาสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่วัดความสามารถในการบูรณาการความรู้ 3 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science :S) วิชาเทคโนโลยี (Technology :T) และวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics :M) โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5.ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยที่มีสถานการณ์เกี่ยวข้องกับปัญหาในชีวิตประจำวัน นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการบูรณาการความรู้จากเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการคิดออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งแต่ละขั้นจะมีเกณฑ์การให้คะแนนไม่เท่ากัน ส่วนการหาคุณภาพของแบบทดสอบใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยใช้โมเดล GPCM แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 3,199 คน จาก 63 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูล แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการ Try Out จำนวน 50 คน และ 2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จำนวน 593 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบสถานการณ์ที่วัดความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ลักษณะของข้อสอบจะไม่ถามตรงตามเนื้อหาสาระหลักสูตร แต่จะมีข้อความหรือสถานการณ์ให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาคิดวิเคราะห์ แล้วตอบคำถาม นักเรียนต้องสะท้อนความคิดของตนเองออกมาเป็นคำตอบ ผู้วิจัยเริ่มต้นสร้างแบบทดสอบ จำนวน 10 สถานการณ์ 70 ข้อ โดยข้อสอบแต่ละสถานการณ์จะเน้นการคิดอย่างเป็นระบบผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ระบุปัญหา (Problem Identification)

2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. สร้างแบบทดสอบความสามารถในการ บูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 10 สถานการณ์ รวมทั้งสิ้น 70 ข้อ ซึ่งมีโครงสร้างแบบทดสอบ (Test Blueprint) ดังตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างโครงสร้างของแบบทดสอบ (Test Blueprint)

สถานการณ์	บูรณาการเนื้อหา			กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	จำนวนข้อสอบ	คะแนนเต็ม
	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี			
1. จมลอย	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	3	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
				รวมข้อสอบ/คะแนน	7	16

2. นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความความเชิงตรงเชิงเนื้อหา และคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ไปทดลองใช้กับนักเรียน จำนวน 50 คน จากนั้นนำมาประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) และวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบเบื้องต้นโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพเบื้องต้นนำไปใช้เก็บข้อมูลต่อไป

3. นำแบบทดสอบไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 600 คน โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อตรวจสอบแบบทดสอบที่รวบรวมมา พบว่า มีแบบทดสอบที่สมบูรณ์จำนวน 543 ชุด ที่สามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลได้

4. นำแบบทดสอบที่สมบูรณ์ไปวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบและแบบทดสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) โดยใช้โมเดล GPCM

5. ศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการสร้างเกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ดังนี้

1.1 อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (CVR) และดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (CVI) โดยพิจารณาคะแนนประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน

1.2 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน(RAI) เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องกันของคะแนนที่ได้จากผู้ประเมิน โดยมีค่าตั้งแต่ 0-1 หากเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินให้คะแนนนักเรียนได้สอดคล้องกันสูงมาก

1.3 ความยาก (p) เพื่อพิจารณาคุณลักษณะความยากง่ายของข้อสอบ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 นำไปใช้เก็บข้อมูล

1.4 อำนาจจำแนก (r) เพื่อจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงออกจากนักเรียนที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ต่ำได้ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป

1.5 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบ

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) โดยใช้โมเดล G-PCM และใช้โปรแกรม IRT PRO 4 ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

2.1 พารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของ การตอบ (δ_{ij}) หมายถึง ค่าสเกลระดับความสามารถ (θ) ตรงตำแหน่งที่ตัดกันของรายการโค้งคำตอบ

2.2 พารามิเตอร์ความชันของข้อสอบ (αi) โดยทั่วไปค่าไม่ควรติดลบและนิยมใช้ข้อสอบที่มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 2.50

2.3 สารสนเทศของข้อสอบ(Item Information) และสารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information)

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.1 แบบทดสอบที่สร้างขึ้น 10 สถานการณ์ 70 ข้อ พบว่า อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (CVR) มีค่าตั้งแต่ 0.71 ถึง 1 โดยมีค่า CVR เท่ากับ 1.00 จำนวน 68 ข้อ และมีค่า CVR เท่ากับ 0.71 จำนวน 2 ข้อ ผู้วิจัยได้ตัดข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ออกจากแบบทดสอบ ทำให้มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานและสามารถนำไปใช้ได้ จำนวน 8 สถานการณ์ รวม 56 ข้อ

1.2 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (CVI) มีค่าเท่ากับ 1.00 แสดงว่า แบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสูง สามารถวัดได้ตรงระดับขั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.3 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) มีค่าเท่ากับ 0.93 แสดงให้เห็นว่าเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้ประเมินให้คะแนนนักเรียนได้สอดคล้องกันสูงมาก แสดงว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีคุณภาพและสามารถไปใช้ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบได้

1.4 ผลการวิเคราะห์ความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบทั้งหมด 35 ข้อ จาก 5 สถานการณ์ ได้แก่ จมลอย, ชั้นหนังสือ, แขนของชั้น, เครื่องผ่อนแรง และโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต พบว่า ความยาก (p) มีค่าตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.80 แสดงว่าข้อสอบยากง่ายปานกลางไปจนถึงค่อนข้างง่าย อำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.69 แสดงว่าข้อสอบสามารถจำแนกความสามารถของผู้สอบได้ และความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.94 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

2.1 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ด้วยการตรวจสอบความเป็นเอกมิติหรือมิติเดียว (Unidimensionality) โดย การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อคำนวณค่าไอเกน (Eigen Value) ด้วยโปรแกรม SPSS พบว่า อัตราส่วนของความแปรปรวนขององค์ประกอบแรกต่อความแปรปรวนขององค์ประกอบที่สอง

(E1/E2) มีค่าเท่ากับ 7.94 ซึ่งมากกว่า 3.00 บ่งบอกถึงความเป็นเอกมิติ เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

2.2 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) และค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ซึ่งแบ่งเป็น 5 ขั้น ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 1.34 ถึง 1.60 มีค่าเป็นบวก (+) สามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ดี สำหรับค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) พบว่า δ_1 มีค่าตั้งแต่ -0.78 ถึง -0.05 แสดงว่าในขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 1

ข้อสอบ	α_i	s.e.	δ_1	s.e.		df	Probability
1	1.34	0.14	-0.05	0.08	58.82	48	0.1359
6	1.50	0.16	-0.78	0.09	37.57	44	0.7426
11	1.60	0.16	-0.13	0.07	82.21	46	0.0008
16	1.43	0.15	-0.19	0.08	72.47	49	0.0163
21	1.55	0.15	-0.38	0.08	58.95	45	0.0791

2.2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 1.58 สำหรับค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) พบว่า δ_1 มีค่าตั้งแต่ -1.41 ถึง -0.66 ส่วน δ_2 มีค่าตั้งแต่ -0.23 ถึง 0.20 และ δ_3 มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.64 โดยทุกข้อมีค่า $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$ อาจกล่าวได้ว่าระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับจากการตอบขั้นที่ง่ายที่สุดไปยังยากที่สุด ดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 2

ข้อ	α_i	s.e.	พารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij})							df	Probability
			δ_1	s.e.	δ_2	s.e.	δ_3	s.e.			
2	0.75	0.08	-1.41	0.16	-0.23	0.16	1.64	0.18	137.92	122	0.1359
7	1.20	0.11	-0.84	0.09	0.20	0.11	0.64	0.08	113.65	104	0.2431
12	1.22	0.11	-0.54	0.10	-0.24	0.11	0.79	0.10	145.27	108	0.0097
17	1.18	0.11	-0.53	0.10	-0.02	0.11	0.55	0.10	135.97	110	0.0471
22	1.58	0.15	-0.66	0.08	0.16	0.09	0.50	0.09	98.50	94	0.3547

2.2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.55 สำหรับค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของ การตอบ (δ_{ij}) พบว่า δ_1 มีค่าตั้งแต่ -1.18 ถึง -0.06 ส่วน δ_2 มีค่าตั้งแต่ 0.06 ถึง 1.18 โดยทุกข้อ มีค่า $\delta_1 < \delta_2$ อาจกล่าวได้ว่า ข้อสอบในขั้นที่ 3 มีระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) เรียงลำดับขั้นการตอบจากง่ายไปยาก ดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 3

ข้อ	α_i	s.e.	พารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij})					df	Probability
			δ_1	s.e.	δ_2	s.e.			
3.1	0.87	0.10	-1.08	0.12	1.08	0.12	112.49	92	0.0721
3.2	0.69	0.09	-1.18	0.15	1.18	0.15	99.40	92	0.2804
3.3	1.14	0.12	-0.99	0.09	0.99	0.09	82.35	80	0.4060
8.1	1.23	0.12	-0.64	0.08	0.64	0.08	85.49	81	0.3444
8.2	1.31	0.12	-0.56	0.07	0.56	0.07	114.21	79	0.0059
8.3	0.86	0.09	-0.45	0.11	0.45	0.11	102.66	85	0.0939
13.1	1.22	0.12	-0.74	0.08	0.74	0.08	107.93	79	0.0170
13.2	1.55	0.15	-0.41	0.06	0.41	0.06	79.05	76	0.3823
13.3	1.38	0.14	-0.46	0.07	0.46	0.07	102.51	72	0.0105
18.1	1.36	0.13	-0.13	0.08	0.13	0.08	98.21	76	0.0441
18.2	1.49	0.14	-0.20	0.07	0.20	0.07	119.47	72	0.0004
18.3	1.20	0.12	-0.10	0.09	0.10	0.09	87.70	74	0.1318
23.1	0.83	0.09	-0.27	0.12	0.27	0.12	78.79	91	0.8160
23.2	0.94	0.10	-0.28	0.10	0.28	0.10	90.87	87	0.3666
23.3	0.80	0.09	-0.06	0.13	0.06	0.13	79.99	92	0.8101

2.2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.81 ถึง 1.10 สำหรับค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) พบว่า δ_1 มีค่าตั้งแต่ -0.74 ถึง -0.26 และ δ_2 มีค่าตั้งแต่ 0.26 ถึง 0.74 โดยทุกข้อมีค่า $\delta_1 < \delta_2$ อาจกล่าวได้ว่าขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับจากง่ายไปยาก ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 4

ข้อ	α_i	s.e.	พารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij})									df	Probability
			δ_1	s.e.	δ_2	s.e.	δ_3	s.e.	δ_4	s.e.			
5	0.85	0.08	-2.01	0.19	-0.52	0.14	1.37	0.20	1.17	0.19	167.62	134	0.0260
10	0.84	0.06	-2.11	0.19	0.14	0.15	0.75	0.17	1.23	0.18	209.51	143	0.0002
15	1.18	0.11	-1.35	0.14	-0.56	0.11	0.60	0.12	1.31	0.12	165.94	125	0.0084
20	0.79	0.08	-1.87	0.19	-0.14	0.15	1.20	0.21	0.80	0.19	183.63	138	0.0057
25	0.66	0.08	-2.28	0.24	-0.69	0.18	1.29	0.25	1.68	0.26	233.78	144	0.0001

2.2.5 ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.66 ถึง 1.18 สำหรับค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) พบว่า δ_1 มีค่าตั้งแต่ -2.28 ถึง -1.35, δ_2 มีค่าตั้งแต่ -0.69 ถึง 0.14, δ_3 มีค่าตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.37 และ δ_4 มีค่าตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.68 โดยข้อที่ 5, 15 และ 25 มีค่า $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3 < \delta_4$ ขั้นความยากของ การตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับขั้นการตอบจากง่ายไปยาก แตกต่างจากข้อที่ 10 และ 20 ที่ค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ไม่เรียงลำดับขั้นการตอบจากง่ายไปยาก ดังตาราง 6

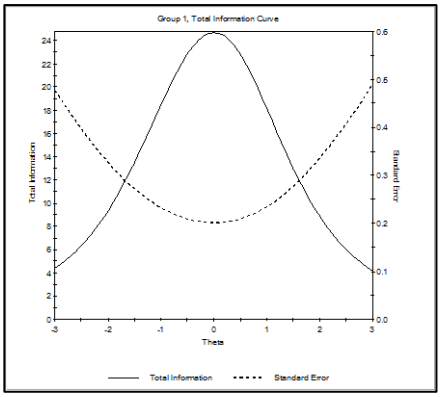
ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 5

ข้อ	α_i	s.e.	พารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij})					df	Probability
			δ_1	s.e.	δ_2	s.e.			
4	0.81	0.09	-0.74	0.13	0.74	0.13	98.83	85	0.1447
9	0.85	0.10	-0.53	0.13	0.53	0.13	100.39	83	0.0939
14	1.10	0.11	-0.26	0.09	0.26	0.09	95.97	80	0.1075
19	1.02	0.11	-0.28	0.10	0.28	0.10	107.47	87	0.0674
24	0.93	0.10	-0.70	0.11	0.70	0.11	94.24	81	0.1488

2.3 สารสนเทศของข้อสอบ(Item Information) พบว่า มีค่าสูงสุดเมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) เท่ากับ 0 จำนวน 10 ข้อ และระดับความสามารถ (θ) เท่ากับ0.4, -0.4, 0.8, -0.8 และ -1.2 จำนวน 9, 3, 3, 6 และ 4 ข้อ ตามลำดับ โดยข้อที่ 22 ให้ค่าสารสนเทศของข้อสอบสูงสุด เท่ากับ 2.01 ที่ระดับความสามารถ (θ) = - 0.4 เมื่อพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) พบว่า มีค่าสูงสุดที่ระดับความสามารถ θ = 0 รองลงมาคือระดับ 0.4 และ -0.4 โดยมีค่าเท่ากับ 24.69, 23.51และ 23.47 ตามลำดับ แสดงว่าแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จะมีความถูกต้องแม่นยำสูงในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบเมื่อนำไปใช้กับนักเรียนที่มีระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ระดับปานกลาง ดังแสดงในตาราง 7 และภาพ 2

ตาราง 7 ข้อมูลสารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information)

ข้อ	ระดับความสามารถของผู้สอบ ()														
	-2.8	-2.4	-2.0	-1.6	-1.2	-0.8	-0.4	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8
T.I.	5.07	6.86	9.33	12.56	16.40	20.35	23.47	24.69	23.51	20.26	16.05	12.06	8.86	6.50	4.82
s.e.	0.44	0.38	0.33	0.28	2.25	0.22	0.21	0.20	0.21	0.22	0.2	0.29	0.34	0.39	0.46



ภาพ 2 โค้งสารสนเทศของแบบทดสอบ

3. ความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

3.1 เกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบ่งตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้น โดยนำค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) มาหาค่าเฉลี่ยของระดับขั้นความยากของการตอบ เพื่อนำมากำหนดเกณฑ์จุดตัดระดับคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา (θ)

3.1.1 เกณฑ์ระดับความสามารถในการ บูรณาการความรู้ ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0, 1 พบว่า ได้ค่าเฉลี่ยของ Threshold 1 เท่ากับ -0.31 สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถ ได้ 2 ระดับ ดังตาราง 8

ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

คะแนนจุดตัด	ระดับความสามารถ (θ)	ระดับการบูรณาการความรู้
-0.31	ตั้งแต่ -0.31 ขึ้นไป	มีความสามารถระดับสูง
	น้อยกว่า -0.31	มีความสามารถระดับต่ำ

3.1.2 เกณฑ์ระดับความสามารถในการ บูรณาการความรู้ ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนน 0, 1, 2, 3 ทำให้ระดับขั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 3 ระดับ พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย Threshold 1- 3 เท่ากับ -0.80, -0.03 และ 0.82 ตามลำดับ สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ได้ 4 ระดับ ดังตาราง 9

ตาราง 9 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

คะแนนจุดตัด	ระดับความสามารถ (θ)	ระดับการบูรณาการความรู้
0.82	ตั้งแต่ 0.82 ขึ้นไป	มีความสามารถระดับสูงมาก
-0.03	-0.03 ถึง 0.81	มีความสามารถระดับสูง
-0.80	-0.80 ถึง -0.02	มีความสามารถระดับต่ำ
	น้อยกว่า -0.80	มีความสามารถระดับต่ำมาก

3.1.3 เกณฑ์ระดับความสามารถในการ บูรณาการความรู้ ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนน 0, 1, 2 ทำให้ระดับขั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 2 ระดับ พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย Threshold 1 และ 2 เท่ากับ -0.36 และ 0.36 ตามลำดับ สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถ ได้ 3 ระดับ ดังตาราง 10

ตาราง 10 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

คะแนนจุดตัด	ระดับความสามารถ (θ)	ระดับการบูรณาการความรู้
0.36	ตั้งแต่ 0.36 ขึ้นไป	มีความสามารถระดับสูง
-0.36	-0.36 ถึง 0.35	มีความสามารถระดับปานกลาง
	น้อยกว่า -0.36	มีความสามารถระดับต่ำ

3.1.4 เกณฑ์ระดับความสามารถในการ บูรณาการความรู้ ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนน 0, 1, 2 ทำให้ระดับขั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 2 ระดับ พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย Threshold 1 และ 2 เท่ากับ -0.84 และ 0.50 ตามลำดับ สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถ ได้ 3 ระดับ ดังตาราง 11

ตาราง 11 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

คะแนนจุดตัด	ระดับความสามารถ (θ)	ระดับการบูรณาการความรู้
0.50	ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป	มีความสามารถระดับสูง
-0.84	-0.84 ถึง 0.49	มีความสามารถระดับปานกลาง
	น้อยกว่า -0.84	มีความสามารถในระดับต่ำ

3.1.5 เกณฑ์ระดับความสามารถในการ บูรณาการความรู้ ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน มีเกณฑ์การให้คะแนน 0, 1, 2, 3, 4 ทำให้ระดับขั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 4 ระดับ พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย Threshold 1 - 4 เท่ากับ -1.92, -0.35, 1.04 และ 1.24 ตามลำดับ สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถ ได้ 5 ระดับ ดังตาราง 12

ตาราง 12 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

คะแนนจุดตัด	ระดับความสามารถ (θ)	ระดับการบูรณาการความรู้
1.24	ตั้งแต่ 1.24 ขึ้นไป	มีความสามารถระดับสูงมาก
1.04	1.04 ถึง 1.23	มีความสามารถระดับสูง
-0.35	-0.35 ถึง 1.03	มีความสามารถระดับปานกลาง
-1.92	-1.92 ถึง -0.34	มีความสามารถระดับต่ำ
	น้อยกว่า -1.92	มีความสามารถระดับต่ำมาก

จากผลการสร้างเกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ แบ่งตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้น พบว่า ในขั้นที่ 1 – 5 สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถ ได้ 2, 4, 3, 3 และ 5 ระดับ ตามลำดับ

3.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท

คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท จำนวน 543 คน มีค่าเท่ากับ 41.14 คะแนน จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 17.92 สำหรับค่าความเบ้ (Sk) มีค่าเท่ากับ -0.24 และค่าความโด่ง (Ku) มีค่าเท่ากับ -1.17

สรุปผลการวิจัย

1. แบบทดสอบความสามารถในการ บูรณาการความรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 10 สถานการณ์ 70 ข้อ เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพ โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ได้แก่ อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (CVR) ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (CVI) ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) ความยาก (p) อำนาจจำแนก (r) และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ได้จำนวน 5 สถานการณ์ 35 ข้อ

2. การวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้โมเดล G-PCM พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.69 ถึง 1.60 สามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ดี ค่าพารามิเตอร์ระดับความยากของขั้นการตอบ (δ_{ij}) มีค่าตั้งแต่ -2.28 ถึง 1.69 โดยที่ขั้นที่ 1 ถึง 4 มีค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) เรียงลำดับตามขั้นความยากของการตอบ ส่วนในขั้นที่ 5 บางข้อไม่ได้ถูกเรียงลำดับตามขั้นความยากของการตอบ เมื่อพิจารณาสารสนเทศของข้อสอบ พบว่า ข้อที่ 22 ข้อสอบมีค่าสารสนเทศสูงสุด เท่ากับ 2.01 ที่ระดับความสามารถ (θ) เท่ากับ - 0.4 และให้ค่าสารสนเทศของแบบทดสอบสูงสุดเมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ $\theta = 0$

3. การศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า การสร้างเกณฑ์ค่าเฉลี่ยความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ แบ่งตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้น พบว่า ในขั้นที่ 1 – 5 สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถ ได้ 2, 4, 3, 3 และ 5 ระดับ ตามลำดับ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาทมีคะแนน เฉลี่ยความสามารถในการบูรณาการความรู้เท่ากับ 41.14 จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน

อภิปรายผล

ผลการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เมื่อตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม พบว่า ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 1.00 อาจกล่าวได้ว่า แบบทดสอบสามารถวัดได้ตรงกับระดับขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา (ประสบชัย พสุนนท์, 2558, น. 383) และ (อุไรวรรณ ชัยชนะวิโรฒ, 2560 น.105-111) เมื่อพิจารณาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เพื่อตรวจสอบเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบ มีค่าเท่ากับ 0.93 แสดงให้เห็นว่าจากเกณฑ์การให้คะแนนสามารถให้คะแนนนักเรียนได้สอดคล้องกันสูงมาก เพราะมีค่าเข้าใกล้ 1 (สุรชัย มีชาญ, 2547, น. 117-123) ทำให้มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ได้ จำนวน 5 สถานการณ์ รวม 35 ข้อ โดยมีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.69 อาจกล่าวได้ว่าแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง

สะเต็มศึกษาฉบับนี้มีความยากปานกลางไปจนถึงค่อนข้างง่ายและสามารถจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ที่แตกต่างกันได้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538, น. 197-198)

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ โดยใช้โมเดล GPCM พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 1.60 โดยทุกข้อมีค่าพารามิเตอร์ความชันตั้งแต่ 0.50 ถึง 2.50 ตามเกณฑ์ที่กำหนด (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, น. 55) เนื่องมาจากผู้วิจัยมีการวิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้นโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและมีการ ตัดข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานออกจนได้ข้อสอบที่มีคุณภาพและสามารถจำแนกผู้ที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแตกต่างกันได้

พารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ของทุกข้อ มีระดับขั้นความยากของการตอบเรียงลำดับจากการตอบขั้นที่ง่ายที่สุดไปยังการตอบขั้นที่ยากที่สุดแสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีคุณลักษณะ θ สูงขึ้นมีโอกาสที่จะทำหรือตอบรายการคำตอบในขั้นต่อไปได้สูงกว่ารายการคำตอบที่ผ่านมา แต่ในข้อที่ 10 และ 20 พบว่า ไม่ได้ถูกเรียงลำดับขั้นการตอบจากง่ายไปยาก ซึ่งหากพิจารณาข้อยกเว้นของโมเดล G-PCM ที่กล่าวว่า ค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ ไม่ได้บอกถึง θ ของผู้สอบที่มีโอกาสเลือกตอบรายการคำตอบที่อยู่ถัดไปอย่างโมเดลอื่น ๆ แต่แสดงถึงระดับความยากสัมพัทธ์ของแต่ละขั้นการตอบภายในคำถามเดียวกัน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, น. 97)

สารสนเทศของข้อสอบ มีค่าสูงสุด เมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ θ = 0 ซึ่งสอดคล้องกับสารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) ที่ให้ค่าสารสนเทศสูงที่สุดระดับความสามารถในการ บูรณาการความรู้ θ = 0 และครอบคลุมระดับความสามารถ (θ) $-2.8 \leq \theta \leq 2.8$ แสดงว่าแบบทดสอบมีความแม่นยำสูงในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบเมื่อนำไปใช้กับผู้สอบที่ระดับความสามารถปานกลาง สอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่า สารสนเทศของแบบทดสอบจะมีค่าสูงขึ้นถ้าค่าพารามิเตอร์ความชันของข้อสอบมีค่ามากขึ้นและ ใกล้ เคียงกับค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) และสารสนเทศของข้อสอบจะลดลงเมื่อผู้สอบมีความสามารถ θ ไกลกับค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555, น. 64)

การศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 41.14 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 17.92 คิดเป็นร้อยละ 51.43 ของคะแนนเต็ม อาจเป็นเพราะแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ต้องอาศัยการบูรณาการความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียนยังเน้นเฉพาะความรู้ด้านเนื้อหา การวัดและประเมินผลแบบแยกรายวิชาทำให้นักเรียนขาดการ บูรณาการความรู้ (ศศิธร บัวทอง, 2560, น. 112) ซึ่งแนวทางในการพัฒนาความสามารถบูรณาการความรู้ของนักเรียน มีดังนี้ 1) ส่งเสริมทางด้านหลักสูตรหรือบทเรียนสะเต็มศึกษาอย่างชัดเจน 2) พัฒนาครูผู้สอนวิชาสะเต็มศึกษาเพื่อให้สามารถจัดกิจกรรมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ 3) ผู้บริหารควรให้การสนับสนุนทั้งทางนโยบายและการปฏิบัติ และ 4) พัฒนาระบบการวัดและประเมินด้านสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 52)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ควรทำความเข้าใจก่อนการสอบและใช้แรงจูงใจทางบวกในการกระตุ้นให้นักเรียนทำข้อสอบอย่างเต็มประสิทธิภาพที่สุด

2. แบบทดสอบฉบับนี้สามารถประมาณค่าระดับความสามารถได้ถูกต้องและแม่นยำเมื่อใช้กับนักเรียนที่มีระดับความสามารถปานกลาง ดังนั้นหากครูผู้สอนนำไปใช้กับนักเรียนที่มีระดับความสามารถสูงหรือต่ำเกินไปอาจ เกิดความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าระดับความสามารถของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาภูมิหลังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือนำเครื่องมือไปใช้เพื่อแบ่งกลุ่มนักเรียนก่อนเก็บข้อมูล เพราะมีผลต่อคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน และสามารถนำมาสนับสนุนความตรงตามสภาพของแบบทดสอบได้

2. ควรปรับรูปแบบของแบบทดสอบให้มีความทันสมัยและเน้นความสะดวกสบายในการเก็บข้อมูลและให้ข้อมูลย้อนกลับไปสู่นักเรียนหรือครูผู้สอนในทันที โดยปรับรูปแบบเป็นแบบทดสอบที่เป็น Digital Platform ที่สามารถตรวจให้คะแนนอัตโนมัติได้ทันที

3. ควรมีการสร้างเครื่องมือวัดด้านทักษะพิสัยร่วมกับการวัดด้านพุทธิพิสัยเพื่อให้ผลการวัดสะท้อนความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนได้สอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

บรรณานุกรม

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION FOR STUDENT TEACHERS. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18*(4), 334-348.

ประสพชัย พสุนนท์. (2558). ความเที่ยงตรงของแบบสอบถามสำหรับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์. *วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 18(1), 383.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 STEM Education and 21st Century Skills Development. *วารสารนักบริหาร*, 33(2), 50-54.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). *สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors)*. นิตยสาร สสวท., *42*(185), 14-18.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรชัย มีชาญ. (2547). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์ และมนุษยศาสตร์*, 10(2), 117-123.

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์. (2545). *การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

Christine Rosicka. (2016). From concept to classroom Translating STEM education research into practice. *Australian Council for Educational Research, 4*(12), 6-12.

Dejarnette. (2012). America's children: providing early exposure to STEM (science, technology, engineering and math). *Initiatives Education, 133*(1), 77-84.

Elaine J. Hom. (2014). What is STEM Education? Retrieved May 2, 2018 https://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html.

Embetson, S. E. (2000). *Item response theory for psychologists*: Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.