



การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับ
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

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

ศันสนีย์ ยอดดำเนิน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2563

การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับ
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

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



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Educational Measurement, Evaluation, and Research)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2020

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับ
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ของ

ศันสนีย์ ยอดดำเนิน

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินดา ศกุนตนาค) (รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี จันทรเพ็ง)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ มีชาญ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธากการ)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ผู้วิจัย	ศันสนีย์ ยอดคำเนิน
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัชย์ มีชาญ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และเพื่อศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท จำนวน 593 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) 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 วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบด้วยโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM) และวิเคราะห์ความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 17.92 สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ (1) แบบทดสอบที่สร้างขึ้นทั้งหมด 10 สถานการณ์ 70 ข้อ เมื่อวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 5 สถานการณ์ 35 ข้อ โดยมีค่า CVI เท่ากับ 1.00 โดยมีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.69 (2) วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ของข้อสอบทั้ง 5 ขั้น ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า มีค่าตั้งแต่ 1.34 ถึง 1.60, 0.75 ถึง 1.58, 0.80 ถึง 1.55, 0.81 ถึง 1.10 และ 0.66 ถึง 1.18 ตามลำดับ ค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) มีค่าตั้งแต่ -2.28 ถึง 1.69 และแบบทดสอบให้ค่าสารสนเทศของแบบทดสอบสูงสุดเมื่อผู้ตอบมีระดับความสามารถปานกลาง และ (3) ความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 41.14 จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 17.92

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา, ความสามารถในการบูรณาการความรู้, จีพีซีเอ็ม, ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ

Title	THE DEVELOPMENT OF KNOWLEDGE INTEGRATION ABILITY TEST BASED ON STEM EDUCATION FOR GRADE 9 STUDENTS
Author	SUNSANEE YODDAMNERN
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2020
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Panida Sakuntanak
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Surachai Meechan

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 in this research 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 of STEM Education. 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 (G-PCM) 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 the standards of the theory 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 1.34 to 1.60, 0.75 to 1.58, 0.80 to 1.55, 0.81 to 1.10 and 0.66 to 1.18. 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 average of integrating ability out of a full 80 and standard deviation had a 17.92.

Keyword : STEM Education, Integration Ability Test, GPCM, Item Response Theory

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ มีชาญ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญาานิพนธ์ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยและปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวิกา ตั้งประภา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ และ ศน.องอาจ พินทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คุณครูเจริญรัตน์ จงสัมฤทธิ์ดี คุณครูชลลดา กั้วหา คุณครูจินดารัตน์ วังบุญ และคุณครูวิณา เขียวนิล ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแบบทดสอบ ตลอดจนให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยด้วยความเมตตา ขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างสูง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลปริญญาานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียน คณะครู สำหรับความร่วมมือในการนำเครื่องมือแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ไปทดลองใช้และเก็บข้อมูลจริงและขอบคุณนักเรียนทุกคนสำหรับความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาการวัดผลและวิจัย การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทุกท่านที่อบรม ให้ความรู้ ทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติที่เป็นประโยชน์รวมทั้งส่งเสริมและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาการวัด ประเมินและวิจัยการศึกษา รวมทั้งเพื่อนร่วมงานทุกท่านสำหรับ ความช่วยเหลือและกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดามารดา ครอบครัวและผู้มีพระคุณที่เกี่ยวข้องกับการทำ ปริญญาานิพนธ์ทุกท่าน ที่เอาใจใส่ดูแลให้ความรัก อบรมสั่งสอน ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือมา อย่างดียิ่ง รวมทั้งขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในความสำเร็จของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ที่ได้เอย นาม ณ ที่นี้ได้อย่างครบถ้วน

ศันสนีย์ ยอดดำเนิน

สารบัญ

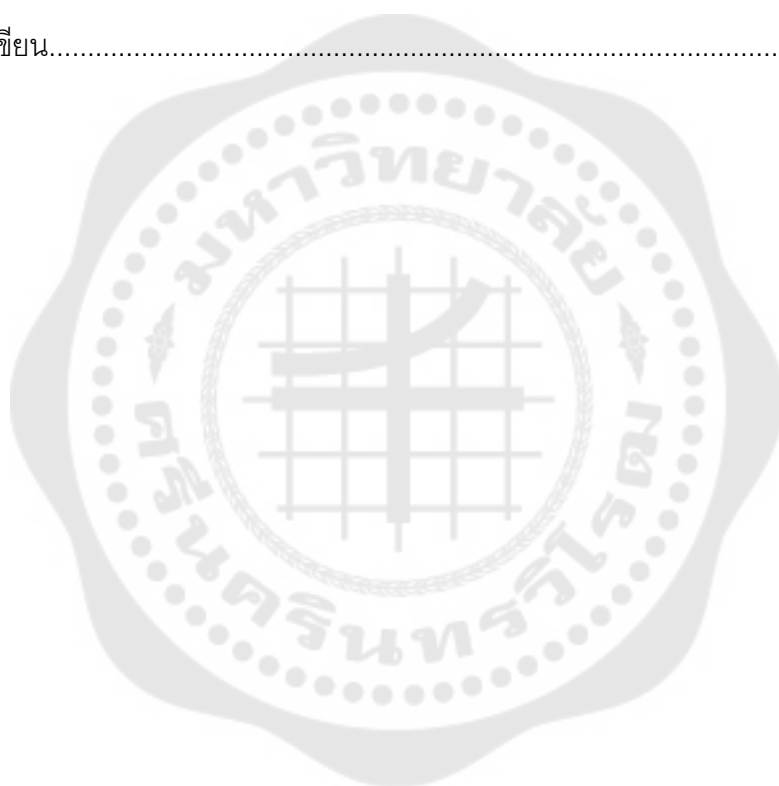
หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฏ
สารบัญรูปภาพ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตการวิจัย	6
ขอบเขตด้านเนื้อหา	6
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	8
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	8
คุณภาพของแบบทดสอบ	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
กรอบแนวคิดการวิจัย	11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
1. สะเต็มศึกษา	14
1.1 ความหมายของการบูรณาการความรู้	14
1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา	14

1.3 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา	15
1.4 เหตุผลการส่งเสริมสะเต็มศึกษา ในประเทศไทย	17
1.5 แนวทางพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของประเทศไทยด้วยสะเต็มศึกษา	18
1.6 ระดับการบูรณาการความรู้ในสะเต็มศึกษา	21
2. หลักสูตร 10 เรื่อง STEM ต้นแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกิจกรรมในห้องเรียน ระดับ มัธยมศึกษา	24
2.1 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร	24
2.2 กรอบแนวคิดและสาระของหลักสูตร	24
2.3 รายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมในหลักสูตร.....	26
3. การสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้	28
3.1 การวัดและประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21	28
3.2 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30
3.3 ประเภทของแบบทดสอบ	31
3.4 ลักษณะของแบบทดสอบ.....	33
3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ.....	34
3.6 ประโยชน์ของแบบทดสอบ	35
3.7 จุดเด่น-จุดอ่อน ของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้	36
4. ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT)	37
4.1 ลักษณะของทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT)	37
4.2 ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ.....	39
4.3 โมเดลการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Models)	41
4.4 โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM)	47
4.5 สารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ	48

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	49
5.1 งานวิจัยในประเทศไทย.....	49
5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ.....	53
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	59
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง.....	59
วิธีสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	63
แนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	80
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	81
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	82
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	88
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	89
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	89
ส่วนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะ เต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	89
ส่วนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	93
ส่วนที่ 3 การศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ...	106
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	113
สรุปผลการวิจัย.....	114
อภิปรายผลการวิจัย	118
ข้อเสนอแนะ	122
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	122
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	122

บรรณานุกรม	124
ภาคผนวก.....	128
ภาคผนวก ก	129
ภาคผนวก ข	132
ภาคผนวก ค	165
ภาคผนวก ง	175
ประวัติผู้เขียน.....	186



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 รายละเอียดกิจกรรมในหลักสูตร กิจกรรม 10 เรื่อง สะเต็มต้นแบบระดับมัธยมศึกษา ตอนต้น	26
ตาราง 2 การเปรียบเทียบการวัดและประเมินผลแนวปฏิบัติแบบเดิมกับการวัดและประเมินผลใน ศตวรรษที่ 21	28
ตาราง 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	62
ตาราง 4 โครงสร้างของแบบทดสอบ (Test Blueprint)	66
ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนน.....	71
ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ..	90
ตาราง 7 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ด้วยการตรวจสอบ ความเป็นเอกมิติ (Unidimensionality) ของแบบทดสอบ	94
ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา	95
ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา.....	96
ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของ การตอบ ในขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	98
ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของ การตอบ ในขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา.....	100
ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของ การตอบ ในขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ของ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	101

ตาราง 13 ข้อมูลสารสนเทศของข้อสอบในแต่ละระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	103
ตาราง 14 ข้อมูลสารสนเทศของแบบทดสอบ ในแต่ละระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	105
ตาราง 15 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 1 ชั้นระบุปัญหา.....	107
ตาราง 16 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 2 ชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	107
ตาราง 17 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	108
ตาราง 18 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	108
ตาราง 19 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	109
ตาราง 20 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แยกตามสังกัดโรงเรียน	109
ตาราง 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แยกตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ชั้น.....	110
ตาราง 22 ผลการประเมินอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (CVR).....	166
ตาราง 23 ผลการประเมินคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้.....	170
ตาราง 24 ค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนแต่ละด้านของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	171
ตาราง 25 ค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนที่ได้มาจากผู้ประเมินทุกคน	172

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย	12
ภาพประกอบ 2 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา	17
ภาพประกอบ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถกับพฤติกรรมการตอบสนอง	39
ภาพประกอบ 4 โค้งคุณลักษณะของข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์	41
ภาพประกอบ 5 โค้งคุณลักษณะของข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์	42
ภาพประกอบ 6 โค้งคุณลักษณะของข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์	46
ภาพประกอบ 7 แผนผังแสดงการสุ่มกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย	61
ภาพประกอบ 8 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้สำหรับ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	63
ภาพประกอบ 9 โค้งรายการคำตอบข้อ 1, 6, 11, 16 และ 21	96
ภาพประกอบ 10 โค้งรายการคำตอบข้อ 2, 7, 12, 17 และ 22	97
ภาพประกอบ 11 โค้งรายการคำตอบข้อ 3.1, 3.2, 3.3, 8.1, 8.2, 8.3, 13.1, 13.2, 13.3, 18.1, 18.2, 18.3, 23.1, 23.2 และ 23.3	99
ภาพประกอบ 12 โค้งรายการคำตอบข้อ 4, 9, 14, 19 และ 24	101
ภาพประกอบ 13 โค้งรายการคำตอบข้อ 5, 10, 15, 20 และ 25	102
ภาพประกอบ 14 โค้งสารสนเทศของแบบทดสอบ	105

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นปัจจัยสำคัญในการแข่งขันในระดับนานาชาติเพราะเป็นรากฐานของการพัฒนาระบบเศรษฐกิจให้เจริญก้าวหน้า ปัจจุบันการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองวิถีชีวิตของมนุษย์ในยุคศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมที่มีความทันสมัย สะดวกสบาย เป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การเพิ่มขีดความสามารถของประชากรในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมให้มีความเชี่ยวชาญจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศด้วยนวัตกรรม โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา (จิตรลดา พิศาลสุพงษ์ และสุพัตรา ศรีภูมิเพชร, 2560) จึงถือได้ว่าเป็นภารกิจหน้าที่สำคัญของรัฐบาลในการกำกับดูแลและดำเนินการให้มีการพัฒนาประชากรซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญของประเทศ ทั้งนี้รัฐบาลจึงให้ความสำคัญกับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในฐานะเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปพัฒนาและต่อยอดเป็นความรู้แขนงต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้งานได้จริงตามความต้องการของกลไกทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ถูกนำมาใช้ในระบบการศึกษาในหลายประเทศรวมถึงในประเทศไทยด้วยเพราะเป็นระบบการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ การสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยี โดยอาศัยการบูรณาการความรู้จากศาสตร์หลากหลายแขนง นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ เป็นการสร้างกระบวนการคิดแบบองค์รวมหรือคิดเชิงบูรณาการ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการพัฒนาการคิดขั้นสูงของนักเรียน รวมทั้งเป็นการพัฒนาด้านการสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลหรือค้นหาความรู้ต่าง ๆ และเข้ามามีปฏิสัมพันธ์การเข้าสังคม ด้วยเหตุนี้จึงให้แนวทางการจัดการศึกษาจึงเปลี่ยนแปลงไปจากการเรียนที่เน้นทฤษฎีเป็นการเรียนที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้มาบูรณาการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นการบูรณาการความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้และการปฏิบัติในชั้นเรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาที่ได้พบเจอและเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) สำหรับในประเทศไทย กระทรวงศึกษาธิการได้เร่งผลักดันแนวทางการจัดการศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาหลักเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบองค์รวม ซึ่งการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นไม่สามารถแยกออกเป็นวิชาต่าง ๆ ได้ต้องอาศัยการบูรณาการองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ เข้า

ด้วยกัน เป็นการบูรณาการระหว่างความรู้ กระบวนการและการปฏิบัติเข้าด้วยกัน ซึ่งการเรียนรู้แบบบูรณาการจะให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เรียนกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน เกิดความสัมพันธ์กันระหว่างองค์ความรู้ของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ปัจจุบันสามารถจำแนกได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1. การบูรณาการภายในวิชา เป็นการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบแยกรายวิชาทั้ง 4 วิชา 2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีการกำหนดหัวข้อโดยครูสอนทั้ง 4 วิชา แต่นำไปจัดกิจกรรมการสอนแยกรายวิชากัน 3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมที่ครูผู้สอน มากกว่า 1 วิชา มาร่วมประชุมเพื่อหาความสัมพันธ์หรือจุดเชื่อมของเนื้อหาแต่ละวิชาเพื่อนำไปจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่างๆ เข้าด้วยกันได้ และ 4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา การจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนมีการวางแผนรวมกันอย่างดี มีการประชุมเพื่อร่วมกันจัดกิจกรรมที่มีการ บูรณาการเนื้อหาของวิชาทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษาเข้าด้วยกันและมีการจัดกิจกรรมร่วมกัน (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559)

การจัดการเรียนรู้ที่นิยมนำมาใช้กับการศึกษาไทยในขณะนี้ ได้แก่ การบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หรือที่เรียกว่าการจัดการเรียนรู้ “สะเต็มศึกษา” ที่เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระ 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (E) และวิชาคณิตศาสตร์ (M) (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) โดยนำจุดเด่นซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละวิชารวมถึงธรรมชาติของการสอนแต่ละสาขาวิชามารวมเข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้เรียนนำเอาองค์ความรู้ที่ปรากฏอยู่ในแต่ละวิชามาใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทั้งนี้ในสาขาวิศวกรรมศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาไม่ได้นำเอาเนื้อหามาใช้จัดการเรียนรู้แก่นักเรียน แต่เป็นการนำเอากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่เป็นขั้นตอนของวิศวกรใช้ในการแก้ปัญหา 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา โดยระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน 2) รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมทฤษฎีองค์ความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นำความรู้ที่ได้มาออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการระบุขั้นตอนหรือวิธีการสร้าง หรือกระบวนการที่ใช้แก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้เน้นการพัฒนานวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์และคาดหวังจะทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านต่าง ๆ สอดคล้องกับการพัฒนามนุษย์

เตรียมพร้อมสำหรับการแข่งขันในยุคปัจจุบัน ทั้งนี้ในต่างประเทศมีการใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในห้องเรียนเช่นกัน โดยได้อธิบายถึงสะเต็มศึกษาคือหลักสูตรที่ยึดตามการเรียนการสอนในสาขาวิชาที่เฉพาะเจาะจงทั้ง 4 สาขาวิชาข้างต้น ในรูปแบบสหวิทยาการและการประยุกต์ความรู้แทนที่จะสอนทั้ง 4 สาขาวิชาแยกกันและไม่ต่อเนื่องกัน แต่สะเต็มศึกษาเป็นการศึกษาแบบองค์รวม ในกระบวนการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงและสัมพันธ์กับโลกแห่งความเป็นจริง (Elaine J. Hom, 2014) สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและสามารถส่งเสริมนักเรียนให้เป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 อย่างสมบูรณ์ได้

สำหรับผู้วิจัยมีโอกาสในการเข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา โดยหน่วยงานต้นสังกัดได้แก่ สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท มีโครงการที่ส่งเสริมให้ครูผู้สอนได้สอนนักเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ทั้งในระดับประถมศึกษาตอนต้นไปจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งส่วนสำคัญของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา คือการใช้แนวทางสหวิทยาการแบบบูรณาการ จัดกิจกรรมที่มีความท้าทาย ให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่ผู้สอนกำหนด มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active Learning) และกิจกรรมที่มีความเชื่อมโยงกับการดำเนินชีวิตของผู้เรียนและการทำงาน การประกอบอาชีพในอนาคตของผู้เรียน โดยใช้การวัดและประเมินผลหลากหลายรูปแบบ เป็นการประเมินทั้งด้านทฤษฎีและการปฏิบัติ ประเมินตามสภาพจริงซึ่งแตกต่างไปจากการประเมินแยกตามรายวิชาเช่นเดิม ซึ่งในประเทศไทยยังถือว่ามีการวัดประเมินผลในโรงเรียนที่ไม่ได้มาตรฐานเท่าที่ควรจึงควรมีการพัฒนากระบวนการวัดและประเมินผลเพื่อยกระดับประสิทธิภาพในการจัดการศึกษาให้สูงขึ้น (มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556) จะเห็นได้ว่า การวัด ประเมินผลการเรียนรู้ถือเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนการสอนเพราะเป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากการเรียนรู้ของนักเรียนทำให้ได้สารสนเทศเพื่อนำมาเป็นข้อมูลสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอนและของตัวนักเรียนเอง ดังนั้นการสร้างเครื่องมือที่ใช้วัด ประเมินผลการเรียนรู้ให้มีคุณภาพเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นสำหรับครูผู้สอน เพราะจะทำให้ได้ข้อมูลที่แท้จริงตามระดับความสามารถของนักเรียน

สำหรับการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในโรงเรียนต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลนักเรียน ถึงแม้ครูผู้สอนจะจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเป็นองค์รวม แต่กระบวนการวัดและประเมินผลยังเป็นแบบแยกรายวิชา จึงทำให้นักเรียนขาดการบูรณาการความรู้ที่แท้จริง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในประเทศไทยจึงยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร (มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556) ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาระบบการวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้เครื่องมือ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่สามารถบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาและต้องเป็นแบบทดสอบการบูรณาการความรู้ที่มีคุณภาพตามหลักของการสร้างเครื่องมือเพื่อการวัดและประเมินผลนักเรียนได้ตรงระดับความสามารถของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยผู้วิจัยจะใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบการบูรณาการความรู้ โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มุ่งขยายแนวคิดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ให้มีขอบเขตที่กว้างขวางชัดเจนและน่าเชื่อถือโดยมีการแก้ไขข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมให้มีความสมจริง สมเหตุสมผลและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น ทั้งนี้สารสนเทศที่ได้จากการใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) จะทำให้สามารถระบุแนวโน้มไปของคะแนนจริงคุณภาพของแบบทดสอบตามเงื่อนไขของการทดสอบ รวมทั้งได้ข้อมูลที่ตรงกับระดับความสามารถของผู้สอบแต่ละบุคคลและคุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ ทั้งยังสามารถวัดคุณลักษณะภายในหรือความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบเป็นรายบุคคลได้อีกด้วย (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) ดังนั้นทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) จะทำให้ได้ผลการวัดที่ชัดเจนตรงประเด็นมากขึ้น เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบทดสอบให้สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ของการทดสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากปัญหาและความสำคัญของสะเต็มศึกษาที่สามารถช่วยพัฒนาด้านการศึกษาได้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีคุณภาพตามหลักของการสร้างเครื่องมือ โดยผู้วิจัยใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) และใช้โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM) ในการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากโมเดล G-PCM มีความเหมาะสมกับแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพราะข้อสอบดังกล่าวเป็นข้อสอบอัตนัยที่แต่ละคำถามมีรายการคำตอบแบบมาตราเรียงลำดับ (Ordered categorical Response) และมีการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนที่แต่ละข้อมีจำนวนลำดับขั้นของการให้คะแนนแตกต่างกันไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) ดังนั้นการใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) และใช้โมเดล G-PCM ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะทำให้ได้ผลการวัดที่ชัดเจนตรงประเด็น เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแบบทดสอบให้สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ครูผู้สอนสะเต็มศึกษาได้ทราบถึงข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถของนักเรียนและสามารถนำข้อมูลนั้นย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของตนเองตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีความมุ่งหมายเฉพาะของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
3. เพื่อศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. นักเรียน ได้สารสนเทศซึ่งเป็นข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของตนเอง เป็นการตรวจสอบความรู้ด้านเนื้อหาทั้ง 3 วิชา และกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมที่เป็นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันและประโยชน์ในการนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาตนเองต่อไป
2. ครูผู้สอน สามารถนำแบบทดสอบไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงบูรณาการสะเต็มศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่จะไม่มีการวัดผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงบูรณาการสะเต็มศึกษา และครูผู้สอนยังได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์นักเรียนรายบุคคล เนื่องจากในทางปฏิบัติด้านกระบวนการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา นักเรียนต้องดำเนินกิจกรรมเป็นกระบวนการกลุ่มซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่ได้แสดงความคิดและความรู้ในเชิงบูรณาการอย่างเต็มที่ การใช้แบบทดสอบเชิงบูรณาการจึงเป็นการได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนรายบุคคล ซึ่งครูผู้สอนสามารถใช้ข้อมูลจากแบบทดสอบเพื่อประเมินความรู้ กระบวนการคิดของนักเรียน ตรวจสอบประเมินผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของตนเองว่าบรรลุวัตถุประสงค์ในการเพิ่มพูนความสามารถในการบูรณาการความรู้ การคิดแบบองค์รวมและการแก้ปัญหาให้เกิดแก่นักเรียนได้หรือไม่ เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาต่อไป

3. ผู้บริหารสถานศึกษา ได้ข้อมูลในการตรวจสอบคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษา ภายในโรงเรียน สามารถนำไปการวางแผนพัฒนาการบริหารงานวิชาการในการจัดการหลักสูตรสะเต็มศึกษาของโรงเรียน หรือใช้ในการประเมินผลงานการปฏิบัติงานของครูผู้สอน รวมทั้งใช้ข้อมูลในการกระตุ้นครูผู้สอนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาได้สะเต็มศึกษาได้

4. สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการนำไปสรุปวิเคราะห์ ผลการดำเนินโครงการสะเต็มศึกษาของทางหน่วยงานเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนา และวางแผนการดำเนินงานในปีการศึกษาต่อไป ทั้งนี้ยังใช้ข้อมูลในการกระตุ้นโรงเรียนในสังกัดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงบูรณาการที่เป็นประโยชน์ต่อนักเรียนต่อไปได้

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาใน 3 วิชา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวข้องที่ใช้กับสถานการณ์เงื่อนไขที่มีในแบบทดสอบ ดังนี้

1.1 สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.3 สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1.4 สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภูมิประเทศและสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ นักเรียนต้องใช้องค์ความรู้เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทั้งหลักความน่าจะเป็นและการคำนวณ รวมทั้งการใช้สูตรพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถทำแบบทดสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3. กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เป็นกระบวนการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน ขั้นตอนกระบวนการดำเนินงาน และสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆ เพื่อนำมาใช้ตอบสนองความต้องการในปัจจุบัน

4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการคิด การออกแบบที่ถือว่าเป็นส่วนสำคัญของสะเต็มศึกษา เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่กำหนดนำมาซึ่งสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการให้นักเรียนระบุปัญหาข้อกำหนดที่ต้องปฏิบัติตามหรือข้อจำกัดในสถานการณ์ที่ต้องพิจารณา

4.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบและแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมต่าง ๆ

4.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่รวบรวมมาเพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงเงื่อนไขข้อกำหนดและข้อจำกัดตามสถานการณ์ที่กำหนด

4.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

4.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการหรือประเมินจุดแข็งและจุดอ่อนของการออกแบบนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนา

4.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ

ทั้งนี้ในการวิจัย ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยมีข้อสอบตามขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน เพราะในขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) ต้องอาศัยการปฏิบัติซึ่งเป็นข้อจำกัดของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็น นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ซึ่งมีทั้งสิ้น 63 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 3,199 คน แบ่งเป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาชัยนาท (โรงเรียนขยายโอกาส) จำนวน 45 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5 จำนวน 13 โรงเรียน สังกัดสำนักบริหารการศึกษาศึกษาพิเศษ (โรงเรียน ราชประชานุเคราะห์ 46) จำนวน 1 โรงเรียน และสังกัดกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 4 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มที่ใช้ในการทดลองสอบ (กลุ่ม Try Out) เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ทั้ง 4 สังกัด จำนวน 50 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ทั้งหมด 20 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 600 คน จากทั้ง 4 สังกัด โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling)

คุณภาพของแบบทดสอบ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ ฉบับนี้ มีรายการดังต่อไปนี้

1. ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (Content Validity Index)
2. พารามิเตอร์ระดับความยากของการตอบ (Difficulty Parameter)
3. พารามิเตอร์ความชัน (Discrimination Parameter)
4. สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information)
5. สารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถในการบูรณาการความรู้ หมายถึง การจัดระบบหรือรวบรวมความรู้เพื่อนำมาใช้ในการตอบคำถามอย่างเป็นลำดับขั้นตอนตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างองค์ความรู้ของวิชาต่าง ๆ ทั้ง 3 วิชา ผนวกกับอีก 1 กระบวนการ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) และวิชาคณิตศาสตร์ (M) และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (E) ในการตอบคำถาม โดยวัดได้จากการทดสอบของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งแบ่งตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานและหลักสูตรสะเต็มศึกษา

2. แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยสอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์ ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ในเนื้อหาทั้ง 3 วิชา 1 กระบวนการ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาคณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีลักษณะเป็นการกำหนดสถานการณ์ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการแก้ปัญหาโดยใช้การแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้น โดยรูปแบบของแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย โดยการให้คะแนนในแต่ละขั้นจะมีระดับการให้คะแนนที่แตกต่างกันตามระดับขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีการบูรณาการความรู้ในแต่ละขั้นแตกต่างกันออกไป

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง ขั้นตอนหรือวิธีการในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาและออกแบบวิธีแก้ปัญหาสำหรับสถานการณ์หรือข้อกำหนดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน แต่เนื่องจากในการทดสอบนักเรียนไม่สามารถนำเสนอผลงานซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมขั้นสุดท้ายได้ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เพียง 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 ระบุปัญหา เป็นการระบุปัญหาหรือเงื่อนไขที่ปรากฏในสถานการณ์ที่กำหนด

3.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ เพื่อใช้ความรู้เนื้อหาดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมต่าง ๆ

3.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่รวบรวมมาเพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงเงื่อนไขข้อกำหนดและข้อจำกัดตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยแบ่งออกเป็น 3 ช้อย่อย ได้แก่ ร่างการออกแบบชิ้นงาน ความรู้ที่นำมาใช้ในการออกแบบและหลักการออกแบบชิ้นงานให้ได้ตามเงื่อนไข

3.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้

3.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดเพื่อให้ผู้สอบทำการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่ออกแบบให้มีประสิทธิภาพอย่างเหมาะสมที่สุด

4. คุณภาพของแบบทดสอบ หมายถึง คุณลักษณะที่ดีของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่สามารถวัดคุณลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ดังนี้

4.1 พารามิเตอร์ระดับความยากของการตอบ (Difficulty Parameter) หมายถึง ค่าสเกลระดับความสามารถ (θ) ตรงตำแหน่งที่ตัดกันของรายการโค้งคำตอบ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบ โดยใช้โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM)

4.2 พารามิเตอร์ความชัน (Discrimination Parameter) หมายถึง ระดับความผันแปรของรายการคำตอบระหว่างข้อเมื่อระดับความสามารถ (θ) ของผู้ตอบเปลี่ยนไป ใช้จำแนกบุคคลที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้แตกต่างกันได้ โดยใช้โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM) โดยทั่วไปค่าพารามิเตอร์ความชัน (Discrimination Parameter) ของข้อสอบไม่ควรติดลบและนิยมใช้ข้อสอบที่มีค่าตั้งแต่ +0.50 ถึง +2.50

4.3 สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) หมายถึง ดัชนีที่บ่งชี้ความแม่นยำในการประมาณค่าคุณลักษณะของผู้ตอบ ณ ตำแหน่งความสามารถ (θ) นั้นๆ

4.4 สารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) หมายถึง ผลรวมพีชคณิตของค่าสารสนเทศของข้อสอบในการระบุความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่าคุณลักษณะของผู้ตอบแบบทดสอบที่ระดับความสามารถ (θ) แตกต่างกัน ซึ่งสารสนเทศของแบบทดสอบ มีค่าผกผันกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบทดสอบ

4.5 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (Content Validity Index: CVI) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้สอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ซึ่งพิจารณาจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน แบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาสะเต็มศึกษา

(STEM Education) จำนวน 4 คน เป็นผู้ประเมินแบบทดสอบ โดยดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ ควรจะมีค่าตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป แบบทดสอบจึงจะมีความเที่ยงตรงและนำมาใช้ในการวิจัยได้

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยได้ศึกษา เอกสาร แนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งส่วนใหญ่งานวิจัยที่พบจะศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนมากกว่าการสร้างแบบทดสอบทางการเรียน เป็นเหตุผลให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นระดับชั้นสูงสุดที่จะจบการศึกษาในช่วงชั้น ที่ 3 ว่านักเรียนสามารถใช้กระบวนการคิดและความรู้ในเนื้อหาทฤษฎีที่เรียนมาทั้ง 3 วิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี และวิชาคณิตศาสตร์ ผ่านขั้นตอนตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างไร เพื่อให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับความสามารถในการบูรณาการความรู้และนำไปพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาทต่อไป โดยแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยมีสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันพร้อมเงื่อนไขที่ครูกำหนดให้จำนวน 5 สถานการณ์ นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดแบบบูรณาการโดยใช้ความรู้จากเนื้อหาวิชาที่ได้เรียนมาในการแก้ปัญหา ทั้งนี้ข้อสอบที่สร้างขึ้นจะมีรูปแบบตามขั้นตอนของกระบวนการคิดออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน มาใช้ในการสร้างแบบทดสอบ ซึ่งแต่ละชั้นจะมีเกณฑ์การให้คะแนนไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความซับซ้อนและระดับการบูรณาการของข้อสอบแต่ละข้อ ส่วนการหาคุณภาพของแบบทดสอบใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ โดยใช้โมเดล G-PCM ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังภาพประกอบที่ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. การบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 1.1 ความหมายของการบูรณาการความรู้
 - 1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
 - 1.3 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา
 - 1.4 เหตุผลการส่งเสริมสะเต็มศึกษาในประเทศไทย
 - 1.5 แนวทางพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของประเทศไทยด้วยสะเต็มศึกษา
 - 1.6 ระดับการบูรณาการความรู้ในสะเต็มศึกษา
2. หลักสูตร 10 เรื่อง STEM ต้นแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกิจกรรมในห้องเรียนระดับมัธยมศึกษา(10 STEM activities for secondary teachers)
 - 2.1 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร
 - 2.2 กรอบแนวคิดและสาระของหลักสูตร
 - 2.3 รายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมในหลักสูตร
3. การสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้
 - 3.1 การวัดและประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
 - 3.2 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.3 ประเภทของแบบทดสอบ
 - 3.4 ลักษณะของแบบทดสอบ
 - 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ
 - 3.6 ประโยชน์ของแบบทดสอบ
 - 3.7 จุดเด่น-จุดอ่อน ของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้
4. ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT)
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยภายในประเทศไทย
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. สะเต็มศึกษา

1.1 ความหมายของการบูรณาการความรู้

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ กล่าวว่า การบูรณาการความรู้ หมายถึง การทำสิ่งที่ยากพร้อมให้สมบูรณ์แบบโดยการเพิ่มเติมบางส่วนที่ขาดอยู่ให้สมบูรณ์ หรือการนำส่วนประกอบย่อยมารวมกันตั้งแต่สองส่วนเพื่อทำให้เป็นส่วนประกอบใหญ่ของทั้งหมด ดังนั้นการบูรณาการเป็นการเชื่อมสิ่งหนึ่งหรือหลายสิ่งเข้ามาเป็นส่วนประกอบกับอีกสิ่งหนึ่งให้มีความสมบูรณ์กลายเป็นส่วนหนึ่งของแกนหลักหรือส่วนประกอบที่ใหญ่กว่า (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2547) เช่นเดียวกับ ทิศนา แคมณี ที่นิยามของการบูรณาการ หมายถึง การทำให้สมบูรณ์โดยการนำหน่วยย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์มาทำหน้าที่อย่างผสมผสานกลมกลืนเป็นหนึ่งเดียวให้ครบถ้วนสมบูรณ์ในตัวเองไม่ได้แยกเป็นส่วนๆ (ทิศนา แคมณี, 2545) สอดคล้องกับ อรุณศรี อึ้งประเสริฐ ที่ให้ความหมายของการบูรณาการ ว่าหมายถึง การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงศาสตร์หรือเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ที่มีเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่หลากหลายและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน (อรุณศรี อึ้งประเสริฐ, 2547)

ดังนั้น สรุปได้ว่า การบูรณาการความรู้ เป็นการรวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันจากหลายแขนงวิชาที่แยกย่อยมาเชื่อมโยงหรือจัดระบบเข้าด้วยกัน สร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ เพื่อหาคำตอบในสิ่งที่อยากรู้ แก้ไขปัญหา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา คิดค้นกระบวนการหรืออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันได้

1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ถูกนำไปเป็นนโยบายขับเคลื่อนด้านการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ภายใต้การกำกับดูแลของกระทรวงศึกษาธิการ สำหรับสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่เป็นที่นิยมและแพร่หลายมากในต่างประเทศ ในรัฐบาลของประธานาธิบดีโอบามา ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ประกาศโครงการ "Educate to Innovate" ในปี 2009 เพื่อกระตุ้นและสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนสนใจและฝึกฝนในเรื่องสะเต็มศึกษาให้มีความเชี่ยวชาญ เป้าหมายคือ ส่งเสริมนักเรียนอเมริกันในกลุ่มนักเรียนสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้สามารถพัฒนาศักยภาพของตนเองเพื่อผลักดันไปสู่ระดับสูงในเวทีระหว่างประเทศ (Elaine J. Hom, 2014) สำหรับนักวิชาการศึกษาทั้งในและต่างประเทศซึ่งได้นำเสนอเกี่ยวกับความหมายของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปใจความสำคัญได้ ดังนี้

สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่รวมทั้งสหวิทยาการทั้ง 3 แขนงวิชาและนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาเป็นกรอบขั้นตอนในการคิดแก้ปัญหาเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน เพิ่มพูนความสนใจของนักเรียนในสาขาต่าง ๆ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ลึกทำทหายและเกิดความมั่นใจในการเรียน โดย 3 แขนงวิชาที่นำมาบูรณาการในสะเต็มศึกษา ได้แก่ 1. วิชาวิทยาศาสตร์ (Science: S) โดยเน้นการศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ 2. วิชาเทคโนโลยี (Technology: T) เป็นวิชาที่เน้นเรียนรู้วิธีการทำงาน การแก้ปัญหาและการพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้ทันสมัยเพื่อตอบสนองความต้องการของของมนุษย์ในปัจจุบัน 3. วิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) คือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ภาษาคณิตศาสตร์ สามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ที่เกิดจากการตกผลึกความรู้ (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้และการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) ที่เน้นการคิด สร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ โดยใช้ความรู้ในเนื้อหาวิชาทั้ง 3 มาบูรณาการและมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและขั้นตอนเพื่อให้สามารถนำมาใช้กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ โดยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการดึงเอาจุดเด่นของแต่ละวิชาที่มีเนื้อหาสอดคล้องกันนำมาบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) โดยที่จุดมุ่งหมายหลักของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาได้แก่ เพื่อปรับปรุงพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ ฝึกการตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบเพื่อตอบคำถามนั้น ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษายังใช้กระบวนการกลุ่มในการจัดการเรียนรู้เป็นการเพิ่มพูนทักษะทางสังคมของนักเรียน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการนำความรู้มาใช้ในการประยุกต์นำมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการคิดค้นกระบวนการวิธีการใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ส่วนสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือการบูรณาการความรู้ที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งต้องอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน (Christine Rosicka, 2016); (Dejarnette, 2012); (Wayne, 2012); (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท, 2559); (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

1.3 แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแนวทางสหวิทยาการและประยุกต์ แทนการสอนทั้ง 4 สาขาวิชาแยกออกจากกันทำให้เกิดความ

ไม่ต่อเนื่องและขาดการบูรณาการความรู้ สะเต็มศึกษามีแนวคิดในการรวมกระบวนทัศน์การเรียนรู้แบบผสมผสานและเน้นการใช้งานจริง โดยมีแนวคิดและลักษณะ ดังนี้

1.3.1 ใช้แนวทางแบบสหวิทยาการแบบบูรณาการ เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ และทักษะของวิชาที่เกี่ยวข้องใน สะเต็มศึกษาในระหว่างการเรียนรู้ โดยครูเป็นผู้ออกแบบการสอนและเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนการสอน ซึ่งเป็นการนำเอาจุดเด่นของแต่ละวิชามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างลงตัว

1.3.2 มีความน่าสนใจหรือมีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด สามารถให้โอกาสสำหรับนักเรียนในการพัฒนาขีดความสามารถที่รวมถึงการคิดเชิงวิพากษ์ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการกำกับตนเอง และสามารถพัฒนาชิ้นงานผ่านโจทย์หรือเงื่อนไขที่ครูผู้สอนตั้งโจทย์ให้เป็นการพัฒนาที่เชื่อมโยงเข้ากับชีวิตประจำวันของผู้เรียน

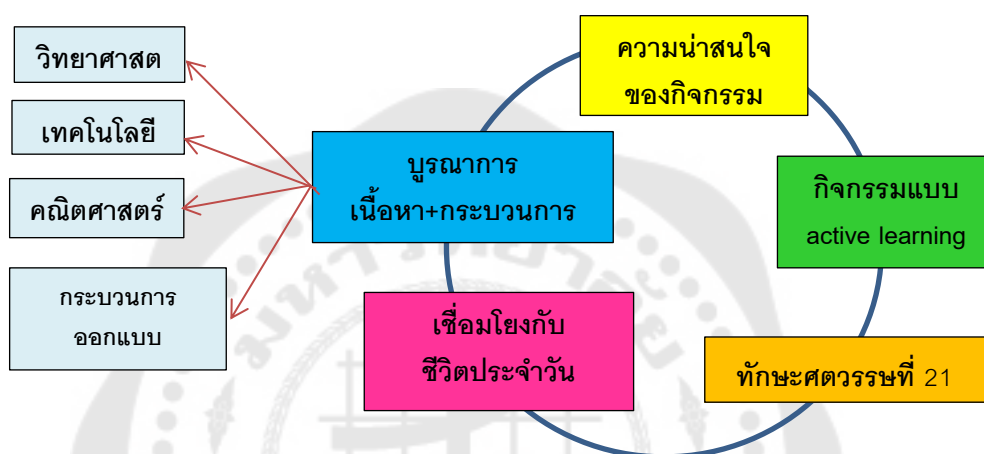
1.3.3 มีกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้ แบบเชิงรุก (active learning) ของผู้เรียน กระตุ้นความอยากรู้และตั้งคำถามของผู้เรียนโดยใช้พื้นฐานเนื้อหาความรู้หลายๆ แขนงมาผสมผสานกันและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ทั้งนี้ นักเรียนยังต้องรับผิดชอบในการเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะสามารถแสดงศักยภาพในการคิดแบบไม่มีข้อจำกัด ไม่มีถูกผิดและทำให้ผู้เรียนเกิดความสุขสนุกสนานและมีความสนใจในการเรียนมากขึ้นกว่าการสอนแยกย่อยวิชาแบบเดิม

1.3.4 ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการทำกิจกรรม หรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ เป็นกิจกรรมที่เน้นการพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ อย่างเต็มศักยภาพของนักเรียนซึ่งตรงกับแนวทางการพัฒนาการศึกษาและพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ดังต่อไปนี้

- ด้านสติปัญญา เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจในเนื้อหาวิชาต่างได้ อย่างครบถ้วน
- ด้านทักษะการคิด ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ
- ด้านคุณลักษณะ ผ่านกระบวนการทำงานกลุ่ม พัฒนาทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพจากการฝึกการนำเสนองาน ทักษะความเป็นผู้นำ ผู้ตามที่ดี รู้จักปรับตัวในการอยู่ร่วมกันในสังคมและการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

1.3.5 การกำหนดเงื่อนไข สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในสถานการณ์จำลอง ควรมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนได้เคยพบเจอ พบเห็นหรือมีประสบการณ์ร่วม หรือเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพในอนาคตเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และมี

ประสบการณ์หลากหลายอาชีพ มีการลองผิดลองถูกทำให้ผู้เรียนเห็นว่าความล้มเหลวเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ ผู้เรียนและผู้สอนสามารถวิเคราะห์ความล้มเหลวเพื่อนำไปสู่กระบวนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องมีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของผู้เรียนและใช้เป็นประสบการณ์เพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป (Christine Rosicka, 2016); (Dejarnette, 2012); (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556): (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท, 2559)



ภาพประกอบ 2 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

1.4 เหตุผลการส่งเสริมสะเต็มศึกษา ในประเทศไทย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้กิจกรรมสะเต็มศึกษาในประเทศไทย ได้รับความสนใจและส่งเสริมเป็นนโยบายกระตุ้นการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการอยู่ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นผู้ดูแลรับผิดชอบโครงการหลักและได้ให้เหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นแบบสะเต็มศึกษามีดังต่อไปนี้

1.4.1 ความรู้และความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติแม้ สสวท. เป็นที่ทราบกันว่าประเทศไทยยังมีขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ดีกว่าหลายประเทศ เช่น ประเทศเกาหลี สิงคโปร์และสาธารณรัฐประชาชนจีน ถึงแม้ว่านักเรียนไทยสามารถชิงเหรียญรางวัลในการแข่งขัน โอลิมปิกวิชาการแต่การทดสอบความรู้และทักษะการอ่าน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดย PISA และ

TIMSS แสดงให้เห็นว่าเยาวชนไทยด้อยกว่าเยาวชนอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำ แต่ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์

1.4.2 ประเทศไทยต้องการหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง โดยการพัฒนาที่อาศัยค่าแรงราคาถูกและทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากมาย ในประเทศ ในอนาคตข้างหน้าค่าแรงของไทยกำลังเพิ่มสูงขึ้น และทรัพยากรเริ่มขาดแคลน สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้นำเสนอการบูรณาการยุทธศาสตร์ประเทศ (Country Strategy) เพื่อให้ไทยหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลางไทยจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อนำความรู้มาใช้ในการสร้างเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ที่หลากหลาย

1.4.3 กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในขณะนี้ไม่เพียงพอต่อการพัฒนาประเทศให้ให้สามารถแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ได้ ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ แสดงว่า ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน ต่ำกว่าร้อยละสิบของแรงงานทั้งหมด ที่เป็น กำลังคนทำงานโดยอาศัยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีหรือในระบบของการศึกษาด้านนวัตกรรมต่างๆ ในจำนวนนี้มีประชากรประมาณ ร้อยละ 89 สำเร็จการศึกษต่ำกว่าระดับปริญญาตรี

เมื่อศึกษาข้อมูลที่เป็นเหตุผลในการนำเอากิจกรรมการเรียนสะเต็มศึกษา มาใช้ในการพัฒนาการศึกษาของประเทศไทย จึงเห็นได้ชัดว่า การจัดการศึกษาที่ดีจะเป็นส่วนช่วยในการพัฒนาเยาวชนที่เป็นทรัพยากรมนุษย์ให้มีประสิทธิภาพเพื่อที่จะสามารถนำความรู้ความสามารถไปพัฒนาประเทศชาติให้มีศักยภาพทัดเทียมนานาประเทศ ก้าวข้ามจากการเรียนรู้แบบเดิมๆ เพื่อนำไปสู่สิ่งใหม่หรือการเรียนรู้แบบใหม่ที่ดีกว่าและส่งเสริมยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศในหลายๆ ด้าน เพราะสิ่งสำคัญที่สุดที่จะทำให้ประเทศก้าวต่อไปในระดับที่สูงกว่าเดิมล้วนมาจากการพัฒนาระบบการศึกษาที่มีคุณภาพซึ่งสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางที่ดีที่ช่วยพัฒนาการศึกษาในประเทศไทย

1.5 แนวทางพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของประเทศไทยด้วยสะเต็มศึกษา

ในการจัดการศึกษาในประเทศไทยนั้น ปัจจุบันมีการตื่นตัวและปรับเปลี่ยนไปจากเยอะมาก ทั้งในระดับการบริหารและระดับปฏิบัติการ การจัดวิธีการเรียนรู้เริ่มเปลี่ยนแปลงไป วิธีการจัดการศึกษามุ่งเน้นให้นักเรียนมีทักษะต่าง ๆ ตามแนวทางการพัฒนาตามศตวรรษที่ 21 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นความหวังในการสร้างเยาวชน ไทยรุ่นใหม่ที่มีความรู้และทักษะการคิดวิเคราะห์โดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ เพื่อ

สร้างนวัตกรรมและสิ่งใหม่ๆ ที่จะนำไปสู่การประกอบอาชีพ และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศประเทศไทยที่จะปรับตัวจากสังคมผู้บริโภคเป็นสังคมผู้สร้างนวัตกรรม (มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556) การที่จะปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ให้ประสบผลสำเร็จนั้น ผู้เกี่ยวข้องกับการศึกษาในประเทศไทยต้องร่วมมือกันและลงมือทำอย่างจริงจัง โดยแนวทางพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของประเทศไทยด้วยสะเต็มศึกษา ประกอบไปด้วยแนวทาง ต่าง ๆ ดังนี้

1.5.1 หลักสูตร/บทเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยที่การจัดการเรียนรู้ของสะเต็มศึกษา หลักสูตรจะต้องเน้นการบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) และคณิตศาสตร์(Mathematics) ผ่านการคิดเป็นขั้นตอนแบบนักวิศวกรรม (Engineering) เป็นสะเต็มศึกษา นอกจากสาระความรู้แล้วหลักสูตรยังต้องเน้นทักษะการคิดและการประยุกต์ใช้แก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันสำหรับหลักสูตรมาตรฐานและตัวชี้วัดของทั้ง 4 วิชา กล่าวคือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เปรียบเป็นกุญแจสำคัญที่จะทำให้การจัดการศึกษาด้วยสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานประสบความสำเร็จ ทั้งนี้ในประเทศสหรัฐอเมริกาในแต่ละรัฐได้มีหลักสูตรเนื้อหาบทเรียนต่าง ๆ ของสะเต็มศึกษา เพื่อให้ครูผู้สอนทุกระดับสามารถค้นหาและเข้าถึงในสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ส่งผลให้ครูสามารถนำหลักสูตร สื่อ บทเรียนนั้นไปใช้ได้สะดวกและมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ สำหรับประเทศไทยเมื่อพิจารณาด้านความพร้อมของ หลักสูตรทั้ง 4 กลุ่มวิชา ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประเทศไทยมีเพียง หลักสูตรวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) และคณิตศาสตร์ (M) เท่านั้น ไม่ได้มีหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีแค่เพียงลักษณะการสอดแทรกอยู่ในวิชาเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์เท่านั้น ดังนั้น ควรสร้างความชัดเจนและความต่อเนื่องของการพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษา เพราะจะเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนนำไปจัดการเรียนการสอนได้ รวมไปถึงความพร้อมด้านสื่อ บทเรียน กระบวนการวัดและประเมินผลที่ชัดเจนล้วนมีความสำคัญทำให้ ประเทศไทยสามารถใช้หลักสูตรสะเต็มศึกษา ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 การพัฒนาครูและ อาจารย์ให้สามารถสอนในแนวสะเต็มศึกษา ดังจะเห็นได้จากประสบการณ์ความสำเร็จของโรงเรียนต่าง ๆ ใน สหรัฐอเมริกาที่มีการเตรียมการของหน่วยงานในการอบรมเพื่อให้ความรู้ครูในการเตรียมการสอน ในส่วนของประเทศไทยนั้น สสวท. ซึ่งรับผิดชอบเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ได้มีการจัดอบรมเพื่อส่งเสริมความรู้ ความสามารถและทักษะที่เกี่ยวข้องแก่บุคลากรในสถาบัน มีการจัด

อบรมหรือการร่วมประชุมวิชาการในระดับนานาชาติและเชิญผู้ทรงคุณวุฒิมาให้ความรู้ มีการศึกษา วางแผนการวิจัยและการจัดอบรมครูในสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา โดยจัดให้มีโรงเรียนเครือข่ายศูนย์สะเต็มศึกษาในแต่ละจังหวัดเพื่อให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นรูปธรรม ซึ่งได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง

1.5.3 ปรับระบบการดูแลช่วยเหลือและให้ความรู้ เพื่อความเข้าใจในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ให้สามารถจัดการเรียนการสอนให้สัมพันธ์กับชีวิตจริง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงจัดให้มีผู้เชี่ยวชาญชาญในการใช้ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ในการประกอบอาชีพหรือปฏิบัติงานในภาครัฐ และภาคเอกชนที่ต้อง แข่งขันในระดับสากล ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดตั้งทูตสะเต็มที่ช่วยแนะนำผู้เรียนและครูให้สนใจ เรียนรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาอย่างแท้จริงในอนาคต

1.5.4 การเตรียมพร้อมของสถานศึกษา ผู้บริหารสถานศึกษา เป็นปัจจัยหลักของ ความสำเร็จของการเปลี่ยนแปลง ต่าง ๆ ในสถานศึกษา ผู้บริหารต้องมียุทธศาสตร์เชิงนโยบายใน การบริหารงานและให้การสนับสนุนในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาทั้งทางนโยบายและ การปฏิบัติ ทั้งนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดให้มีการอบรม เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา โดยให้ผู้บริหารโรงเรียนที่สนใจเข้าร่วมอบรมพร้อมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแต่ละโรงเรียนเข้าร่วม เป็นความเข้าใจในตัวหลักสูตรและกระบวนการ จัดการเรียนรู้ของสะเต็มศึกษา

1.5.5 การศึกษาวิจัยและพัฒนาสะเต็มศึกษา ปัจจุบันนักการศึกษาได้ศึกษาวิจัย และให้ข้อคิดเห็นหลากหลายเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาแต่ในประเทศไทยถือว่ายังม้งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับสะเต็มศึกษาน้อยเมื่อเทียบกับต่างประเทศที่มีการพัฒนาและให้ความสำคัญกับสะเต็มศึกษา อย่างจริงจัง เช่น การเริ่มใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ในระดับปฐมวัยเพื่อตอบสนองและ กระตุ้นพัฒนาทางสติปัญญาให้กับผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้ผู้เรียนในระดับปฐมวัยได้ พัฒนาทักษะทางปัญญาด้านวิศวกรรมศาสตร์ได้สามารถใช้สื่อเทคโนโลยีสมัยใหม่ ซึ่งพบว่า ในผู้เรียนระดับปฐมวัยสามารถพัฒนาทักษะต่าง ๆ ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ได้เป็น อย่างดี

1.5.6 การพัฒนาระบบการวัด ประเมินผลสะเต็มศึกษา ให้มีประสิทธิภาพมาก ขึ้น เนื่องจากวิธีการจัดการสอนในสะเต็มเน้นเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการความรู้ใน สาขาวิชาต่าง ๆ ดังนั้นการวัดและประเมินผลจึงควรมีการประเมินที่หลากหลายรูปแบบ เป็นการ ประเมินทั้งด้านทฤษฎีและการปฏิบัติ ประเมินสภาพจริงและแตกต่างไปจากการประเมินแยกตาม

รายวิชาเช่นเดิม โดยในประเทศไทยยังถือว่ามึระบบการวัดประเมินผลในโรงเรียนที่ไม่ได้มาตรฐานเท่าที่ควรจึงควรมีการพัฒนากระบวนการวัดและประเมินผลเพื่อยกระดับประสิทธิภาพในการจัดการศึกษาให้สูงขึ้น (มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556); (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท, 2559); (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

1.6 ระดับการบูรณาการความรู้ในสะเต็มศึกษา

เขมวดี พงศานนท์ (2557) ได้เสนอการนำการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาลงมาใช้ในการเรียนจริงในห้องเรียนผ่านการจัดกิจกรรมในรูปของการบูรณาการ ด้านเนื้อหา ทักษะ กระบวนการ การแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติ หรือการนำองค์ความรู้ในวิชาต่างๆ มาบูรณาการทั้งแบบแยกรายวิชาและแบบรวมรายวิชา ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) หมายถึง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดการด้านเนื้อหา (Contents) และทักษะกระบวนการของ 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิชาวิศวกรรมศาสตร์ แยกกันออกเป็นอิสระจากกันแต่มีการบูรณาการเนื้อหาในหัวข้อต่าง ๆ ของแต่ละวิชาเข้าด้วยกันโดยไม่ได้เชื่อมโยงแต่ละวิชา

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) หมายถึง การที่ผู้สอนดำเนินการสอนในทฤษฎีซึ่งเป็นเนื้อหาของรายวิชาต่างๆ ร่วมกับการฝึกทักษะปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับ 4 วิชา แยกกันแต่มีการกำหนดเนื้อหาที่เป็นหัวข้อ (theme) ในเรื่องที่ต้องการจัดการเรียนการสอนเหมือนกันเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในเรื่องต่างๆ ได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) หมายถึง การที่ผู้สอนรวมตัวกัน ประชุมหารือเพื่อจับกลุ่มหรือตั้งทีมงานในการช่วยกันคิดและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อจัดการเรียนรู้ทั้งด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งในด้านเนื้อหาจะต้องเป็นนำเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ ของสะเต็มศึกษามารวมกันมากกว่า 1 วิชา ทั้งนี้จะมีการอธิบายหรือทบทวนความรู้ในแต่ละสาขาวิชาก่อนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเห็นและเชื่อมโยงความสอดคล้องและความสัมพันธ์กันของทั้งวิชาหลัก 3 วิชาและ 1 กระบวนการทางวิศวกรรมได้

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีการวางแผนมาเป็นอย่างดี โดยผู้สอน ทั้ง 4 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา จะต้องมีการประชุม หารือและร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยต้องเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่างๆ เข้าด้วยกันเป็น 1 กิจกรรม และต้องเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สามารถนำความรู้และ

กระบวนการต่าง ๆ ของทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้การแก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตประจำวัน

กมลฉัตร กล่อมอิม (2559) กล่าวถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชา กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพทั้งนี้ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา เป็นการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบแยกรายวิชาทั้ง 4 วิชา 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มีการกำหนดหัวข้อโดยครูสอนทั้ง 4 วิชา แต่นำไปจัดกิจกรรมการสอนแยกรายวิชากัน 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมที่ครูผู้สอน มากกว่า 1 วิชา มาร่วมประชุมเพื่อหาความสัมพันธ์หรือจุดเชื่อมของเนื้อหาแต่ละวิชาเพื่อนำไปจัดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่างๆ เข้าด้วยกันได้และ 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชาการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนมีการวางแผนรวมกันอย่างดี มีการประชุมเพื่อร่วมกันจัดกิจกรรมที่มีการ บูรณาการเนื้อหาของวิชาทั้ง 4 ของสะเต็มศึกษาเข้าด้วยกันและมีการจัดกิจกรรมร่วมกัน

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท (2559). ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับการบูรณาการการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาทั้ง 4 รายวิชา โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหา ทักษะและกระบวนการที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละวิชาแต่เป็นการเรียนแบบแยกรายวิชากัน อาจมีการเชื่อมโยงเนื้อหาบ้างแต่จะไม่ข้ามรายวิชา ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตามรายวิชาของตนเองโดยไม่มีการนำเนื้อหาต่างวิชามาเกี่ยวข้องกัน

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึง ความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ถ้าครูผู้สอนแต่ละวิชากำหนดร่วมกันว่าจะใช้กระดุมข้าวเป็นหัวข้อหลักในการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ครูผู้สอนเทคโนโลยีสามารถเริ่มแนะนำเกี่ยวกับกระดุมข้าวว่าเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกหรือตอบสนอง

ความต้องการของมนุษย์ในยุคต่าง ๆ ที่จะเก็บความร้อนของข้าวหรือช่วยถนอมอาหารในอุณหภูมิ
เสมอ ในขณะที่ครูวิทยาศาสตร์ อาจสอนเกี่ยวกับเรื่องการถ่ายโอนความร้อนซึ่งเกี่ยวกับเรื่อง
กระติบข้าวเนื่องจากเข้ากับเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สามารถใช้กระติบ
ข้าวสอนเรื่องรูปทรง และให้นักเรียนหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของกระติบข้าวได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ เป็นการกิจกรรมการสอนที่นักเรียนมีโอกาส
ได้เรียนทฤษฎีและฝึกทักษะกระบวนการในวิชาต่างๆ อย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยครูจะเป็นผู้กำหนด
กิจกรรมที่มีการเชื่อมโยงกันของทุกวิชา เพื่อให้นักเรียนได้ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันของแต่ละ
วิชา ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอน ในวิชาทั้ง 4 วิชา ต้องมาประชุมและวางแผนร่วมกันใน
การเลือกและพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่คล้ายกันเพื่อร่วมกันออกแบบและเขียนแผนในส่วนของ
ตนแยกแต่ละวิชาโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาที่เหลื่อมผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น เช่น ในวิชา
วิทยาศาสตร์ หลังจากการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนความร้อนและฉนวนกันความร้อน ครูกำหนดให้
นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ การเก็บความร้อนของกระติบข้าว โดยขอให้ครู
คณิตศาสตร์สอนเรื่องการหาพื้นที่และปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำการทดลอง
และเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ให้นำข้อมูลจากการทดลองไป สร้างกราฟและ ตีความผลการทดลอง
ในวิชาคณิตศาสตร์

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยนักเรียน
เชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์
กับชีวิตจริง โดยให้นักเรียนใช้ความรู้หรือสร้างองค์ความรู้จากเนื้อหาและทฤษฎีที่เคยศึกษา
รวมทั้งทักษะกระบวนการต่างๆ ที่เคยเรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในปัจจุบันและสร้าง
ประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม ความสนใจหรือปัญหาของ
นักเรียน โดยครูกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้างๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่
เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น
ครูต้องคำนึงถึง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่
นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชา ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3) ความรู้เดิมของนักเรียน

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้
สะเต็มศึกษา พบว่า ระดับการบูรณาการที่ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้จัดการเรียนรู้และผู้วิจัย
สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ นั้น
ประกอบไปด้วย 4 ระดับ ได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ
3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งแบบทดสอบที่ผู้วิจัย

สร้างจะมีลักษณะเป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการและแบบข้ามสาขาวิชา เนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ดังนั้นระดับการบูรณาการข้างต้นจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบได้

2. หลักสูตร 10 เรื่อง STEM ต้นแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกิจกรรมในห้องเรียน ระดับมัธยมศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้กรอบของหลักสูตร 10 เรื่อง STEM ต้นแบบ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ปรัชญพงศ์ ยาสี, 2561) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

2.1.1. ด้านความรู้ (Knowledge)

2.1.1.1 เพื่อสาธิตแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาด้วยกิจกรรม 10 เรื่อง ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2.1.1.2 เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาผู้เรียนสู่ศตวรรษที่ 21 อย่างเป็นรูปธรรม

2.1.2. ด้านทักษะ (Skill)

เพื่อพัฒนาทักษะของครูในการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้บริบทและอุปกรณ์ที่หาได้ตามท้องถิ่น

2.1.3. ด้านความเป็นครู (Attitude/Attribute)

2.1.3.1 เพื่อกระตุ้นการปรับเปลี่ยนบทบาทของครูจากการเป็นผู้สอนเนื้อหาจากตำราไปสู่การเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนผ่านกิจกรรมเชิงปฏิบัติ

2.1.3.2 เพื่อจัดโอกาสให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาด้วยสังคมแห่งการเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online PLC)

2.2 กรอบแนวคิดและสาระของหลักสูตร

2.2.1. สาระความรู้เฉพาะทาง

หลักสูตรนี้ มีการกำหนดความรู้เฉพาะทางในกรอบสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาที่ชัดเจนด้วยกิจกรรมสะเต็มต้นแบบ 10 เรื่อง โดยมี 2 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต (มาตรฐาน ว.1.3 และ ว.4.2) มี 3 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องสมบัติของสาร (มาตรฐาน ว.2.1 และ ว.5.3) และมี 5 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ (มาตรฐาน ว.2.2 และ ว.6.1

2.2.2. สาระความรู้ ด้านวิชาชีพครูหรือศึกษาศาสตร์

หลักสูตรนี้มีการกำหนดสาระความรู้ด้านวิชาชีพครูไว้ 4 ด้าน ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะมีการนำเสนอความรู้ทางวิชาชีพครูในแต่ละด้านเข้าไปได้แก่ (1) แนวทางการจัดอภิปรายระหว่างผู้เรียน (Student Discussion) ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมโดยมีรูปแบบการจัดกิจกรรมเพื่อให้เกิดการอภิปรายระหว่างผู้เรียนเช่น think pair share และ Gallery Walk (2) แนวทางการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมใจ (Cooperative Learning) ซึ่งเป็น การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 โดยมีรูปแบบการดำเนินการด้วยกระบวนการ Group of Four หรือการแบ่งบทบาทของสมาชิกในกลุ่มออกเป็น 4 หน้าที่หลัก (3) แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ inquiry-based Learning ด้วยหลักการ 5E Learning model (4) แนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering-based Learning) ซึ่งเป็นเอกลักษณ์สำคัญของกิจกรรมเชิงสะเต็มศึกษา โดยให้ผู้เรียนได้ร่วมกันออกแบบชิ้นงานตามโจทย์ที่กำหนดและปรับปรุงชิ้นงาน และการทดสอบประสิทธิภาพในรูปแบบการแข่งขัน

2.2.3. การบูรณาการความรู้ด้านวิชาครูและธรรมชาติของสาระวิชา

หลักสูตรนี้มีสาระความรู้ที่สะท้อนถึงการบูรณาการความรู้ด้านวิชาครูและธรรมชาติของสาระวิชา เช่น แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry based Learning) ที่นำเข้ามาเสริมในด้านวิชาชีพครูเป็นพื้นฐานสำคัญของการจัดการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นธรรมชาติของแก่นการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตและสมบัติของสาร และการนำแนวทางการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering-based Learning) เข้ามาเสริมเป็นการประยุกต์องค์ความรู้ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ไปสู่กิจกรรมเชิงปฏิบัติซึ่งเป็นความรู้และทักษะที่สำคัญของวิชาชีพด้านสะเต็ม

2.2.4. การเชื่อมโยงจากภาคทฤษฎีสู่การปฏิบัติในห้องเรียนอย่างชัดเจน

หลักสูตรนี้คำนึงถึงการนำภาคทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติอยู่ 2 ด้านกล่าวคือ (1) กิจกรรมทั้ง 10 เรื่องที่ใช้เป็นแกนหลักของหลักสูตรเป็นกิจกรรมเชิงปฏิบัติที่ต่อยอดมาจากภาคทฤษฎีซึ่งทำให้ครูสามารถจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถต่อยอดองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้จุดประกายความคิด ผ่านกิจกรรมต้นแบบ (2) จากการที่ครูได้เรียนรู้แนวทางการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ด้านสะเต็มศึกษาจากวิทยากรที่มีการข้อคิดในการปรับเปลี่ยนต่างๆ เพื่อให้เหมาะกับบริบทของครูในแต่ละพื้นที่ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้และปฏิบัติได้จริง

2.3 รายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมในหลักสูตร

กิจกรรม 10 เรื่อง สะเต็มต้นแบบระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ให้เข้ากับสาระวิชา โดยมีรายละเอียดของกิจกรรม ดังนี้

ตาราง 1 รายละเอียดกิจกรรมในหลักสูตร กิจกรรม 10 เรื่อง สะเต็มต้นแบบระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม
จมลอย	เป็นการฝึกฝนทักษะการสอน และการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านเนื้อหาเรื่องความหนาแน่นของสารโดยใช้ผักและผลไม้ที่ทำได้ทั่วไปตามท้องถิ่นและต่อยอดพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของการเอาชนะปรากฏการณ์ทางธรรมชาติด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยการทำวัตถุที่ปกติจะจมน้ำ ให้สามารถลอยขึ้นมาได้
สกัด DNA	เป็นการฝึกฝนทักษะการสอนและการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ผ่านเนื้อหาเรื่องสารพันธุกรรม โดยเป็นการสกัด DNA อย่างง่ายจากผลไม้ด้วยสารเคมีที่ใช้จริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นการพัฒนาการคิดวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในเชิงทฤษฎีไปสู่ภาคปฏิบัติ
ตามล่าลายนิ้วมือ	เป็นการฝึกฝนทักษะการสอน และการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านเนื้อหาเรื่องลักษณะของลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบความเป็นบุคคล โดยเป็นการนำเอาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เคมีและชีววิทยามาใช้แก้ปัญหาทางนิติวิทยาศาสตร์และในกิจกรรมยังมีการเสริมบูรณาการการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์เข้ามา
STEM ขจัดคราบ	เป็นการฝึกฝนทักษะการสอนและการเรียนรู้แบบสืบเสาะผ่านเนื้อหาเรื่องคุณสมบัติของสารและการทำงานเป็นกลุ่ม โดยการนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเคมีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในกิจกรรมยังมีการเสริมบูรณาการทางด้านการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในกิจกรรมด้วย

ตาราง 1 (ต่อ)

กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม
คอลัมน์สี่รัฐ	เป็นการฝึกฝนทักษะการสอน และการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ผ่านเนื้อหาเรื่องคุณสมบัติของสารและการทำงานเป็นกลุ่มโดยเป็นการนำเอาความรู้วิทยาศาสตร์ทางด้านเคมีมาเชื่อมโยงกับความสวยงามของศิลปะในชีวิตประจำวัน จะได้เห็นว่าสะสมเต็มศึกษาคือฐานคิดของหลากหลายมิติและในกิจกรรมยังเสริมบูรณาการทางด้านการคำนวณทางคณิตศาสตร์เข้ามาด้วย
รถไฟเหาะ ชั้นหนังสือ ชั้นรองเท้า คานของชั้น แขนของชั้น	เป็นชุดกิจกรรมที่เสริมทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ใช้ในการกระตุ้นการเรียนรู้ในเนื้อหาของแรงและการเคลื่อนที่เป็นการปฏิบัติเพื่อให้สามารถนำทฤษฎีจากตำราไปสู่การสร้างเป็นชิ้นงาน ในภาคปฏิบัติการเชิงร้อยละกิจกรรมจะเป็นแบบ linear Approach คือความรู้หลักจัดกิจกรรมแรกจะเป็นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพของกิจกรรมถัดไปและต่อเนื่องเช่นนี้จนถึงกิจกรรมสุดท้ายซึ่งเป็นการเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

ที่มา: ปรัชญพงศ์ ยาสี (2561). 10 เรื่อง STEM ต้นแบบ ระดับมัธยมศึกษา

งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำกรอบหลักสูตรของเนื้อหาสะเต็มศึกษา ทั้งสิ้น 5 เรื่อง ได้แก่ 1. เรื่องจลลนศาสตร์ 2. เรื่องตามล่าลายนิ้วมือ 3. เรื่องรถไฟเหาะ 4. เรื่องชั้นหนังสือ และ 5. เรื่องแขนของชั้น มาเป็นกรอบในการสร้างแบบทดสอบ เนื่องจากสถานการณ์ทั้ง 5 ข้อ เป็นสิ่งที่ใกล้ตัวนักเรียน ซึ่งนักเรียนอาจมีประสบการณ์จริงอยู่แล้วประกอบกับแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบบูรณาการรูปแบบอรรถนัยเขียนตอบ ซึ่งต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์และทำข้อสอบให้ถูกต้อง หากมีจำนวนข้อที่มากเกินไปอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการสอบจากความล่าช้าในการทำข้อสอบของนักเรียนและมีผลต่อคุณภาพของแบบทดสอบได้

3. การสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้

3.1 การวัดและประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ปัจจุบันมีการพัฒนาแบบทดสอบหรือข้อคำถามที่ใช้วัด ประเมินผลให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพในการนำไปใช้มากขึ้น โดยคำนึงถึงคุณลักษณะและตัวชี้วัดพฤติกรรมที่ต้องการวัด ดังนั้นการวัด ประเมินผลจึงต้องคำนึงผู้เรียนเป็นสำคัญ (Fraenkel, 2006); (ศศิธร บัวทอง, 2556) ควรมีลักษณะดังตาราง 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบการวัดและประเมินผลแนวปฏิบัติแบบเดิมกับการวัดและประเมินผลในศตวรรษที่ 21

ข้อ	แนวปฏิบัติแบบเดิม	การวัดและประเมินทักษะการเรียนรู้ ในศตวรรษที่ 21
1	วัดว่านักเรียนรู้อะไร	เป็นการวัดผลว่านักเรียนรู้นอกจากนั้นนักเรียนทำอะไรจากสิ่งที่รู้ได้บ้าง
2	วัดผลและประเมินเป็นกลุ่มใหญ่	เป็นการวัดผลที่มีหลายรูปแบบวัดเป็นกลุ่มใหญ่กลุ่มเล็ก และวัดผลนักเรียนแต่ละคน
3	วัดจากข้อสอบแบบอัตนัยหรือ การเขียนตอบ	เป็นการประเมินตามสภาพจริง มีเครื่องมือที่วัดที่หลากหลาย เช่น การสอบทักษะกระบวนการต่างๆ การเขียนตอบแบบอัตนัย การสอบปากเปล่า การสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออก เป็นต้น
4	วัดเฉพาะเนื้อหาสั้นๆ ไม่เชื่อมโยง กันและเป็นอิสระจากกัน	- วัดความรู้ที่สัมพันธ์กับบริบทที่อยู่รอบ ๆ - วัดความรู้ที่เชื่อมโยงกับกระบวนการ - วัดความรู้ใหม่ที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม
5	วัดผลความรู้ ความเข้าใจใน เนื้อหาวิชาเป็นหลัก เน้นการสร้าง เครื่องมือที่ง่าย ๆ วัดผลแบบไม่ เจาะลึก	- วัดในสิ่งที่มีคุณค่าตามเป้าหมายของการศึกษา - วัดความสามารถด้านกระบวนการ วิธีการคิด และการแสดงออก(Performance) รวมทั้งวัดคุณลักษณะต่าง ๆ ทางด้านเจตพิสัย และทักษะปฏิบัติการ
6	ทดสอบเพื่อให้ทราบว่านักเรียน บกพร่องเรื่องใด หาที่ผิดที่หัก คะแนนมากกว่าเติมเต็มความรู้	ประเมินผลเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้อะไร และเข้าใจอย่างไร การตรวจหาคำตอบต้องใช้การวิเคราะห์ว่านักเรียนทำไมจึงมีความเข้าใจอย่างนั้น เพราะเหตุผลอะไร

ตาราง 2 (ต่อ)

ข้อ	แนวปฏิบัติแบบเดิม	การวัดและประเมินทักษะการเรียนรู้ใน ศตวรรษที่ 21
6	ทดสอบเพื่อให้ทราบว่านักเรียน บกพร่องเรื่องใด หาที่ผิดที่หัก คะแนนมากกว่าเติมเต็มความรู้	ประเมินผลเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนรู้และเข้าใจอย่างไร การตรวจหาคำตอบต้องให้การวิเคราะห์ว่านักเรียน ทำไมจึงมีความเข้าใจอย่างนั้น เพราะเหตุผลอะไร
7	วัดผลเพื่อตัดสินได้ – ตก ผ่าน – ไม่ผ่าน	วัดผลเพื่อ ตรวจหาจุดอ่อน จุดแข็ง เพื่อการแบ่งกลุ่ม ผู้เรียนและวินิจฉัยความรู้เบื้องต้นของผู้เรียนเพื่อแนะ แนวและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน
8	วัดผลเมื่อสิ้นสุดการเรียน (กลาง ภาค – ปลายภาค) ครูใช้คะแนน ตัดสินผล	วัดผลเกิดขึ้นหลายครั้งและต่อเนื่อง นักเรียนได้ ข้อมูล เกี่ยวกับการเรียนรู้ของตน เพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ อย่าง ต่อเนื่อง
9	วัดเฉพาะผลการเรียนรู้ด้าน วิชาการของผู้เรียน	วัดผลเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เช่น บรรยากาศการเรียนการสอน ลักษณะการสอนของครู รวมไปถึงการประเมินหลักสูตร กิจกรรมและสื่อ
10	ใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบที่ ผู้สอบเป็นผู้สร้างขึ้น	ใช้เครื่องมือวัดที่มาจากหลากหลายแหล่ง ทั้ง ข้อสอบ มาตรฐาน เครื่องมือที่ครูสร้างขึ้น และเครื่องมือที่ หน่วยงานหรือโครงการต่าง ๆ สร้างขึ้น
11	ประเมินผลโดยพิจารณาคะแนน รวม ข้อสอบทุกข้อทั้งฉบับ	พิจารณาผลการสอบเป็นรายข้อ หรือรายกลุ่มของ ข้อสอบ ที่มีจุดมุ่งหมายการวัดอย่างเดียวกัน
12	วัดผลแบบอิงกลุ่ม	เป็นการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ การวัดผลแบบประเมิน ตนเอง และเพื่อนประเมินเพื่อน
13	ครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินผล	บุคคลหลายฝ่ายร่วมกัน ประเมินผลการเรียน ประเมิน หลักสูตร ประเมินการสอนของครู การจัดการของ โรงเรียนในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ วิชา นั้น
14	รายงานผลเป็นระดับคะแนน เพียงตัวเดียว ในหนึ่งวิชา	ขยายรายงานผลที่แยกรายงานเป็นรวมหลาย ๆ ด้าน เช่น การวัดความรู้ด้านเนื้อหาพร้อมกับการวัดด้านทักษะ การปฏิบัติงาน กระบวนการทำงาน เป็นต้น

3.2 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ณัฐวินีย์ อภิวงค์งาม (2554) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความรู้ความสามารถทางการเรียนของผู้เรียน ซึ่งวัดได้จากพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากเกิดการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ ไปแล้ว

เกศสุตา แพรวกกลาง (2554) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความสามารถในการรับรู้เข้าใจ และมีทักษะที่สามารถทำสิ่งต่าง ๆ หลังจากการเรียนรู้ และได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะ ตรวจสอบความรู้โดยสามารถวัดได้จากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พนม ลิ้มอารีย์ (2538) ให้ความหมายว่า ผลสัมฤทธิ์ในการเรียน หมายถึง ความสำเร็จของบุคคลเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หลังจากที่ได้อบรม หรือศึกษาเล่าเรียนในเรื่องนั้น ๆ ระยะเวลาหนึ่ง

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) ได้ให้คำนิยามของผลสัมฤทธิ์ หมายถึง การเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2549) ให้ความหมายว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดความสำเร็จทางการเรียน หรือวัดประสพการณ์ทางการเรียนที่ผู้เรียนได้รับการเรียนการสอนโดยวัดตามจุดมุ่งหมายของการสอนหรือวัดผลสำเร็จจากการศึกษาอบรมในโปรแกรมต่าง ๆ

ภพ เลหาไพบูลย์ (2552) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้จากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนรู้ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถในการรับรู้ เข้าใจ ของบุคคลอันเนื่องมาจากการได้รับการเรียนรู้หรือหลังจากการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ ไปแล้ว ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถสมองของบุคคล เรียนแล้วรู้อะไรบ้าง และมีความสามารถด้านใดมากน้อยเท่าไร ตลอดจนผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนการฝึกฝน หรือประสพการณ์ต่าง ๆ ซึ่งสามารถวัดได้จากการใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3 ประเภทของแบบทดสอบ

สุทธิวรรณ พิศัยโสณ (2556) ได้ให้ข้อมูลไว้ว่า แบบทดสอบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบแตกต่างกันไป จะใช้รูปแบบใดก็ควรพิจารณาถึงจุดประสงค์ในการวัดเป็นสำคัญ สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พอจำแนกได้ 2 แบบ ดังนี้ 1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ครูสร้างขึ้นเอง 2. แบบทดสอบมาตรฐาน ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครูสร้างขึ้นเอง เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์หรือความสามารถของนักเรียน มีรายละเอียด ดังนี้

1. ชนิดที่ผู้สอบต้องเป็นผู้เติมคำตอบหรือให้คำตอบโดยการเขียน ได้แก่
 - 1.1 ข้อสอบแบบอัตนัย หรือความเรียง (Subjective Test) จำแนกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- 1) ข้อสอบแบบจำกัดคำตอบโดยมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่แล้ว
- 2) ข้อสอบแบบไม่จำกัดคำตอบ เปิดให้ผู้สอบได้เขียนอย่างอิสระ

- 1.2 ข้อสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้น (Short-Answer)
2. ชนิดที่ให้ผู้สอบสามารถเลือกคำตอบที่ครูเป็นผู้กำหนดขึ้น ได้แก่
 - 2.1 ข้อสอบแบบเลือกตอบถูกหรือผิด (True – False)
 - 2.2 ข้อสอบแบบให้จับคู่ที่เหมือนหรือตรงข้ามกัน (Matching)
 - 2.3 ข้อสอบแบบเลือกตอบจากตัวเลือกที่ครูกำหนด (Multiple Choice)

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2553) กล่าวว่า แบบทดสอบ สามารถจำแนกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะที่ใช้แบ่ง ดังนี้

1. แบ่งตามสมรรถภาพที่จะวัด เป็น 3 ประเภท คือ
 - 1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดสมรรถภาพด้านสมอง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ
 - 1) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-made test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน มีใช้กันทั่วไปในโรงเรียนซึ่งทำให้ครูสามารถวัดได้ตรงจุดมุ่งหมาย เพราะครูผู้สอนเป็นผู้ออกข้อสอบเอง
 - 2) แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่วไป ที่ได้มีการหาคุณภาพมาแล้ว มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบและมาตรฐานในการแปลความหมายของคะแนนซึ่งมี ข้อดี คือคุณภาพของแบบทดสอบเป็นที่เชื่อถือได้ ทำให้สามารถนำผลไปเปรียบเทียบได้กว้างขวางกว่า

1.2 แบบทดสอบวัดความถนัด (Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถ ที่เกิดจากการสัมผัสประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้มาในอดีตของผู้เรียน เพื่อใช้พยากรณ์หรือทำนายอนาคตของผู้เรียน โดยอาศัยข้อเท็จจริงในปัจจุบัน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบความถนัดทางการเรียน (Scholastic Aptitude Test) และแบบทดสอบวัดความถนัดเฉพาะอย่างหรือความถนัดพิเศษ (Specific Aptitude Test)

1.3 แบบทดสอบบุคคล-สังคม (Personal-Social Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดบุคลิกภาพและการปรับตัวของบุคคล ได้แก่ แบบทดสอบวัดเจตคติ แบบทดสอบวัดความสนใจ แบบทดสอบวัดการปรับตัว

2. แบ่งตามจุดมุ่งหมายในการสร้าง เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แบบทดสอบแบบอัตนัยหรือแบบความเรียง (Subjective test or)

2.2 แบบทดสอบปรนัยหรือแบบให้ตอบสั้นๆ (Objective test) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้ตอบสั้นๆ หรือมีคำตอบให้เลือก ได้แก่

1) แบบถูก-ผิด (True-False)

2) แบบเติมคำหรือเติมความ (Completion)

3) แบบจับคู่ (Matching)

4) แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

3. แบ่งตามจุดมุ่งหมายในการใช้ประโยชน์ เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบเพื่อวินิจฉัย (Diagnostic test) และแบบทดสอบเพื่อทำนายหรือพยากรณ์ (Prognostic Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งทำนายว่าใครสามารถจะเรียนอะไรได้บ้าง และสามารถจะเรียนได้มากน้อยเพียงใด เหมาะสำหรับการสอบคัดเลือก วัดความถนัดและการแนะแนว ซึ่งแบบทดสอบประเภทนี้จะต้องมีความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์สูง

4. แบ่งตามเวลาที่กำหนดให้ เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบวัดความเร็ว (Speed Test) แบบทดสอบวัดความสามารถสูงสุด (Power Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดความสามารถในเรื่องใดเรื่องหนึ่งของผู้เรียนโดยให้เวลาตอบนาน ๆ ให้ผู้ตอบได้แสดงความสามารถเต็มศักยภาพ

5. แบ่งตามลักษณะการตอบ เป็น 3 ประเภท คือ แบบทดสอบภาคปฏิบัติ (Performance Test) แบบทดสอบเขียนตอบ (Paper-Pencil Test) และ แบบทดสอบปากเปล่า (Oral Test)

6. แบ่งตามลักษณะและโอกาสในการใช้ เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบย่อย (Formative Test) แบบทดสอบรวม (Summative Test)

7. แบ่งตามเกณฑ์การนำผลการสอบไปประเมิน เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test)

8. แบ่งตามสิ่งเร้า เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบทางภาษา (Verbal Test) แบบทดสอบที่ไม่ใช้ภาษา (Non-verbal Test)

3.4 ลักษณะของแบบทดสอบ

แบบทดสอบเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดผลที่เกิดจากการจัดการสอนของครู ถ้าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีคุณภาพและถูกต้องตามคุณลักษณะของข้อสอบก็จะทำให้ผลการวัดมีคุณภาพตามไปด้วย แต่หากแบบทดสอบที่ได้ไม่มีคุณภาพผลการวัดที่ได้ก็จะเป็นการวัดที่ไม่น่าเชื่อถือ ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างเครื่องมือวัด ซึ่งตัวบ่งชี้คุณภาพของเครื่องมือที่ดีมีหลายประการ ดังจะได้กล่าวต่อไปนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543); (สุทธิวรรณ พิศัคดีโสภณ, 2556)

1. ความเที่ยงตรง หมายถึง คุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการวัดอย่างแท้จริง

2. ความเชื่อมั่น หมายถึง เป็นคุณลักษณะของการวัดที่ให้ผลแน่นอน สม่ำเสมอ คงเส้นคงวา เป็นที่มั่นใจหรือเชื่อถือได้ ทั้งนี้หากมีการใช้เครื่องมือในการวัดผลซ้ำไม่ว่ากี่ครั้งก็จะได้ผลการวัดเป็นเช่นเดิม

3. ความเป็นปรนัย หมายถึง ความชัดเจนของข้อสอบที่ทำให้ผู้สอบสามารถเข้าใจ ความหมายที่ผู้สร้างต้องการสื่อได้อย่างถูกต้อง โดยข้อสอบที่มีความเป็นปรนัยต้องมีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ

1. ข้อคำถามมีความชัดเจนว่าต้องการถามอะไร

2. การตรวจให้คะแนนได้ตรงกันไม่ว่าจะให้ใครตรวจก็ตาม

3. คะแนนที่ได้สามารถแปลความหมายได้ตรงกัน

4. อำนาจจำแนก ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีลักษณะหรือมีระดับความสามารถที่แตกต่างกันออกจากกันได้

5. ความยาก หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบบ่งบอกถึงความยากง่ายของข้อสอบ โดยข้อสอบที่เหมาะสมจะต้องมีคุณลักษณะความยากง่ายที่เหมาะสมเช่นเดียวกัน

6. วัดอย่างลึกซึ้ง หมายถึง ลักษณะของคำถามข้อสอบที่สามารถถามได้ครอบคลุมกับตัวแปรหรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัดและเป็นข้อสอบที่วัดความสามารถหลายระดับ

7. ความยุติธรรม หมายถึง ลักษณะของข้อสอบที่มีข้อคำถามที่เป็นกลาง ไม่ลำเอียง ไม่มีการเปิดโอกาสให้คนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือนักเรียนคนใดได้เปรียบในการตอบหรือสามารถทำข้อสอบได้มากกว่าคนอื่น

8. ความจำเพาะเจาะจง ข้อสอบต้องมีการวัดคุณลักษณะหรือตัวแปรที่ต้องการวัดอย่างชัดเจนไม่ถามหลายคุณลักษณะในข้อเดียวกันจนผู้สอบเกิดความสับสน

3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

เนื่องจากแบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญอันจะทำให้ผู้สอนรับรู้ถึงผลสัมฤทธิ์ความสามารถและพัฒนาการของผู้เรียน รวมทั้งเป็นตัวชี้วัดผลสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนของตนเอง ดังนั้นการสร้างแบบทดสอบที่ดีมีคุณภาพจึงควรมีขั้นตอนสร้างแบบทดสอบ (สุทธิวรรณ พิศุทธิ์โสภณ, 2556); (เกียรติสุดา ศรีสุข, 2552) ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบให้แน่ชัดว่าเป็นการสอบเพื่อมุ่งหาสิ่งใดในตัวผู้สอบ สอบเพื่ออะไร ต้องการนำแบบทดสอบไปใช้กับใครและผู้สอบมีความรู้ความสามารถจัดอยู่ในระดับเท่ากันหรือไม่

2. กำหนดตัวชี้วัดของสิ่งที่จะวัด ในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วัดซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นผู้จัดกิจกรรมการสอนอยู่แล้วจะต้องรู้ว่าสิ่งที่จะวัดหรือสิ่งที่ต้องการทดสอบนักเรียนคืออะไร โดยสามารถพิจารณาจากการวิเคราะห์โครงสร้างหลักสูตรรายวิชาต่างๆ

3. กำหนดรูปแบบของเครื่องมือวัด พิจารณาจากสิ่งที่ต้องการวัดจากตารางวิเคราะห์หลักสูตร รวมทั้งพิจารณาถึงจุดมุ่งหมายของการวัด บุคคลที่ต้องการวัด สถานที่และเวลาที่ใช้ในการสอบเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดมีหลายประเภทซึ่งแต่ละประเภทเหมาะกับสิ่งที่ต้องการวัดต่างกัน ผู้สร้างจึงควรรู้ลักษณะของเครื่องมือแต่ละประเภท

4. สร้างข้อสอบ โดยสร้างข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับเป้าหมายหรือจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัดและควรถูกต้องตามหลักของการสร้างและลักษณะของข้อสอบแต่ละชนิด

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบแก้ไข ซึ่งผู้เชี่ยวชาญควรประกอบด้วยบุคคล 2 ฝ่าย คือ ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาสาระวิชาร่วมกับผู้เชี่ยวชาญการวัด ประเมินผลเป็นผู้ตรวจสอบข้อสอบและเกณฑ์การให้คะแนน

6. การทดลองใช้ข้อสอบ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพ และพัฒนาแบบทดสอบต่อไป

7. สร้างเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนน เพื่อเป็นการประเมินความรู้หรือแปลความหมายและตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้เท่าใด ซึ่งเกณฑ์ควรผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลควบคู่กับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาความรู้วิชานั้นๆ

8. การเขียนรายงานและคู่มือการใช้ จะทำให้นำไปใช้ได้ถึงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบ

พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2553) กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรที่เกี่ยวข้องและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร
2. กำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ หรือจุดประสงค์ของการสอบที่ต้องการเห็น
3. เลือกชนิดของข้อสอบที่ต้องการสร้างและศึกษาวิธีสร้างข้อสอบ
4. ดำเนินการเขียนข้อสอบตามโครงสร้างข้อสอบ
5. ตรวจสอบความเรียบร้อยของข้อสอบ
6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง
7. ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ
8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง

3.6 ประโยชน์ของแบบทดสอบ

พรพิศ เกื่อนมณเฑียร (2542) กล่าวถึง ประโยชน์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับทดสอบนักเรียนไว้ ดังนี้

1. ใช้สำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเป็นรายบุคคลและเป็นกลุ่ม
 2. ใช้สำหรับปรับปรุงการเรียนการสอนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น
 3. ใช้แยกประเภทนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ตามความสามารถ
 4. ใช้ในการวินิจฉัยสมรรถภาพเพื่อให้ได้รับการช่วยเหลือได้ตรงจุด
 5. ใช้เปรียบเทียบความงอกงาม
- ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของการเรียน
7. ใช้ในการประเมินผลการศึกษา
 8. ใช้ในการศึกษาค้นคว้าวิจัย

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2549) ได้ระบุถึง ประโยชน์ของแบบทดสอบ ไว้พอสังเขป ดังนี้

1. ด้านการเรียนการสอน เพื่อการประเมินการเรียนรู้ เพื่อประเมินการสอนให้สามารถวางแผนหรือจัดการเรียนการสอนให้ตรงกับความสามารถของผู้เรียนได้ เป็นการวินิจฉัยความสามารถของผู้เรียน จุดประสงค์หลักของการทดสอบ คือ การค้นหาและพัฒนาสมรรถภาพของเด็ก

2. ด้านการแนะแนว โดยเฉพาะการศึกษาอาชีพและบุคลิกลักษณะนั้น แบบทดสอบสามารถจะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ สำหรับครูแนะแนว เพราะทำให้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีความสามารถหรือถนัดในด้านใด

3. ด้านการบริหาร ผู้บริหารสามารถทราบปัญหาและประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบทดสอบ จะทำให้ทราบคะแนนระหว่างชั้นเรียนระหว่างโรงเรียน จังหวัด ภาค ฯลฯ

4. ด้านการวิจัย การศึกษาในปัจจุบันยังต้องอาศัยการค้นคว้าข้อเท็จจริงอีกมากมาย ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบทดสอบมีความจำเป็นในการวางแผนการเรียนการสอน และการพัฒนาหลักสูตรเป็นอย่างมาก

3.7 จุดเด่น-จุดอ่อน ของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้

อุดม เชยกิจวงศ์ (2545) ได้เสนอจุดเด่นและจุดด้อยของแบบการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ ดังนี้

จุดเด่นของแบบการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้

1. เป็นแบบทดสอบที่บูรณาการความรู้เหมาะสมและสอดคล้องกับวิถีชีวิตที่ตอบสนองความต้องการและความพร้อมของผู้เรียน

2. ส่งเสริมความรู้ของผู้เรียนให้เป็นนักคิด นักแก้ปัญหา และลงมือปฏิบัติจริง

3. มีการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันง่ายและเนื้อหาไม่ซับซ้อน

4. ผู้เรียนสามารถค้นพบศักยภาพของตัวเองรวมทั้งส่งเสริม ความสนใจใฝ่รู้ของผู้เรียน

5. บรรยายภาคการเรียนการสอนไม่ตึงเครียดไม่บีบคั้นผู้เรียนทำให้มีประสิทธิภาพ ในการเรียนรู้ได้ดีกว่าการทดสอบแบบแยกหมวดวิชาโดยเฉพาะ

จุดด้อยของการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้

1. การบูรณาการต้องเริ่มตั้งแต่บูรณาการหลักสูตร จำเป็นต้องวิเคราะห์ปัญหา สภาพความต้องการของผู้เรียน เป็นการจัดทำหลักสูตรบูรณาการที่ต้องระดมความคิดเห็น

เชิงวิชาการสูงและซับซ้อนกว่าหลักสูตรเนื้อหาวิชา และต้องมีการวัดผลประเมินผลที่สอดคล้องกับหลักสูตร

2. ผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ เช่น ผู้มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การวัดประเมินผลแบบบูรณาการแบบองค์รวมอาจจะสกัดกั้นความสามารถพิเศษ สำหรับสอนผู้มีความรู้ความสามารถพิเศษเฉพาะทางไม่ให้เกิดการพัฒนาการอย่างสูงได้

3. การวัดผลประเมินผลต้องสอดคล้องกับการสอนแบบบูรณาการ แต่ในความเป็นจริงยังมีการแข่งขันกันเพื่อสอบเข้าเรียนต่อในระดับอุดมศึกษาสูงซึ่งผู้ปกครองและผู้เรียนให้ความสำคัญเป็นอันดับแรก การวัดผลประเมินผลแบบบูรณาการจะประสบความสำเร็จไม่ได้ถ้าทุกระดับและระบบการศึกษาของไทยยังไม่ปรับเปลี่ยนเพื่อให้สอดคล้องกัน

4. การวัดผลประเมินผลแบบบูรณาการ ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ทำได้ยากและใช้เวลานาน ต้องใช้ผู้สอนหลายคน ซึ่งเป็นไปได้ยาก

5. การบูรณาการเนื้อหาแต่ละหมวดวิชา สถานศึกษาจะต้องมีการวิเคราะห์ วางแผนการสอน การทำงานร่วมกันจะต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายทั้งจากผู้เรียน ผู้สอน และผู้บริหารสถานศึกษา บุคลากรจึงต้องเป็นผู้มีความรู้ความสามารถจึงจะประสบความสำเร็จ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีให้เลือกใช้หลายรูปแบบ ผู้สอนควรเลือกใช้ในเวลาที่เหมาะสม จะทำให้แบบทดสอบมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในการประเมินผลการเรียนของนักเรียน ซึ่งช่วยในการตรวจสอบประสิทธิภาพการเรียนการสอน รวมทั้งช่วยในการปรับปรุงพัฒนาการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

สำหรับในงานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบรูปแบบอัตนัย เพราะข้อสอบอัตนัยจะเป็นข้อสอบที่มีลักษณะคำถามปลายเปิดที่นักเรียนสามารถใช้ความคิด กระบวนการคิดที่หลากหลายโดยไม่โดยจำกัดความคิดอยู่ในกรอบที่สร้างขึ้นช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์และนำองค์ความรู้จากวิชาต่าง ๆ มาบูรณาการและนำมาตอบคำถามในสถานการณ์ที่กำหนดได้ดีกว่าข้อสอบแบบปรนัย ที่นักเรียนมักไม่ได้แสดงองค์ความรู้และใช้การบูรณาการมาตอบคำถามให้ครูเห็นอย่างชัดเจนเท่ากับข้อสอบแบบอัตนัย

4. ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT)

4.1 ลักษณะของทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT)

Hambleton (1991) อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) กล่าวว่า ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) ตั้งอยู่บนแนวคิด 2 ประการ ดังนี้

1) พฤติกรรมในการตอบข้อสอบ ของผู้เข้าสอบนำไปใช้ทำนายความสามารถ (Ability) หรือลักษณะภายใน (Trait) ของผู้เข้าสอบ

2) พฤติกรรมการตอบข้อสอบของผู้เข้าสอบมีความสัมพันธ์กับความสามารถหรือลักษณะภายในของ ผู้เข้าสอบ

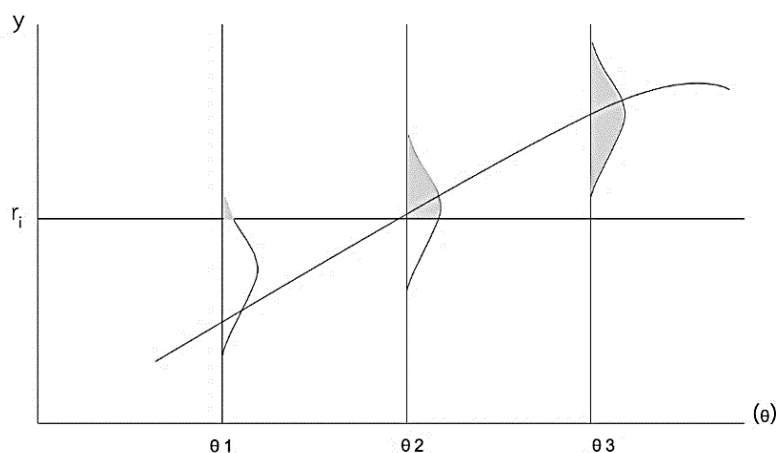
ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) เป็นทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขจุดด้อยของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) ซึ่งจุดด้อยที่สำคัญ คือ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจะแปรผันตามกลุ่มของผู้สอบ และคะแนนหรือการประมาณค่าความสามารถของผู้เข้าสอบไม่เป็นอิสระขึ้นอยู่กับข้อสอบหรือแบบทดสอบที่นำมาใช้สำหรับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (Dichotomous Item Response Theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของผู้สอบกับการตอบข้อสอบโดยใช้โค้งคุณลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve: ICC) ซึ่งมีการกำหนด คุณลักษณะข้อสอบด้วยค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยาก (b) และค่าการเดา (c) มีหลักการตรวจให้ คะแนนเพียง 2 ค่า เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ หรือ 0, 1 เป็นต้น

2) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous Item Response Theory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของผู้สอบกับการตอบข้อสอบโดยใช้โค้งคุณลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Curve: ICC) ซึ่งมีการกำหนด คุณลักษณะข้อสอบด้วยค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยาก (b) และค่าการเดา (c) มีหลักการตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า เช่น มาตรฐานค่า (Graded Response Format) ที่มีการให้คะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยปกติแล้วหากแบบทดสอบมีการตรวจให้คะแนนแบบ 2 ค่า ควรมีข้อสอบอยู่ในคลังไม่ต่ำกว่า 100 ข้อ แต่ถ้าหากข้อสอบมีการให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า จำนวนข้อสอบในคลังอาจมีจำนวนน้อยกว่านี้ได้ (Embretson, 2000)

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์ (2545) กล่าวว่า ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือความสามารถที่มีอยู่ในตัวบุคคลกับพฤติกรรมการตอบสนองของบุคคลนั้น โดยมีความเชื่อว่าพฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบของบุคคลจะถูกกำหนดโดยลักษณะหรือความสามารถที่มีอยู่ภายในตัวบุคคล การอธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงออกมาในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยให้คะแนนที่ได้จากการตอบข้อสอบ (y) แทนพฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบ ให้ (θ) แทนลักษณะหรือความสามารถในตัวบุคคล และ r_i เป็นเกณฑ์ที่บอกว่า y แค่นั้นจึงจะทำข้อสอบข้อ i ได้ถูก ดังนั้น ถ้า $y > r_i$ แสดงว่าทำข้อสอบข้อ i ได้

ถูก ถ้า $y < r_i$ แสดงว่าทำข้อสอบข้อ i ผิด ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถ (θ) กับพฤติกรรมการตอบสนอง (y) แสดงได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถกับพฤติกรรมการตอบสนอง

ที่มา: สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์ (2544)

จากภาพจะเห็นได้ว่าถ้านำโอกาสที่จะตอบถูก (พื้นที่ส่วนที่แรเงา) ในระดับความสามารถต่าง ๆ มาเขียนกราฟใหม่ จะได้โค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) เป็นรูปแบบต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และจำนวนพารามิเตอร์ที่จะใช้อธิบาย ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถกับพฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบเรียกว่า ฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Function) หรือฟังก์ชันลักษณะข้อสอบ (Item Characteristic Function) ซึ่งสามารถเขียนฟังก์ชันได้ดังนี้

$$P_i(\theta) = \text{Prob}(U_i = 1 | \theta) \text{ เมื่อ } U_i = 0, 1$$

จากฟังก์ชันข้างต้นนี้ หมายถึง โอกาสที่ผู้สอบซึ่งมีความสามารถ (θ) จะตอบคำถามข้อ i ได้ถูกต้อง

4.2 ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

1) ความเป็นเอกมิติหรือมิติเดียว (Unidimensionality) หมายถึง ข้อสอบทุกข้อในแบบสอบมุ่งวัดเพียงคุณลักษณะเดียวหรือความสามารถเดียว สามารถอธิบายความสามารถหรือคุณลักษณะภายในเพียงด้านใดด้านหนึ่งของผู้เข้าสอบและคุณลักษณะภายในด้านเดียวนี้มี

ความหมายเหมือนเป็นมิติเดียว ซึ่งข้อตกลงนี้ ชี้ให้เห็นว่าอาจมี คุณลักษณะของข้อสอบบาง ประการที่ส่งผลร่วมต่อการตอบข้อสอบเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น จึงควรกำหนดความเป็นมิติเดียวให้ เป็นลักษณะเด่น (Dominant) หรือลักษณะหลัก เพื่อที่จะนำไปอธิบาย ผลการตอบข้อสอบของผู้ เข้าสอบได้

การตรวจสอบความเป็นเอกมิติของแบบทดสอบสามารถทำได้โดยการวิเคราะห์ องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อคำนวณค่าไอเกน (Eigen Value) สำหรับศึกษาอัตราส่วน ระหว่างค่าไอเกนของตัวประกอบแรกกับตัวประกอบถัดไป ถ้ามีอัตราส่วนที่สูง แปลว่าเครื่องมือ หรือแบบสอบ วัดคุณลักษณะเด่นเดียว โดยนักการศึกษาได้เสนอวิธีการพิจารณาความเป็นเอกมิติ ของข้อคำถามไว้ดังนี้

1. พิจารณาค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบแรก หากมีมากกว่าร้อยละ 20 จะแสดงถึงความเป็นเอกมิติ

2. พิจารณาค่าไอเกน (Eigen value) ขององค์ประกอบเมื่อนำไปหาอัตราส่วน ของความแปรปรวนขององค์ประกอบแรกต่อความแปรปรวนขององค์ประกอบที่สอง ($E1/E2$) หาก มีค่าตั้งแต่ 3.00 ขึ้นไป จะบ่งบอกถึงความเป็นเอกมิติตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการ ตอบสนองข้อสอบ

2) ความเป็นอิสระในการตอบข้อสอบ (Local Independence) หมายถึง เมื่อ ค่าความสามารถของผู้เข้าสอบเป็นค่าแน่นอน การตอบข้อสอบแต่ละข้อของผู้เข้าสอบคนหนึ่งจะมี ความ เป็นอิสระจากกัน กล่าวได้ว่า การตอบข้อสอบข้อใด ๆ ของผู้เข้าสอบจะไม่มีผลต่อข้อสอบข้อ อื่น ๆ เลย แต่สิ่งที่ส่งผลต่อการตอบข้อสอบแต่ละข้อเป็นผลมาจากความสามารถของผู้เข้าสอบ เท่านั้น ความเป็นอิสระในการตอบข้อสอบ ทำให้ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบยังเป็นค่าคงที่ ไม่ว่า ข้อสอบข้อนั้น อยู่ตำแหน่งใด ๆ ก็ตาม

3) โค้งคุณลักษณะของข้อสอบ (Item Characteristic Curve: ICC) หรือฟังก์ชัน การตอบสนองข้อสอบ (Item Response Function: IRF) เป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบถูกต้องกับระดับความสามารถของผู้เข้าสอบ

4) ข้อสอบที่ใช้ต้องไม่เป็นข้อสอบประเภทความเร็ว ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) ถือว่าความสามารถ (θ) เป็นปัจจัยสำคัญต่อผลการทดสอบ ความเร็วในการตอบข้อสอบจะต้องไม่มีอิทธิพลต่อผลการตอบข้อสอบ การจัดการสอบจึงต้องไม่ อยู่ในสถานการณ์ที่สอบแข่งขันกันด้วยเวลาการสอบจะต้องอยู่ในลักษณะที่ผู้สอบต้องใช้ ความสามารถและใช้เวลาที่เพียงพอในการทำข้อสอบ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

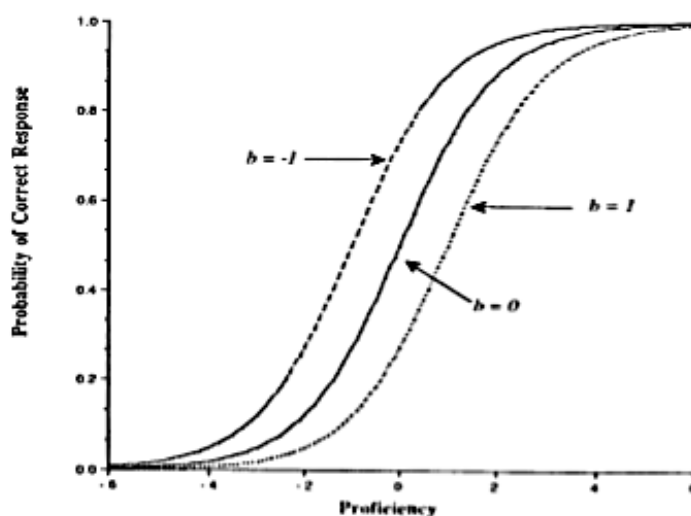
4.3 โมเดลการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Models)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Models) โมเดลการตอบสนองข้อสอบ เป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสตอบข้อสอบ ถูกกับความสามารถของผู้เข้าสอบในรูปแบบของโค้งคุณลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ซึ่งมีลักษณะเป็น ฟังก์ชันโลจิสติก (Logistic Function) หรือฟังก์ชันปกติสะสม (Normal Ogive Function) สามารถ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “โมเดลโลจิสติกหรือโมเดลปกติสะสม” โมเดลการตอบสนองข้อสอบ มี 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1) โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์ (One – Parameter Model) เป็นโมเดลที่อธิบายผลการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยค่าความยากของข้อสอบ (b) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “Rasch Model” สามารถเขียนฟังก์ชันโลจิสติก ตามสมการ

$$P_i(\theta) = c_i + \frac{1}{1 + e^{-(\theta - b_i)}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

เมื่อ $P_i(\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นของผู้เข้าสอบที่มีความสามารถ (θ) จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง
 B_i คือ ค่าความยากของข้อสอบข้อที่ i
 θ คือ ความสามารถของผู้เข้าสอบ
 e คือ 2.72



ภาพประกอบ 4 โค้งคุณลักษณะของข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์

2) โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ (Two – Parameter Model) เป็นโมเดลการวิเคราะห์ข้อสอบที่ใช้ค่าพารามิเตอร์แบบ 2 พารามิเตอร์ คือ ค่าความยาก ของข้อสอบ (b) และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) เขียนเป็นฟังก์ชันโลจิสติก ตามสมการ

$$P_i(\theta) = c_i + \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta - b_i)}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

เมื่อ $P_i(\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นของผู้เข้าสอบที่มีความสามารถ (θ) จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง

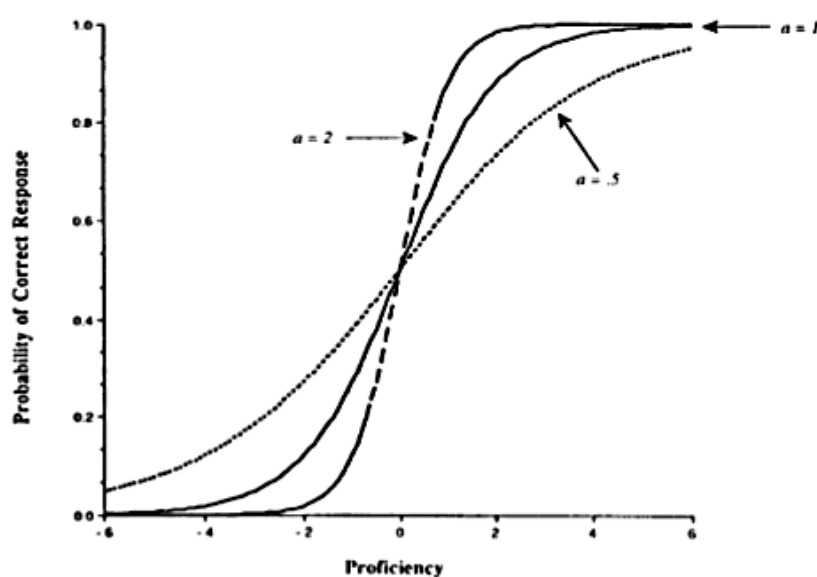
B_i คือ ค่าความยากของข้อสอบข้อที่ i

A_i คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบข้อที่ i

θ คือ ความสามารถของผู้เข้าสอบ

D คือ 1.70

e คือ 2.72



ภาพประกอบ 5 โค้งคุณลักษณะของข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (Dichotomous IRT Model) จึงมีข้อจำกัดสำหรับการนำไปใช้ในกรณีที่รูปแบบการตอบสามารถตรวจให้คะแนนได้

มากกว่า 2 ค่า เช่น มาตรวัดเจตคติ หรือแบบประเมินบุคลิกภาพ ส่วนใหญ่ ประกอบด้วยข้อคำถามที่มีตัวเลือกคำตอบแบบเรียงลำดับหลายตัวเลือก ตัวเลือกคำตอบแบบเรียงลำดับหลายตัวเลือกสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ทดสอบได้มากกว่า และมีความน่าเชื่อถือมากกว่าตัวเลือกคำตอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า โมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลลักษณะนี้ คือ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous IRT Models) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างระดับคุณลักษณะแฝงของผู้ทดสอบ (Examinee Trait Level) กับความน่าจะเป็นในการเลือกการตอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบในกลุ่มนี้มีหลากหลายโมเดล และมีผู้พัฒนาโมเดลใหม่ๆ ขึ้นมาเป็นระยะ แต่โมเดลที่เป็นที่คุ้นเคย และรู้จักกัน โดยทั่วไป มี 6 โมเดลหลัก ได้แก่

2.1) Graded Response Model (GRM) เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีตัวเลือกการตอบแบบเรียงลำดับ (Ordered categories responses) เช่น มาตรประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert Rating Scale) โมเดล GRM เป็นโมเดลที่ขยายมาจากโมเดลโลจิสแบบ 2 พารามิเตอร์ (2PL) และมีการคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการเลือกการตอบแบบสองขั้นตอน (Two-Step Process) ซึ่งจัดเป็นโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบทางอ้อม (Indirect IRT Models) โดยในแต่ละข้อคำถามอาจมีตัวเลือกการตอบเท่ากัน หรือไม่เท่ากันก็ได้ เพราะไม่ว่าจะมีจำนวนรายการคำตอบเท่ากันหรือไม่เท่ากัน ก็ไม่ส่งผลต่อความยุ่งยากในการประมาณค่าพารามิเตอร์ การวิเคราะห์โมเดล GRM มีเป้าหมายเพื่อประมาณค่า α_i และตำแหน่ง β_{ij} ของผู้ตอบที่มีค่าคุณลักษณะ (θ) บนสเกลที่ต่อเนื่องกัน โดยใช้สูตรดังนี้

$$P_{ix}^*(\theta) = \frac{\exp[\alpha_i(\theta - \beta_{ij})]}{1 + \exp[\alpha_i(\theta - \beta_{ij})]}$$

2.2) Modified Graded Response Model (M-GRM) เป็นโมเดลที่ปรับปรุงมาจากโมเดล GRM โดย Muraki (1990) อ้างถึงใน (Embretson, 2000) เหมาะสำหรับวิเคราะห์แบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale) เช่น แบบวัดทัศนคติ ข้อคำถามในมาตรวัดจะต้องมีจำนวนตัวเลือกการตอบเท่ากัน แต่สามารถมีค่าพารามิเตอร์ความชันแตกต่างกันได้ สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นของการตอบแต่ละรายการคำตอบใช้วิธี 2 ขั้นตอน (Indirect Method) เหมือนโมเดล GRM

$$P_{ix}^*(\theta) = \frac{\exp[\alpha_i(\theta - (b_i - c_j))]}{1 + \exp[\alpha_i(\theta - (b_i - c_j))]}$$

2.3) Partial Credit Model (PCM) เป็นโมเดลที่ถูกออกแบบมาสำหรับวิเคราะห์ข้อคำถามที่มีหลายขั้นตอน โดยมีการให้คะแนนสำหรับแต่ละขั้นตอนที่ผู้ทดสอบทำได้ ซึ่งพบได้บ่อยในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น นอกจากนั้น โมเดล PCM ยังเหมาะสำหรับวิเคราะห์มาตรวัดเจตคติ หรือมาตรวัดบุคลิกภาพที่มีการประเมินความเชื่อหรือการตอบสนองต่อข้อความโดยมีการให้คะแนนแบบหลายค่าด้วย โมเดล PCM จะแตกต่างจากโมเดล GRM และ M-GRM เพราะเป็นโมเดลแบบทางตรง (Direct Model) เป็นโมเดลที่มีการขยายต่อมาจากโมเดลโลจิสแบบ 1 พารามิเตอร์ (1PL Model) จึงมีคุณลักษณะมาตรฐานต่างๆ เช่นเดียวกับ Rasch Model

$$P_{ix}^*(\theta) = \frac{\exp\left[\sum_{j=0}^x \alpha_i(\theta - \delta_{ij})\right]}{\sum_{r=0}^{m_i} \left[\exp \sum_{j=0}^r \alpha_i(\theta - \delta_{ij})\right]}$$

2.4) Generalized Partial Credit Model (G-PCM) เป็นโมเดลที่ปรับปรุงเพิ่มเติมจากโมเดล PCM โดย Muraki (1992-1993) อ้างถึงใน (Embretson, 2000) ซึ่งกำหนดให้ข้อคำถามแต่ละข้อในมาตรวัดมีพารามิเตอร์ความชัน (α_i) แตกต่างกันได้ โดยพารามิเตอร์ความชันในโมเดล G-PCM เป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับการตอบสนองต่อตัวเลือกการตอบที่แตกต่างกันไปในแต่ละข้อคำถาม ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับคุณลักษณะแฝงหรือระดับความสามารถ (θ) ที่เปลี่ยนแปลงไป

$$P_{ix}^*(\theta) = \frac{\exp\left[\sum_{j=0}^x (\theta - \delta_{ij})\right]}{\sum_{r=0}^{m_i} \left[\exp \sum_{j=0}^r (\theta - \delta_{ij})\right]}$$

2.5) Rating Scale Model (RSM) เป็นกลุ่มของโมเดลที่มีหลากหลายรูปแบบและอาจก่อให้เกิดความสับสนได้เพราะมีลักษณะคล้ายคลึงกับโมเดลอื่น ๆ เช่น โมเดล PCM อย่างไรก็ดี โมเดล RSM ตามแนวคิดของ Andrich (1978) อ้างถึงใน (Embretson, 2000) มีความแตกต่างที่สำคัญ คือ ข้อคำถามในมาตรวัดซึ่งมีรูปแบบการตอบแบบเดียวกันนั้น ข้อคำถามแต่ละข้อจะมีพารามิเตอร์ตำแหน่ง (Location Parameter: λ) เพียงค่าเดียว ซึ่งแสดงถึง

ความยากหรือง่ายของข้อคำถามนั้น ๆ ขณะที่พารามิเตอร์จัดตัดรายการคำตอบ (Category Intersections Parameter: δ_j) ใช้อธิบายช่วงเทรชโฮลด์ของแต่ละรายการคำตอบ (Category Threshold) ซึ่งมี J ช่วง ($J = K - 1$ โดย K คือ จำนวนตัวเลือกรายการคำตอบ) โมเดล PCM กับ โมเดล RSM แตกต่างกันที่โมเดล PCM ไม่มีแนวคิดเกี่ยวกับระดับความยากง่ายของแต่ละรายการคำตอบ (แต่ละขั้นตอนหรือแต่ละจุดตัดรายการคำตอบ) ในข้อคำถามนั้น ๆ ดังนั้นข้อคำถามแต่ละข้อจึงมีระดับความยากแต่ละขั้นตอน (Difficulties of the Steps) แตกต่างกันได้

$$P_x(\theta) = \frac{\exp\left\{\sum_{j=0}^x [\theta - (\lambda_i + \delta_j)]\right\}}{\sum_{x=0} \exp\left\{\sum_{j=0}^x [\theta - (\lambda_i + \delta_j)]\right\}}$$

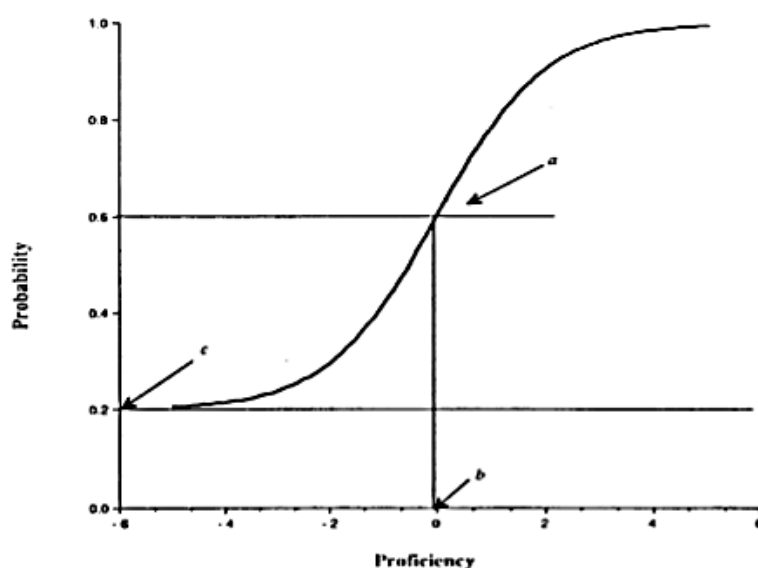
2.6) Nominal Response Model (NRM) พัฒนาโดย Bock (1972) อ้างถึงใน (Emberson, 2000) ซึ่งเป็นโมเดลสำหรับใช้วิเคราะห์ข้อสอบหรือข้อคำถามที่รายการคำตอบไม่ได้ถูกจัดเรียงลำดับ ได้แก่ ข้อสอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple Choices) ข้อคำถามที่ใช้วัดเจตคติ ข้อคำถามสำหรับประเมินบุคลิกลักษณะ ความตั้งใจเริ่มแรกในการพัฒนาโมเดลนี้เกิดขึ้นเพื่อให้สามารถศึกษาคุณลักษณะของตัวดวงซึ่งเป็นตัวเลือกหนึ่งในข้อสอบแบบหลายตัวเลือกด้วยเส้นร่องรอย (Trace Line) การคำนวณความน่าจะเป็นในการเลือกรายการคำตอบ คำนวณได้จากพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ พารามิเตอร์ความชัน (Slope Parameter: α_{ix}) ซึ่งแสดงถึงความชันของเส้นร่องรอยหรือค่าอำนาจจำแนก และพารามิเตอร์จัดตัดรายการคำตอบ (Intercept Parameter: C_i)

$$P_{ix}(\theta) = \frac{\exp(\alpha_{ix}\theta + C_{ix})}{\sum_{x=0}^{m_i} \exp(\alpha_{ix}\theta + C_{ix})}$$

3) โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ (Three – Parameter Model) เป็นโมเดลพัฒนามาจากโมเดลการวิเคราะห์ข้อสอบที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ 3 พารามิเตอร์ คือ $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ค่าความยากของข้อสอบ (b) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) และค่าการเดาของข้อสอบ (c) เขียนเป็นฟังก์ชันโลจิสติก ตามสมการ

$$P_i(\theta) = c_i + \frac{1 - c_i}{1 + e^{-Da_i(\theta - b_i)}}$$

เมื่อ	$P_i(\theta)$	คือ	ความน่าจะเป็นของผู้เข้าสอบที่มีความสามารถ (θ) จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง
	B_i	คือ	ค่าความยากของข้อสอบข้อที่ i
	A_i	คือ	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบข้อที่ i
	c_i	คือ	ค่าการเดาของข้อสอบข้อที่ i
	θ	คือ	ความสามารถของผู้เข้าสอบ
	D	คือ	1.70
	e	คือ	2.72



ภาพประกอบ 6 โค้งคุณลักษณะของข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์

ความไม่เปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ เมื่อโมเดลการตอบสนองของข้อสอบมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่มีอยู่จะทำให้ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (Item Parameter) และค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้เข้าสอบ (Ability Parameter) ไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) ซึ่งโค้งคุณลักษณะของข้อสอบ (ICC)

จะมีลักษณะเดียวกัน (a, b และ c) สำหรับทุกกลุ่ม ความสามารถของผู้เข้าสอบ นั่นคือ โค้งคุณลักษณะข้อสอบมีความคงที่ข้ามกลุ่มผู้เข้าสอบ

ทั้งนี้ในการวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) โดยใช้ โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM) เพราะ โมเดลนี้เหมาะสมกับแบบทดสอบ บูรณาการความรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เนื่องจากแบบทดสอบบูรณาการที่สร้างขึ้นเป็นข้อสอบอัตนัยที่ แต่ละคำถามมีรายการคำตอบแบบมาตราเรียงลำดับ (Ordered categorical Response) ที่จำนวน สเกลและช่องว่างระหว่างสเกลไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกข้อ และมีเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน ความรู้บางส่วนที่ไม่เท่ากันจึงทำให้แต่ละข้อมีจำนวนลำดับขั้นของการให้คะแนนแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของการคิดแต่ละขั้นในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4.4 โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM)

มูรากิ (1992-1993) อ้างถึงใน Embetson (2000) ได้พัฒนา Generalized Partial Credit Model (G-PCM) จากโมเดล PCM กำหนดให้ข้อคำถามแต่ละข้อสามารถมีค่าพารามิเตอร์ ความชัน (α_i) แตกต่างกันได้ โดยพารามิเตอร์ความชันในโมเดล G-PCM เป็นค่าที่บ่งบอกถึง ระดับการตอบสนองต่อตัวเลือกรายการคำตอบที่แตกต่างกันไปในแต่ละข้อคำถาม ซึ่งขึ้นอยู่กับ ระดับคุณลักษณะแฝงหรือระดับความสามารถ (θ) ที่เปลี่ยนแปลงไป

โมเดล G-PCM มีลักษณะเป็นโมเดลทั่วไปของ PCM Model หรือ Partial Credit Model โดยใช้หลักการคำนวณความน่าจะเป็นของการตอบแต่ละระดับขั้นการตอบโดยตรงแบบ ขั้นตอนเดียว (Direct IRT Method)

ใน โมเดล G-PCM มีลักษณะคำถามแต่ละข้อ (i) อธิบายด้วยค่าพารามิเตอร์ระดับ ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) และค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของ โมเดลนี้จึงเขียนได้โดยแทนค่าพารามิเตอร์ความชันลงในสูตรของโมเดล PCM

$$P_{ix}(\theta) = \frac{\exp \left[\sum_{j=0}^x \alpha_i (\theta - \delta_{ij}) \right]}{\sum_{r=0}^{m_i} \left[\exp \sum_{j=0}^r \alpha_i (\theta - \delta_{ij}) \right]}$$

$P_{ix}(\theta)$ แทน ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบซึ่งมีคุณลักษณะ θ จะ
ตอบข้อ i ด้วยการเลือกหรือสามารถทำรายการ
คำตอบขั้นที่ X จากจำนวน m_i ขั้น (Step)

δ_{ij}	แทน	ค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ที่ j ใน ข้อ i (Item step difficulty) เมื่อ $j = 1, 2, \dots, m_i$
α_i	แทน	ค่าพารามิเตอร์ความชันของข้อคำถามที่ i

ค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ซึ่งเป็นสเกลคุณลักษณะ θ ตรงตำแหน่งที่ติดกันของโค้งรายการคำตอบมีความหมายเหมือนกับโมเดล Partial Credit Model (PCM) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) แสดงว่าผู้มีคุณลักษณะ θ ณ จุดนั้นมีโอกาสที่จะทำหรือตอบ รายการคำตอบขั้นต่อไปได้สูงกว่ารายการคำตอบที่ผ่านมา โดยที่ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ในแต่ละข้ออาจถูกจัดเรียงลำดับหรือไม่จำเป็นต้องถูกจัดเรียงลำดับกันก็ได้ ส่วนค่า พารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีความหมายต่างจากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 ค่า เพราะว่าในโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ ความชันหรือค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามขึ้นอยู่กับผลรวมกันระหว่างพารามิเตอร์ความชันและ ตำแหน่งจุดตัดระหว่างรายการคำตอบ ซึ่งในโมเดล G-PCM ค่าพารามิเตอร์ความชันแสดงถึง ระดับความผันแปรของรายการคำตอบระหว่างข้อเมื่อ θ ของผู้ตอบเปลี่ยนไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

4.5 สารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ

สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) เป็นดัชนีผสมที่สร้างจากดัชนี คุณลักษณะของข้อสอบหลายลักษณะ ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการ ตอบ ค่าพารามิเตอร์ความชัน และค่าความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ Birnbaum. (1968) อ้าง ถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี (2555)

สารสนเทศของแบบสอบ (Test Information) เป็นความถูกต้องแม่นยำในการ ประเมินความสามารถของผู้ตอบ ซึ่งเป็นค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ อันเกิดจากผลรวม เชิงพีชคณิตของค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบแต่ละข้อรวมเข้าด้วยกันทั้งฉบับ ณ ตำแหน่ง θ เดียวกัน

สารสนเทศของข้อสอบแต่ละข้อ จึงมีส่วนอย่างเป็นอิสระจากกันต่อค่าสารสนเทศ ของแบบสอบ ลักษณะเช่นนี้ไม่ได้เกิดกับทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม เนื่องจากค่าความยากและ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อต่างก็ส่งผลต่อค่าความเที่ยงของแบบสอบทั้งฉบับ แต่ไม่

สามารถคำนวณค่าของแต่ละข้อได้อย่างเป็นอิสระจากกัน ดังนั้นคะแนนที่ได้จึงขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของกลุ่มข้อสอบ และแบบสอบเฉพาะฉบับที่เลือกมาใช้

เนื่องจากค่าสารสนเทศมีความสัมพันธ์ผกผันกับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า ดังนั้นถ้าค่าสารสนเทศของแบบสอบมีค่าสูงในช่วง θ ใดก็必将มีความถูกต้องแม่นยำสูง ในการประมาณค่าความสามารถของผู้ตอบในช่วง θ นั้น ๆ โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าต่ำ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศไทย

นัสรินทร์ ปือชา (2558) ทำการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ที่ศึกษาอยู่โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งมีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 39 คน การได้มาของกลุ่มตัวอย่างได้มาจากวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 18 ชั่วโมง สำหรับแบบแผนการวิจัยเป็นการดำเนินการทดลองแบบกลุ่มทดลองหนึ่งกลุ่มวัดผลก่อนและหลังการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีที่ชนิดของกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องแบบจำลองอะตอม ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน มีการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาและมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรพร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยวัดความสามารถด้านต่าง ๆ ตามหลักของบลูม ได้แก่ 1. ด้านความจำ 2. ความเข้าใจ 3. การนำไปใช้ 4. การวิเคราะห์ จากนั้นนำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมนำมาปรับแก้ตามผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะและนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38 – 0.71 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.21-0.79 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 เท่ากับ 0.89 นอกจากนี้ผู้วิจัยได้สร้าง แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นอัตนัยจำนวน 3 ข้อ โดยมีสถานการณ์เงื่อนไขให้นักเรียนอ่านพิจารณาก่อนทำการตอบคำถามเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมจากนั้นนำมาปรับแก้ตามผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ

เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย มีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาค (Cronbach) เท่ากับ 0.88 โดยมีตัวอย่างเครื่องมือแบบวัดสถานการณ์ในการแก้ปัญหา ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 เปรมวดีปลูกต้นเงาะได้ผลดกมากกว่า 15 ปี เธอจึงไปซื้อที่ดินแห่งใหม่สำหรับปลูกต้นเงาะพันธุ์เดียวกันจำนวน 10 ไร่ แต่หลังจากที่เปรมวดีปลูกต้นเงาะแล้ว เธอพบว่าต้นเงาะที่เธอปลูกในที่ใหม่ ไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร ทั้ง ๆ ที่เขาใส่ปุ๋ย รดน้ำ และดูแลต้นเงาะเหมือนกับที่ดินเดิมทุกประการ

1. ข้อใดเป็นปัญหาสำคัญ (ขั้นกำหนดปัญหา)

- ก. ต้นเงาะมีใบเหลืองและตาย
- ข. ต้นเงาะไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร
- ค. เปรมวดีรดน้ำมากเกินไป
- ง. เปรมวดีซื้อที่ดินใหม่

2. สาเหตุใดที่ทำให้เกิดปัญหา (ขั้นวิเคราะห์ปัญหา)

- ก. ใส่ปุ๋ยมากเกินไป
- ข. รดน้ำมากเกินไป
- ค. ใส่ปุ๋ยหลายชนิดในเวลาเดียวกัน
- ง. ดินไม่เหมาะสมกับการปลูกต้นเงาะ

โสภา มั่นเรือง (2559) ได้ทำวิจัยเชิงทดลองเรื่อง การพัฒนาสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษา โรงเรียนสุพรรณภูมิ มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1) พัฒนาคู่มือเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษาโรงเรียนสุพรรณภูมิ
- 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education กรณีศึกษาโรงเรียนสุพรรณภูมิ
- 3) ศึกษาความพึงพอใจของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ STEM Education

โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2/2558 โดยใช้วิธีการเลือกแบบสุ่มอย่างง่าย จำนวน 3 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ได้พัฒนาขึ้น โดยผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีลักษณะเป็นแบบ ประณัยชนิด 4 ตัวเลือกมีทั้งแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ผลการวิจัย พบว่า

1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การศึกษาแบบ STEM Education กรณศึกษาโรงเรียนสุพรรณภูมิ มีค่าเท่ากับ 86.00/81.33

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) ความพึงพอใจของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเฉลี่ย 4.43 อยู่ในระดับดี และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน .56

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ (2560) วิจัยเรื่อง การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1)พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 28 คน เครื่องมือในการวิจัยคือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีสัดส่วนจำนวนข้อใน แต่ละจุดประสงค์ตรงตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรจำนวน 40 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จำนวน 22 คน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา แล้วพิจารณาค่าความยากง่าย (P) อยู่ในเกณฑ์ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ ในเกณฑ์ 0.20 - 1.00 จึงถือว่าใช้ได้ แล้วเลือกแบบทดสอบที่เข้าเกณฑ์ จำนวน 30 ข้อ พบว่า แบบ ทดสอบที่ได้มีค่าความยากง่าย (P) เท่ากับ 0.35 - 0.78 และค่าอำนาจจำแนก (D) เท่ากับ 0.43 - 0.84 ผลการศึกษาพบว่า 1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพ 79.73/78.69 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วันเฉลิม อุดมทวี (2557) วิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถการคิดเชิงบูรณาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับทาง สำหรับจุดมุ่งหมายของการวิจัยที่ผู้วิจัยกล่าวไว้ คือ 1. เพื่อพัฒนาความสามารถ การคิดเชิงบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ภูมิศาสตร์ทวีปอเมริกาเหนือและใต้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับทาง โดยให้นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงบูรณาการ เฉลี่ยร้อยละ 80 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป 2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยร้อยละ 80 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป และ 3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับทาง กลุ่มเป้าหมาย ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/10 โรงเรียนศิขรภูมิพิสัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 41 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย 2) เครื่องมือที่ใช้ ในการสะท้อนผลการวิจัย และ 3) เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล ประกอบด้วย 1. แบบทดสอบ วัดความสามารถในการคิดเชิงบูรณาการเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 2. แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบ ปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ

จารุวรรณ ทวันเวช (2551) ได้ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 สำหรับงานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบทดสอบวัด ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพ และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยรวมและในแต่ละด้านของนักเรียนจำแนกตาม เพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มที่ใช้ในการวิจัยมี 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 180 คน และกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม ที่ได้ จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น จำนวน 146 คน แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยและใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิธี วิเคราะห์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติร้อยละค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการ วิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง (Two-way multivariate analysis of variance) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างเท่ากับ 0.991 และ 0.995 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.70 มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.52 ถึง 0.79 คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของผู้ตรวจให้คะแนน เท่ากับ 0.994 และคุณภาพ ด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับคำนวณโดยใช้สูตรของเฟลต ราฐ เท่ากับ 0.984

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น อยู่ในระดับปานกลาง

3. นักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนชายแต่ทั้งนักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นไม่แตกต่างกัน

4. นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นสูงกว่านักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำ ตามลำดับ

5. ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อ ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

5.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Micah Stohlmann (2012) วิจัยเรื่องข้อควรพิจารณาในการสอนแบบบูรณาการในสะเต็มศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัย 2 ข้อ ได้แก่ 1. เพื่อศึกษาข้อควรพิจารณาหลักในการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา และ 2. เพื่อศึกษาปัจจัยหลักที่มีผลต่อการใช้หลักสูตร Project Lead The Way (PLTW) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ถูกจัดทำขึ้นสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาโดยทำการเก็บข้อมูลกับครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 4 คน แบ่งเป็น ครูคณิตศาสตร์ 2 คน ครูวิทยาศาสตร์ 1 คนและครูเทคโนโลยี 1 คน โดยใช้บันทึกภาคสนามของนักวิจัยรายสัปดาห์การสังเกตการณ์ภายในห้องเรียนโดยใช้แบบสังเกตแบบมีโครงสร้างและการสัมภาษณ์ครูผู้สอนโดยการสนทนาเป็นรายสัปดาห์ ข้อมูลที่เก็บได้ถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบอย่างต่อเนื่อง (constant comparative data analysis) ซึ่งเป็นวิจัยเชิงฐานราก โดยหลังจากเก็บข้อมูลดิบและนำมาวิเคราะห์จนได้เป็นข้อมูลที่

เป็นบทสรุปของรูปแบบการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาแล้ว พบว่า ความรู้ความสามารถในเนื้อหาวิชาการและประสบการณ์ความรู้ของครูมีผลกระทบอย่างมากต่อความสามารถในการจัดการเรียนการสอน เมื่อเวลาผ่านไปการใช้วิธีการเรียนการสอนแบบเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางในการจัดกิจกรรมที่มีโครงสร้างที่ดีจะทำให้ครูมีความสะดวกสบายมากขึ้นในหลักสูตรและเพื่อให้นักเรียนประสบความสำเร็จ การสนับสนุนครูในรูปแบบต่าง ๆ และการจัดหาครูที่มีความรู้ในเนื้อหาที่เฉพาะด้านจะทำให้การทำงานดีขึ้นและอาจช่วยให้ครูผู้สอนประสบความสำเร็จได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอโมเดล S.T.E.M Model ซึ่งเป็นโมเดลที่จะช่วยให้ประสิทธิภาพการสอนสะเต็มศึกษาภายในโรงเรียนดีขึ้น ประกอบไปด้วย

S คือ Support การสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1. การร่วมมือกับมหาวิทยาลัยหรือโรงเรียนใกล้เคียง 2. การเข้าร่วมในการอบรมวิชาชีพ 3. การคืนเวลางานให้แก่ครูผู้สอนและ 4. การติดต่อเข้าอบรมในหลักสูตรสะเต็มศึกษา

T คือ Teaching การจัดการเรียนการสอน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การวางแผนการสอน ซึ่งผู้สอนต้องทำความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับข้อต้นลงเบื้องต้นหรือรูปแบบของการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาและการปฏิบัติในห้องเรียน ที่ต้องเน้นการตั้งคำถามและการตอบคำถาม การใช้เหตุผล การเขียนที่สะท้อนความคิด การทำความเข้าใจแบบแผนต่างๆ การมีส่วนร่วมในการเรียน การเรียนแบบสืบเสาะและที่สำคัญคือการใช้การวัดและประเมินผลโดยให้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน

E คือ Efficacy การคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการเรียนการใช้ความรู้ในเนื้อหาในการจัดการสอน การวางแผนการสอนและความมุ่งมั่นในการสอนของครูผู้สอน

M คือ Materials เครื่องมือที่จำเป็นที่ในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียน

โมเดลที่กล่าวถึงในที่นี้สามารถใช้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับครูที่จะประสบความสำเร็จในฐานะผู้บริการความรู้และอำนวยความสะดวกให้แก่นักเรียนในชั้นเรียนบูรณาการสะเต็มศึกษา

Sevil Ceylan (2015) ดำเนินการวิจัยเรื่อง การปรับปรุงบทเรียนตัวอย่างสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาในสะเต็มศึกษา วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการนำเสนอแผนบทเรียนตัวอย่างเกี่ยวกับกรดและเบส ตามแนวการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา สำหรับระบบการศึกษาวิทยาศาสตร์ของตุรกี โดยใช้แบบทดสอบกลุ่มย่อยและแบบทดสอบหลังการทดลอง ประชากรที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 8 คน สำหรับเนื้อหาการเรียนการสอนภายในการศึกษา STEM จัดขึ้นตามแบบจำลองการเรียนรู้ 5E ในเบื้องต้นจะสำรวจความรู้พื้นฐานของนักเรียนโดยใช้คำถามปลายเปิด 10 ข้อกับนักเรียน จากนั้นดำเนินการสอนตามบทเรียน

ตัวอย่างสำหรับหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาและดำเนินการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Wilcoxon สำหรับตัวอย่างที่จับคู่โดยใช้โปรแกรม SPSS 20 ในระดับนัยสำคัญ .05 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ($z(0-12) = -3.063, p < 0.01$) ของนักเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Christian Monseur (2011) ได้ศึกษาเรื่อง การประเมินรูปแบบการทดสอบของ PISA และสมมติฐานด้านความเป็นอิสระในท้องถิ่น ผลการศึกษาพบว่า การประเมินผลการอ่านในระดับกว้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ของ OECD และความคืบหน้าของ IEA ในการศึกษาเรื่องการเรียนรู้เรื่องการอ่าน (PIRLS) โดยทั่วไปแล้วจะทำการทดสอบกระดาษและดินสอซึ่งในส่วนของ การอ่านหนังสือมีคำถามที่แตกต่างกันออกไปนำเสนอแก่นักเรียน การทดสอบทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของ PISA ยังประกอบด้วย การกระตุ้นโครงสร้างแบบฝังตัวตามลำดับขั้น ในการสำรวจเหล่านี้ข้อมูลความรู้ความเข้าใจจะถูกปรับขนาดตามทฤษฎีการตอบสนองต่อรายการ (IRT) หนึ่งในเสาหลักของโมเดลมาตรฐาน IRT คือข้อสันนิษฐานของความเป็นอิสระของข้อสอบ (Local Item Independence : LII) เนื่องจากมีการเชื่อมต่อหลายรายการเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดเนื้อเรื่องทั่วไปรายการภายในหน่วยไม่น่าจะเป็นอิสระตามเงื่อนไขซึ่งหมายความว่าสมมติฐานเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมอาจถูกละเมิด ในส่วนแรกของการศึกษานี้ได้มีการใช้สถิติ Yen's Q_3 เพื่อประเมินความสำคัญของการอ้างอิงของข้อสอบ (Local Item Dependency : LID) ที่มีต่อข้อมูล PISA 2000 และ PISA 2003 ผลจากการละเมิดสมมติฐาน LII ต่อการกระจายผลการปฏิบัติงานของนักเรียนได้รับการสำรวจแล้ว การตรวจสอบการพึ่งพาบริบทระดับปานกลางแต่ชัดเจนในด้านการอ่านและคณิตศาสตร์ของ PISA จำนวนมาก แสดงให้เห็นว่ามีความสำคัญมากขึ้น นอกจากนี้ LID มีผลต่อความแปรปรวนของความถนัดของนักเรียนและความลำเอียงในการประเมินความแปรปรวนมีความสัมพันธ์กับผลการปฏิบัติงานของประเทศโดยเฉลี่ย ดังนั้นผลของการละเมิด LII ใน PISA คือความแปรปรวนสัมพัทธ์ของประเทศที่มีผลการดำเนินงานต่ำมีการประเมินค่าสูงเกินไป ในขณะที่ความแปรปรวนของประเทศที่มีประสิทธิภาพสูงถูกประเมินต่ำเกินไป

Ou Lydia Liu (2011) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวัดความรู้แบบบูรณาการ: การตรวจสอบความถูกต้องของแบบประเมินในระยะเวลา 4 ปี) วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ 1. เพื่อพัฒนาชุดรูปแบบประเมินที่มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น ในการวัดการบูรณาการ

ความรู้ และ 2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะต่าง ๆ ของนักเรียน ลักษณะการประเมินผลและประสิทธิภาพทางการเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนจำนวน 18,729 คน ได้รับการทดสอบโดยใช้การประเมินแบบบูรณาการความรู้ในตอนท้ายของแต่ละปีการศึกษา โดยมีการประเมิน 4 ปีการศึกษา ได้แก่ปีการศึกษา 2548 ถึงปีการศึกษา 2551 และครู 340 คนจาก 50 โรงเรียนและ 21 โรงเรียนใน 5 รัฐ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1. หลักสูตรบูรณาการความรู้ เป็นหลักสูตรการเรียนแบบบูรณาการและการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ถูกนำมาใช้ผ่านทางเว็บไซต์ 2. แบบวัดประเมินความสามารถของนักเรียนประกอบไปด้วยแบบทดสอบ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1. แบบทดสอบแบบหลายตัวเลือก ซึ่งใช้หลักการสร้างข้อแบบที่มีรูปแบบตาม แบบทดสอบ Two-Tier item คือให้เลือกคำตอบและระบุความมั่นใจในการเลือก 2. แบบทดสอบแบบตอบสั้น และ 3. แบบทดสอบแบบเขียนอธิบายคำตอบการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ในการประเมินแบบบูรณาการ ใช้การวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) จะวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (reliability), ค่าอำนาจจำแนก (discrimination) และค่าความยากของข้อสอบ (difficulty), การประมาณค่าความสามารถของนักเรียนในการทำข้อสอบ (student ability estimates) ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ พบว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบใช้การประเมินด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา Cronbach การทดสอบทั้งหมดใน 6 ด้าน ตั้งแต่ปี 2548-2554 ช่วง alpha ของ Cronbach มีค่าตั้งแต่ 0.72 ถึง 0.84 โดยมีค่าเฉลี่ย 0.79 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.04 นอกจากนี้ยังมีการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยเฉพาะแบบเขียนตอบ โดยมีช่วง alpha ของ Cronbach มีค่าตั้งแต่ 0.69 ถึง 0.90 โดยมีค่าเฉลี่ย 0.81 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.05 ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มค่อนข้างสูงกว่าข้อสอบแบบเลือกตอบ ค่าความยากง่ายของข้อสอบและความสามารถในการประมาณค่าความสามารถของนักเรียน เป็นการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ConQuest พบว่ามีค่าประมาณความสามารถของนักเรียนสอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนและแบบทดสอบให้สารสนเทศของแบบทดสอบครอบคลุมระดับความสามารถตั้งแต่ -3 ถึง 3 นอกจากนี้ยังมีการรายงานค่าการวิเคราะห์คุณภาพอื่น ๆ และการทดสอบสถิติทางการวิจัยโดยใช้สถิติการทดสอบ T-Test สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การใช้สถิติขั้นสูงการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายตัวที่ศึกษาที่ส่งผลต่อความสามารถในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้นำเสนอแต่ผู้วิจัยสนใจแค่การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบจึงไม่ได้นำเสนอในรายงานนี้

Hee-Sun Lee (2011) ทำการวิจัยเรื่อง การตรวจสอบความถูกต้องของการวัด การบูรณาการความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบทดสอบแบบ เขียนตอบ ได้ทำการวัดโครงสร้างความรู้ที่เรียกว่าการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ แบบทดสอบแบบเลือกตอบและแบบทดสอบแบบเขียนตอบ ใช้ทฤษฎีการบูรณาการความรู้เพื่อ สร้างเกณฑ์การให้คะแนนการบูรณาการความรู้หลายระดับเพื่อการให้คะแนนการวิเคราะห์และ การตีความแบบทดสอบแบบปรนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบสำหรับ 6 สาขาวิชา ได้แก่ สาขาวิชากายภาพ ชีววิทยาและสาขาวิชาธรณีวิทยารวมถึง ฟิสิกส์ เคมีและ ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา เนื้อหาของแบบทดสอบได้กล่าวถึงประเด็นทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 10 เรื่องที่ได้รับการคัดเลือกเพื่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและวิชาอื่น ๆ จากจำนวน ข้อสอบรวมทั้งหมด 190 ข้อ ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 55.8% และข้อสอบแบบเขียน ตอบ 44.2% ผู้วิจัยเลือกใช้การวิเคราะห์ Rasch model แบบ 2 พารามิเตอร์วิเคราะห์ข้อสอบ

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า (1) หนึ่งในสามของแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่ถูกต้อง สอดคล้องกับการบูรณาการความรู้ในระดับที่สูงขึ้นในขณะที่สามในสี่ของแบบทดสอบแบบ เลือกตอบที่ไม่ถูกต้องสอดคล้องกับระดับความรู้ความเข้าใจในระดับต่ำ (2) แบบทดสอบแบบ อธิบายคำตอบสามารถแยกแยะระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนได้มี ประสิทธิภาพมากกว่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (3) แบบทดสอบแบบอธิบายคำตอบสามารถวัด ระดับการบูรณาการความรู้ที่หลากหลายขึ้นกว่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบและ (4) แบบทดสอบ แบบอธิบายคำตอบมีความไวต่อการเรียนรู้แบบบูรณาการมากกว่าแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนา แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยการสร้าง แบบทดสอบการบูรณาการความรู้ที่มีลักษณะการบูรณาการแบบสหวิทยาการและแบบข้าม สาขาวิชามาใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ โดยมีมีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย เพราะสามารถสะท้อนความคิดบูรณาการของนักเรียน โดยนักเรียนสามารถนำเอาองค์ความรู้ การบูรณาการวิชาต่าง ๆ ออกมาใช้ในการตอบคำถามและแสดงทักษะการออกแบบเชิงวิศวกรรม และการใช้เทคโนโลยีของนักเรียนได้ดีกว่าแบบทดสอบแบบปรนัย ทั้งนี้รูปแบบของแบบทดสอบจะ มีลักษณะของการสร้างเงื่อนไขเพื่อให้นักเรียนใช้ความรู้วิชาต่าง ๆ ทั้ง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและวิชาคณิตศาสตร์ มาบูรณาการในการแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ที่กำหนด ทั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ โดยใช้ทฤษฎี การทดสอบแบบดั้งเดิมควบคู่กับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT)

แบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous Item Response Theory) โดยผู้วิจัยเลือกใช้
โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM) และผู้วิจัยจะศึกษาผลของความสามารถ
ในการ บูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัด
สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท เพื่อรายงานผลการทดสอบย้อนกลับไปยังผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง
และหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนา ปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบ
สะเต็มศึกษาต่อไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงประเด็นตามลำดับ ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ซึ่งมีทั้งสิ้น 63 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 3,199 คน แบ่งเป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท (โรงเรียนขยายโอกาส) จำนวน 45 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5 จำนวน 13 โรงเรียน สังกัดสำนักบริหารการศึกษาศึกษาพิเศษ (โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 46) จำนวน 1 โรงเรียน และสังกัดกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 4 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองสอบ (กลุ่ม Try Out) เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ทั้ง 4 สังกัด จำนวน 50 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ทั้งหมด 20 โรงเรียน จำนวน 600 คน ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (IRT) และโมเดล G-PCM ที่กล่าวว่าควรใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 500 คน และควรกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้ความคลาดเคลื่อน

มาตรฐานของการประมาณค่าพารามิเตอร์มีขนาดเล็กถึงระดับที่ยอมรับได้ตามเป้าหมายของการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) ทั้งนี้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สุ่มโรงเรียนในสังกัดศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท มาร้อยละ 30 ของโรงเรียนในแต่ละสังกัด ได้โรงเรียนจำนวน 20 โรงเรียน แบ่งโรงเรียนออกเป็น 4 สังกัด ดังนี้

1. สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท 13 โรงเรียน
2. สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5 4 โรงเรียน
3. สังกัดสำนักบริหารการศึกษาศาพิเศษ 1 โรงเรียน
4. สังกัดกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น 2 โรงเรียน

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มเลือกห้องเรียนจากทั้ง 20 โรงเรียน ในขั้นตอนที่ 1 มาโรงเรียนละ 1 ห้องเรียน ทำให้ได้ห้องเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 20 ห้องเรียน

ขั้นตอนที่ 3 สุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยมีนักเรียนในแต่ละห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม ทั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้นักเรียนที่ได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างห้องเรียนละ 30 คน นักเรียนในห้องมีโอกาสถูกเลือกเท่าๆ กัน ทำให้ผู้วิจัยได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 600 คน

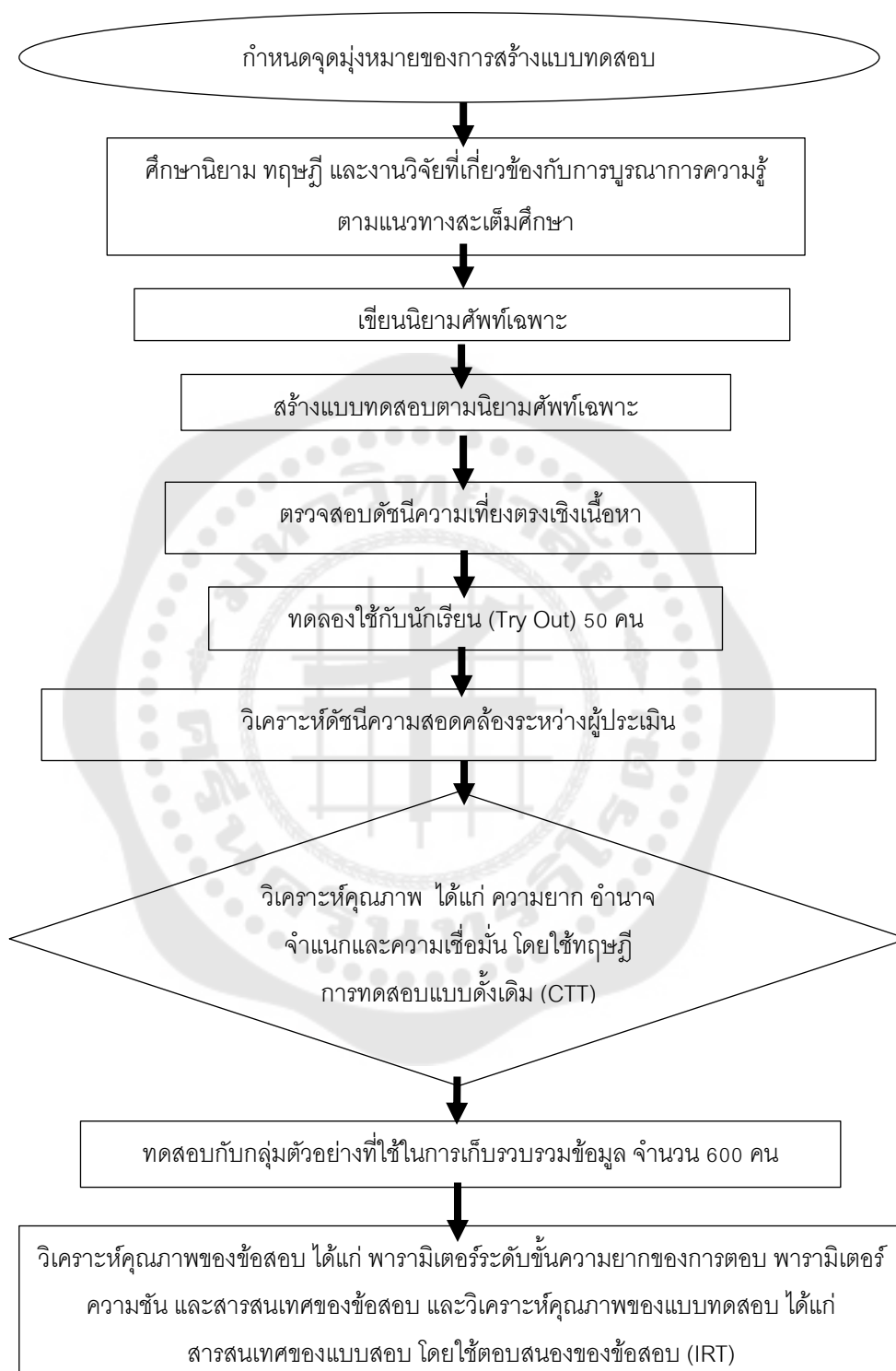


ภาพประกอบ 7 แผนผังแสดงการสุ่มกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ตาราง 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

สังกัด	ที่	โรงเรียน	จำนวน ห้อง	จำนวนนักเรียน (คน)
ส พ ป . ชัยนาท	1	วัดโบสถ์ราษฎร์บำรุง	1	30
	2	บ้านสะพานหิน(ประชาสามัคคี)	1	30
	3	บ้านวังตะเคียน (ขยันการนาวิ อุปถัมภ์)	1	30
	4	บ้านกะบกเตี้ย	1	30
	5	ดอนสีนวน(สำนักงานสลากกิน แบ่งสงเคราะห์523)	1	30
	6	บ้านหนองยาง + บ้านวังค่อไห	1	30
	7	บ้านขี้ผึ้ง + ไพรมกยูง	1	30
	8	วัดโพธิ์งาม	1	30
	9	วัดศรีวิชัย	1	30
	10	เขื่อนเจ้าพระยา	1	30
	11	วัดวังหมัน	1	30
	12	วัดวังน้ำขาว	1	30
	13	ชุมชนคลองจันทน์	1	30
สพม.5	14	คุรุประชาสรรค์	1	30
	15	ชัยนาทพิทยาคม	1	30
	16	หันคาพิทยาคม	1	30
	17	ศรีสโมสรวิทยา	1	30
อบจ.	18	เทศบาลหางน้ำสาคร	1	30
ชัยนาท	19	เทศบาลวัดสิงห์สถิต	1	30
สศศ. ชัยนาท	20	โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 46 จังหวัดชัยนาท	1	30
รวม			20	600

วิธีสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



ภาพประกอบ 8 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้สำหรับ
นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จากแผนภาพข้างต้น สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบทดสอบ

1.1 เพื่อสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

1.3 เพื่อศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. ศึกษานิยาม ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบโดยมีวิธีการศึกษา ดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิดของการบูรณาการความรู้ตามแนวทางวิชาสะเต็มศึกษา

2.2 ศึกษาตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางวิชาสะเต็มศึกษา จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและศึกษาการเขียนข้อคำถามเพื่อส่งเสริมความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางวิชาสะเต็มศึกษา

3. สร้างนิยามศัพท์เฉพาะ ที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

4. สร้างแบบทดสอบตามนิยามศัพท์เฉพาะ จำนวน 1 ฉบับ โดยมีรายละเอียดแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สิ่งที่เหมาะสมประกอบด้วย 3 วิชา ได้แก่ 1. วิชาวิทยาศาสตร์ 2. วิชาเทคโนโลยี และ 3. วิชาคณิตศาสตร์ และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เป็นลักษณะการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

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)

ลักษณะของแบบทดสอบจะไม่ถามเนื้อหาสาระตามหลักสูตร แต่จะมีข้อความหรือสถานการณ์ให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถที่เกิดจากการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาคิดวิเคราะห์ แล้วตอบคำถาม นักเรียนต้องสะท้อนความคิดของตนเองออกมาเป็นคำตอบ ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 สถานการณ์ ซึ่งโครงสร้างของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีรายละเอียด ดังแสดงตาราง 4



ตาราง 4 โครงสร้างของแบบทดสอบ (Test Blueprint)

สถานการณ์	บูรณาการเนื้อหา			กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม		จำนวน ข้อสอบ	คะแนน เต็ม
	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี				
1. จมลอย	-	-	-	ระบุปัญหา		1	1
	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา		1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา		1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา		1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน		1	4
	รวมข้อสอบ/คะแนน					5	16
2. ตามล่าหา ลายนิ้วมือ	-	-	-	ระบุปัญหา		1	1
	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา		1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา		1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา		1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน		1	4
	รวมข้อสอบ/คะแนน					5	16

ตาราง 4 (ต่อ)

สถานการณ์	บูรณาการเนื้อหา		กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม		จำนวน ข้อสอบ	คะแนน เต็ม
	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิทยาศาสตร์		
3. รถไฟเหาะ	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
	-	✓	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
	รวมข้อสอบ/คะแนน				5	16
4. ชี้นำหนังสือ	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
	รวมข้อสอบ/คะแนน				5	16

ตาราง 4 (ต่อ)

สถานการณ์	บูรณาการเนื้อหา		กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม		จำนวน ข้อสอบ	คะแนน เต็ม
	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	เทคโนโลยี		
5. แขนของ หุ่น	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
	รวมข้อสอบ/คะแนน				5	16
6. หุ่นรองเท้า	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
	รวมข้อสอบ/คะแนน				5	16

ตาราง 4 (ต่อ)

สถานการณ์	บูรณาการเนื้อหา		กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม		จำนวน ข้อสอบ	คะแนน เต็ม
	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	เทคโนโลยี		
7. เครื่องผ่อนแรงส่งอาหาร	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
				รวมข้อสอบ/คะแนน	5	16
8. โคมไฟรูปทรงแช่	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
	-	✓	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
				รวมข้อสอบ/คะแนน	5	16

ตาราง 4 (ต่อ)

สถานการณ์	บูรณาการเนื้อหา		กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม		จำนวน ข้อสอบ	คะแนน เต็ม
	วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	เทคโนโลยี		
9. ตีกลู่งระฟ้า	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
				รวมข้อสอบ/คะแนน	5	16
10. เครื่องยก	-	-	-	ระบุปัญหา	1	1
ของ	✓	-	-	รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	1	3
อย่างง่าย	✓	✓	✓	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	1	6
	-	-	✓	วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1	2
	✓	✓	✓	ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	1	4
				รวมข้อสอบ/คะแนน	5	16
รวมคะแนนแบบทดสอบทั้งฉบับ					50	160

เกณฑ์การให้คะแนน

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง วิชาสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ โดยแบบทดสอบมีลักษณะให้นักเรียนใช้องค์ความรู้จากการเรียนวิชาต่าง ๆ ทั้ง 3 วิชา และ 1 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ภายใต้ขอบเขตของสะเต็มศึกษามารบูรณาการในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์เงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทั้ง 5 ขั้นตอน ทั้งนี้การให้คะแนนจะลดหลั่นตามความสามารถของผู้สอบ โดยการให้คะแนนจะพิจารณาเป็นรายข้อและมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อไม่เท่ากัน อยู่ในระดับการบูรณาการในแต่ละข้อตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ถูกลำนำใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางวิชาสะเต็มศึกษา โดยการให้คะแนนจะเป็นรูปแบบการตรวจสอบให้คะแนนบางส่วน การตรวจให้คะแนนด้วยวิธีการนี้ โดยผู้ตรวจต้องอ่านคำตอบและประเมินค่าคุณภาพคำตอบ จำแนกออกเป็นกลุ่ม ๆ จำนวนกลุ่มและคุณภาพของกลุ่มต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนตรวจ อาจแบ่งเป็น 5 ถึง 10 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีช่วงคะแนนกำหนดไว้ จากนั้นก็ตรวจให้คะแนนทีละกลุ่ม โดยเริ่มจากกลุ่มต่ำสุดก่อน ซึ่งการตรวจให้คะแนนแบบนี้เหมาะกับแบบทดสอบอัตนัยชนิดไม่จำกัดคำตอบ

ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อวาดภาพและระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกโดยที่มีความเป็นไปได้ว่าจะสามารถรับน้ำหนักได้อย่างน้อย 100 กิโลกรัม / ไม่ใช้วัสดุที่ทำจากเหล็กและไม่มีวัสดุที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย	เมื่อวาดภาพแต่ไม่ได้ชื่อวัสดุของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกหรือไม่สามารถออกแบบการสร้างพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

ตัวอย่างเครื่องมือ

อ่านสถานการณ์ต่อไปนี้อย่างละเอียดและตอบคำถามข้อ 1 - 5

สถานการณ์ที่ 1 จมลอย



ภาพจาก: มติชนออนไลน์ https://www.matichon.co.th/region/news_690927

ในช่วงฤดูน้ำหลาก พื้นที่ในจังหวัดชัยนาทมักเกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ทำนาของชาวบ้าน โดยเฉพาะในอำเภอสรรพยา เมื่อเกิดปัญหาน้ำท่วมชาวบ้านมักสังเกตเห็นขยะจากพลาสติก ขวดน้ำพลาสติกและขยะอื่น ๆ ลอยมา โดยเฉพาะในย่านชุมชนและสถานที่ต่าง ๆ ชาวบ้านมีความคิดว่าจะหาวิธีนำขยะพลาสติกเหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการสร้างหรือดัดแปลงให้เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถใช้สอยในช่วงน้ำท่วม เป็นการลดปริมาณขยะพลาสติกและช่วยเหลือน้ำในชุมชน

ภารกิจ

นักเรียนจะอย่างไรในการออกแบบยานพาหนะลอยน้ำจากขยะพลาสติก

เงื่อนไข

1. ยานพาหนะต้องรับน้ำหนักได้ อย่างน้อย 100 กิโลกรัม
2. ห้ามใช้วัสดุที่ทำจากเหล็ก
3. ไม่สามารถใช้วัสดุใด ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย

วัสดุ – อุปกรณ์

1. ขวดน้ำพลาสติก ขนาด 600, 1,500 มิลลิลิตร อย่างละ 25 ขวด
2. เชือกฟาง ยาว 100 เมตร
3. ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด 60*120 เซนติเมตร
4. กระดาษลัง 50*50*50 เซนติเมตร
5. แผ่นโฟม ขนาด 60*120 เซนติเมตร
6. เทปผ้า / เทปพลาสติก
7. ฝาถังพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร
8. ด้ามไม้กวาดทางมะพร้าว ยาว 150 เซนติเมตร

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้น คืออะไร

ตอบ.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นตอนการระบุปัญหา (Problem Identification) ทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา แนวคำตอบ - ระบุปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดขยะพลาสติกในชุมชน - ระบุเกี่ยวกับการขาดแคลนยานพาหนะในการสัญจรทางน้ำเวลาเกิดอุทกภัย	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับปัญหา

2. หากนักเรียนต้องเลือกใช้วัสดุที่กำหนดในโจทย์ 5 ชนิด เพื่อนำมาออกแบบยานพาหนะลอยน้ำจากขยะพลาสติก นักเรียนจะเลือกสิ่งใด เพราะเหตุใด (ให้เหตุผลประกอบที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

ตอบ.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

แนวคำตอบ

- เลือกใช้ขวดน้ำพลาสติก เพราะ มีคุณสมบัติที่เบา มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ลอยน้ำได้
- เลือกใช้ฟิวเจอร์บอร์ด เพราะ มีคุณสมบัติที่เบา มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ลอยน้ำได้และหาได้ทั่วไป

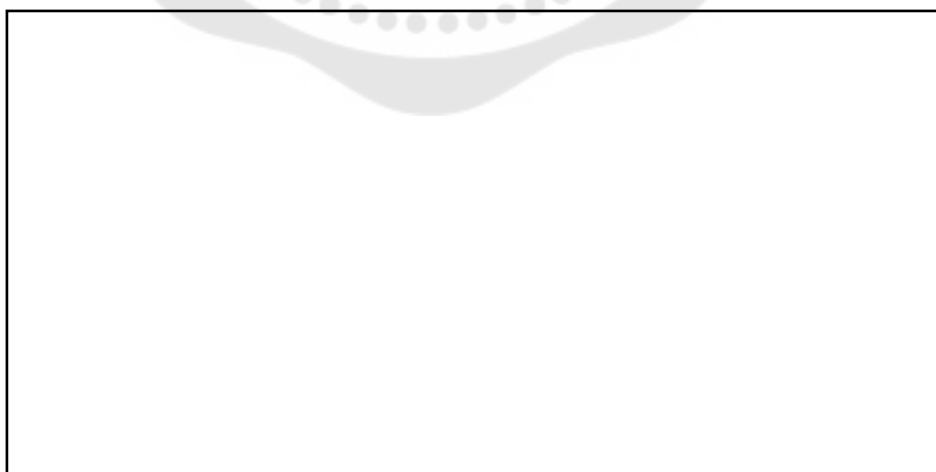
เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อ ระบุ วัสดุ ที่ต้องการ 4-5 ชนิด และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายถึงสมบัติของวัสดุหรือความหนาแน่นของวัสดุ ในการให้เหตุผลประกอบ	เมื่อ ระบุ วัสดุ ที่ต้องการ 2-3 ชนิด และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายถึงสมบัติของวัสดุหรือความหนาแน่นของวัสดุ ในการให้เหตุผลประกอบ	เมื่อระบุวัสดุที่ต้องการได้ 1 ชนิดและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลประกอบได้ หรือสามารถระบุวัสดุที่ต้องการได้แต่ไม่ได้ระบุเหตุผลที่นำมาใช้ในการออกแบบ	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

3.1 วาดภาพของยานพาหนะลอยน้ำจากขยะพลาสติก พร้อมทั้งระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ โดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ห้ามใช้วัสดุที่ทำจากเหล็กและสามารถรับน้ำหนักได้ อย่างน้อย 100 กิโลกรัม

ตอบ



ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อวาดภาพและระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกโดยที่มีความเป็นไปได้ว่าจะสามารถรับน้ำหนักได้อย่างน้อย 100 กิโลกรัม / ไม่ใช้วัสดุที่ทำจากเหล็กและไม่มีวัสดุที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย	เมื่อวาดภาพแต่ไม่ได้ชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกหรือไม่สามารถออกแบบการสร้างพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

3.2 จากรูปภาพที่ออกแบบ พื้นที่ทั้งหมดของยานพาหนะลอยน้ำจากขยะพลาสติกของนักเรียนคือเท่าใด และสามารถคำนวณหาขนาดพื้นที่ได้อย่างไร

ตอบ.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อคำนวณหาขนาดพื้นที่ได้สอดคล้องกับรูปภาพการออกแบบยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้ถูกต้องทั้งหมด	เมื่อคำนวณหาขนาดพื้นที่ได้สอดคล้องกับรูปภาพการออกแบบยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้ถูกต้องบางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

3.3 ในการออกแบบพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติก ให้สามารถรับน้ำหนักได้ถึง 100 กิโลกรัม สามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการออกแบบได้อย่างไร

ตอบ.....

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุเกี่ยวกับแรงลอยตัวและความหนาแน่นของวัสดุแนวคำตอบ - น้ำ มีแรงดันวัสดุให้ลอยขึ้นมา เรียกว่า “แรงลอยตัวหรือแรงพยุง” ซึ่งวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะสามารถลอยน้ำได้ - พื้นที่สัมผัสกับน้ำที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของวัสดุ ถ้าพื้นที่มากจะทำให้ความหนาแน่นของวัสดุลดลงและแรงลอยตัวจะเพิ่มขึ้น - การออกแบบให้วัสดุมีขนาดใหญ่ พื้นที่มากและมีขอบโค้งขึ้นมามากล้นเรือ จะทำให้วัสดุมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ทำให้สามารถลอยตัวได้ดีเนื่องจากมีแรงลอยตัวมาช่วยพยุง	เมื่อระบุเกี่ยวกับแรงลอยตัวหรือความหนาแน่นของวัสดุ เพียงอย่างเดียว หนึ่ง	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

4. นักเรียนมีขั้นตอนในการสร้างพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกตามที่ออกแบบ อย่างไร (ให้ระบุเป็นขั้น)

ตอบ.....

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 4 ขั้นตอนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงขั้นตอนการสร้างพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบทั้งหมด	เมื่อระบุถึงขั้นตอนการสร้างพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบเพียงบางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

5. หากพาทนละลายน้ำจากขวดพลาสติกของนักเรียนเกิดปัญหาไม่สามารถรับน้ำหนักได้ นักเรียนมีวิธีแก้ไขโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ไขอย่างไร

ตอบ.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

แนวคำตอบ

- การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ โดยคำนึงถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของวัสดุ การลดมวลหรือความหนาแน่นของวัสดุ (วิทยาศาสตร์)
- การเพิ่มปริมาตรของวัสดุเพื่อเพิ่มแรงลอยตัวของวัสดุ (วิทยาศาสตร์)
- การเปลี่ยนรูปทรงของชิ้นงาน เป็นรูปทรงต่าง ๆ ที่ทำให้น้ำหนักพาทนสามารถลอยน้ำได้ดีกว่า (คณิตศาสตร์)
- การออกแบบชิ้นงานใหม่ โดยใช้หลักของเทคโนโลยีต่าง ๆ มาช่วย เช่น การใช้เครื่องมือช่างต่าง ๆ เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงาน เป็นต้น (เทคโนโลยี)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 4 คะแนน	คะแนนบางส่วน 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้การบูรณาการความรู้ครบทั้ง 3 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาใช้ในการออกแบบพาทนละลายน้ำจากขวดพลาสติก	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้การบูรณาการความรู้ 2 วิชา	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้ความรู้ เพียง 1 วิชา ไม่มีการบูรณาการความรู้ร่วมกันในวิชาต่าง ๆ	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยที่ไม่มีการนำความรู้ในวิชาต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

5. ตรวจสอบดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (Content Validity Index) โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน แบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา จำนวน 4 คน ซึ่งดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบหาได้จากการคำนวณอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ

(Content Validity Ratio: CVR) ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละชั้น จะให้คะแนนเป็น 1 แต่ถ้าเห็นว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะให้คะแนนเป็น -1 ซึ่ง Lawshe (1975) ได้ให้ลักษณะเฉพาะของอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (Content Validity Ratio: CVR) ที่มีเกณฑ์ 4 ประการ ดังนี้

1. ถ้าผู้เชี่ยวชาญจำนวนน้อยกว่าครึ่งเห็นว่าคำถามไม่สอดคล้อง ค่า CVR เป็น ลบ

2. ถ้าผู้เชี่ยวชาญ เห็นว่าคำถามมีความสอดคล้องและไม่สอดคล้องอย่างละครึ่งค่า CVR เท่ากับศูนย์ (0)

3. ถ้าผู้เชี่ยวชาญมากกว่าครึ่งแต่ไม่ทั้งหมดเห็นว่าคำถามมีความสอดคล้อง ค่า CVR จะมีค่าเป็นบวก (0 – 0.99)

4. ถ้าผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเห็นว่าคำถามมีความสอดคล้อง ค่า CVR เป็น 1
จากนั้นนำค่า CVR รายข้อที่ได้ไปวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (CVI) โดยหาได้จากผลรวมของอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (CVR) หารด้วยจำนวนข้อสอบทั้งหมด เพื่อนำมาใช้ในการวิจัย ทั้งนี้ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (CVI) ที่ดีควรมีค่ามากกว่า 0.80 (ประสพชัย พสุนนท์, 2558)

6. คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพื่อนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน

7. วิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องกันของคะแนนที่ได้จากผู้ประเมินหลายคน โดยมีค่าตั้งแต่ 0-1 หากเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินให้คะแนนนักเรียนได้สอดคล้องกันสูงมาก เข้าใกล้ 0 แสดงว่าผู้ประเมินให้คะแนนนักเรียนได้ไม่สอดคล้องกันมากนัก ซึ่งจะช่วยบ่งชี้ถึงมาตรฐานของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ได้ ซึ่งดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินสามารถประเมินได้หลายกรณี แต่ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการประเมินกรณี พฤติกรรมบ่งชี้หลายตัวนักเรียนหลายคน และผู้ประเมินหลายคน ซึ่งผู้วิจัยได้สุ่มแบบทดสอบจำนวน 20 ฉบับ จากการนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียน จำนวน 50 คน และตรวจให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ผู้ประเมิน 3 คน ได้แก่

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| 1. นางสาวดวงแข มานะปรีชางามเลิศ | ครู โรงเรียนบ้านหนองตะขบ |
| 2. นางสาวชรินทร์ธร สุพรรณกุล | ครู โรงเรียนบ้านหนองตะขบ |
| 3. นางสาวศันสนีย์ ยอดดำเนิน | ผู้วิจัย |

8. วิเคราะห์คุณภาพข้อสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory : CTT) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ดังนี้

8.1 ความยาก (Difficulty) เป็นค่าที่แสดงว่าข้อสอบมีความยากง่ายมากน้อยเพียงใด เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าตั้งแต่ 0.20 – 0.80

8.2 อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นความสามารถของข้อสอบแต่ละข้อในการจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสูงออกจากนักเรียนกลุ่มต่ำได้ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

8.3 ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบ โดยใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach's Alpha) โดยผู้วิจัยจะคัดเลือกข้อสอบเฉพาะสถานการณ์ที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก มาใช้ในการหาความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบที่สามารถนำไปใช้ได้ควรมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.70 ขึ้นไป

9. นำแบบทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท จำนวน 600 คน

10. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) ในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polytomous Item Response Theory) เป็นโมเดลความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เชิงเส้นตรงระหว่างความสามารถของผู้ตอบกับโอกาสการเลือกตอบแต่ละรายการคำตอบสำหรับการตรวจคะแนนรายการข้อมากกว่า 2 ค่า โดยใช้โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM) ที่พัฒนาโดยมูรากิ (Muraki, 1992: 1993) สำหรับโมเดล G-PCM ที่ผู้วิจัยเลือกใช้เพราะว่าเหมาะสมกับแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพราะข้อสอบบูรณาการเป็นข้อสอบอัตนัยที่แต่ละคำถามมีรายการคำตอบแบบมาตราเรียงลำดับ (Ordered categorical Response) ที่จำนวนสเกลและช่องว่างระหว่างสเกลไม่จำเป็นต้องเท่ากันทุกข้อ และมีการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนที่แต่ละข้อมีจำนวนลำดับขั้นของการให้คะแนนแตกต่างกันไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) โดยใช้โปรแกรม IRT Pro 4 ในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ซึ่งทำให้ค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยาก

ของการตอบ (δ_{ij}) และค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของข้อสอบที่มีอยู่ประจำและคงที่ในตัวข้อสอบและไม่ผันแปรไปตามกลุ่มผู้สอบ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

10.1 พารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (Difficulty Parameter) หมายถึง ค่าสเกลระดับความสามารถ (θ) ตรงตำแหน่งที่ตัดกันของรายการโค้งคำตอบ ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบโดยใช้โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM)

10.2 พารามิเตอร์ความชัน (Discrimination Parameter) หมายถึง ระดับความผันแปรของรายการคำตอบระหว่างข้อเมื่อระดับความสามารถ (θ) ของผู้ตอบเปลี่ยนไป ใช้จำแนกบุคคลที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้แตกต่างกันได้ โดยใช้โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM) โดยทั่วไปค่าพารามิเตอร์ความชัน (Discrimination Parameter) ของข้อสอบไม่ควรติดลบและนิยมใช้ข้อสอบที่มีค่าตั้งแต่ +0.50 ถึง +2.50

10.3 สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) หมายถึง ดัชนีที่บ่งชี้ความแม่นยำในการประมาณค่าคุณลักษณะของผู้ตอบ ณ ตำแหน่งความสามารถ (θ) นั้นๆ

10.4 สารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) หมายถึง ผลรวมพีชคณิตของค่าสารสนเทศของข้อสอบในการระบุความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่าคุณลักษณะของผู้ตอบแบบทดสอบที่ระดับความสามารถ (θ) แตกต่างกัน ซึ่งสารสนเทศของแบบทดสอบ มีค่าผกผันกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแบบทดสอบ

แนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม พ.ศ. 2563 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

2. ติดต่อโรงเรียนที่เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 (Try Out) และกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 (กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียนเพื่อกำหนดวัน เวลา สถานที่ วิธีดำเนินการสอบ

2.2 ขออนุญาตประชุมชี้แจงครูที่ได้รับการคัดเลือกมาให้ดำเนินการสอบ โดยชี้แจงในประเด็นเรื่องลักษณะของแบบทดสอบ เวลาในการทำแบบทดสอบและการนำผลคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษารายบุคคลของนักเรียนไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาต่อไป

3. เตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่สอบในแต่ละครั้ง วางแผนดำเนินการสอบและให้คำแนะนำแก่ครูผู้ดำเนินการสอบ ดังนี้

3.1 อธิบายให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบ เพื่อให้นักเรียนตั้งใจทำข้อสอบ

3.2 อธิบายวิธีการตอบแบบทดสอบ เวลาในการทำแบบสอบและการรายงานผลคะแนนรายบุคคลให้แก่ครูผู้สอนวิชาสะเต็มศึกษา ให้นักเรียนเข้าใจก่อนลงมือทำแบบทดสอบ

4. สร้างเกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ แบ่งตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5. ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

5. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของคะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการรายงานผลการทดสอบ เพื่อใช้ข้อมูลสำหรับพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้จัดกระทำและทำการวิเคราะห์ข้อมูล ในการทดลองเครื่องมือ มีแนวทางในการวิเคราะห์เครื่องมือ (อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล, 2560) ดังนี้

1. ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) ใช้ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบโดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ จำนวน 7 คน และจากการทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียน 50 คน เพื่อพิจารณาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

1.1 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (Content Validity Index)

1.2 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI)

1.3 ความยาก (Difficulty)

1.4 อำนาจจำแนก (Discrimination)

1.5 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability)

2. ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) ใช้ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบหลักจากการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยจะพิจารณาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

2.1 พารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ (Difficulty Parameter)

2.2 พารามิเตอร์ความชัน (Discrimination Parameter)

2.3 สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information)

2.4 สารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information)

3. การศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

3.1 การสร้างเกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษา ทั้ง 5 ชั้น ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.2 การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม

5.1.1 อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (Content Validity Ratio: CVR) เป็นค่าที่แสดงว่าข้อสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถวัดได้สอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ซึ่งคำนวณได้จากสูตรการหาอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบของ Lawshe (1975) อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี (2554)

สูตร

$$CVR_i = \frac{\left(n_e - \frac{N}{2}\right)}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ	CVR_i	แทน	อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ ข้อที่ i
	n_e	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ตัดสินว่าข้อสอบข้อที่ i สอดคล้องกับเนื้อหาหรือจุดมุ่งหมาย
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

5.1.2 ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (Content Validity Index: CVI) เป็นค่าที่แสดงว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถวัดได้สอดคล้องตามเนื้อหาและจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ตรงตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย ซึ่งคำนวณได้จากสูตรของ Lawshe, 1975 อ้างถึงใน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2554)

สูตร

$$CVI = \frac{\sum_{i=1}^k CVR_i}{k}$$

เมื่อ CVI แทน ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ
 CVR_i แทน อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบข้อที่ i
 k แทน จำนวนข้อสอบ

5.1.3 ความยาก (Difficulty) ของข้อสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยจะพิจารณาคะแนนรวมของผู้สอบทุกคนแล้วแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้เทคนิค 25% ของจำนวนนักเรียนที่เข้าสอบคือกลุ่มเก่ง (คะแนนสูง) และกลุ่มอ่อน (คะแนนต่ำ) แล้วนำมาวิเคราะห์ความยากของข้อสอบอัตนัยโดยใช้สูตรของวิทนีและซาเบอร์ Whitney, D.R. & Sabers, D.L., 1970 อ้างถึงใน ไพศาล วรคำ (2556)

สูตร

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2Nx_{min})}{2N(x_{max} - x_{min})}$$

เมื่อ P_E แทน ดัชนีความยาก
 S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
 S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน (เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)
 x_{max} แทน คะแนนสูงสุด
 x_{min} แทน คะแนนต่ำสุด

5.1.4 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของข้อสอบ โดยใช้สูตรการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอัตนัยวิธีนี้และซาเบอร์ Whitney, D.R. & Sabers, D.L., 1970 อ้างถึงใน กฤษฎากาญจน์ ไตพิทักษ์ (2560) ดังนี้

สูตร

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(x_{max} - x_{min})}$$

เมื่อ D	แทน	ดัชนีอำนาจจำแนก
S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน (เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)
x_{max}	แทน	คะแนนสูงสุด
x_{min}	แทน	คะแนนต่ำสุด

5.1.5 ความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ สำหรับประมาณค่าความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach alpha procedure) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ดังนี้

สูตร

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_x^2} \right\}$$

เมื่อ α	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบสอบ
k	แทน	จำนวนข้อสอบ
s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมส่วนที่ i
s_x^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวม x

5.1.6 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องกันของคะแนนที่ได้จากผู้ประเมินหลายคน โดยใช้สูตรการประเมินกรณีพฤติกรรมบ่งชี้หลายตัว นักเรียนหลายคน และผู้ประเมินหลายคน (สุรชัย มีชาญ, 2547)

สูตร

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |R_{mnk} - \bar{R}_{nk}|}{KN(M-1)(I-1)}$$

เมื่อ RAI แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน
 R_{mnk} แทน คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ m ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k
 $\bar{R}_{nk}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k ซึ่งหาได้จากสูตร

$$\bar{R}_{nk} = \frac{\sum_{m=1}^M R_{mnk}}{M}$$

K แทน จำนวนของพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด
 N แทน จำนวนของนักเรียนทั้งหมด
 M แทน จำนวนผู้ประเมินทั้งหมด
 I แทน จำนวนของคะแนนที่เป็นไปได้ทั้งหมด
 (ตามเกณฑ์การให้คะแนน)

5.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ

การวิเคราะห์โมเดล G-PCM อธิบายด้วยค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) และค่าพารามิเตอร์ความชันของข้อคำถาม (α_i) พังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของโมเดลนี้เขียนแทนค่าพารามิเตอร์ความชันลงในสูตรของโมเดล ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

สูตร

$$P_{ix}(\theta) = \frac{\exp\left[\sum_{j=0}^x \alpha_i (\theta - \delta_{ij})\right]}{\sum_{r=0}^{m_i} \left[\exp \sum_{j=0}^r \alpha_i (\theta - \delta_{ij})\right]}$$

$P_{ix}(\theta)$ แทน ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบซึ่งมีคุณลักษณะ θ จะตอบข้อ i ด้วยการเลือกหรือสามารถทำรายการคำตอบขั้นที่ X จากจำนวน m_i ขั้น (Step)

δ_{ij} แทน ค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบที่ j ใน ข้อ i (Item step difficulty)
เมื่อ $j = 1, 2, \dots, m_i$

α_i แทน ค่าพารามิเตอร์ความชันของข้อคำถามที่ i

5.3 สถิติที่ใช้ในการศึกษาผลการทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้การวิเคราะห์สถิติบรรยาย (Descriptive Statistics) (สมนึก ภัททิยธนี, 2553)

5.3.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) หรือค่าตัวกลางเลขคณิต (Arithmetic Mean) โดยใช้สูตร (พิสณู ฟองศรี, 2554)

สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง
 X แทน คะแนนของแต่ละคน
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนของแต่ละคน
 N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

5.3.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) คำนวณได้จากสูตร (พิณ
พองศรี, 2554)

$$\text{สูตร } S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	แทน	ข้อมูลแต่ละจำนวน
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	N	แทน	จำนวนข้อมูล
	Σ	แทน	ผลรวม



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการสื่อความหมายที่ตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อ ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง/จำนวนผู้ตอบแบบทดสอบ
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
δ_{ij}	แทน	ค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ
α_i	แทน	ค่าพารามิเตอร์ความชัน
θ	แทน	ระดับความสามารถของผู้สอบ
T.I.	แทน	สารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information)
CVR	แทน	อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
CVI	แทน	ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
RAI	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน
p	แทน	ความยาก (Difficulty)
r	แทน	อำนาจจำแนก (Discrimination)
s.e.	แทน	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
กศจ.	แทน	สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท
สพป.	แทน	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท
สพม.	แทน	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 5 (จังหวัดชัยนาท)
อบจ.	แทน	องค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยนาท
สศศ.	แทน	สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษจังหวัดชัยนาท

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบคำอธิบาย โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน ตามลำดับ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ส่วนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 ผลการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

การสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้นโดยการตรวจสอบดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน จากนั้นทำการคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญไปใช้ในเก็บข้อมูลกับนักเรียนกลุ่ม Try Out เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ทั้ง 4 สังกัด จำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่จะนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 600 คน ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (CVR) จากผู้เชี่ยวชาญ 7 คน มีค่าตั้งแต่ 0.71 ถึง 1 ทั้งนี้จากจำนวนข้อสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 70 ข้อ 10 สถานการณ์ มีผู้เชี่ยวชาญที่เห็นว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแต่ละขั้น มีค่า CVR เป็น 1 จำนวน 68 ข้อ และมีข้อสอบที่มีค่า CVR ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ 0.99 ขึ้นไป Lawshe (1975) อ้างถึงใน ประสพชัย พสุนนท์ (2558) จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ข้อที่ 6 และข้อที่ 13.2 ผู้วิจัยต้องตัดสถานการณ์ที่มีข้อสอบไม่ผ่านเกณฑ์ออกจากแบบทดสอบทำให้เหลือข้อสอบที่สามารถนำไปใช้ได้ ทั้งหมด 8 สถานการณ์ รวม 56 ข้อ

2. การตรวจสอบดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ (CVI) โดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งหาได้จากการประเมินอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (CVR) พบว่า

มีค่า CVI เท่ากับ 1.00 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.80 จึงสามารถนำแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียน จำนวน 50 คน ได้

3. การประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงมาตรฐานของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ได้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้การประเมินกรณี โดยใช้พฤติกรรมบ่งชี้ 5 ด้าน ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน ใช้ข้อมูลคะแนนจากนักเรียน 20 คน และผู้ประเมิน 3 คน ในการตรวจให้คะแนน จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) มีค่าเท่ากับ 0.93 เข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินให้คะแนนนักเรียนได้สอดคล้องกันสูงมาก เพราะฉะนั้น แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) เพื่อพิจารณาคูณภาพของแบบทดสอบ ได้แก่ ความยาก (Difficulty) อำนาจจำแนก (Discrimination) และความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งแสดงผลในตารางต่อไปนี้

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม

สถานการณ์	ข้อ	p	แปลผล	r	แปลผล	ผลการพิจารณา
จملอย	1	0.54	ยากง่ายปานกลาง	0.46	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	2	0.47	ยากง่ายปานกลาง	0.54	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	3.1	0.53	ยากง่ายปานกลาง	0.33	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	3.2	0.50	ยากง่ายปานกลาง	0.51	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	3.3	0.48	ยากง่ายปานกลาง	0.45	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	4	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.42	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	5	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.38	จำแนกได้	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สถานการณ์	ข้อ	p	แปลผล	r	แปลผล	ผลการพิจารณา
ชั้นหนังสือ	6	0.65	ค่อนข้างง่าย	0.69	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	7	0.69	ค่อนข้างง่าย	0.41	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	8.1	0.43	ยากง่ายปานกลาง	0.37	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	8.2	0.55	ยากง่ายปานกลาง	0.52	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	8.3	0.41	ยากง่ายปานกลาง	0.44	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	9	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.42	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	10	0.44	ยากง่ายปานกลาง	0.31	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
แขนของชั้น	11	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.23	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	12	0.62	ค่อนข้างง่าย	0.62	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	13.1	0.57	ยากง่ายปานกลาง	0.44	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	13.2	0.41	ยากง่ายปานกลาง	0.54	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	13.3	0.39	ค่อนข้างยาก	0.48	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	14	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.27	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	15	0.41	ยากง่ายปานกลาง	0.10	จำแนกไม่ได้	ตัดทิ้ง
ชั้นรองเท้า	16	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.46	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	17	0.77	ค่อนข้างง่าย	0.36	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	18.1	0.53	ยากง่ายปานกลาง	0.45	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	18.2	0.58	ยากง่ายปานกลาง	0.50	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	18.3	0.49	ยากง่ายปานกลาง	0.47	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	19	0.80	ยากง่ายปานกลาง	0.38	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	20	0.60	ยากง่ายปานกลาง	0.38	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
เครื่องผ่อนแรง	21	0.65	ค่อนข้างง่าย	0.69	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	22	0.55	ยากง่ายปานกลาง	0.44	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	23.1	0.42	ยากง่ายปานกลาง	0.46	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	23.2	0.59	ยากง่ายปานกลาง	0.42	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	23.3	0.60	ยากง่ายปานกลาง	0.41	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	24	0.58	ยากง่ายปานกลาง	0.38	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	25	0.55	ยากง่ายปานกลาง	0.21	จำแนกได้	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

สถานการณ์	ข้อ	p	แปลผล	r	แปลผล	ผลการพิจารณา
คอมพิวเตอร์ เรขาคณิต	26	0.65	ค่อนข้างง่าย	0.38	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	27	0.60	ยากง่ายปานกลาง	0.50	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	28.1	0.50	ยากง่ายปานกลาง	0.38	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	28.2	0.44	ยากง่ายปานกลาง	0.35	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	28.3	0.59	ยากง่ายปานกลาง	0.31	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	29	0.60	ยากง่ายปานกลาง	0.38	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	30	0.58	ยากง่ายปานกลาง	0.23	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
ตึกสูงระฟ้า	31	0.69	ค่อนข้างง่าย	0.62	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	32	0.49	ยากง่ายปานกลาง	0.51	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	33.1	0.62	ค่อนข้างง่าย	0.41	จำแนกได้	พอใช้ได้
	33.2	0.82	ง่ายเกินไป	0.11	จำแนกไม่ได้	ตัดทิ้ง
	33.3	0.60	ยากง่ายปานกลาง	0.25	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	34	0.67	ค่อนข้างง่าย	0.35	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	35	0.48	ยากง่ายปานกลาง	0.19	จำแนกไม่ได้	ตัดทิ้ง
เครื่องยกของ อย่างง่าย	36	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.54	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	37	0.53	ยากง่ายปานกลาง	0.28	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	38.1	0.62	ค่อนข้างง่าย	0.41	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	38.2	0.82	ง่ายเกินไป	0.18	จำแนกไม่ได้	ตัดทิ้ง
	38.3	0.66	ยากง่ายปานกลาง	0.38	จำแนกได้	นำไปใช้ได้
	39	0.54	ยากง่ายปานกลาง	0.15	จำแนกไม่ได้	ตัดทิ้ง
	40	0.45	ยากง่ายปานกลาง	0.08	จำแนกไม่ได้	ตัดทิ้ง

จากตาราง พบว่า ข้อสอบมีค่าความยาก (p) มีค่าตั้งแต่ 0.39 ถึง 0.82 คือ ข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (0.39) ไปจนถึง ข้อสอบที่ง่ายเกินไป (0.82) เมื่อจำแนกตามเกณฑ์ทำให้สามารถคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก (p) สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้ 6 สถานการณ์ ได้แก่ จมลอย ชั้นหนังสือ แขนของชั้น ชั้นรองเท้า เครื่องผ่อนแรง และคอมพิวเตอร์เรขาคณิต และมีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก (p) จำนวน 2 สถานการณ์ ได้แก่ ตึกสูงระฟ้าและเครื่องยกของอย่างง่าย โดยเป็นข้อสอบที่ง่ายเกินไป คือข้อที่ 33.2 และ 38.2

ค่าอำนาจจำแนก (r) พบว่า ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.08 ถึง 0.69 เมื่อจำแนกตามเกณฑ์ สามารถคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก (r) สามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้ 5 สถานการณ์ ได้แก่ จมลอย ขึ้นหนังสือ ขึ้นรองเท้า เครื่องผ่อนแรงและโคมไฟ รูปทรงเรขาคณิต และมีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก (r) จำนวน 3 สถานการณ์ ได้แก่ แขนของขึ้น ตึกสูงระฟ้า และเครื่องยกของอย่างง่าย โดยมีข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกผู้สอบได้จำนวน 12 ข้อ คือข้อที่ 15, 33.2, 35, 38.2, 39 และ 40

ดังนั้น ผลการคัดเลือกข้อสอบในแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) พบว่า มีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ทั้งหมด 12 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 15, 33.2, 35, 38.2, 39 และ 40 ซึ่งอยู่ใน 3 สถานการณ์ ได้แก่ ขึ้นรองเท้า ตึกสูงระฟ้า และเครื่องยกของอย่างง่าย ซึ่งผู้วิจัยได้คัดสถานการณ์ทั้ง 3 สถานการณ์ออกจากแบบทดสอบ ทำให้มีสถานการณ์ที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) 5 สถานการณ์ ได้แก่ จมลอย, ขึ้นหนังสือ, แขนของขึ้น, เครื่องผ่อนแรงและโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต โดยมีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.69

ความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α – Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach Alpha Procedure) ทั้ง 5 สถานการณ์ ที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) พบว่า มีค่าความเชื่อมั่น 0.94 ซึ่งถือว่าแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง

ส่วนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

หลังจากดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 600 คน ผู้วิจัยสามารถเก็บแบบทดสอบคืนมาได้จำนวน 543 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 90.5 เพื่อนำมาตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

1. ผลตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ด้วยการตรวจสอบความเป็นเอกมิติหรือมิติเดียว (Unidimensionality) โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เพื่อดำหนดค่าไอเกน (Eigen Value) ด้วยโปรแกรม SPSS ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ด้วยการตรวจสอบ
ความเป็นเอกมิติ (Unidimensionality) ของแบบทดสอบ

Total Variance Explained						
Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	12.955	37.015	37.015	12.955	37.015	37.015
2	1.633	4.664	41.680	1.633	4.664	41.680
3	1.440	4.115	45.794	1.440	4.115	45.794
4	1.216	3.474	49.268	1.216	3.474	49.268
5	1.134	3.240	52.509	1.134	3.240	52.509
6	1.029	2.941	55.449	1.029	2.941	55.449
7	.947	2.705	58.155			
...						
...						
...						
31	.302	.863	97.250			
32	.277	.791	98.041			
33	.259	.740	98.781			
34	.238	.679	99.460			
35	.189	.540	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

จากตาราง ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ พบว่า เมื่อพิจารณาค่าไอเกน (Eigen value) ขององค์ประกอบแรกและองค์ประกอบถัดไปจากการนำมาหาอัตราส่วนของความแปรปรวนขององค์ประกอบแรกต่อความแปรปรวนขององค์ประกอบที่สอง (E1/E2) มีค่าเท่ากับ 7.94 ซึ่งมากกว่า 3.00 บ่งบอกถึงความเป็นเอกมิติตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

2. ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ (Difficulty Parameter) และค่าพารามิเตอร์ความชัน (Discrimination Parameter) เป็นการวิเคราะห์ข้อสอบจากคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้จากแบบทดสอบ ซึ่งแบ่งเป็น 5 ชั้น ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

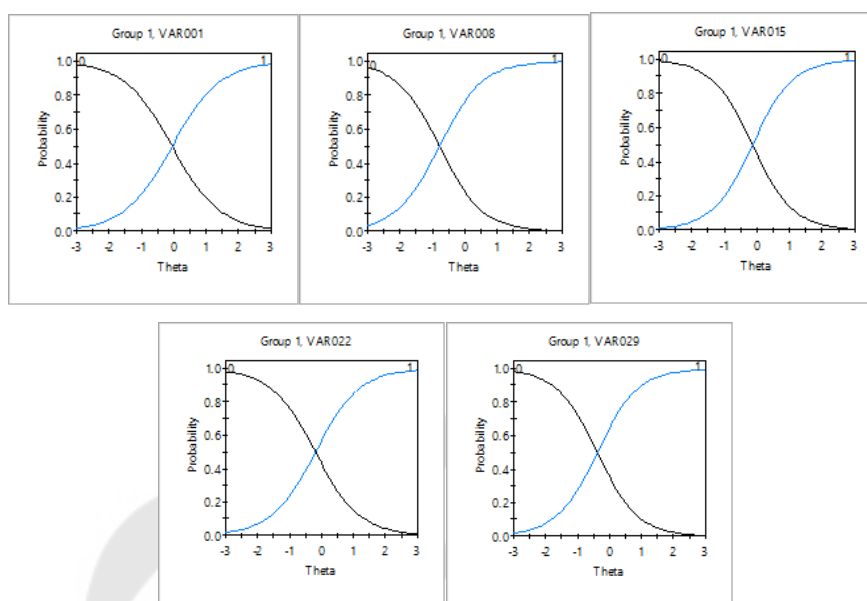
2.1 ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันหรือค่าอำนาจจำแนกและค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0, 1 ทำให้ได้ระดับชั้นความยากของการตอบ 1 ระดับ ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบในขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

ข้อสอบ	α_i	s.e.	δ_1	s.e.	χ^2	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

จากตารางวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน สูงสุดคือข้อที่ 11, 21 และ 6 มีค่าเท่ากับ 1.60, 1.55 และ 1.50 ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน ต่ำสุดคือข้อที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1.34 ทั้งนี้ข้อสอบทั้ง 5 ข้อ มีพารามิเตอร์ความชัน อยู่ตั้งแต่ 1.34 ถึง 1.60 มีค่าเป็นบวก (+) สามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ดี ดังแสดงในภาพประกอบ 9

สำหรับค่าพารามิเตอร์ชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) พบว่า δ_1 ของข้อสอบทั้ง 5 ข้อ มีค่า δ_1 ตั้งแต่ -0.78 ถึง -0.05 และมีค่าเข้าใกล้ -2.50 แสดงว่าในขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย ทั้งนี้ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ชั้นความยากของการตอบสูงสุดคือข้อที่ 1, 11 และ 16 มีค่าเท่ากับ -0.05, -0.13 และ -0.19 ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ชั้นความยากของการตอบ ต่ำสุดคือข้อที่ 6 มีค่าเท่ากับ -0.78



ภาพประกอบ 9 โค้งรายการคำตอบข้อ 1, 6, 11, 16 และ 21

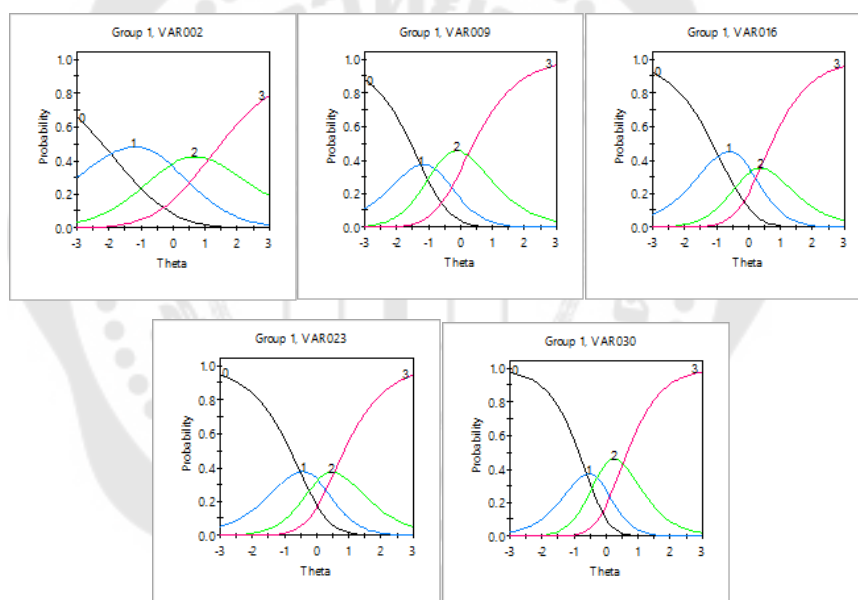
2.2 ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีการให้คะแนนเป็น 0, 1, 2, 3 ทำให้ระดับขั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 3 ระดับ มีผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบในขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ข้อ	α_i	s.e.	พารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij})						χ^2	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

จากตารางวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นที่ 2 ขึ้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พบว่า พารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 1.58 ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) สูงสุดคือข้อที่ 22 มีค่าเท่ากับ 1.58 ส่วนข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ต่ำสุดคือข้อที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.75 จะสังเกตได้ว่าไค์รายการคำตอบของข้อที่ 22 มีความชันสูงสุด เพราะค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) สูงที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบ 10

เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (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 $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$ อาจกล่าวได้ว่า ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับจากการตอบขั้นที่ง่ายที่สุดไปยังการตอบขั้นที่ยากที่สุด



ภาพประกอบ 10 ไค์รายการคำตอบข้อ 2, 7, 12, 17 และ 22

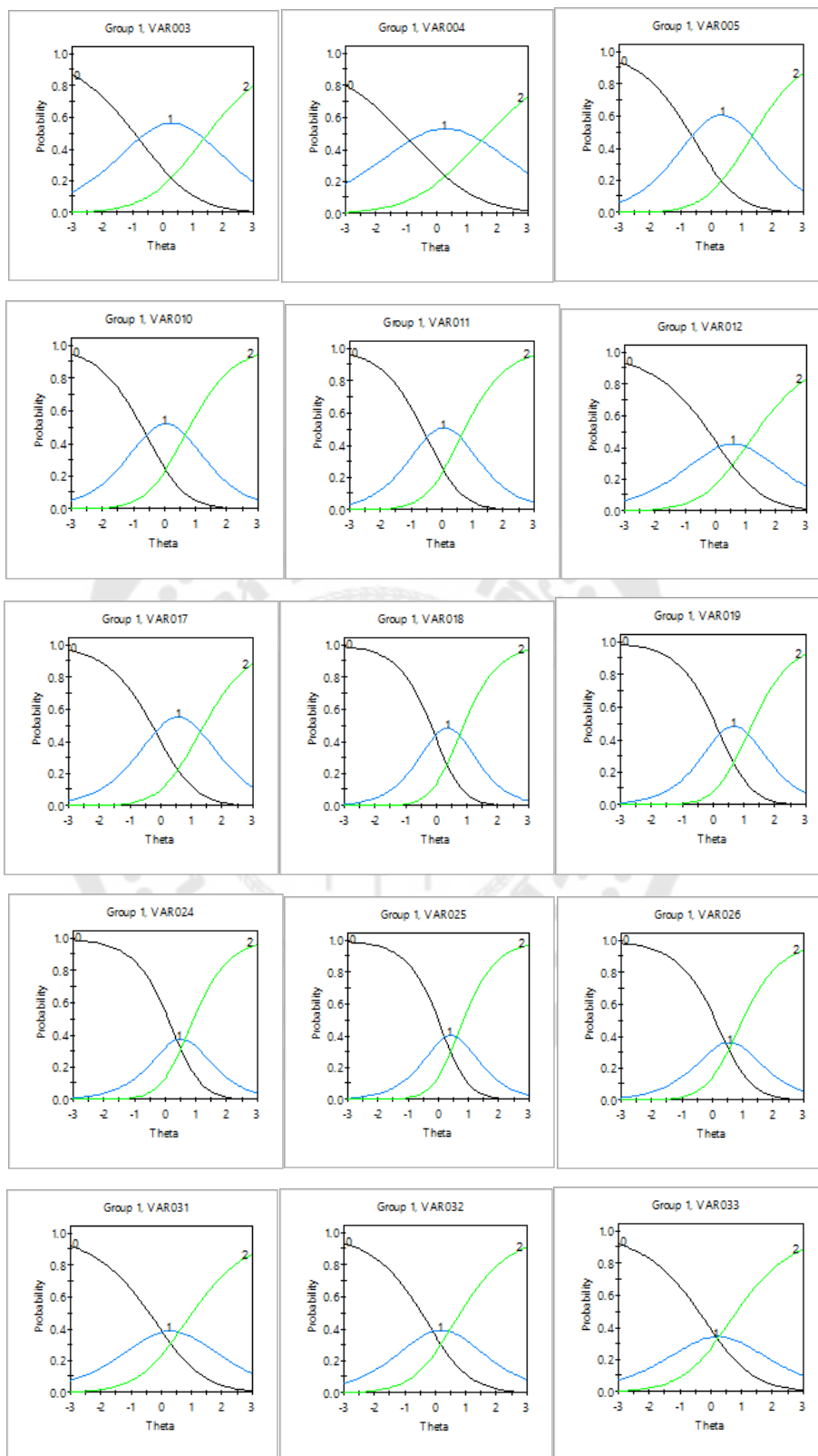
2.3 ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0, 1, 2 ทำให้ระดับขั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 2 ระดับ มีผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ และค่าพารามิเตอร์ความชัน ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ข้อ	α_i	s.e.	พารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij})				χ^2	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

จากตารางวิเคราะห์ข้อมูล ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า พารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.55 ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) สูงสุดคือข้อที่ 13.2 มีค่าเท่ากับ 1.55 ส่วนข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ต่ำสุดคือข้อที่ 23.3 มีค่าเท่ากับ 0.80 จะสังเกตได้ว่าไค้รายการคำตอบของข้อที่ 13.2 มีความชันสูงสุด เพราะค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) สูงที่สุด ดังที่แสดงในภาพประกอบ 11

เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (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 ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับจากการตอบขั้นที่ง่ายที่สุดไปยังการตอบขั้นที่ยากที่สุด



ภาพประกอบ 11 ได้ั้รายการคำตอบข้อ 3.1, 3.2, 3.3, 8.1, 8.2, 8.3, 13.1, 13.2, 13.3, 18.1, 18.2, 18.3, 23.1, 23.2 และ 23.3

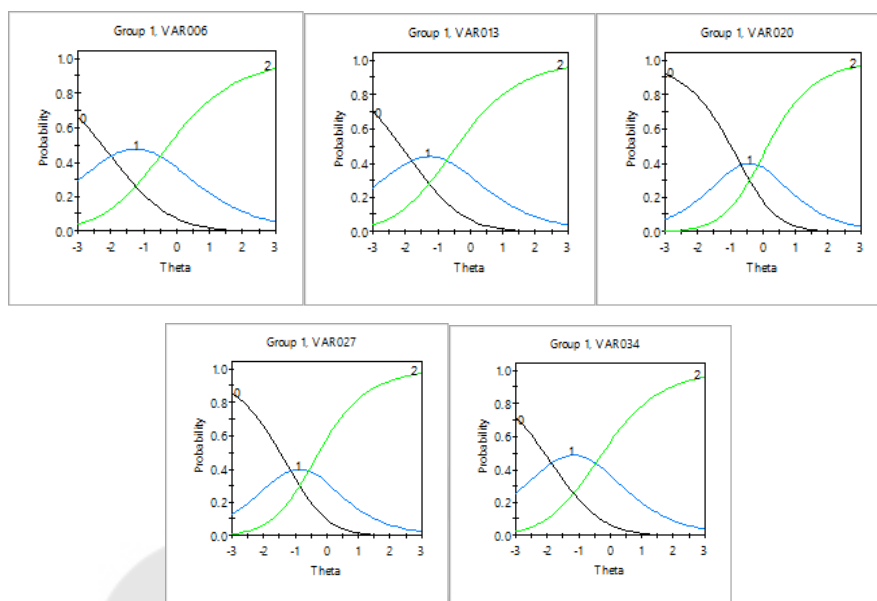
2.4 ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0, 1, 2 ทำให้ระดับชั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 2 ระดับ มีผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ และค่าพารามิเตอร์ความชัน ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ ในขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ข้อ	α_i	s.e.	พารามิเตอร์ชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij})				χ^2	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

จากตารางวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา พบว่า พารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.81 ถึง 1.10 ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) สูงสุดคือ ข้อที่ 14 มีค่าเท่ากับ 1.10 ส่วนข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ต่ำสุดคือข้อที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.81 จะสังเกตได้ว่าไค้รายการคำตอบของข้อที่ 14 มีความชันสูงสุด เพราะค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) สูงที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบ 12

เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) พบว่า δ_1 มีค่าตั้งแต่ -0.74 ถึง -0.26 และ δ_2 มีค่าตั้งแต่ 0.26 ถึง 0.74 โดยทุกข้อมีค่า $\delta_1 < \delta_2$ อาจกล่าวได้ว่า ชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับจากการตอบในขั้นที่ง่ายที่สุดไปยังขั้นที่ยากที่สุด



ภาพประกอบ 12 ไค์รายการคำตอบข้อ 4, 9, 14, 19 และ 24

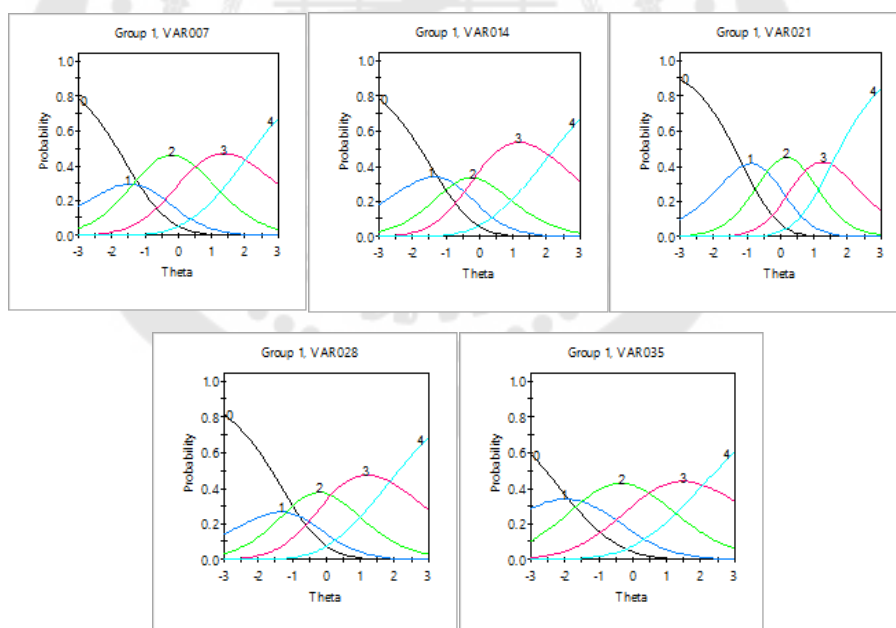
2.5 ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ
 ชิ้นงาน ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0, 1, 2, 3, 4 ทำให้
 ระดับขั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 4 ระดับ มีผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ระดับขั้นความ
 ยากของการตอบและค่าพารามิเตอร์ความชัน ดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชันและค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของ
 การตอบ ในขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ของ
 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ข้อ	α	s.e.	พารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij})								χ^2	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

จากตารางวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นที่ 5 ขั้นตอนสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า พารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.66 ถึง 1.18 ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) สูงสุดคือข้อที่ 15 มีค่าเท่ากับ 1.18 ส่วนข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ต่ำสุดคือข้อที่ 25 มีค่าเท่ากับ 0.66 จะสังเกตได้ว่า ใ้คงรายการคำตอบของข้อที่ 15 มีความชันสูงสุด เพราะค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) สูงที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบ 13

เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ชันความยากของการตอบ (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 $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3 < \delta_4$ อาจกล่าวได้ว่า ชันความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับจากการตอบขึ้นที่ง่ายที่สุดไปยังการตอบขึ้นที่ยากที่สุด แตกต่างจากข้อที่ 10 และ 20 ที่มีค่าพารามิเตอร์ชันความยากของการตอบ (δ_{ij}) ไม่เรียงลำดับจากการตอบจากง่ายที่สุดไปยากที่สุด



ภาพประกอบ 13 ใ้คงรายการคำตอบข้อ 5, 10, 15, 20 และ 25

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) ของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่วิเคราะห์ตามโมเดล G-PCM

ตาราง 13 ข้อมูลสารสนเทศของข้อสอบในแต่ละระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อ	ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ)														
	-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
1	0.04	0.07	0.11	0.18	0.26	0.35	0.42	0.45	0.41	0.33	0.24	0.16	0.10	0.06	0.04
2	0.19	0.23	0.27	0.32	0.35	0.39	0.41	0.42	0.40	0.37	0.33	0.28	0.23	0.18	0.14
3.1	0.11	0.14	0.17	0.21	0.25	0.29	0.31	0.33	0.33	0.32	0.30	0.27	0.23	0.19	0.15
3.2	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.22	0.23	0.22	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13
3.3	0.10	0.14	0.20	0.28	0.35	0.42	0.48	0.50	0.51	0.50	0.47	0.41	0.34	0.26	0.19
4	0.23	0.27	0.31	0.34	0.35	0.33	0.30	0.26	0.22	0.17	0.14	0.10	0.08	0.06	0.04
5	0.25	0.35	0.48	0.60	0.68	0.69	0.66	0.60	0.55	0.51	0.46	0.42	0.36	0.31	0.25
6	0.10	0.17	0.27	0.39	0.51	0.56	0.52	0.40	0.28	0.17	0.10	0.06	0.03	0.02	0.01
7	0.23	0.37	0.57	0.83	1.08	1.20	1.14	0.95	0.72	0.52	0.36	0.24	0.16	0.10	0.06
8.1	0.09	0.15	0.22	0.32	0.45	0.57	0.68	0.72	0.69	0.60	0.47	0.35	0.24	0.16	0.10
8.2	0.08	0.13	0.21	0.32	0.46	0.63	0.77	0.84	0.80	0.68	0.52	0.36	0.24	0.15	0.09
8.3	0.06	0.08	0.11	0.15	0.21	0.27	0.33	0.39	0.42	0.42	0.38	0.32	0.26	0.20	0.15
9	0.24	0.30	0.35	0.39	0.40	0.38	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13	0.09	0.07	0.05	0.04
10	0.22	0.31	0.43	0.57	0.70	0.78	0.78	0.71	0.60	0.50	0.42	0.36	0.31	0.26	0.22
11	0.04	0.06	0.12	0.20	0.33	0.49	0.61	0.63	0.53	0.38	0.24	0.14	0.08	0.04	0.02
12	0.14	0.22	0.33	0.49	0.70	0.95	1.19	1.29	1.17	0.89	0.59	0.37	0.22	0.14	0.08
13.1	0.06	0.09	0.14	0.21	0.30	0.41	0.52	0.61	0.66	0.65	0.60	0.51	0.39	0.29	0.20
13.2	0.03	0.06	0.11	0.20	0.35	0.57	0.86	1.14	1.24	1.10	0.81	0.53	0.32	0.18	0.10
13.3	0.03	0.05	0.08	0.14	0.24	0.37	0.56	0.78	0.94	0.97	0.86	0.65	0.45	0.29	0.18
14	0.12	0.18	0.27	0.40	0.55	0.67	0.72	0.67	0.54	0.39	0.27	0.18	0.11	0.07	0.05

ตาราง 13 (ต่อ)

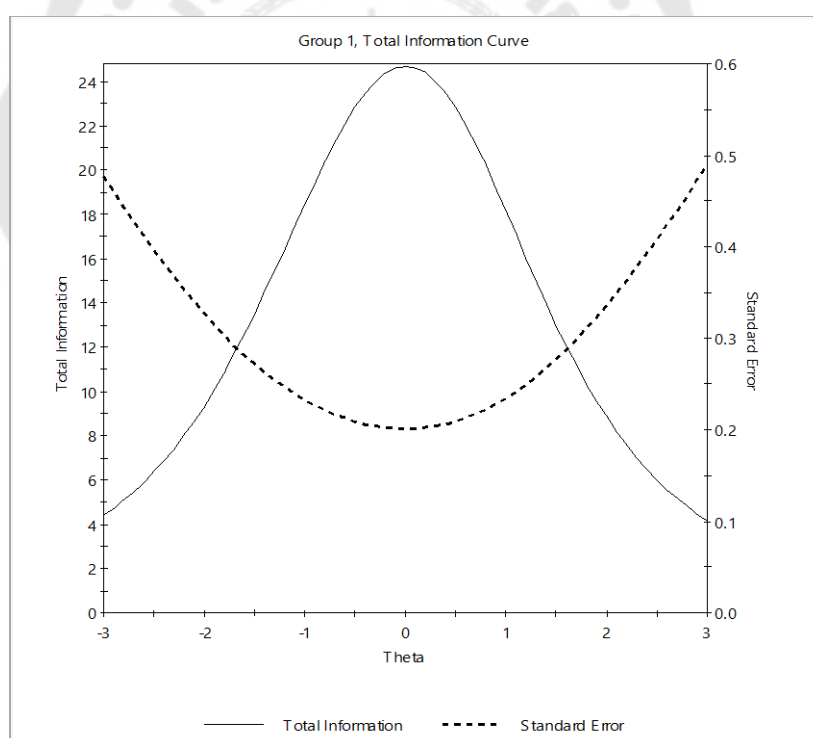
ข้อ	ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ)														
	-2.8	-2.4	-2.0	-1.6	-1.2	-0.8	-0.4	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8
15	0.18	0.28	0.43	0.62	0.83	1.01	1.13	1.16	1.15	1.10	0.99	0.81	0.61	0.42	0.28
16	0.05	0.08	0.13	0.21	0.32	0.43	0.50	0.50	0.43	0.32	0.22	0.14	0.08	0.05	0.03
17	0.09	0.15	0.24	0.38	0.60	0.88	1.17	1.32	1.21	0.94	0.64	0.41	0.26	0.16	0.10
18.1	0.02	0.04	0.07	0.13	0.22	0.38	0.63	0.93	1.14	1.08	0.82	0.53	0.32	0.18	0.10
18.2	0.02	0.04	0.08	0.15	0.26	0.47	0.77	1.13	1.32	1.17	0.83	0.50	0.29	0.16	0.09
18.3	0.03	0.05	0.08	0.13	0.21	0.35	0.54	0.76	0.91	0.89	0.71	0.50	0.32	0.19	0.12
19	0.19	0.28	0.39	0.51	0.60	0.63	0.58	0.47	0.35	0.25	0.17	0.11	0.08	0.05	0.03
20	0.20	0.28	0.40	0.54	0.66	0.73	0.72	0.66	0.57	0.49	0.42	0.36	0.30	0.25	0.20
21	0.05	0.10	0.17	0.28	0.41	0.54	0.60	0.55	0.43	0.29	0.18	0.10	0.06	0.03	0.02
22	0.08	0.15	0.29	0.54	0.97	1.56	2.01	1.96	1.54	1.06	0.67	0.40	0.23	0.13	0.07
23.1	0.07	0.09	0.13	0.18	0.23	0.30	0.36	0.41	0.42	0.39	0.34	0.27	0.21	0.16	0.11
23.2	0.07	0.10	0.15	0.21	0.29	0.39	0.48	0.53	0.53	0.47	0.38	0.29	0.21	0.15	0.10
23.3	0.07	0.09	0.13	0.18	0.24	0.31	0.37	0.41	0.41	0.38	0.32	0.25	0.19	0.14	0.10
24	0.25	0.32	0.38	0.42	0.44	0.43	0.39	0.33	0.26	0.20	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04
25	0.26	0.31	0.36	0.40	0.42	0.42	0.41	0.39	0.37	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19

จากตาราง 13 ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่วิเคราะห์ตามโมเดล G-PCM ให้ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) สูงสุด เมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = 0 จำนวน 10 ข้อ คือข้อที่ 1, 2, 3.1, 8.1, 8.2, 11, 12, 15, 16 และ 17 เมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = 0.4 จำนวน 9 ข้อ คือข้อที่ 3.2, 3.3, 13.2, 18.1, 18.2, 18.3, 23.1, 23.2 และ 23.3 เมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = 0.8 จำนวน 3 ข้อ คือข้อที่ 8.3, 13.1 และ 13.3 เมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = -0.4 จำนวน 3 ข้อ คือข้อที่ 14, 21 และ 22 เมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = -0.8 จำนวน 6 ข้อ คือข้อที่ 6, 7, 10, 19, 20 และ 25 และเมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = -1.2 จำนวน 4 ข้อ คือข้อที่ 4, 5, 9 และ 24 โดยข้อที่ให้ค่าสารสนเทศของข้อสอบสูงสุด คือข้อที่ 22 ให้ค่าสารสนเทศของข้อสอบสูงสุด เท่ากับ 2.01 ที่ระดับความสามารถ (θ) = -0.4

4. สารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) และโค้งสารสนเทศของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตาราง 14 ข้อมูลสารสนเทศของแบบทดสอบ ในแต่ละระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อ	ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ)														
	-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	0.25	0.22	0.21	0.20	0.21	0.22	0.2	0.29	0.34	0.39	0.46



ภาพประกอบ 14 โค้งสารสนเทศของแบบทดสอบ

จากตาราง 14 และภาพประกอบ 14 พบว่า แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่วิเคราะห์ตามโมเดล G-PCM ให้สารสนเทศของแบบทดสอบ ครอบคลุมระดับความสามารถ (θ) $-2.8 \leq \theta \leq 2.8$ และให้สารสนเทศของแบบทดสอบสูงสุดที่ระดับความสามารถ (θ) = 0 รองลงมาคือระดับ 0.4 และ -0.4 มีค่าเท่ากับ

24.69, 23.51 และ 23.47 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.20, 0.21 และ 0.21 ตามลำดับ และให้ข้อมูลสารสนเทศของแบบทดสอบต่ำสุดที่ระดับความสามารถของผู้สอบ $\theta = 2.8$ มีค่าเท่ากับ 4.82 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46 แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จะมีความถูกต้องแม่นยำสูงในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบเมื่อนำไปใช้กับนักเรียนที่มีระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ระดับปานกลาง

ส่วนที่ 3 การศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท

ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ แบ่งตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5. ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยพิจารณาทั้งในภาพรวมและแบ่งตามสังกัดโรงเรียน ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.1 การสร้างเกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ แบ่งตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน โดยนำค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ (δ) มาหาค่าเฉลี่ยของระดับชั้นความยากของการตอบ เพื่อกำหนดเกณฑ์จุดตัดระดับคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ (θ)

3.1.1 เกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0, 1 มีระดับชั้นความยากของการตอบ 1 ระดับ เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) มาหาค่าเฉลี่ยระดับชั้นความยากของการตอบ เพื่อกำหนดเกณฑ์จุดตัดระดับคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ (θ) พบว่าได้ค่าเฉลี่ยของ δ_1 เท่ากับ -0.31 สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถได้ 2 ระดับ ดังตาราง 15

ตาราง 15 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 1 ชั้น
ระบุปัญหา

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

3.1.2 เกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ชั้นที่ 2 ขึ้นรวบรวม
ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนน 0, 1, 2, 3 ทำให้ระดับชั้นความยาก
ของการตอบแบ่งเป็น 3 ระดับ เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) มาหาค่าเฉลี่ยระดับชั้นความยากของการตอบ เพื่อกำหนดเกณฑ์จุดตัดระดับคะแนนความสามารถใน
การบูรณาการความรู้ (θ) พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ เท่ากับ -0.80, -0.03 และ 0.82
ตามลำดับ สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถ ได้ 4 ระดับ ดังตาราง 16

ตาราง 16 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 2 ขึ้น
รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

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 เกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ชั้นที่ 3 ออกแบบ
วิธีการแก้ปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนน 0, 1, 2 ทำให้ระดับชั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 2
ระดับ เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) มาหาค่าเฉลี่ยระดับชั้นความ
ยากของการตอบ เพื่อกำหนดเกณฑ์จุดตัดระดับคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้
(θ) พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย δ_1 และ δ_2 เท่ากับ -0.36 และ 0.36 ตามลำดับ สามารถแบ่งตามเกณฑ์
การประเมินระดับความสามารถ ได้ 3 ระดับ ดังตาราง 17

ตาราง 17 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 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 เกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ชั้นที่ 4 วางแผนและ
ดำเนินการแก้ปัญหา มีเกณฑ์การให้คะแนน 0, 1, 2 ทำให้ระดับชั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น
2 ระดับ เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) มาหาค่าเฉลี่ยระดับชั้นความ
ยากของการตอบ เพื่อกำหนดเกณฑ์จุดตัดระดับคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้
(θ) พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย δ_1 และ δ_2 เท่ากับ -0.84 และ 0.50 ตามลำดับ สามารถแบ่งตามเกณฑ์
การประเมินระดับความสามารถ ได้ 3 ระดับ ดังตาราง 18
ตาราง 18 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 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 เกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ ชั้นที่ 5 ทดสอบ
ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน มีเกณฑ์การให้คะแนน 0, 1, 2, 3, 4
ทำให้ระดับชั้นความยากของการตอบแบ่งเป็น 4 ระดับ เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นความยาก
ของการตอบ (δ_{ij}) มาหาค่าเฉลี่ยระดับชั้นความยากของการตอบ เพื่อกำหนดเกณฑ์จุดตัดระดับ
คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ (θ) พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย δ_1 , δ_2 , δ_3 และ δ_4
เท่ากับ -1.92, -0.35, 1.04 และ 1.24 ตามลำดับ สามารถแบ่งตามเกณฑ์การประเมินระดับ
ความสามารถ ได้ 5 ระดับ ดังตาราง 19

ตาราง 19 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน ชั้นที่ 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 แบ่งตาม
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้น พบว่า ในชั้นที่ 1 – 5 สามารถแบ่งตามเกณฑ์การ
ประเมินระดับความสามารถ ได้ 2, 4, 3, 3 และ 5 ระดับ ตามลำดับ

3.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท
โดยการนำคะแนนดิบของนักเรียนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
(Standard Deviation) เพื่อแปลความหมายคะแนนให้เห็นถึงความสามารถในการบูรณาการ
ความรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ได้ชัดเจนขึ้น ดังแสดงในตาราง 20

ตาราง 20 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนความสามารถในการ
บูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แยกตามสังกัดโรงเรียน

สังกัดโรงเรียน	จำนวนผู้ตอบ แบบทดสอบ(n)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
สพป.	333	80	33.87	16.77
สพม.	120	80	54.59	10.73
อบจ.	60	80	54.82	11.02
สศศ.	30	80	40.67	17.94
กศจ. (รวม)	543	80	41.14	17.92

จากตาราง 20 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนในโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท จำนวน 543 คน มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 41.14 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 17.92 โดยที่โรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยนาท มีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงสุด เท่ากับ 54.82 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 11.02 รองลงมาคือโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 5 (จังหวัดชัยนาท) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 54.59 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 10.73 ส่วนสังกัดโรงเรียนที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 33.87 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 16.77

3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท แสดงเป็นระดับขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้น แสดงข้อมูลดังตาราง 21

ตาราง 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แยกตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้น

สังกัด โรงเรียน	จำนวน ผู้สอบ (n)	ขั้นตอนตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม									
		ขั้นที่ 1		ขั้นที่ 2		ขั้นที่ 3		ขั้นที่ 4		ขั้นที่ 5	
		(เต็ม 5 คะแนน)		(เต็ม 15 คะแนน)		(เต็ม 30 คะแนน)		(เต็ม 10 คะแนน)		(เต็ม 20 คะแนน)	
		($\bar{X}$)	(S.D.)	($\bar{X}$)	(S.D.)	($\bar{X}$)	(S.D.)	($\bar{X}$)	(S.D.)	($\bar{X}$)	(S.D.)
สพป.	333	3.41	1.62	6.77	3.89	9.65	6.46	6.21	2.59	8.83	4.32
สพม.	120	3.87	1.30	11.08	2.87	18.21	5.36	8.19	1.43	13.42	2.66
อบจ.	60	3.95	1.29	11.55	2.55	17.97	5.64	8.15	1.56	13.20	2.86
สศศ.	30	2.77	1.59	8.03	4.42	7.20	2.51	7.20	2.51	10.27	4.47
กศจ.	543	2.92	1.66	8.32	4.14	12.61	7.31	6.92	2.45	10.36	4.37

หมายเหตุ

สำหรับขั้นที่ 1 - ขั้นที่ 5 ที่ปรากฏในตาราง หมายถึง ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้น

จากตาราง 21 พบว่า ในชั้นที่ 1 การระบุปัญหา จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน นักเรียนโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.66 โดยที่โรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.95 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.29 รองลงมาคือโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 5 (จังหวัดชัยนาท) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.30 ส่วนสังกัดโรงเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.41 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.62

ชั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน นักเรียนโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.32 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.14 โดยที่โรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 11.55 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.55 รองลงมาคือโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 5 (จังหวัดชัยนาท) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.08 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.87 ส่วนสังกัดโรงเรียนที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.77 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.89

ชั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน นักเรียนโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท มีค่าเฉลี่ยคะแนน เท่ากับ 12.61 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.31 โดยที่โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 5 (จังหวัดชัยนาท) มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 18.21 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.36 รองลงมาคือโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 17.97 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.64 ส่วนสังกัดโรงเรียนที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.65 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.46

ชั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน นักเรียนโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 6.92 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.45 โดยที่โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 5 (จังหวัดชัยนาท) มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.19 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.43 รองลงมาคือโรงเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยนาท มีค่าเฉลี่ย

คะแนน เท่ากับ 8.15 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.56 ส่วนสังกัดโรงเรียนที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 6.21 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.59

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน นักเรียนโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 10.36 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.37 โดยที่โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 5 (จังหวัดชัยนาท) มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 13.24 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.66 รองลงมาคือโรงเรียนในสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 13.20 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.86 ส่วนสังกัดโรงเรียนที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือ โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.83 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.32

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจุดมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้ 1) เพื่อสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 3) เพื่อศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ซึ่งมีทั้งสิ้น 63 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 3,199 คน แบ่งเป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท (โรงเรียนขยายโอกาส) จำนวน 45 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5 จำนวน 13 โรงเรียน สังกัดสำนักบริหารการศึกษาศึกษาพิเศษ (โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 46) จำนวน 1 โรงเรียน และโรงเรียนในสังกัดกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 4 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ทั้งหมด 20 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 593 คน แบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองสอบ (กลุ่ม Try Out) จำนวน 50 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 543 คน ซึ่งมาจากโรงเรียนในสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ที่แบ่งตามสังกัดทั้ง 4 สังกัดข้างต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีการบูรณาการความรู้ตามเนื้อหาวิชา 3 วิชา 1 กระบวนการ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี และวิชาคณิตศาสตร์ และนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่เป็นลักษณะการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน 5 ขั้นตอน มาใช้ในการสร้างแบบทดสอบ

ลักษณะของแบบทดสอบเป็นสถานการณ์ให้นักเรียนตอบคำถามที่เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 10 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 7 ข้อ ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาตามแนวทางของกระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นจะมีการให้คะแนนที่แตกต่างกัน ใช้เวลาในการสอบ สถานการณ์ละ 30 นาที รวม 5 สถานการณ์ ใช้เวลาทั้งหมด 150 นาที โดยมีคะแนนเต็มสถานการณ์ละ 16 คะแนน เพราะฉะนั้นคะแนนรวมของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ฉบับนี้เท่ากับ 80 คะแนน วิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้นของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมเพื่อคัดเลือกข้อสอบจำนวน 5 สถานการณ์ ที่ผ่านเกณฑ์เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ตามจุดมุ่งหมายการวิจัย ได้แก่ 1) ผลการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม 2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ และ 3) การศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท เป็นการคำนวณหาเกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ และวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัย ดังนี้

การวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เมื่อคำนวณค่าอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ มีค่าตั้งแต่ 0.71 ถึง 1 มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 68 ข้อ และมีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยมีค่า CVR เท่ากับ 0.71 จำนวน 2 ข้อ ทำให้เหลือข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์สามารถนำไปใช้ได้ จำนวน 8 สถานการณ์ เมื่อนำแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่า CVR มาวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีค่าเท่ากับ 1.00 แสดงว่า แบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสูง สามารถวัดได้ตรงระดับชั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน มีค่าเท่ากับ 0.93 แสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินให้คะแนนนักเรียนได้สอดคล้องกันสูงมาก แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตาม

แนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำแบบทดสอบนำไปใช้ได้

ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม พบว่า มีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ทั้งหมด 12 ข้อ ซึ่งอยู่ใน 3 สถานการณ์ ได้แก่ ชั้นรองเท้า ตึกสูงระฟ้า และเครื่องยกของอย่างง่าย ซึ่งผู้วิจัยได้คัดสถานการณ์ทั้ง 3 สถานการณ์ออกจากแบบทดสอบทำให้มีสถานการณ์ที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ที่สามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไปได้ ทั้งหมด 5 สถานการณ์ ได้แก่ จมลอย, ชั้นหนังสือ, แขนของชั้น, เครื่องผ่อนแรงและโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต โดยมีค่าความยาก (p) มีค่าตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.80 คือข้อสอบมีคุณลักษณะที่ยากง่ายปานกลางไปจนถึงข้อสอบที่ค่อนข้างง่ายและค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.69 สามารถจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้แตกต่างกันได้

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

พารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ ($\text{Difficulty Parameter}$) และค่าพารามิเตอร์ความชัน ($\text{Discrimination Parameter}$) ของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 1.34 ถึง 1.60 สามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ดี มีค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) มีค่าตั้งแต่ -0.78 ถึง -0.05 แสดงว่าในขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 1.58 เมื่อพิจารณา ค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) โดย δ_1 ค่าตั้งแต่ -1.41 ถึง -0.66 ส่วน δ_2 มีค่าตั้งแต่ -0.23 ถึง 0.20 และ δ_3 ค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.64 โดยทุกข้อมีค่า $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3$ อาจกล่าวได้ว่า ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับจากการตอบขั้นที่ง่ายที่สุดไปยังการตอบขั้นที่ยากที่สุด

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) ตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.55 ค่าพารามิเตอร์ขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) พบว่า δ_1 ค่าตั้งแต่ -1.18 ถึง -0.06

ส่วน δ_2 มีค่าตั้งแต่ 0.06 ถึง 1.18 โดยทุกข้อ ค่า $\delta_1 < \delta_2$ กล่าวได้ว่า ชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับขึ้นจากการตอบจากง่ายไปยาก

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา พารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.81 ถึง 1.10 ค่าพารามิเตอร์ชั้นความยากของการตอบ δ_1 มีค่าตั้งแต่ -0.74 ถึง -0.26 และ δ_2 มีค่าตั้งแต่ 0.26 ถึง 0.74 โดยทุกข้อมีค่า $\delta_1 < \delta_2$ ชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับขึ้นจากการตอบจากง่ายไปยาก

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน มีค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.66 ถึง 1.18 ค่าพารามิเตอร์ชั้นความยากของการตอบ 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 $\delta_1 < \delta_2 < \delta_3 < \delta_4$ ชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ถูกเรียงลำดับขึ้นจากการตอบจากง่ายไปยาก แตกต่างจากข้อที่ 10 และ 20 ที่ค่าพารามิเตอร์ชั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ไม่เรียงลำดับขึ้นจากการตอบจากง่ายไปยาก

สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) มีค่าสูงสุด เมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = 0 จำนวน 10 ข้อ และผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = 0.4 จำนวน 9 ข้อ ระดับความสามารถ (θ) = 0.8 จำนวน 3 ข้อ ระดับความสามารถ (θ) = -0.4 จำนวน 3 ข้อ ระดับความสามารถ (θ) = -0.8 จำนวน 6 ข้อ และผู้สอบมีระดับความสามารถ (θ) = -1.2 จำนวน 4 ข้อ โดยข้อที่ให้ค่าสารสนเทศของข้อสอบสูงสุด คือข้อที่ 22 ให้ค่าสารสนเทศของข้อสอบสูงสุด เท่ากับ 2.01 ที่ระดับความสามารถ (θ) = -0.4

สารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) ครอบคลุมระดับความสามารถ (θ) $-2.8 \leq \theta \leq 2.8$ และให้สารสนเทศของแบบทดสอบสูงที่สุดเมื่อทำการวัดกับผู้ตอบที่มีความสามารถ (θ) = 0 มีค่าเท่ากับ 24.69 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.20 แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จะมีความถูกต้องแม่นยำสูงในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบเมื่อนำไปใช้กับนักเรียนที่มีระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับปานกลาง

3. การศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท

ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยพิจารณาทั้งในภาพรวมและแบ่งตามสังกัดโรงเรียน ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

เกณฑ์ระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ จากการนำค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) หาค่าเฉลี่ยระดับขั้นความยากของการตอบ โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า สามารถแบ่งเกณฑ์ระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ ได้ไม่เท่ากันเนื่องจากข้อสอบแต่ละข้อมีระดับขั้นความยากของการตอบไม่เท่ากัน โดยขั้นที่ 1 – 5 ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถแบ่งเกณฑ์ระดับความสามารถ (θ) ในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ได้ 2, 4, 3, 3 และ 5 ระดับ ตามลำดับ

คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท จำนวน 543 คน มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 41.14 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 17.92

คะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท แบ่งตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.66

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.32 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.14

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน มีค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง 12.61 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.31

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.92 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.45

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.36 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.37

สำหรับชั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่นักเรียนทำคะแนนได้ดีที่สุดคือ
 ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 69.2 ของคะแนนเต็ม รองลงมาคือ ขั้นที่ 1
 ขั้นระบุปัญหา ร้อยละ 58.40 ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ร้อยละ
 55.47 ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน คิดเป็นร้อยละ
 51.80 และมีคะแนนต่ำที่สุดในขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 42.03

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตาม
 แนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์และ
 สรุปผลสามารถอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะ
 เต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการคิดแก้ปัญหา
 ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน โดยมีขั้นตอนการคิดตามกระบวนการออกแบบเชิง
 วิศวกรรมทั้ง 5 ขั้น ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และ 5. ทดสอบ ประเมินผล
 และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จำนวน 10 สถานการณ์ รวม 70 ข้อ และนำไป
 ตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยคำนวณหาอัตราส่วนความ
 เทียบตรงเชิงเนื้อหา (CVR) พบว่า มีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 2 ข้อ ทำให้ผู้วิจัยต้องตัด
 สถานการณ์ออก 2 สถานการณ์ เหลือข้อสอบที่สามารถนำไปวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงเชิง
 เนื้อหาของแบบทดสอบ จำนวน 8 สถานการณ์ 56 ข้อ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.00 อาจกล่าวได้ว่า
 แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถวัดได้ตรงกับ
 ระดับขั้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้น เพราะค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของ
 แบบทดสอบ (CVI) มีค่ามากกว่า 0.80 สอดคล้องกับ ประสพชัย พสุนนท์ (2558) และ (อุไรวรรณ
 ชัยชนะวิโรฒ และชญาภา วันทุม, 2560) ที่กล่าวว่า ค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้
 ควรมีค่าตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป ในส่วนของดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) พบว่า มีค่า
 เท่ากับ 0.93 แสดงให้เห็นว่าจากเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นผู้ประเมินให้คะแนนนักเรียน
 ได้สอดคล้องกันสูงมาก แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็ม
 ศึกษา มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำแบบทดสอบนำไปใช้ได้ สอดคล้องกับ สุรัชย์ มีชาญ
 (2547) ที่กล่าวไว้ว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน จะมีค่าตั้งแต่ 0 – 1 เมื่อคำนวณค่า

RAI แล้วพบว่า มีค่าเข้าใกล้ 1.00 แสดงว่า ผู้ประเมินให้คะแนนจากการตรวจเกณฑ์จากให้คะแนนเดียวกันสอดคล้องกันสูงมาก และเมื่อพิจารณาความยากของข้อสอบ จำนวน 8 สถานการณ์ รวม 56 ข้อ พบว่า มีค่าตั้งแต่ 0.39 ถึง 0.82 คือข้อสอบที่ค่อนข้างยากไปจนถึงข้อสอบที่ง่ายเกินไป และอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.08 ถึง 0.69 มีข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก 0.20 จำนวน 12 ข้อ ซึ่งอยู่ใน 3 สถานการณ์ ได้แก่ ชั้นรองเท้า ตึกสูงระฟ้า และเครื่องยกของอย่างง่าย ทำให้มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ได้จำนวน 5 สถานการณ์ รวม 35 ข้อ โดยมีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.41 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.69 โดยอาจกล่าวได้ว่าแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาฉบับนี้มีความยากปานกลางไปจนถึงค่อนข้างง่ายและสามารถจำแนกคุณลักษณะความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับปานกลางไปจนถึงระดับสูง ตามเกณฑ์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยใช้โมเดล G-PCM พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความชัน (α_i) มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 1.60 โดยชั้นที่ 1 ชั้นระบุปัญหา มีค่าตั้งแต่ 1.34 ถึง 1.60 ชั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 1.58 ชั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา มีค่าตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.55 ชั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีค่าตั้งแต่ 0.81 ถึง 1.10 และชั้นที่ 5 ขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน มีค่าตั้งแต่ 0.66 ถึง 1.18 โดยทุกข้อมีค่าพารามิเตอร์ความชันมากกว่า 0.50 ถึง 2.50 ตามเกณฑ์ที่กำหนด แสดงถึงระดับความผันแปรระหว่างรายการคำตอบ เมื่อ θ ของผู้ตอบเปลี่ยนไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) เนื่องจากผู้วิจัยมีการวิเคราะห์คุณภาพเบื้องต้นของแบบทดสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมก่อนและมีการคัดเลือกข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานออกจนได้ข้อสอบที่มีคุณภาพและสามารถจำแนกผู้ที่มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้

พารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ (δ_{ij}) ของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีระดับขั้นความยากของการตอบในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไม่เท่ากัน เนื่องจากมีเกณฑ์การให้คะแนนที่แตกต่างกัน โดยในชั้นที่ 1 ชั้นระบุปัญหา มีพารามิเตอร์ระดับขั้นความยากของการตอบ δ_1 ตั้งแต่ -0.05 ถึง -0.78 ชั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 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 ชั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา δ_1 มีค่าตั้งแต่ -1.18 ถึง -0.06 ส่วน δ_2 มีค่าตั้งแต่ 0.06 ถึง 1.18 ชั้นที่ 4

วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา δ_1 มีค่าตั้งแต่ -0.74 ถึง -0.26 และ δ_2 มีค่าตั้งแต่ 0.26 ถึง 0.74 และขั้นที่ 5 ขั้นตอน ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 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 สำหรับพารามิเตอร์ระดับขั้นตอนความยากของการตอบ (δ_{ij}) ของทุกข้อเรียงลำดับจากการตอบขั้นที่ง่ายที่สุดไปยังการตอบขั้นที่ยากที่สุดแสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีคุณลักษณะความสามารถ (θ) สูงขึ้นมีโอกาสที่จะทำหรือตอบรายการคำตอบในขั้นต่อไปได้สูงกว่ารายการคำตอบที่ผ่านมา ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ขั้นตอนความยากของการตอบของข้อที่ 10 และ 20 พบว่า ไม่ได้ถูกเรียงลำดับขั้นตอนการตอบจากง่ายไปยาก ซึ่งหากพิจารณาข้อยกเว้นของโมเดล G-PCM ที่กล่าวว่าค่าพารามิเตอร์ขั้นตอนความยากของการตอบ ไม่ได้บอกถึง θ ของผู้ตอบที่มีโอกาสในการเลือกตอบรายการคำตอบที่อยู่ถัดไปอย่างโมเดลอื่น ๆ แต่แสดงถึงระดับความยากสัมพัทธ์ของแต่ละขั้นตอนการตอบภายในคำถามเดียวกัน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

3. สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) และสารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) ให้ค่าสารสนเทศของข้อสอบสูงสุด เมื่อผู้สอบมีระดับความสามารถระดับปานกลาง ($\theta = 0$) ถึง 10 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับสารสนเทศของแบบทดสอบ (Test Information) ที่ให้ค่าสารสนเทศสูงสุดที่ระดับความสามารถในการบูรณาการความรู้ระดับปานกลาง ($\theta = 0$) และครอบคลุมระดับความสามารถ เท่ากับ $-2.8 \leq \theta \leq 2.8$ ซึ่งแสดงว่าแบบทดสอบจะมีความถูกต้องแม่นยำสูงในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบเมื่อนำไปใช้กับผู้สอบที่ระดับความสามารถปานกลาง สอดคล้องกับทฤษฎีที่กล่าวว่า สารสนเทศของแบบทดสอบจะมีค่าสูงขึ้นถ้าค่าพารามิเตอร์ความชันของข้อสอบมีค่ามากขึ้นและค่าสารสนเทศของข้อสอบจะสูงขึ้น เมื่อผู้สอบมีความสามารถ θ ใกล้กับค่าพารามิเตอร์ระดับขั้นตอนความยากของการตอบ (δ_{ij}) และสารสนเทศของข้อสอบจะลดลงเมื่อผู้สอบมีความสามารถ θ ใกล้กับค่าพารามิเตอร์ขั้นตอนความยากของการตอบ (δ_{ij}) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

3. การศึกษาความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า มีคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จากคะแนนเต็ม 80 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 41.14 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 17.92 หากพิจารณาจะพบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดชัยนาท ได้คะแนนคิดเป็นร้อยละ 51.43 ของคะแนนเต็ม ทั้งนี้เนื่องจากแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ต้องอาศัยการบูรณาการความรู้ การเชื่อมโยงความรู้เดิมทั้ง 3 วิชา และ 1 กระบวนการ ได้แก่ วิชา

วิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาคณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน ถึงแม้จะมีการสนับสนุนให้มีการจัดการเรียนการสอนสะสมเต็มศึกษาหรือการบูรณาการความรู้ในหลายวิชาแต่ส่วนใหญ่แนวทางการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนยังเน้นการเรียน การวัดผลและประเมินผลแบบแยกรายวิชา เป็นการวัดผลเฉพาะผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเพียงอย่างเดียว วัดเฉพาะเนื้อหาความรู้เฉพาะวิชานั้นๆ ไม่ต่อเนื่องและในแต่ละเรื่องเป็นอิสระจากกัน มีการรายงานผลเป็นระดับคะแนนเพียงตัวเดียวแบบแยกรายวิชา ทำให้นักเรียนขาดการเชื่อมโยงและบูรณาการความรู้เพื่อนำมาใช้ในการสถานการณ์ต่างๆ (ศศิธร บัวทอง, 2560) จึงส่งผลให้นักเรียนขาดการคิดแบบองค์รวมหรือการบูรณาการความรู้เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ทั้งนี้เมื่อแยกพิจารณาตามขั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นตอนที่นักเรียนสามารถทำคะแนนได้ดีที่สุดคือ ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา รองลงมาคือ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา มีคะแนนต่ำที่สุดในขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในขั้นที่ 4 เป็นขั้นที่นักเรียนสามารถคิดได้อย่างอิสระและเปิดกว้าง ทำให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีการหรือขั้นตอนการประดิษฐ์ที่คิดว่าสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวได้ ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนจะเป็นการพิจารณาถึงความเป็นไปได้และเหมาะสมของวิธีการที่นักเรียนได้ออกแบบมากกว่าความรู้ด้านวิชาการ เช่นเดียวกับขั้นที่ 1 ที่เป็นการระบุปัญหาหรือความต้องการที่เกิดขึ้นในสถานการณ์เท่านั้น ส่วนในขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางวิชาการและทักษะในการออกแบบวิธีการต่าง ๆ ซึ่งต้องอาศัยการบูรณาการความรู้จากหลายวิชาเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นผลทำให้มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าในขั้นอื่น ๆ ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งแนวทางในการพัฒนาให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ในวิชาต่าง ๆ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ประจำวันได้นั้นควรแนวทาง ดังนี้ 1) ส่งเสริมทางด้านหลักสูตรหรือบทเรียนสะสมเต็มศึกษาอย่างชัดเจน ซึ่งในปัจจุบันหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ใช้ในระบบการศึกษา ยังเป็นการเรียน การวัด ประเมินผลแบบแยกรายวิชา หากมีการจัดหลักสูตรกิจกรรมหรือมีการสอดแทรกการบูรณาการความรู้แบบข้ามรายวิชาในการจัดการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ ก็จะช่วยส่งเสริมความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนมากขึ้น 2) การพัฒนาครูผู้สอนวิชาสะสมเต็มศึกษาเพื่อให้สามารถจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนอย่างเต็มประสิทธิภาพ 3) ปรับระบบความคิดของผู้บริหาร ในการบริหารงานและให้การสนับสนุนในการจัดการเรียนรู้อะสะสมเต็มศึกษาทั้งทางนโยบายและการปฏิบัติ สำหรับการกระตุ้นบุคลากรและช่วยเสริมแรงครูและนักเรียนให้สามารถทำกิจกรรมได้อย่างเต็มที่ และ 4) การพัฒนา

ระบบการวัด ประเมินผล สะเต็มศึกษา ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งจะช่วยให้ครูผู้สอนทราบถึงศักยภาพและข้อด้อยของนักเรียนเพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับไปสู่การส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาตนเอง รวมทั้งยังใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาการสอนของครูอีกด้วย (พรทิพย์ ศิริภักทธาชัย, 2556)

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้เกิดประสิทธิผลในการนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียน ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำแบบทดสอบไปใช้ในกระบวนการวัดผลและประเมินผลสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้การนำไปใช้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรนำไปใช้กับนักเรียนที่ได้มีพื้นฐานการเรียนรู้ด้านสะเต็มศึกษาอยู่ก่อนแล้วหรือใช้ควบคู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาแล้ว ครูผู้สอนต้องการที่จะวัดผลและประเมินผล ความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนรายบุคคล

1.2 แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ฉบับนี้เป็นแบบวัดสถานการณ์ที่เป็นแบบทดสอบอัตนัย ใช้เวลาสอบถึง 150 นาที นักเรียนอาจเกิดความล้าจากการทำแบบทดสอบครูผู้สอนจึงควรทำความเข้าใจก่อนการสอบและใช้แรงจูงใจทางบวกในการกระตุ้นให้นักเรียนทำข้อสอบอย่างเต็มประสิทธิภาพที่สุด

1.3 แบบทดสอบความสามารถในการ บูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะให้สามารถประมาณค่าระดับความสามารถได้ถูกต้องและแม่นยำเมื่อใช้กับนักเรียนที่มีระดับความสามารถปานกลาง ดังนั้นหากครูผู้สอนนำไปใช้กับนักเรียนที่มีระดับความสามารถสูงหรือต่ำเกินไปอาจมีความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าระดับความสามารถของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาภูมิหลังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูลหรือนำเครื่องมือไปใช้เพื่อแบ่งกลุ่มนักเรียนก่อนเก็บข้อมูล เพราะมีผลต่อคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียน และสามารถนำมาสนับสนุนความตรงตามสภาพของแบบทดสอบได้

2.2 ควรปรับปรุงแบบของแบบทดสอบให้มีความทันสมัยและเน้นความสะดวกสบายในการเก็บข้อมูลและให้ข้อมูลย้อนกลับไปสู่ผู้เรียนหรือครูผู้สอนในทันที โดยปรับปรุงแบบเป็นแบบทดสอบที่เป็น Digital Platform ที่สามารถตรวจให้คะแนนอัตโนมัติได้ทันที ช่วยลดระยะเวลาในการสอบและให้สารสนเทศย้อนกลับไปยังผู้ที่ต้องการได้ทันที

2.3 ควรสร้างแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในรูปแบบข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบโดยวิเคราะห์คำตอบที่เป็นไปได้จากการตอบของนักเรียนแล้วนำมาสร้างเป็นตัวเลือกของแบบทดสอบเพื่อให้ลดเวลาการสอบและทำให้สามารถระบุระดับคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนได้ทันที

2.4 ควรมีการสร้างเครื่องมือวัดด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) ร่วมกับการวัดด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เพื่อให้ผลการวัดสะท้อนความสามารถในการบูรณาการความรู้ของนักเรียนได้สอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



บรรณานุกรม

- Christian Monseur. (2011). PISA test format assessment and the local independence Assumption. *IERI MONOGRAPH SERIES : ISSUES AND METHODOLOGIES IN LARGE-SCALE ASSESSMENTS*, 4(10), 131-135.
- 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>
- Embetsen, S. E., & Reise, S. P.,. (2000). *Item response theory for psychologists*: Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Fraenkel, J. R. a. W., N. E., (2006). *How to Design and Evaluate Research in Education* (6). Boston: McGraw - Hill.
- Hambleton, R. K., Swaminathan, Hariharan and Rogers, Jane H.,. (1991). *Fundamentals of Item Response Theory*. Newbury Park Calif: Sage.
- Hee-Sun Lee. (2011). Validating Measurement of Knowledge Integration in Science Using Multiple-Choice and Explanation Items. *Educational Assessment*, 24(2), 115-136.
- Micah Stohlmann, T. J. M., and Gillian H. Roehrig,. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 27-34.
- Ou Lydia Liu, H.-S. L. a. M. C. L. (2011). Measuring Knowledge Integration: Validation of Four-Year Assessments. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(9), 1079-1107.
- Sevil Ceylan. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Science Direct*, 177(2015), 223-228.
- Wayne, C. (2012). What is S.T.E.M. and why do I need to know?. Retrieved February 20, 2018 <http://issuu.com/carleygroup/docs/stem12online/1>

กมลฉัตร กล่อมอ้อม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู

LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION FOR STUDENT TEACHERS. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18(4), 334-348.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสารภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ครูสภา.

กฤษยาภาณุจน์ ไตพิทักษ์. (2560). การวิจัยและพัฒนาศักยภาพครูด้านการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, 13(1), 1-24.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2547). การคิดเชิงบูรณาการ (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ชัดเชด มีเดีย.

เกศสุดา แพรวกลาง. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับการสอนแบบเทคนิค 4 MAT (ปริญญาณิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ..

เกียรติสุดา ศรีสุข. (2552). ระเบียบวิธีวิจัย. เชียงใหม่: ครองช้างการพิมพ์.

เขมวดี พงศานนท์. (2557). เอกสารการอบรม *STEM EDUCATION*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

จารุวรรณ ทวันเวช. (2551). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 (ปริญญาณิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จิตรลดา พิศาลสุพงษ์ และสุพัตรา ศรีภูมิเพชร. (2560). การพัฒนาวิทยาการ เทคโนโลยี การวิจัยและนวัตกรรม. วารสารเศรษฐกิจและสังคม, 5(2), 50.

ณัฐริณี อภิวงค์งาม. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ปริญญาณิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ทิตนา เขมมณี. (2545). รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นัสรินทร์ ปือชา. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (*STEM Education*) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ปริญญาณิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

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

ปรัชญพงศ์ ยาสี. (2561). 10 เรื่อง *STEM* ต้นแบบ ระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: เลิร์น เอ็ดดูเคชั่น.

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2560). การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้

- คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 11(1), 132-143.
- พนม ลิ้มอารีย์. (2538). การเก็บข้อมูลเป็นรายบุคคล. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- พรทิพย์ ศิริภทราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 STEM Education and 21st Century Skills Development. วารสารนักบริหาร, 33(2), 50-54.
- พรพิศ เกื่อนมณเฑียร. (2542). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในการเรียนวิชาภาษาไทย ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการฝึกด้วยเกมที่ใช้คำถามต่างกัน (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2553). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: แฮาส์ ออฟ เคอร์มิสท์.
- พิสนุ ฟองศรี. (2554). การประเมินทางการศึกษา : แนวคิดสู่การปฏิบัติ (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ด้านสุทธากา รพิมพ์.
- ไพศาล วรคำ. (2556). การวิจัยทางการศึกษา. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2552). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนตรี จุฬวัฒน์ทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors). นิตยสาร สสวท., 42(185), 14-18.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2549). เอกสารการสอนชุดวิชาการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน (พิมพ์ครั้งที่ 6). สุโขทัย: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาณ.
- วันเฉลิม อุดมทวี. (2557). การพัฒนาความสามารถการคิดเชิงบูรณาการและ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับทาง. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 37(1), 125-132.
- ศศิธร บัวทอง. (2556). การพัฒนารูปแบบการประกันคุณภาพภายในสถานศึกษาระดับกลุ่มสาระการเรียนรู้ของ โรงเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ปริญญาานิพนธ์ดุขฎิบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศศิธร บัวทอง. (2560). การวัดและประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร, 10(2), 56-65.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2554). ทฤษฎีการประเมิน (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สสวท. (2559). STEM Education Thailand. Retrieved 20 กุมภาพันธ์ 2561 http://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- สมนึก ภัททิยธนี. (2553). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 7). กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สุทธีวรรณ พิศัคดีโสภณ. (2556). การสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (เอกสารประกอบการบรรยาย).

<http://www.mathayom9.go.th/nitad/analyze/achiev-1.pdf>

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

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

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์. (2544). ทฤษฎีทางการทดสอบ (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

โสภณ มั่นเรือง. (2559). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการศึกษาแบบ *STEM Education* กรณีศึกษา โรงเรียนสุพรรณภูมิ. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม. (การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2).

อรุณศรี อึ้งประเสริฐ. (2547) การพัฒนาผู้เรียน: ความท้าทาย โอกาส และการบูรณาการ. เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาทางวิชาการ, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น., ขอนแก่น.

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกุล. (2560). เอกสารประกอบการสอนและแบบฝึกปฏิบัติการ รายวิชา พฐ. 502 การวิจัยและสถิติทางการศึกษา (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อุไรวรรณ ชัยชนะวิโรฒ และชญาภา วันทุม. (2560). การทดสอบความตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย. วารสารการพยาบาลและสุขภาพ, 11(2), 105 - 111.

อุดม เขยทิววงศ์. (2545). หลักสูตรท้องถิ่น: ยุทธศาสตร์การปฏิรูปการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.





ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผล

1. ผศ.ดร.ทวิกา ตั้งประภา อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผศ.ดร.เรืองเดช ศิริกิจ อาจารย์ประจำสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ศน.องอาจ พินทอง ผู้อำนวยการกลุ่มนิเทศติดตามและประเมินผล
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยนาท

ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1. นางสาวเจริญรัตน์ จงสัมฤทธิ์ดี ครู ชำนาญการพิเศษ วิชาคณิตศาสตร์
โรงเรียนวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท
2. นางสาวชลลดา กัวหา ครู ชำนาญการพิเศษ วิชาวิทยาศาสตร์
โรงเรียนชุมชนวัดดักคะนน จังหวัดชัยนาท
3. นางจินดารัตน์ วังบุญ ครู ชำนาญการพิเศษ วิชาวิทยาศาสตร์
โรงเรียนวัดวังน้ำขาว จังหวัดชัยนาท
4. นางวีณา เขียวนิล ครู ชำนาญการ วิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
โรงเรียนศรีสโมสรวิทยา จังหวัดชัยนาท

ผู้เชี่ยวชาญการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

1. นางสาวดวงแข มานะปรีชางามเลิศ ครูวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนบ้านหนองตะขบ จังหวัดชัยนาท
2. นางสาวชรินทร์ธร สุพรรณกุล ครูวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนบ้านหนองตะขบ จังหวัดชัยนาท
3. นางสาวคันสนีย์ ยอดดำเนิน ครูวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนบ้านหนองตะขบ จังหวัดชัยนาท (ผู้วิจัย)



ภาคผนวก ข

แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 พร้อมเฉลย

พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อที่ 1 – 5

สถานการณ์ที่ 1 จมลอย



ภาพจาก: มติชนออนไลน์ https://www.matichon.co.th/region/news_690927

ในช่วงฤดูน้ำหลาก พื้นที่ในจังหวัดชัยนาทมักเกิดปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา บ้านของแพรวอยู่ท้ายเขื่อนเจ้าพระยาช่วงอำเภอสรรพยา เมื่อเกิดปัญหาน้ำท่วมแพรวมักสังเกตเห็นขยะจากพลาสติก ขวดน้ำพลาสติกและขยะอื่นๆ ลอยมา โดยเฉพาะในย่านชุมชนและสถานที่ต่างๆ แพรวมีความคิดว่าหากสามารถนำขยะพลาสติกเหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการสร้างหรือดัดแปลงให้เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถใช้สอยจริงในช่วงน้ำท่วมได้จะเป็นการลดปริมาณขยะพลาสติกและช่วยเหลือคนในชุมชนได้

ภารกิจ

หากนักเรียนต้องแก้ปัญหาดังกล่าว นักเรียนจำทำอย่างไรในการออกแบบยานพาหนะลอยน้ำจากขยะพลาสติก

เงื่อนไข

1. ยานพาหนะต้องรับน้ำหนักได้ อย่างน้อย 100 กิโลกรัม
2. ห้ามใช้วัสดุที่ทำจากเหล็ก
3. ไม่สามารถใช้วัสดุใด ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย

วัสดุ – อุปกรณ์

1. ขวดน้ำพลาสติก ขนาด 600, 1,500 มิลลิลิตร อย่างละ 25 ขวด
2. เชือกฟาง ยาว 100 เมตร
3. ฟิวเจอร์บอร์ด ขนาด 60*120 เซนติเมตร
4. กระดาษลัง 50*50*50 เซนติเมตร
5. แผ่นโฟม ขนาด 60*120 เซนติเมตร
6. เทปผ้า / เทปพลาสติก
7. ฝาถังพลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร
8. ด้ามไม้กวาดทางมะพร้าว ยาว 150 เซนติเมตร

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้น คืออะไร

ตอบ

.....
ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา**
เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นตอนการระบุปัญหา (Problem Identification) ทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา <u>แนวคำตอบ</u> - ระบุปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดขยะพลาสติกในชุมชน - ระบุเกี่ยวกับการขาดแคลนยานพาหนะในการสัญจรทางน้ำเวลาเกิดอุทกภัย	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับปัญหา

2. หากนักเรียนต้องเลือกใช้วัสดุที่กำหนดในโจทย์ 5 ชนิด เพื่อนำมาออกแบบยานพาหนะลอยน้ำจากขยะพลาสติก นักเรียนจะเลือกสิ่งใด เพราะเหตุใด (ให้เหตุผลประกอบที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

ตอบ

.....
ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

แนวคำตอบ

- เลือกใช้ขวดน้ำพลาสติก เพราะ มีคุณสมบัติที่เบา มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ลอยน้ำได้
- เลือกใช้ฟิวเจอร์บอร์ด เพราะ มีคุณสมบัติที่เบา มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำทำให้ลอยน้ำได้และหาได้ทั่วไป

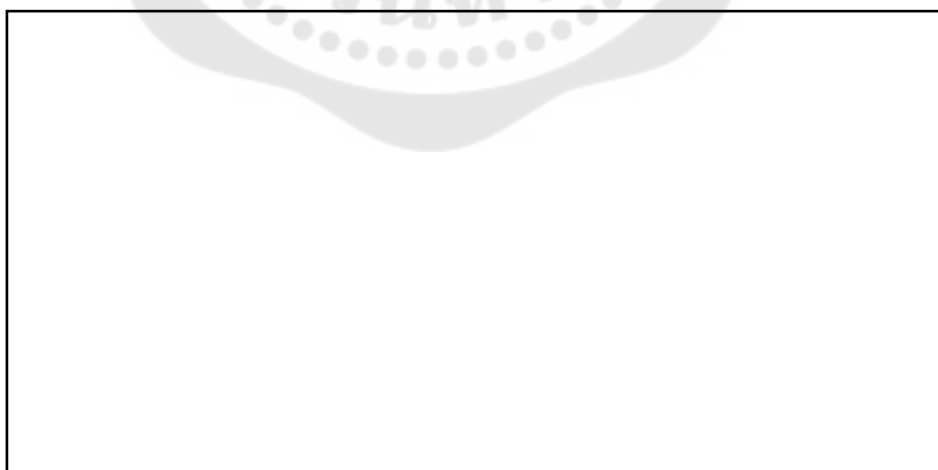
เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุวัสดุที่ต้องการ 4-5 ชนิด และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายถึงสมบัติของวัสดุหรือความหนาแน่นของวัสดุ ในการให้เหตุผลประกอบ	เมื่อระบุวัสดุที่ต้องการ 2-3 ชนิด และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายถึงสมบัติของวัสดุหรือความหนาแน่นของวัสดุ ในการให้เหตุผลประกอบ	เมื่อระบุวัสดุที่ต้องการได้ 1 ชนิดและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลประกอบได้ หรือสามารถระบุวัสดุที่ต้องการได้แต่ไม่ได้ระบุเหตุผลที่นำมาใช้ในการออกแบบ	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

3.1 วาดภาพของยานพาหนะลอยน้ำจากขยะพลาสติก พร้อมทั้งระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบ โดยต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ห้ามใช้วัสดุที่ทำจากเหล็กและสามารถรับน้ำหนักได้ อย่างน้อย 100 กิโลกรัม

ตอบ



ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อวาดภาพและระบุชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกโดยที่มีความเป็นไปได้ว่าจะสามารถรับน้ำหนักได้อย่างน้อย 100 กิโลกรัม / ไม่ใช้วัสดุที่ทำจากเหล็กและไม่มีวัสดุ ที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย	เมื่อวาดภาพแต่ไม่ได้ชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกหรือไม่สามารถออกแบบการสร้างพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

3.2 จากรูปภาพที่ออกแบบ พื้นที่ทั้งหมดของยานพาหนะลอยน้ำจากขยะพลาสติกของนักเรียนคือเท่าใด และสามารถคำนวณหาขนาดพื้นที่ได้อย่างไร

ตอบ

.....

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อคำนวณหาขนาดพื้นที่ได้สอดคล้องกับรูปภาพการออกแบบยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้ถูกต้องทั้งหมด	เมื่อคำนวณหาขนาดพื้นที่ได้สอดคล้องกับรูปภาพการออกแบบยานพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้ถูกต้องบางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

3.3 ในการออกแบบพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติก ให้สามารถรับน้ำหนักได้ถึง 100 กิโลกรัม สามารถใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการออกแบบได้อย่างไร

ตอบ

..... ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุเกี่ยวกับแรงลอยตัวและความหนาแน่นของวัสดุ <u>แนวคำตอบ</u> - น้ำ มีแรงดันวัสดุให้ลอยขึ้นมา เรียกว่า “แรงลอยตัวหรือแรงพยุง” ซึ่งวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะสามารถลอยน้ำได้ - พื้นที่สัมผัสกับน้ำที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของวัสดุ ถ้าพื้นที่มากจะทำให้ความหนาแน่นของวัสดุลดลงและแรงลอยตัวจะเพิ่มขึ้น - การออกแบบให้วัสดุมีขนาดใหญ่ พื้นที่มาก และมีขอบโค้งขึ้นมาคล้ายเรือ จะทำให้วัสดุมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ ทำให้สามารถลอยตัวได้ดีเนื่องจากมีแรงลอยตัวมาช่วยพยุง	เมื่อระบุเกี่ยวกับแรงลอยตัวหรือความหนาแน่นของวัสดุเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

4. นักเรียนมีขั้นตอนในการสร้างพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกตามที่ออกแบบ อย่างไร (ให้ระบุเป็นขั้น)

ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงขั้นตอนการสร้างพาหนะ ลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้อย่าง ชัดเจน สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบ ทั้งหมด	เมื่อระบุถึงขั้นตอนการสร้างพาหนะ ลอยน้ำจากขวดพลาสติกได้ สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบเพียง บางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่ สอดคล้องกับคำถาม

5. หากพาหนะลอยน้ำจากขวดพลาสติกของนักเรียนเกิดปัญหาไม่สามารถรับน้ำหนักได้ นักเรียนมี
วิธีแก้ไขโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ไขอย่างไร
ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

แนวคำตอบ

- การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ โดยคำนึงถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของวัสดุ การลดมวลหรือ
ความหนาแน่นของวัสดุ (วิทยาศาสตร์)
- การเพิ่มปริมาตรของวัสดุเพื่อเพิ่มแรงลอยตัวของวัสดุ (วิทยาศาสตร์)
- การเปลี่ยนรูปทรงของชิ้นงาน เป็นรูปทรงต่างๆ ที่ทำให้ยานพาหนะสามารถลอยน้ำได้ดีกว่า
(คณิตศาสตร์)
- การออกแบบชิ้นงานใหม่ โดยใช้หลักของเทคโนโลยีต่างๆ มาช่วย เช่น การใช้เครื่องมือช่างต่างๆ
เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงาน เป็นต้น (เทคโนโลยี)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 4 คะแนน	คะแนนบางส่วน 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงาน โดยใช้การบูรณาการความรู้ ครบทั้ง 3 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาใช้ในการ ออกแบบพาหนะลอยน้ำจาก ขวดพลาสติก	เมื่อระบุถึงการ แก้ไขชิ้นงานโดย ใช้การบูรณาการ ความรู้ 2 วิชา	เมื่อระบุถึงการ แก้ไขชิ้นงานโดย ใช้ความรู้ เพียง 1 วิชา ไม่มีการบูร ณาการความรู้ ร่วมกันในวิชา ต่างๆ	เมื่อระบุถึงการ แก้ไขชิ้นงานโดย ที่ไม่มีการนำ ความรู้ในวิชา ต่างๆ มาใช้ใ้ ในการแก้ปัญหา	เมื่อไม่ตอบ หรือตอบไม่ สอดคล้องกับ คำถาม

พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี แล้วตอบคำถามข้อที่ 6 – 10

สถานการณ์ที่ 3 ชั้นหนังสือ

กันต์และโต้งเป็นเพื่อนกัน วันหนึ่งกันต์ไปทำรายงานที่ห้องของโต้งและพบว่าหนังสือของโต้งวางอยู่อย่างกระจัดกระจายเต็มห้อง กันต์และโต้งจึงมีความคิดที่จะทำชั้นหนังสือที่สามารถเก็บหนังสือของโต้งได้ แต่เนื่องจากห้องของโต้งมีพื้นที่จำกัดและในขณะนั้นไม่มีอุปกรณ์ใดๆ มีเพียงกระดาษ A4 ที่ใช้พิมพ์งานเท่านั้น ดังนั้นชั้นหนังสือของโต้งจึงต้องทำจากกระดาษ A4 ที่ใช้พื้นที่ไม่มาก มีน้ำหนักเบาสามารถเคลื่อนย้ายไปที่ต่างๆ ได้ โดยสามารถใช้เพียงอุปกรณ์ที่มีในห้องเพียงเท่านั้น กันต์และโต้งจะสามารถสร้างชั้นหนังสือได้อย่างไร

ภารกิจ

การออกแบบชั้นหนังสือจากกระดาษ A4 เพื่อใช้เก็บหนังสือของโต้ง

เงื่อนไข

1. ใช้กระดาษ A4 ขนาด 29.7×21.0 เซนติเมตร ได้เพียงไม่เกิน 50 แผ่น
2. สามารถรับน้ำหนักหนังสือได้อย่างน้อย 10 กิโลกรัม
3. ความสูงไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร
4. ชั้นหนังสือต้องสามารถเคลื่อนย้ายได้อิสระ (ห้ามยึด ฐานชั้นหนังสือกับโต๊ะหรือพื้น)

6. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าความต้องการที่เกิดขึ้น คืออะไร

ตอบ

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

แนวคำตอบ

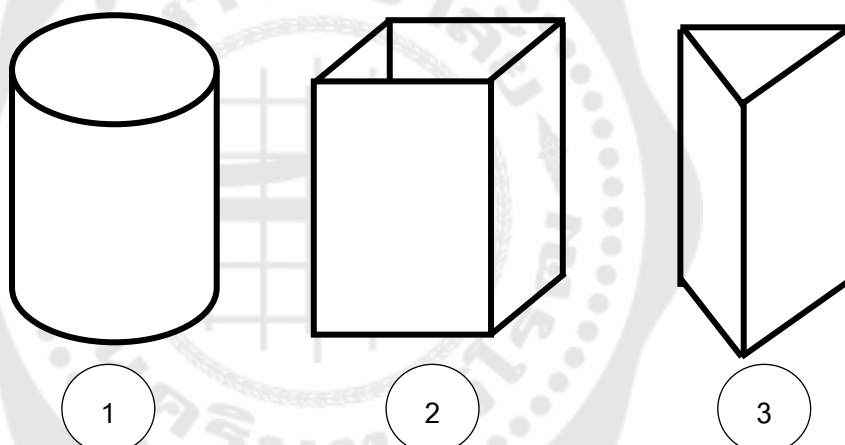
- ระบุปัญหาเกี่ยวกับออกแบบชั้นหนังสือจากกระดาษ A4 ไม่เกิน 50 แผ่น ที่สามารถรับน้ำหนักหนังสือได้อย่างน้อย 10 กิโลกรัม มีความสูงไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตรและสามารถเคลื่อนย้ายได้อิสระ

- การออกแบบชั้นหนังสือจากกระดาษ A4 เพื่อใช้เก็บหนังสือภายในห้องของโต้ง

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นตอนการระบุปัญหา (Problem Identification) ทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา นำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับปัญหา

7. ให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตกับการรับน้ำหนักของรูปทรงเรขาคณิตทั้ง 3 รูป ได้แก่



ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

แนวคำตอบ

- หมายเลข 1 เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่เรียกว่า ทรงกระบอก สามารถรับน้ำหนักได้ดีที่สุด เพราะมีมุมที่รองรับน้ำหนักเยอะที่สุด
- หมายเลข 2 เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่เรียกว่า ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สามารถรับน้ำหนักได้ดีรองจากทรงกระบอก เนื่องจาก มีมุมที่รองรับอยู่ 4 มุม

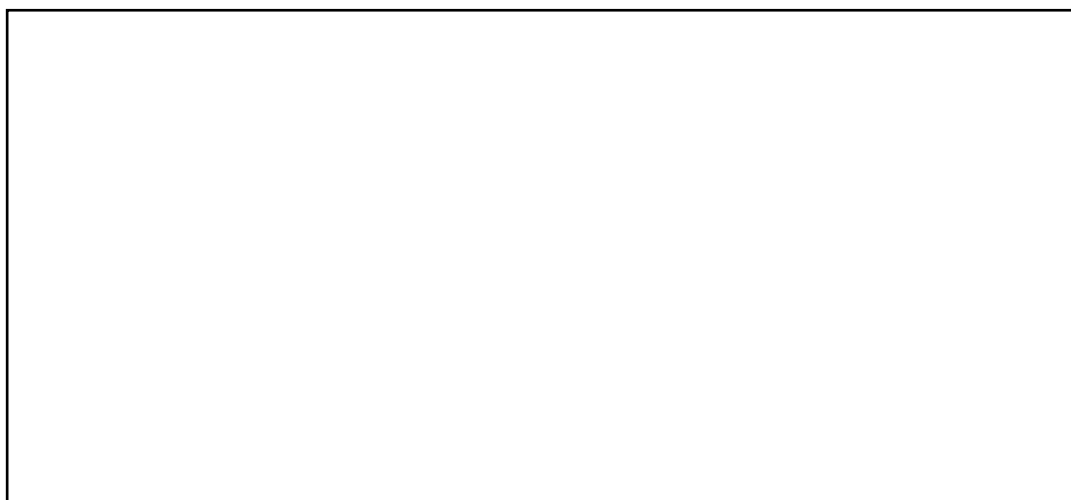
- หมายเลข 3 เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่เรียกว่า ทรงพีระมิด สามารถรับน้ำหนักน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับทั้ง 2 รูปทรงก่อนหน้านี้ เนื่องจาก มีมุมที่รองรับอยู่น้อยที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่ออธิบายเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตกับการรับน้ำหนักของรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ ได้แก่ รูปทรงกระบอก รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปทรงพีระมิด ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	เมื่ออธิบายเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตกับการรับน้ำหนักของรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ ได้แก่ รูปทรงกระบอก รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปทรงพีระมิด ได้อย่างถูกต้อง 2 ชนิด	เมื่ออธิบายเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตกับการรับน้ำหนักของรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ ได้แก่ รูปทรงกระบอก รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปทรงพีระมิด ได้อย่างถูกต้องเพียง 1 ชนิด	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

8. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

8.1 ในการออกแบบชิ้นงานให้นักเรียนเลือกใช้รูปเรขาคณิตรูปทรงใด ให้นักเรียนวาดรูปชิ้นงานที่ออกแบบให้ตรงกับเงื่อนไขที่กำหนด พร้อมทั้งให้เหตุผลในการเลือกใช้รูปเรขาคณิตประกอบ



ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

แนวคำตอบ เหตุผลในการเลือกใช้รูปทรงเรขาคณิต

- เลือกใช้ ทรงกระบอก สามารถรับน้ำหนักได้ดีที่สุด เพราะมีมุมที่รองรับน้ำหนักเยอะที่สุด
- เลือกใช้ ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สามารถรับน้ำหนักได้ดี เนื่องจาก มีมุมที่รองรับอยู่ 4 มุม

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อวาดรูปชั้นหนังสือ พร้อมทั้งระบุเหตุผลในการเลือกใช้รูปทรงเรขาคณิตในการออกแบบได้ถูกต้องตามเงื่อนไข ได้แก่ 1. ใช้กระดาษ A4 ไม่เกิน 50 แผ่น 2. ความสูงไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร 3. สามารถเคลื่อนย้ายได้อิสระ (ห้ามยึดฐานชั้นหนังสือกับโต๊ะหรือพื้น)	เมื่อวาดรูปชั้นหนังสือ แต่ไม่ได้เหตุผลในการเลือกใช้รูปทรงเรขาคณิตในการออกแบบหรือออกแบบได้ไม่ตรงเงื่อนไขที่กำหนดอย่างใดอย่างหนึ่ง	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม เช่น ไม่ให้เหตุผลในการเลือกใช้รูปทรงเรขาคณิตและออกแบบได้ไม่ตรงเงื่อนไขที่กำหนด

8.2 พื้นที่ของชั้นหนังสือที่นักเรียนออกแบบ เมื่อคำนวณแล้วมีขนาดพื้นที่เท่าใด

ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อคำนวณหาพื้นที่ของชั้นหนังสือได้ถูกต้องทั้งหมด	เมื่อคำนวณหาพื้นที่ของชั้นหนังสือได้ถูกต้องบางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

8.3 นักเรียนใช้หลักการเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตกับการรับน้ำหนักของรูปทรงเรขาคณิต ในการออกแบบชั้นหนังสือจากกระดาษ A4 อย่างไร

ตอบ

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

แนวคำตอบ

- การเลือกใช้รูปทรงกระบอกบริเวณฐานหรือขาของชั้นหนังสือจะช่วยให้เกิดการกระจายแรงเท่าๆ กัน จะทำให้แรงที่กดทับมาบนวัตถุรองรับมีขนาดน้อยลงเพราะมีการดึงที่รองรับแรงมากขึ้น
- การทำฐานของชั้นหนังสือโดยใช้รูปทรงกระบอกในปริมาณมากขึ้นจะทำให้สามารถรองรับน้ำหนักของหนังสือที่กดทับได้มากขึ้น
- การเลือกใช้รูปทรงกระบอกของฐานหรือขาของชั้นหนังสือจะช่วยให้สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าเนื่องจากพื้นที่ด้านหน้าที่เป็นวงกลมจะสามารถกระจายแรงในการรับน้ำหนักได้มากกว่ารูปทรงอื่น

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุหลักการออกแบบชั้นหนังสือที่เกี่ยวกับ เนื้อหาของรูปทรงเรขาคณิต และผลต่อการกระจายแรงของวัตถุ ได้ถูกต้องครบถ้วน เช่น	เมื่อระบุหลักการออกแบบชั้นหนังสือที่เกี่ยวกับ เรื่องการกระจายแรงและรูปทรงเรขาคณิต ได้ถูกต้องบางส่วน เช่น - การกระจายแรงเท่าๆ กัน - การเพิ่มการทำฐานหรือขาของชั้นหนังสือ - การเลือกใช้รูปทรงต่างๆ เป็นต้น	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

9. นักเรียนมีลำดับขั้นตอนการสร้างชั้นหนังสือจากกระดาษ A4 อย่างไร

ตอบ

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงขั้นตอน/วิธีการสร้างชั้นหนังสือได้อย่างชัดเจนสอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบ	เมื่อระบุถึงขั้นตอน/วิธีการสร้างชั้นหนังสือได้สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบเพียงบางส่วนหรือขั้นตอน/วิธีการที่เขียนยังไม่ชัดเจน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

10. หากชั้นหนังสือของนักเรียนเกิดปัญหาไม่สามารถสามารถรับน้ำหนักหนังสือได้อย่างน้อย 10 กิโลกรัมตามเงื่อนไขได้ นักเรียนมีวิธีแก้ไขโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ไขอย่างไร

ตอบ

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

แนวคำตอบ

- การเพิ่มจำนวนฐานหรือขาของชั้นหนังสือให้มีจำนวนมากขึ้นเพื่อเพิ่มการกระจายแรงรองรับน้ำหนักของวัตถุให้มากขึ้น (วิทยาศาสตร์)
- การเปลี่ยนรูปทรงเรขาคณิตของฐานหรือขาชั้นหนังสือหรือการเพิ่มพื้นที่ในการรองรับแรง (คณิตศาสตร์)
- การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์หรือปรับเปลี่ยนลำดับขั้นตอนการสร้างสร้างชั้นหนังสือใหม่ (เทคโนโลยี)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 4 คะแนน	คะแนนบางส่วน 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้การบูรณาการความรู้ครบทั้ง 3 วิชา	เมื่อระบุถึงการแก้ไขการออกแบบชั้นหนังสือโดยใช้การบูรณาการความรู้ 2 วิชา	เมื่อระบุถึงการแก้ไขการออกแบบชั้นหนังสือโดยใช้ความรู้เพียง 1 วิชา ไม่มีการบูรณาการความรู้	เมื่อระบุถึงการออกแบบชั้นหนังสือได้แต่ไม่มีการนำความรู้ในวิชาต่างๆ มาใช้แก้ปัญหา	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี แล้วตอบคำถามข้อที่ 11 – 15

สถานการณ์ที่ 4 แขนของชั้น

ชาวี เป็นพนักงานขนน้ำของร้านค้าแห่งหนึ่ง ซึ่งมีหน้าที่ในการขนน้ำขึ้นรถเพื่อไปส่งให้แก่ลูกค้าที่มารับที่ร้าน ในระหว่างปฏิบัติหน้าที่ชาวีเกิดหกล้มทำให้แขนและมือด้านขวาซึ่งเป็นข้างที่ถนัดไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งในวันนี้ชาวีต้องขนน้ำขึ้นรถให้แก่ลูกค้าให้ทันเวลาเพราะเป็นงานด่วน ชาวีเลยติดต่อเพื่อนเพื่อช่วยสร้างเครื่องกลอย่างง่ายที่มีลักษณะคล้ายแขนและมือปลอมที่สามารถใช้ทำงานยกน้ำขึ้นรถให้แก่ลูกค้าได้ในระหว่างที่แขนของชาวีได้รับบาดเจ็บ ถ้านักเรียนเป็นเพื่อนของชาวี นักเรียนจะช่วยชาวีออกแบบและสร้างแขนเทียมเพื่อใช้ในการทำงานได้อย่างไร

ภารกิจ

การออกแบบแขนเทียมที่สามารถหยิบจับและยกสิ่งของได้ด้วยกลไกอย่างง่าย

เงื่อนไข

1. เลือกใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้เท่านั้น
2. แขนเทียมมีข้อต่อหรือจุดหมุนอย่างน้อย 1 จุด
3. ใช้คนควบคุมการทำงานเพียง 1 คน เท่านั้น
4. ฐานของแขนเทียมต้องยึดติดกับโต๊ะหรือพื้น
5. แขนเทียมต้องสามารถยกขวดน้ำได้ 15 เซนติเมตร ขึ้นไป

11. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าความต้องการที่เกิดขึ้น คืออะไร

ตอบ

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

แนวคำตอบ

- ระบุถึงการออกแบบแขนเทียมช่วยชาวีทำงาน
- ระบุถึงการออกแบบแขนเทียมที่สามารถหยิบจับและยกสิ่งของได้ด้วยกลไกอย่างง่าย
- ระบุถึงการสร้างเครื่องกลอย่างง่ายที่มีลักษณะคล้ายแขนและมือปลอมที่สามารถใช้ทำงาน

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นตอนการระบุปัญหา (Problem Identification) ทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับปัญหา

12. ให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับหน้าที่ของกล้ามเนื้อของแขน รวมทั้งหลักการของคาน ได้แก่ กล้ามเนื้อแขนด้านบน กล้ามเนื้อแขนด้านล่าง การหดและคลายตัวของแขนและกล้ามเนื้อของแขน และหลักการของคาน

ตอบ

ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

แนวคำตอบ

- กล้ามเนื้อแขนด้านบน เรียกว่า Biceps brachii คล้ายกระสวยปลายบนมี 2 หัว ทำหน้าที่ งอข้อศอกและเหยียดมือ
- กล้ามเนื้อแขนด้านล่าง เรียกว่า Triceps brachii มัดใหญ่อยู่หลังต้นแขน ปลายบนมี 3 หัว ทำหน้าที่ เหยียดปลายแขน ห้วยาวเหยียดและหุบแขน
- การหดและคลายตัวของแขน เกิดจาก การทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้อไบเซป (Biceps) และกล้ามเนื้อไตรเซป (Triceps) เมื่อกล้ามเนื้อไบเซป หดตัวกล้ามเนื้อไตรเซปจะคลายตัวทำให้แขนงอพับขึ้น และเมื่อกล้ามเนื้อไบเซปคลายตัว กล้ามเนื้อไตรเซปก็จะหดตัวทำให้แขนเหยียดออก
- กล้ามเนื้อของแขนใช้หลักการของคาน โดย กล้ามเนื้อส่วน Biceps ทำงานโดยอาศัยหลักของคานอันดับสาม ส่วนกล้ามเนื้อส่วน Triceps ทำงานโดยอาศัยหลักของคานอันดับหนึ่ง

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่ออธิบายเกี่ยวกับ กลัมน้ำของแขนและ หลักการของคาน ได้แก่ การทำงานของกลัมน้ำ แขนด้านบนและด้านล่าง การหดและคลายตัวของ แขน และความรู้เกี่ยวกับ คานและการทำงานของ แขนมนุษย์ได้อย่าง ถูกต้องครบถ้วน	เมื่ออธิบายเกี่ยวกับ กลัมน้ำของแขนและ หลักการของคาน ได้แก่ การทำงานของ กลัมน้ำแขนด้านบน และด้านล่าง การหด และคลายตัวของแขน และความรู้เกี่ยวกับคาน และการทำงานของแขน มนุษย์ ถูกต้อง 2 ข้อ	เมื่ออธิบายเกี่ยวกับ กลัมน้ำของแขนและ หลักการของคาน ได้แก่ การทำงานของ กลัมน้ำแขนด้านบน และด้านล่าง การหด และคลายตัวของแขน และความรู้เกี่ยวกับคาน และการทำงานของแขน มนุษย์ ถูกต้อง 1 ข้อ	เมื่อไม่ตอบหรือ ตอบไม่สอดคล้อง กับคำถาม

13. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง
เพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไข
ตามสถานการณ์ที่กำหนด

13.1 วาดรูปแขนเทียม ระบุวัสดุที่ใช้ โดยต้องคำนึงถึงเงื่อนไขการออกแบบ ได้แก่ 1. ใช้
อุปกรณ์ที่กำหนดให้เท่านั้น 2. แขนเทียมมีข้อต่อหรือจุดหมุนอย่างน้อย 1 จุด 3. ใช้คนควบคุมการ
ทำงานเพียง 1 คน เท่านั้น และ 4. ฐานของแขนเทียมต้องยึดติดกับโต๊ะหรือพื้น

ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อวาดภาพและระบุส่วนประกอบ ของวัสดุในการออกแบบแขนเทียมได้ สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดได้ ครบถ้วน ชัดเจน	เมื่อวาดภาพและระบุส่วนประกอบ ของวัสดุในการออกแบบแขนเทียม ได้สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด เป็นบางส่วนหรือไม่ชัดเจน	เมื่อไม่ตอบหรือ ตอบไม่สอดคล้อง กับคำถาม

13.2 คำนวนค่าใช้จ่าย ของราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบแบบเข็มเทียม เพื่อใช้
หยิบ จับ ยกสิ่งของ ครั่งนี้

รายการราคาของวัสดุและอุปกรณ์

ที่	รายการวัสดุ	หน่วย	จำนวนที่ใช้	ราคา/หน่วย (บาท)	เป็นเงิน (บาท)
1	กระดาดล้ง	ล้ง		35.5	
2	กระดาดขาว	ม้วน		28	
3	ตะเกียบ	คู่		15	
4	ขวดพลาสติก	ขวด		0.7	
5	คลิปดำ	อัน		2.5	
6	ที่หนีบผ้า	อัน		25	
7	ไม้ไผ่ติ่ม	อัน		1.5	
8	หนังยาง	ถุง		10	
9	เชือกยาว 30 เซนติเมตร	เส้น		1.7	
รวมเป็นเงิน					

ตอบ

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ชั้นที่ 3 ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อคำนวณค่าใช้จ่าย วัสดุและอุปกรณ์ทั้งหมด ที่ใช้ในการทำภารกิจ ได้ ถูกต้องทั้งหมด	เมื่อ คำนวนค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการ ทำภารกิจ ได้สอดคล้องกับเงื่อนไข และวัสดุ-อุปกรณ์ที่เลือกได้ถูกต้อง 2 ใน 3 ของวัสดุและอุปกรณ์ ทั้งหมดที่เลือกใช้	เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายที่ใช้ใน การทำภารกิจถูกต้องไม่ถึง 2 ใน 3 ของวัสดุและอุปกรณ์ทั้งหมดที่ เลือกใช้ หรือไม่ตอบคำถาม

13.3 นักเรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบแขนเทียม อย่างไร

ตอบ

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

แนวคำตอบ

- การออกแบบให้กล้ามเนื้อไบเซพ (Biceps) อยู่ด้านบน และไตรเซพ (Triceps) อยู่ด้านล่างของแขน

- การทำงานของแขนเทียมใช้หลักการของคาน ได้แก่ กล้ามเนื้อส่วน Biceps ทำงานโดยอาศัยหลักของคานอันดับสามและกล้ามเนื้อส่วน Triceps ทำงานโดยอาศัยหลักของคานอันดับหนึ่ง

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุหลักการออกแบบแขนเทียมที่เกี่ยวข้อง เรื่อง กล้ามเนื้อของแขนและหลักการของคาน ได้ถูกต้องครบถ้วน	เมื่อระบุหลักการออกแบบแขนเทียมที่เกี่ยวข้อง เรื่อง กล้ามเนื้อของแขนและหลักการของคาน ได้อย่างถูกต้องบางส่วน เช่น - กล้ามเนื้อไบเซพ (Biceps) - ไตรเซพ (Triceps) - คานอันดับสามและคานอันดับหนึ่ง	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

14. แขนเทียมของนักเรียนมีลำดับขั้นตอนวิธีการสร้างอย่างไร

ตอบ

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงขั้นตอน/วิธีการสร้าง แขนเทียม ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบ	เมื่อระบุถึงขั้นตอน/วิธีการสร้าง แขนเทียม ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบได้ บางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบ ไม่สอดคล้องกับ คำถาม

15. หากแขนเทียมของนักเรียนเกิดปัญหาไม่สามารถยกขวดน้ำขึ้นสูงเกิน 15 เซนติเมตร ตามเงื่อนไขได้ นักเรียนมีวิธีแก้ไขโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ไขอย่างไร

ตอบ

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

แนวคำตอบ

- การเปลี่ยนตำแหน่งจุดหมุนของคานในตำแหน่งต่างๆ ของแขนเทียม (วิทยาศาสตร์)
- การคำนวณระยะจากแนวคานถึงจุดหมุนหรือการลดและเพิ่มจำนวนวัสดุ (คณิตศาสตร์)
- การเลือกวัสดุใหม่หรือการออกแบบวิธีการสร้างแขนเทียมใหม่ (เทคโนโลยี)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 4 คะแนน	คะแนนบางส่วน 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงการ แก้ไขชิ้นงานโดย ใช้การ บูรณา การความรู้ครบ ทั้ง 3 วิชา	เมื่อระบุถึงการ แก้ไขการออกแบบ แขนเทียมโดยใช้ การบูรณาการ ความรู้ 2 วิชา	เมื่อระบุถึงการ แก้ไขแขนเทียม โดยใช้ความรู้เพียง 1 วิชา	เมื่อระบุถึงการแก้ไข แขนเทียมได้แต่ไม่มี การนำความรู้ในวิชา ต่างๆ มาใช้ แก้ปัญหา	เมื่อไม่ตอบหรือ ตอบไม่ สอดคล้องกับ คำถาม

พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อที่ 16 – 20

สถานการณ์ที่ 6 เครื่องผ่อนแรงส่งอาหาร

ปรีชากับจรรยาเป็นเพื่อนรักกัน บ้านของเขาทั้ง 2 คนอยู่คนละฟากแม่น้ำ วันหนึ่งบ้านของปรีชาน้ำท่วม จรรยาเพื่อนรักต้องการส่งเสบียงอาหารไปช่วยปรีชา ครั้นจะว่ายน้ำก็ว่ายไม่แข็ง พายเรือก็ไม่เป็น จรรยามีความคิดบรรเจิด ต้องการพัฒนาเครื่องผ่อนแรงสำหรับส่งเสบียงอาหารให้สามารถข้ามแม่น้ำได้ โดยไม่เสียเวลาพายเรือหรือเสี่ยงชีวิตว่ายน้ำ หากนักเรียนเป็นจรรยาก็จะออกแบบและสร้างเครื่องผ่อนแรงสำหรับส่งเสบียงอาหารในครั้งนี้อย่างไร

ภารกิจ

การออกแบบเครื่องผ่อนแรงสำหรับส่งเสบียงอาหารข้ามแม่น้ำ

เงื่อนไข

1. ในการออกแบบต้องใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้เท่านั้น
2. เครื่องผ่อนแรงต้องสามารถส่งเสบียงอาหารน้ำหนักอย่างน้อย 5 กิโลกรัมได้

วัสดุที่กำหนดให้

1. ตะเกียบไม้
2. เทปกาวย
3. ขั้วพลาสติก
4. หนังสาย/ยางวง
5. ลูกปิงปอง (แทนเสบียงอาหาร)

16. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าต้องการที่เกิดขึ้น คืออะไร

ตอบ

.....
ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม **ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา**

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นตอนการระบุปัญหา (Problem Identification) ทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา เช่น - ระบุเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องผ่อนแรงสำหรับส่งเสบียงอาหารข้ามแม่น้ำ	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับปัญหา

17. ให้นักเรียนระบุแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องคาน ดังนี้

1. คาน หมายถึง ตอบ

.....

2. คานอันดับ 1 มีลักษณะ อย่างไร ตอบ

.....

3. คานอันดับ 2 มีลักษณะ อย่างไร ตอบ

.....

4. คานอันดับ 3 มีลักษณะ อย่างไร ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

แนวคำตอบ

- คาน (lever) เป็นเครื่องกลชนิดหนึ่งที่ใช้ติดตั้งวัตถุให้เคลื่อนที่รอบจุดหมุน (fulcrum) มีลักษณะเป็นแท่งยาว หลักการทำงานของคานใช้หลักของโมเมนต์

- คานอันดับที่ 1 เป็นคานที่มีจุดหมุน (F) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และแรงความต้านทาน (W) เครื่องใช้ที่ใช้หลักของคานอันดับหนึ่ง ได้แก่ ชะแลง กรรไกรตัดผ้า คีมตัดลวด กรรไกรตัดเล็บ

- คานอันดับที่ 2 คือ คานที่มีแรงความต้านทาน (W) อยู่ระหว่างแรงความพยายาม (E) และจุดหมุน (F) เครื่องใช้ที่จัดเป็นคานอันดับที่ 2 ได้แก่ รถเข็นดิน ที่เปิดขวด ที่ตัดกระดาษ

- คานอันดับที่ 3 คือ คานที่มีแรงความพยายาม (E) อยู่ระหว่างแรงความต้านทาน (W) และจุดหมุน (F)

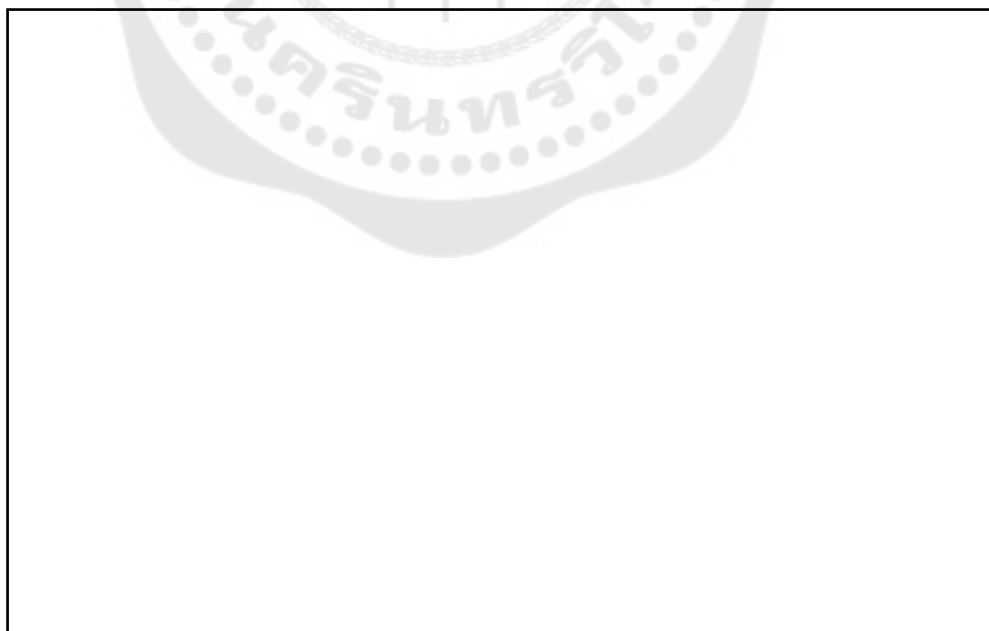
เครื่องใช้ที่จัดเป็นคานอันดับ 3 ได้แก่ แหนบ ตะเกียบ พลั่ว คีมคีบถ่าน ปากกา ไม้กวาดด้ามยาว
เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อนักเรียนระบุแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องคาน ได้ถูกต้องทั้งหมด	เมื่อนักเรียนระบุแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องคาน ได้ถูกต้อง 2-3 ข้อ	เมื่อนักเรียนระบุแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเรื่องคาน ได้ถูกต้อง 1 ข้อ	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

18. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

18.1 วาดภาพของเครื่องผ่อนแรงส่งเสบียงอาหาร พร้อมทั้งระบุวัสดุที่ใช้ พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าเลือกใช้หลักการของคานประเภทใด เพราะเหตุใด

ตอบ



ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อวาดภาพของเครื่องผ่อนแรง ส่งเสบียงอาหาร ระบุวัสดุที่ใช้ พร้อมทั้งให้เหตุผลในการ เลือกใช้คานประเภทใด ได้อย่าง ถูกต้องครบถ้วน	เมื่อวาดภาพของเครื่องผ่อนแรงส่ง เสบียงอาหาร ระบุวัสดุที่ใช้ พร้อมทั้ง ให้เหตุผล เลือกใช้คานประเภทใด ได้ อย่างถูกต้องบางส่วน เช่น - ไม่ระบุวัสดุใช้ประกอบเป็นเครื่อง ผ่อนแรง - ไม่ระบุเหตุผลในการใช้คาน ประเภทใดในการออกแบบ	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่ สอดคล้องกับคำถาม

18.2 หากคานของนักเรียนยาว 5 เมตร ต้องใช้ข้วางเสบียงอาหารมีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม
ถ้าวางจุดหมุนห่างจากเสบียงอาหาร 2.5 เมตร จะต้องออกแรงอย่างน้อยเท่าใดในการข้วางเสบียง
อาหาร ให้นักเรียนคำนวณหาแรงพยายามจากโจทย์ที่กำหนดให้ (โมเมนต์ทวน = โมเมนต์ตาม/W
* $L_1 = E * L_2$)

ตอบ

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อคำนวณหาแรงพยายามจากโจทย์ที่กำหนดให้ ได้ถูกต้องทั้งหมด เช่น วิธีทำวิเคราะห์โจทย์จะได้ $W = 10 \text{ กก.} = 100 \text{ นิวตัน}$, $L_1 = 2.5 \text{ เมตร}$, $L_2 = 2.5 \text{ เมตร}$ ต้องการทราบค่า E จากสูตร โมเมนต์ทวน = โมเมนต์ตาม ($W * L_1 = E * L_2$) แทนค่า $100 * 2.5 = E * 2.5$ $\frac{250}{2.5} = E$ $100 = E$ ตอบ จะต้องออกแรงที่ปลายคาน 10 นิวตัน	เมื่อคำนวณหาแรงพยายามจากโจทย์ที่กำหนดให้ ได้ถูกต้องทั้งหมด ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	เมื่อคำนวณหาแรงพยายามจากโจทย์ที่กำหนดให้ ได้ถูกต้องทั้งหมด ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน

18.3 หากต้องการออกแบบเครื่องผ่อนแรงส่งเสบียงอาหาร ให้สามารถส่งเสบียงอาหารได้ ต้องนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้อย่างไร

ตอบ

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

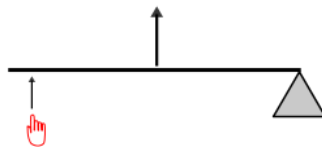
แนวคำตอบ

เช่น

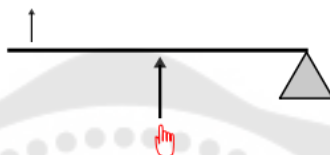
- ใช้คานอันดับที่ 1 เป็นคานที่มีจุดหมุนระหว่างแรงกดและแรงยก และกระทำโดยออกแรงกดหรือผลักไปบนส่วนหนึ่งของคานนั้น และทำให้คานหมุน และเอาชนะแรงต้านได้ คานประเภทนี้จะช่วยผ่อนแรง



- ใช้คานอันดับที่ 2 เป็นคานที่มีแรงต้านอยู่ระหว่างจุดหมุนและแรงกระทำ โดยจะต้องออกแรงยกตรงปลายเพื่อเอาชนะแรงต้าน ซึ่งคานประเภทนี้จะ**ช่วยผ่อนแรง**



- คานอันดับที่ 3 เป็นคานที่มีแรงกระทำอยู่ระหว่างจุดหมุนกับแรงต้าน โดยจะต้องออกแรงยกตรงกลางของคานเพื่อเอาชนะแรงต้าน ซึ่งคานประเภทนี้จะ**ไม่ช่วยผ่อนแรง**



เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องผ่อนแรง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่อง คาน ประเภทต่างๆ ที่ช่วยผ่อนแรงในการส่งเสบียงอาหาร	เมื่อระบุเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องผ่อนแรง โดยใช้หลักการของคาน ที่ไม่ได้ช่วยผ่อนแรงในการส่งเสบียงอาหาร เช่น - คานอันดับที่ 3 เป็นคานที่มีแรงกระทำอยู่ระหว่างจุดหมุนกับแรงต้าน โดยจะต้องออกแรงยกตรงกลางของคานเพื่อเอาชนะแรงต้าน ซึ่งคานประเภทนี้จะ ไม่ช่วยผ่อนแรง	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

19. นักเรียนมีลำดับขั้นตอนการสร้างเครื่องผ่อนแรงส่งเสบียงอาหาร อย่างไร
- ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงลำดับขั้นตอนการสร้างเครื่องผ่อนแรงส่งเสบียงอาหาร ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบ	เมื่อระบุถึงลำดับขั้นตอนการสร้างเครื่องผ่อนแรงส่งเสบียงอาหาร ได้สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบเพียงบางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

20. หากชิ้นงานของนักเรียนเกิดปัญหาไม่สามารถส่งเสบียงอาหารได้ นักเรียนมีวิธีแก้ไขโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ไขอย่างไร

ตอบ

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

แนวคำตอบ

- การเปลี่ยนหลักการสร้างเครื่องผ่อนแรงเป็นคานประเภทต่างๆที่ช่วยผ่อนแรงมากขึ้น (วิทยาศาสตร์)
- การคำนวณความยาวของคานและการคำนวณระยะห่างจากจุดหมุนถึงแนวแรงเพื่อใช้วางเสบียงอาหารในตำแหน่งใหม่ (คณิตศาสตร์)
- การเลือกวัสดุ-อุปกรณ์หรือทำการออกแบบลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานใหม่ (เทคโนโลยี)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 4 คะแนน	คะแนนบางส่วน 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้การบูรณาการความรู้ครบทั้ง 3 วิชา	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้การบูรณาการความรู้ 2 วิชา	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้ความรู้เพียง 1 วิชา ไม่มี การบูรณาการความรู้ร่วมกันในวิชาต่างๆ	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยที่ไม่มีการนำความรู้ในวิชาต่างๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

พิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี แล้วตอบคำถามข้อที่ 21 – 25

สถานการณ์ที่ 7 โคมไฟรูปทรงเรขาคณิต

แมทและแพทเป็นเพื่อนกัน แมทสังเกตว่าแพทชอบปิดไฟเล่นมือถือเป็นประจำ เมื่อสอบถามพบว่า สาเหตุเนื่องจากที่ห้องนอนบ้านของแพทไม่มีโคมไฟใช้ แมทจึงอาสาช่วยแพทให้การออกแบบและสร้างโคมไฟแบบ handmade ขึ้นมา โดยที่แพทต้องการให้โคมไฟนั้นต้องออกแบบโดยใช้รูปทรงเรขาคณิตโดยต้องมีการคำนวณพื้นที่ของโคมไฟและส่วนประกอบต่างๆ ให้สมดุล

ภารกิจ

การออกแบบโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต

เงื่อนไข

1. ในการออกแบบต้องใช้อุปกรณ์ที่กำหนดให้เท่านั้น
2. โคมไฟที่ออกแบบต้องเป็นรูปทรงเรขาคณิตที่สามารถตั้งโต๊ะหนังสือได้

วัสดุที่กำหนดให้

1. ลวด ความยาว 2 เมตร
2. ท่อพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.3 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร
3. ไม้ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร 2 ชิ้น
4. กระดาษสา

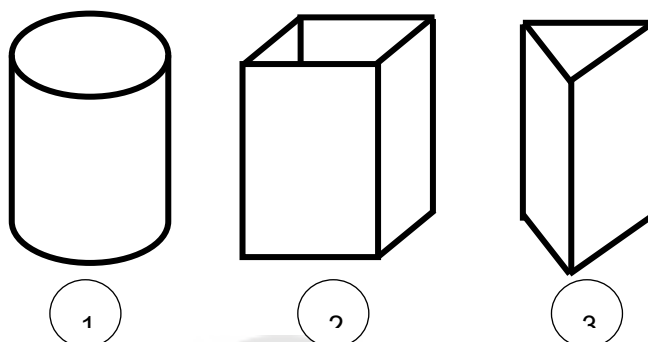
21. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าปัญหาหรือความต้องการที่เกิดขึ้น คืออะไร
ตอบ

.....
ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในขั้นตอนการระบุปัญหา (Problem Identification) ทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา เช่น - ระบุปัญหาเกี่ยวกับการไม่มีโคมไฟใช้ของเพื่อน - ระบุเกี่ยวกับการออกแบบโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับปัญหา

22. ให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตและการหาพื้นที่ของรูปทรงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่



ตอบ

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

แนวคำตอบ

- หมายเลข 1 เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่เรียกว่า ทรงกระบอก สูตรการหาพื้นที่ผิวคือ พื้นที่ผิวข้าง + พื้นที่หน้าตัดทั้งสอง
- หมายเลข 2 เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่เรียกว่า ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สูตรการหาพื้นที่ผิวคือ พื้นที่ผิวข้าง + พื้นที่หน้าตัด
- หมายเลข 3 เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่เรียกว่า ทรงพีระมิด สูตรการหาพื้นที่ผิวคือ พื้นที่ฐาน + พื้นที่ผิวข้าง

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่ออธิบายเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตและการหาพื้นที่ของรูปทรงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ รูปทรงกระบอก รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปทรงพีระมิด ได้ อย่างถูกต้องครบถ้วน	เมื่ออธิบายเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตและการหาพื้นที่ของรูปทรงทั้ง 3 ชนิด ได้ อย่างถูกต้อง 2 ชนิด	เมื่ออธิบายเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตและการหาพื้นที่ของรูปทรงทั้ง 3 ชนิด ได้ อย่างถูกต้องเพียง 1 ชนิด	เมื่อไม่ตอบหรือตอบ ไม่สอดคล้องกับคำถาม

23. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไข ตามสถานการณ์ที่กำหนด

23.1 ในการออกแบบคอมพิวเตอร์โครงข่ายเครือข่าย นักเรียนเลือกใช้รูปเรขาคณิตรูปทรงใด ให้ นักเรียนวาดภาพคอมพิวเตอร์โครงข่ายเครือข่าย ที่ออกแบบให้ตรงกับเงื่อนไขที่กำหนด พร้อมทั้งให้เหตุผล ในการเลือกใช้รูปเรขาคณิตประกอบ

ตอบ



ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

แนวคำตอบ เหตุผลในการเลือกใช้รูปทรงเรขาคณิต

- เลือกใช้ ทรงกระบอก เพราะจะมีการกระจายแสงออกมาในทิศทางที่แน่นอน
- เลือกใช้ ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สามารถรับน้ำหนักได้ดี เนื่องจาก มีมุมที่รองรับอยู่ 4 มุม

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
วาดภาพของคอมพิวเตอร์โครงข่ายเครือข่าย ระบุวัสดุที่ใช้ พร้อมทั้งให้เหตุผลว่า เลือกใช้รูปทรงเรขาคณิต ชนิดใด ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน	วาดภาพของคอมพิวเตอร์โครงข่ายเครือข่าย ระบุวัสดุที่ใช้ พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าเลือกใช้ รูปทรงเรขาคณิตชนิดใด ได้อย่างถูกต้อง เพียงบางส่วน เช่น - ไม่ระบุวัสดุประกอบเป็นคอมพิวเตอร์ - ไม่ระบุเหตุผลในการใช้รูปทรงเรขาคณิต ประเภทใดในการออกแบบ	เมื่อไม่ตอบหรือ ตอบไม่สอดคล้อง กับคำถาม

23.2 ให้นักเรียนคำนวณหาพื้นที่ของโคมไฟรูปทรงเรขาคณิตที่นักเรียนออกแบบ

ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อคำนวณหาพื้นที่ของโคมไฟรูปทรงเรขาคณิตได้ถูกต้องทั้งหมด	เมื่อคำนวณหาพื้นที่ของโคมไฟรูปทรงเรขาคณิตได้ถูกต้องบางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

23.3 การออกแบบโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต ที่มีการกระจายแสงเหมาะสำหรับการอ่านหนังสือ ต้องนำหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการออกแบบอย่างไร

ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

แนวคำตอบ

- เลือกใช้รูปทรงกระบอก เพราะ จะมีการกระจายแสงออกมาในทิศทางที่แน่นอน จะทำให้ได้แสงออกมาในแนวกว้าง
- เลือกใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากมีมุมน้อยเมื่อเกิดการหักเหของแสงทำให้การกระจายของแสงออกมาไม่มาก แสงจะสว่างมาก
- เลือกใช้รูปทรงพีระมิดมีมุมน้อยกว่าที่อาจก่อให้เกิดการหักเหของแสงทำให้การกระจายของแสงออกมาไม่มาก แสงจะสว่างมาก

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุเกี่ยวกับการนำหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการออกแบบโคมไฟรูปทรงเรขาคณิตที่มีผลต่อการกระจายแสงของโคมไฟ รูปทรงต่างๆ ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	เมื่อระบุเกี่ยวกับการออกแบบโคมไฟรูปทรงเรขาคณิตที่มีผลต่อการกระจายแสงของโคมไฟ แต่ไม่ได้อธิบายอย่างถูกต้องครบถ้วน เช่น - ระบุถึงการกระจายแสงแต่ไม่สัมพันธ์กับหลักการของรูปทรงเรขาคณิต - ระบุถึงหลักการใช้รูปทรงเรขาคณิตแต่ไม่ได้ระบุว่ามีส่วนต่อการกระจายแสง เป็นต้น	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

24. ลำดับขั้นตอนการสร้างโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต ของนักเรียนเป็นอย่างไร
ตอบ

ชั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงลำดับขั้นตอนการสร้างโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบ	เมื่อระบุถึงลำดับขั้นตอนการสร้างโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต ได้ สอดคล้องกับสิ่งที่ออกแบบเพียงบางส่วน	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

25. หากชิ้นงานของนักเรียนเกิดปัญหาไม่สามารถกระจายแสงเหมาะสำหรับการอ่านหนังสือได้ นักเรียนมีวิธีแก้ไขโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาใช้ในการแก้ไขอย่างไร

ตอบ

.....

ขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

แนวคำตอบ

- การเปลี่ยนรูปทรงที่ใช้ในกระสวยโคมไฟรูปทรงเรขาคณิต (คณิตศาสตร์)
- การเพิ่มความเข้มแสงหรือการกระจายแสง หรือการลดความเข้มแสงให้เหมาะสำหรับการใช้งานโคมไฟ (วิทยาศาสตร์)
- การออกแบบลำดับขั้นตอนการสร้างโคมไฟรูปทรงเรขาคณิตใหม่ (เทคโนโลยี)

เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนนเต็ม 4 คะแนน	คะแนนบางส่วน 3 คะแนน	คะแนนบางส่วน 2 คะแนน	คะแนนบางส่วน 1 คะแนน	ไม่ได้คะแนน 0 คะแนน
เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้การบูรณาการความรู้ครบทั้ง 3 วิชา	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้การบูรณาการความรู้ 2 วิชา	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยใช้ความรู้ เพียง 1 วิชา ไม่มีการบูรณาการความรู้ร่วมกันในวิชาต่างๆ	เมื่อระบุถึงการแก้ไขชิ้นงานโดยที่ไม่มีการนำความรู้ในวิชาต่างๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา	เมื่อไม่ตอบหรือตอบไม่สอดคล้องกับคำถาม

ภาคผนวก ค

- ผลการประเมินอัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (Content Validity Ratio: CVR)
- ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI)

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ							คะแนน รวม	CVR
	1	2	3	4	5	6	7		
41	1	1	1	1	1	1	1	7	1
42	1	1	1	1	1	1	1	7	1
43.1	1	1	1	1	1	1	1	7	1
43.2	1	1	1	1	1	1	1	7	1
43.3	1	1	1	1	1	1	1	7	1
44	1	1	1	1	1	1	1	7	1
45	1	1	1	1	1	1	1	7	1
46	1	1	1	1	1	1	1	7	1
47	1	1	1	1	1	1	1	7	1
48.1	1	1	1	1	1	1	1	7	1
48.2	1	1	1	1	1	1	1	7	1
48.3	1	1	1	1	1	1	1	7	1
49	1	1	1	1	1	1	1	7	1
50	1	1	1	1	1	1	1	7	1

จากตาราง พบว่า อัตราส่วนความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ (Content Validity Ratio: CVR) จากผู้เชี่ยวชาญ 7 คน มีค่าตั้งแต่ 0.71 ถึง 1 ทั้งนี้จากจำนวนข้อสอบที่วัดความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) จำนวน 70 ข้อ 10 สถานการณ์ มีผู้เชี่ยวชาญที่เห็นว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแต่ละขั้น มีค่า CVR เป็น 1 จำนวน 68 ข้อ และมีข้อสอบที่มีค่า CVR เท่ากับ 0.71 จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ข้อที่ 6 และข้อที่ 13.2

2. ประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI)

ตาราง 23 ผลการประเมินคะแนนความสามารถในการบูรณาการความรู้

คนที่	คะแนนจากผู้ประเมินคนที่ 1					คะแนนจากผู้ประเมินคนที่ 2					คะแนนจากผู้ประเมินคนที่ 3				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	10	24	41	20	26	10	24	40	19	26	10	26	42	19	25
2	10	25	38	19	30	9	25	37	19	29	10	25	38	17	31
3	9	26	42	19	24	9	24	40	17	24	9	27	42	18	25
4	10	25	39	17	31	8	24	40	17	29	10	26	38	14	31
5	9	27	38	18	25	10	26	38	17	24	10	26	36	19	25
6	10	26	38	14	30	10	24	37	13	30	9	25	36	15	29
7	10	24	40	19	25	9	23	39	18	23	9	24	40	17	24
8	9	25	40	19	29	9	24	38	18	28	6	24	40	17	29
9	9	24	38	17	21	10	22	36	18	22	10	24	38	17	22
10	9	19	40	17	31	10	19	38	17	32	10	20	39	18	30
11	10	24	38	17	22	9	22	38	19	23	9	23	39	18	23
11	10	24	38	17	22	9	22	38	19	23	9	23	39	18	23
12	10	22	37	15	29	8	24	38	16	28	9	22	37	16	28
13	9	23	37	16	25	10	23	36	18	26	10	22	36	18	24
14	9	20	32	16	31	7	20	31	17	32	10	19	32	17	32
15	10	22	36	18	24	10	21	38	17	25	9	20	38	19	23
16	10	22	32	17	32	9	21	33	15	30	9	24	33	16	30
17	9	22	38	19	28	6	23	38	19	31	10	23	36	14	30
18	8	24	33	16	28	7	23	31	15	28	7	23	31	17	32
19	10	23	36	16	30	8	23	35	17	31	10	21	36	17	31
20	7	20	37	17	28	8	21	38	16	27	6	21	38	15	25

หมายเหตุ : คะแนนจากผู้ประเมิน 1 – 5 มาจากการรวมคะแนนตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 5 ด้าน ดังนี้

- 1 คือ คะแนนรวมด้านการระบุปัญหา
- 2 คือ คะแนนรวมด้านการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- 3 คือ คะแนนรวมด้านการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
- 4 คือ คะแนนรวมด้านการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
- 5 คือ คะแนนรวมด้านการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ
ชิ้นงาน

จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการตรวจให้คะแนนของผู้ประเมินทั้ง 3 คน หาค่าเฉลี่ยผลรวมของคะแนนแต่ละด้านของนักเรียนทั้ง 20 คน แสดงผลดังตาราง 18

ตาราง 24 ค่าเฉลี่ยผลรวมคะแนนแต่ละด้านของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

นักเรียนคนที่	คะแนนเฉลี่ยด้านที่ (R_{nk})				
	1	2	3	4	5
1	10.00	24.67	41.00	19.33	25.67
2	9.67	25.00	37.67	18.33	30.00
3	9.00	25.67	41.33	18.00	24.33
4	9.33	25.00	39.00	16.00	30.33
5	9.67	26.33	37.33	18.00	24.67
6	9.67	25.00	37.00	14.00	29.67
7	9.33	23.67	39.67	18.00	24.00
8	8.00	24.33	39.33	18.00	28.67
9	9.67	23.33	37.33	17.33	21.67
10	9.67	19.33	39.00	17.33	31.00

ตาราง 18 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนเฉลี่ยด้านที่ (R_{nk})				
	1	2	3	4	5
11	9.33	23.00	38.33	18.00	22.67
12	9.00	22.67	37.33	15.67	28.33
13	9.67	22.67	36.33	17.33	25.00
14	8.67	19.67	31.67	16.67	31.67
15	9.67	21.00	37.33	18.00	24.00
16	9.33	22.33	32.67	16.00	30.67
17	8.33	22.67	37.33	17.33	29.67
18	7.33	23.33	31.67	16.00	29.33
19	9.33	22.33	35.67	16.67	30.67
20	7.00	20.67	37.67	16.00	26.67

จากนั้นคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนของคะแนนจากสูตรที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 และหาค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนและรวมค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนทั้งหมด ดังตาราง 19

ตาราง 25 ค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนที่ได้มาจากผู้ประเมินทุกคน

คนที่	$ R_{1nk} - R_{nk} $					$ R_{2nk} - R_{nk} $					$ R_{3nk} - R_{nk} $				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0.00	0.67	0.00	0.67	0.33	0.00	0.67	1.00	0.33	0.33	0.00	1.33	1.00	0.33	0.67
2	0.33	0.00	0.33	0.67	0.00	0.67	0.00	0.67	0.67	1.00	0.33	0.00	0.33	1.33	1.00
3	0.00	0.33	0.67	1.00	0.33	0.00	1.67	1.33	1.00	0.33	0.00	1.33	0.67	0.00	0.67
4	0.67	0.00	0.00	1.00	0.67	1.33	1.00	1.00	1.00	1.33	0.67	1.00	1.00	2.00	0.67

ตาราง 19 (ต่อ)

คนที่	$ R_{1nk} - R_{nk} $					$ R_{2nk} - R_{nk} $					$ R_{3nk} - R_{nk} $				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
5	0.67	0.67	0.67	0.00	0.33	0.33	0.33	0.67	1.00	0.67	0.33	0.33	1.33	1.00	0.33
6	0.33	1.00	1.00	0.00	0.33	0.33	1.00	0.00	1.00	0.33	0.67	0.00	1.00	1.00	0.67
7	0.67	0.33	0.33	1.00	1.00	0.33	0.67	0.67	0.00	1.00	0.33	0.33	0.33	1.00	0.00
8	1.00	0.67	0.67	1.00	0.33	1.00	0.33	1.33	0.00	0.67	2.00	0.33	0.67	1.00	0.33
9	0.67	0.67	0.67	0.33	0.67	0.33	1.33	1.33	0.67	0.33	0.33	0.67	0.67	0.33	0.33
10	0.67	0.33	1.00	0.33	0.00	0.33	0.33	1.00	0.33	1.00	0.33	0.67	0.00	0.67	1.00
11	0.67	1.00	0.33	1.00	0.67	0.33	1.00	0.33	1.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.00	0.33
12	1.00	0.67	0.33	0.67	0.67	1.00	1.33	0.67	0.33	0.33	0.00	0.67	0.33	0.33	0.33
13	0.67	0.33	0.67	1.33	0.00	0.33	0.33	0.33	0.67	1.00	0.33	0.67	0.33	0.67	1.00
14	0.33	0.33	0.33	0.67	0.67	1.67	0.33	0.67	0.33	0.33	1.33	0.67	0.33	0.33	0.33
15	0.33	1.00	1.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.67	1.00	1.00	0.67	1.00	0.67	1.00	1.00
16	0.67	0.33	0.67	1.00	1.33	0.33	1.33	0.33	1.00	0.67	0.33	1.67	0.33	0.00	0.67
17	0.67	0.67	0.67	1.67	1.67	2.33	0.33	0.67	1.67	1.33	1.67	0.33	1.33	3.33	0.33
18	0.67	0.67	1.33	0.00	1.33	0.33	0.33	0.67	1.00	1.33	0.33	0.33	0.67	1.00	2.67
19	0.67	0.67	0.33	0.67	0.67	1.33	0.67	0.67	0.33	0.33	0.67	1.33	0.33	0.33	0.33
20	0.00	0.67	0.67	1.00	1.33	1.00	0.33	0.33	0.00	0.33	1.00	0.33	0.33	1.00	1.67

เมื่อคำนวณหาผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบนทั้งหมดเท่ากับ 196.67 เมื่อแทนค่าลงในสูตรการประเมินกรณีพฤติกรรมบ่งชี้หลายตัว นักเรียนหลายคน และผู้ประเมินหลายคน (สุรัชย์ มีชาญ, 2547)

$$\begin{aligned}
 RAI &= 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |R_{mnk} - \bar{R}_{nk}|}{KN(M-1)(I-1)} \\
 &= 1 - \frac{196.67}{(5)(20)(3-1)(16-1)} \\
 &= 0.93
 \end{aligned}$$

จากการคำนวณ พบว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) มีค่าเท่ากับ 0.93 เข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินให้คะแนนนักเรียนได้สอดคล้องกันสูงมาก แบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ แต่หากปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนในบางด้านของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้ชัดเจนและสื่อความหมายได้ตรงกันได้ดีกว่านี้ก็จะดีมาก

ภาคผนวก ง

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการบูรณาการความรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้
โมเดล Generalized Partial Credit Model (G-PCM)

12/2/2020

stem-editssig.Test1-irt.htm

IRTPRO Version 4.2

Output generated by IRTPRO estimation engine Version 5.20 (64-bit)

Project:	
Description:	
Date:	27 November 2020
Time:	09:35 PM

Table of Contents2PL Model Item Parameter Estimates for Group 1, logit: $a\theta + c$ or $a(\theta - b)$ Nominal Model Slopes and Scoring Function Contrasts for Group 1, logit: $(a s_k\theta + c_k)$; $s = T\alpha$ Nominal Model Scoring Function Values for Group 1, logit: $(a s_k\theta + c_k)$; $s = T\alpha$ Nominal Model Intercept Contrasts for Group 1, logit: $(a s_k\theta + c_k)$; $c = T\gamma$ Original (Bock, 1972) Parameters, Nominal Items for Group 1, logit: $(a_k\theta + c_k)$ Summed-Score Based Item Diagnostic Tables and X^2 s for Group 1

Group Parameter Estimates

Marginal fit (X^2) and Standardized LD X^2 Statistics for Group 1Item Information Function Values for Group 1 at 15 Values of θ from -2.8 to 2.8

Likelihood-based Values and Goodness of Fit Statistics

Summary of the Data and Control Parameters

2PL Model Item Parameter Estimates for Group 1, logit: $a\theta + c$ or $a(\theta - b)$ (Back to TOC)

Item	Label	a	s.e.	c	s.e.	b	s.e.
1	VAR001	2	1.34	0.14	0.06	0.11	-0.05
8	VAR008	25	1.50	0.16	0.17	0.13	-0.78
15	VAR015	48	1.60	0.16	0.21	0.12	-0.13
22	VAR022	71	1.43	0.15	0.27	0.11	-0.19
29	VAR029	94	1.55	0.15	0.60	0.12	-0.38

GPC Model Item Parameter Estimates, logit: $a[k(\theta - b) + \Sigma d_k]$

Item	Label	a	s.e.	b	s.e.	d ₁	d ₂	s.e.	d ₃	s.e.	d ₄	s.e.	d ₅	s.e.
2	VAR002	3	0.75	0.08	-0.29	0.08	0.00	1.64	0.18	-0.23	0.16	-1.41	0.16	
3	VAR003	7	0.87	0.10	0.29	0.09	0.00	1.08	0.12	-1.08	0.12			
4	VAR004	10	0.69	0.09	0.29	0.10	0.00	1.18	0.15	-1.18	0.15			
5	VAR005	13	1.14	0.12	0.36	0.08	0.00	0.99	0.09	-0.99	0.09			
6	VAR006	16	0.81	0.09	-1.24	0.13	0.00	0.74	0.13	-0.74	0.13			
7	VAR007	19	0.85	0.08	0.01	0.07	0.00	1.17	0.19	1.37	0.20	-0.52	0.14	-2.01
9	VAR009	26	1.20	0.11	-0.60	0.06	0.00	0.64	0.12	0.20	0.11	-0.84	0.09	
10	VAR010	30	1.23	0.12	0.04	0.07	0.00	0.64	0.08	-0.64	0.08			
11	VAR011	33	1.31	0.12	0.07	0.06	0.00	0.56	0.07	-0.56	0.07			
12	VAR012	36	0.86	0.09	0.58	0.09	0.00	0.45	0.11	-0.45	0.11			
13	VAR013	39	0.85	0.10	-1.27	0.13	0.00	0.53	0.13	-0.53	0.13			
14	VAR014	42	0.84	0.08	-0.02	0.07	0.00	1.23	0.18	0.75	0.17	0.14	0.15	-2.11
16	VAR016	49	1.22	0.11	-0.15	0.05	0.00	0.79	0.10	-0.24	0.11	-0.54	0.10	
17	VAR017	53	1.22	0.12	0.57	0.08	0.00	0.74	0.08	-0.74	0.08			
18	VAR018	56	1.55	0.15	0.37	0.06	0.00	0.41	0.06	-0.41	0.06			
19	VAR019	59	1.38	0.14	0.68	0.07	0.00	0.46	0.07	-0.46	0.07			
20	VAR020	62	1.10	0.11	-0.41	0.07	0.00	0.26	0.09	-0.26	0.09			
21	VAR021	65	1.18	0.11	0.19	0.06	0.00	1.31	0.12	0.60	0.12	-0.56	0.11	-1.35
23	VAR023	72	1.18	0.11	0.03	0.05	0.00	0.55	0.10	-0.02	0.11	-0.53	0.10	
24	VAR024	76	1.36	0.13	0.53	0.07	0.00	0.13	0.08	-0.13	0.08			
25	VAR025	79	1.49	0.14	0.43	0.06	0.00	0.20	0.07	-0.20	0.07			
26	VAR026	82	1.20	0.12	0.56	0.07	0.00	0.10	0.09	-0.10	0.09			
27	VAR027	85	1.02	0.11	-0.86	0.09	0.00	0.28	0.10	-0.28	0.10			
28	VAR028	88	0.79	0.08	0.01	0.07	0.00	0.80	0.19	1.20	0.21	-0.14	0.15	-1.87
30	VAR030	95	1.58	0.15	-0.12	0.05	0.00	0.50	0.09	0.16	0.09	-0.66	0.08	
31	VAR031	99	0.83	0.09	0.32	0.08	0.00	0.27	0.12	-0.27	0.12			
32	VAR032	102	0.94	0.10	0.19	0.07	0.00	0.28	0.10	-0.28	0.10			
33	VAR033	105	0.80	0.09	0.23	0.08	0.00	0.06	0.13	-0.06	0.13			
34	VAR034	108	0.93	0.10	-1.16	0.12	0.00	0.70	0.11	-0.70	0.11			
35	VAR035	111	0.66	0.08	-0.20	0.09	0.00	1.68	0.26	1.29	0.25	-0.69	0.18	-2.28

Nominal Model Slopes and Scoring Function Contrasts for Group 1, logit: $(a s_k\theta + c_k)$; $s = T\alpha$ (Back to TOC)

Item	Label	a	s.e.	Contrasts	α_1	s.e.	α_2	s.e.	α_3	s.e.	α_4	s.e.
2	VAR002	3	0.75	0.08 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----		
3	VAR003	7	0.87	0.10 Trend	1.00	----	0.00	----				
4	VAR004	10	0.69	0.09 Trend	1.00	----	0.00	----				
5	VAR005	13	1.14	0.12 Trend	1.00	----	0.00	----				
6	VAR006	16	0.81	0.09 Trend	1.00	----	0.00	----				
7	VAR007	19	0.85	0.08 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----	0.00	----
9	VAR009	26	1.20	0.11 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----		

file:///C:/Users/WindowS 10/Downloads/stem-editssig.Test1-irt.htm

1/7

12/2/2020

stem-editssig.Test1-irt.htm

10	VAR010	30	1.23	0.12 Trend	1.00	----	0.00	----				
11	VAR011	33	1.31	0.12 Trend	1.00	----	0.00	----				
12	VAR012	36	0.86	0.09 Trend	1.00	----	0.00	----				
13	VAR013	39	0.85	0.10 Trend	1.00	----	0.00	----				
14	VAR014	42	0.84	0.08 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----	0.00	----
16	VAR016	49	1.22	0.11 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----		
17	VAR017	53	1.22	0.12 Trend	1.00	----	0.00	----				
18	VAR018	56	1.55	0.15 Trend	1.00	----	0.00	----				
19	VAR019	59	1.38	0.14 Trend	1.00	----	0.00	----				
20	VAR020	62	1.10	0.11 Trend	1.00	----	0.00	----				
21	VAR021	65	1.18	0.11 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----	0.00	----
23	VAR023	72	1.18	0.11 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----		
24	VAR024	76	1.36	0.13 Trend	1.00	----	0.00	----				
25	VAR025	79	1.49	0.14 Trend	1.00	----	0.00	----				
26	VAR026	82	1.20	0.12 Trend	1.00	----	0.00	----				
27	VAR027	85	1.02	0.11 Trend	1.00	----	0.00	----				
28	VAR028	88	0.79	0.08 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----	0.00	----
30	VAR030	95	1.58	0.15 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----		
31	VAR031	99	0.83	0.09 Trend	1.00	----	0.00	----				
32	VAR032	102	0.94	0.10 Trend	1.00	----	0.00	----				
33	VAR033	105	0.80	0.09 Trend	1.00	----	0.00	----				
34	VAR034	108	0.93	0.10 Trend	1.00	----	0.00	----				
35	VAR035	111	0.66	0.08 Trend	1.00	----	0.00	----	0.00	----	0.00	----

Nominal Model Scoring Function Values for Group 1, logit: $(a s_k \theta + c_k)$; $s = T\alpha$ (Back to TOC)

Item	Category	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5
2	VAR002	0.00	1.00	2.00	3.00	
3	VAR003	0.00	1.00	2.00		
4	VAR004	0.00	1.00	2.00		
5	VAR005	0.00	1.00	2.00		
6	VAR006	0.00	1.00	2.00		
7	VAR007	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
9	VAR009	0.00	1.00	2.00	3.00	
10	VAR010	0.00	1.00	2.00		
11	VAR011	0.00	1.00	2.00		
12	VAR012	0.00	1.00	2.00		
13	VAR013	0.00	1.00	2.00		
14	VAR014	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
16	VAR016	0.00	1.00	2.00	3.00	
17	VAR017	0.00	1.00	2.00		
18	VAR018	0.00	1.00	2.00		
19	VAR019	0.00	1.00	2.00		
20	VAR020	0.00	1.00	2.00		
21	VAR021	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
23	VAR023	0.00	1.00	2.00	3.00	
24	VAR024	0.00	1.00	2.00		
25	VAR025	0.00	1.00	2.00		
26	VAR026	0.00	1.00	2.00		
27	VAR027	0.00	1.00	2.00		
28	VAR028	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00
30	VAR030	0.00	1.00	2.00	3.00	
31	VAR031	0.00	1.00	2.00		
32	VAR032	0.00	1.00	2.00		
33	VAR033	0.00	1.00	2.00		
34	VAR034	0.00	1.00	2.00		
35	VAR035	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00

Nominal Model Intercept Contrasts for Group 1, logit: $(a s_k \theta + c_k)$; $c = T\gamma$ (Back to TOC)

Item	Label	Contrasts	γ_1	s.e.	γ_2	s.e.	γ_3	s.e.	γ_4	s.e.
2	VAR002	Trend	4	0.22	0.06	5	1.33	0.13	6	0.10
3	VAR003	Trend	8	-0.26	0.07	9	0.95	0.10		
4	VAR004	Trend	11	-0.20	0.07	12	0.82	0.10		
5	VAR005	Trend	14	-0.41	0.08	15	1.13	0.11		
6	VAR006	Trend	17	1.01	0.09	18	0.60	0.11		
7	VAR007	Trend	20	-0.00	0.06	21	2.03	0.18	22	-0.36
9	VAR009	Trend	27	0.73	0.09	28	1.03	0.16	29	-0.14
10	VAR010	Trend	31	-0.05	0.08	32	0.78	0.11		
11	VAR011	Trend	34	-0.09	0.08	35	0.73	0.11		
12	VAR012	Trend	37	-0.49	0.07	38	0.38	0.10		
13	VAR013	Trend	40	1.08	0.09	41	0.45	0.12		
14	VAR014	Trend	43	0.02	0.06	44	1.83	0.18	45	-0.37
16	VAR016	Trend	50	0.19	0.07	51	0.93	0.15	52	0.17
17	VAR017	Trend	54	-0.69	0.09	55	0.90	0.11		
18	VAR018	Trend	57	-0.57	0.09	58	0.63	0.12		

12/2/2020

stem-editssig.Test1-irt.htm

19	VAR019	Trend	60	-0.94	0.10	61	0.63	0.12											
20	VAR020	Trend	63	0.45	0.08	64	0.29	0.11											
21	VAR021	Trend	66	-0.23	0.07	67	2.24	0.21	68	-0.02	0.08	69	-0.02	0.06					
23	VAR023	Trend	73	-0.04	0.06	74	0.74	0.14	75	0.01	0.08								
24	VAR024	Trend	77	-0.71	0.09	78	0.18	0.12											
25	VAR025	Trend	80	-0.64	0.09	81	0.29	0.12											
26	VAR026	Trend	83	-0.67	0.08	84	0.12	0.12											
27	VAR027	Trend	86	0.88	0.09	87	0.29	0.12											
28	VAR028	Trend	89	-0.01	0.06	90	1.53	0.17	91	-0.42	0.08	92	-0.05	0.07					
30	VAR030	Trend	96	0.19	0.07	97	1.05	0.18	98	-0.15	0.08								
31	VAR031	Trend	100	-0.26	0.06	101	0.23	0.10											
32	VAR032	Trend	103	-0.18	0.07	104	0.26	0.11											
33	VAR033	Trend	106	-0.19	0.06	107	0.05	0.10											
34	VAR034	Trend	109	1.08	0.10	110	0.64	0.12											
35	VAR035	Trend	112	0.13	0.06	113	1.91	0.19	114	-0.20	0.09	115	-0.06	0.06					

Original (Bock, 1972) Parameters, Nominal Items for Group 1, logit: ($a_k\theta + c_k$) (Back to TOC)

Item	Label	Category	1	2	3	4	5
2	VAR002	a	0.00	0.75	1.51	2.26	
		c	0.00	1.46	1.51	0.67	
3	VAR003	a	0.00	0.87	1.75		
		c	0.00	0.69	-0.51		
4	VAR004	a	0.00	0.69	1.39		
		c	0.00	0.61	-0.41		
5	VAR005	a	0.00	1.14	2.28		
		c	0.00	0.72	-0.82		
6	VAR006	a	0.00	0.81	1.63		
		c	0.00	1.61	2.02		
7	VAR007	a	0.00	0.85	1.70	2.54	3.39
		c	0.00	0.98	2.14	1.69	-0.02
9	VAR009	a	0.00	1.20	2.41	3.61	
		c	0.00	1.50	2.47	2.18	
10	VAR010	a	0.00	1.23	2.45		
		c	0.00	0.73	-0.10		
11	VAR011	a	0.00	1.31	2.62		
		c	0.00	0.64	-0.18		
12	VAR012	a	0.00	0.86	1.71		
		c	0.00	-0.11	-0.98		
13	VAR013	a	0.00	0.85	1.69		
		c	0.00	1.52	2.15		
14	VAR014	a	0.00	0.84	1.68	2.53	3.37
		c	0.00	1.05	1.70	1.83	0.07
16	VAR016	a	0.00	1.22	2.44	3.66	
		c	0.00	1.14	1.03	0.56	
17	VAR017	a	0.00	1.22	2.43		
		c	0.00	0.20	-1.39		
18	VAR018	a	0.00	1.55	3.10		
		c	0.00	0.06	-1.13		
19	VAR019	a	0.00	1.38	2.75		
		c	0.00	-0.32	-1.88		
20	VAR020	a	0.00	1.10	2.19		
		c	0.00	0.74	0.90		
21	VAR021	a	0.00	1.18	2.36	3.55	4.73
		c	0.00	1.32	1.80	0.90	-0.92
23	VAR023	a	0.00	1.18	2.37	3.55	
		c	0.00	0.62	0.56	-0.11	
24	VAR024	a	0.00	1.36	2.71		
		c	0.00	-0.53	-1.43		
25	VAR025	a	0.00	1.49	2.97		
		c	0.00	-0.34	-1.27		
26	VAR026	a	0.00	1.20	2.40		
		c	0.00	-0.55	-1.35		
27	VAR027	a	0.00	1.02	2.05		
		c	0.00	1.17	1.77		
28	VAR028	a	0.00	0.79	1.58	2.36	3.15
		c	0.00	0.62	1.56	1.45	-0.03
30	VAR030	a	0.00	1.58	3.15	4.73	
		c	0.00	0.97	1.42	0.57	
31	VAR031	a	0.00	0.83	1.65		
		c	0.00	-0.04	-0.53		
32	VAR032	a	0.00	0.94	1.89		
		c	0.00	0.08	-0.36		
33	VAR033	a	0.00	0.80	1.60		
		c	0.00	-0.14	-0.37		
34	VAR034	a	0.00	0.93	1.85		

file:///C:/Users/WindowS 10/Downloads/stem-editssig.Test1-irt.htm

3/7

12/2/2020

stem-editssig.Test1-irt.htm

35	VAR035	c	0.00	1.72	2.15		
		a	0.00	0.66	1.32	1.99	2.65
		c	0.00	1.24	2.23	1.90	0.53

Summed-Score Based Item Diagnostic Tables and χ^2 s for Group 1 (Back to TOC)S- χ^2 Item Level Diagnostic Statistics

Item	Label	χ^2	d.f.	Probability
1	VAR001	58.82	48	0.1359
2	VAR002	137.92	122	0.1536
3	VAR003	112.49	92	0.0721
4	VAR004	99.40	92	0.2804
5	VAR005	82.35	80	0.4060
6	VAR006	98.83	85	0.1447
7	VAR007	167.62	134	0.0260
8	VAR008	37.57	44	0.7426
9	VAR009	113.65	104	0.2431
10	VAR010	85.49	81	0.3444
11	VAR011	114.21	79	0.0059
12	VAR012	102.66	85	0.0932
13	VAR013	100.39	83	0.0939
14	VAR014	209.51	143	0.0002
15	VAR015	82.21	46	0.0008
16	VAR016	145.27	108	0.0097
17	VAR017	107.93	79	0.0170
18	VAR018	79.05	76	0.3823
19	VAR019	102.51	72	0.0105
20	VAR020	95.97	80	0.1075
21	VAR021	165.94	125	0.0084
22	VAR022	72.47	49	0.0163
23	VAR023	135.97	110	0.0471
24	VAR024	98.21	76	0.0441
25	VAR025	119.47	72	0.0004
26	VAR026	87.70	74	0.1318
27	VAR027	107.47	87	0.0674
28	VAR028	183.63	138	0.0057
29	VAR029	58.95	45	0.0791
30	VAR030	98.50	94	0.3547
31	VAR031	78.79	91	0.8160
32	VAR032	90.87	87	0.3666
33	VAR033	79.99	92	0.8101
34	VAR034	94.24	81	0.1488
35	VAR035	233.78	144	0.0001

Group Parameter Estimates (Back to TOC)

Group	Label	μ	s.e.	σ^2	s.e.	σ	s.e.
1	Group 1	0.00	----	1.00	-----	1.00	-----

Marginal fit (χ^2) and Standardized LD χ^2 Statistics for Group 1 (Back to TOC)

		Marginal										
Item	Label	χ^2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	VAR001	0.1										
2	VAR002	0.1	8.8									
3	VAR003	0.0	1.0	1.0								
4	VAR004	0.0	-0.5	2.0	1.2							
5	VAR005	0.0	2.4	6.3	2.2	1.5						
6	VAR006	0.0	1.5	7.7	0.2	0.5	2.1					
7	VAR007	0.2	1.6	2.8	2.3	1.7	1.8	4.7				
8	VAR008	0.0	-0.5	1.0	0.9	-0.1	5.1	-0.5	0.6			
9	VAR009	0.5	-0.1	1.0	1.2	-0.8	0.5	2.2	2.8	5.7		
10	VAR010	0.2	2.9	0.2	-0.0	3.9	-0.5	54.9	0.2	-0.6	2.3	
11	VAR011	0.3	1.4	0.3	0.2	1.8	1.4	8.1	3.3	0.8	2.6	1.6
12	VAR012	0.1	-0.7	-0.4	0.1	-0.3	-0.3	6.1	3.7	-0.2	0.6	2.7
13	VAR013	0.0	-0.6	-0.2	1.7	0.4	-0.4	2.2	-0.3	-0.1	0.2	-0.6
14	VAR014	0.2	-0.0	0.3	-0.2	0.7	-0.4	2.0	-0.3	2.1	4.6	0.0
15	VAR015	0.1	-0.6	1.2	0.7	-0.6	-0.1	1.7	-0.9	-0.6	-0.7	-0.5
16	VAR016	0.7	1.3	1.5	1.3	1.4	0.5	3.4	2.2	-0.5	1.1	2.9
17	VAR017	0.1	2.5	-0.2	1.6	-0.1	1.1	0.3	0.5	2.1	1.1	0.4
18	VAR018	0.5	-0.3	1.3	-0.5	-0.1	-0.2	3.7	1.0	-0.4	0.6	0.7
19	VAR019	0.3	0.8	0.1	1.6	1.1	-1.0	1.1	1.7	0.0	-0.0	-0.3
20	VAR020	0.2	-0.6	0.8	-0.0	2.7	-0.8	0.8	4.1	2.1	0.6	0.8
21	VAR021	0.9	2.3	1.6	5.8	1.4	0.6	4.1	2.6	2.4	0.5	5.5
22	VAR022	0.1	-0.5	0.8	0.6	-0.5	0.7	2.3	2.3	-0.6	-0.9	0.5
23	VAR023	0.7	2.2	3.5	1.6	-1.0	-0.2	1.9	0.9	1.9	-1.2	0.4
24	VAR024	0.5	-0.5	0.7	0.3	-0.4	-0.4	1.4	3.6	-0.5	0.7	-0.7

file:///C:/Users/WindowS 10/Downloads/stem-editssig.Test1-irt.htm

4/7

12/2/2020

stem-editssig.Test1-irt.htm

25	VAR025	0.7	1.4	0.7	1.5	0.2	0.5	2.7	2.3	-0.6	0.2	-0.1
26	VAR026	0.4	3.4	-1.0	2.5	1.6	-0.5	0.9	0.7	0.4	4.1	1.3
27	VAR027	0.1	0.9	1.9	-0.1	0.1	2.2	2.1	2.2	0.7	3.9	6.0
28	VAR028	0.2	0.7	0.7	1.1	0.7	4.1	2.0	2.7	4.5	3.3	5.7
29	VAR029	0.0	0.3	-0.6	0.5	0.3	0.3	-0.8	1.7	50.9	0.8	-0.7
30	VAR030	1.3	2.5	1.3	3.5	0.6	0.9	2.6	5.5	3.0	49.6	1.7
31	VAR031	0.1	0.1	-1.0	1.3	0.1	-0.0	2.8	0.3	1.5	2.5	5.3
32	VAR032	0.1	-0.7	-1.3	-0.5	0.5	-0.8	1.7	0.8	-0.4	4.3	1.6
33	VAR033	0.1	0.1	-0.4	-0.6	-0.6	1.4	4.3	3.2	1.0	0.3	4.8
34	VAR034	0.1	-0.2	-0.5	0.8	-0.6	-1.3	0.3	0.3	5.0	1.9	1.5
35	VAR035	0.1	1.2	1.1	2.1	-0.5	3.1	6.8	6.3	8.9	9.3	9.6

Item	Label	Marginal χ^2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	VAR011	0.3										
12	VAR012	0.1	2.7									
13	VAR013	0.0	0.2	-0.1								
14	VAR014	0.2	3.6	0.8	-0.1							
15	VAR015	0.1	1.5	-0.2	0.4	2.2						
16	VAR016	0.7	-0.1	-0.7	-0.3	2.8	8.4					
17	VAR017	0.1	-0.3	2.6	-0.5	0.7	0.6	2.0				
18	VAR018	0.5	1.3	0.7	1.4	3.9	0.6	2.9	1.5			
19	VAR019	0.3	0.8	-0.7	1.6	3.7	3.5	1.7	4.8	1.4		
20	VAR020	0.2	5.1	1.2	1.2	2.0	0.2	1.9	-0.4	38.5	-0.8	
21	VAR021	0.9	5.0	3.5	2.1	-0.2	2.9	2.5	7.3	2.5	3.1	0.6
22	VAR022	0.1	0.5	3.7	-0.5	1.8	0.5	-0.3	-0.6	-0.2	0.1	1.2
23	VAR023	0.7	0.5	2.6	-1.1	1.7	2.3	4.6	2.9	4.3	3.7	1.1
24	VAR024	0.5	1.2	0.9	-0.2	1.2	0.7	0.8	-0.1	2.3	4.1	0.8
25	VAR025	0.7	-0.6	1.3	-0.1	1.3	0.9	1.1	0.6	-0.1	5.6	1.5
26	VAR026	0.4	0.0	0.7	-1.0	0.3	0.0	-0.2	1.6	0.6	1.2	3.4
27	VAR027	0.1	34.8	11.5	5.1	1.2	0.7	-0.3	-0.6	2.1	0.8	2.2
28	VAR028	0.2	5.1	8.5	1.4	2.7	1.9	4.4	4.9	7.4	1.4	5.9
29	VAR029	0.0	-0.1	-0.6	-0.1	3.1	-0.5	4.1	0.2	0.2	-0.7	1.1
30	VAR030	1.3	6.7	1.1	-0.4	4.5	1.3	0.4	1.2	2.4	1.2	0.6
31	VAR031	0.1	3.5	3.9	-0.0	2.2	-0.2	-0.9	0.6	0.0	-0.7	0.7
32	VAR032	0.1	2.7	8.6	-0.4	6.5	-0.9	0.1	-0.6	-0.1	-0.3	-1.1
33	VAR033	0.1	2.0	4.2	-1.0	0.8	-0.6	1.5	0.9	-0.5	1.9	2.9
34	VAR034	0.1	0.5	1.6	71.2	3.6	-0.2	4.0	-0.4	3.5	5.1	1.7
35	VAR035	0.1	7.3	8.0	1.5	47.7	2.7	6.0	4.8	10.0	6.7	7.8

Item	Label	Marginal χ^2	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
21	VAR021	0.9										
22	VAR022	0.1	4.7									
23	VAR023	0.7	5.6	4.2								
24	VAR024	0.5	7.3	0.4	2.5							
25	VAR025	0.7	5.6	4.7	5.1	0.9						
26	VAR026	0.4	1.2	2.0	4.5	-0.2	-0.7					
27	VAR027	0.1	3.8	0.4	1.5	2.2	1.0	0.2				
28	VAR028	0.2	6.5	2.3	4.7	4.9	7.6	6.0	8.9			
29	VAR029	0.0	2.0	-0.6	2.4	-0.7	0.0	-0.7	1.0	3.7		
30	VAR030	1.3	7.0	0.5	1.1	1.0	2.4	3.8	2.9	4.6	3.3	
31	VAR031	0.1	1.5	-0.4	-0.8	-0.5	-0.1	0.7	1.8	4.7	-0.8	0.7
32	VAR032	0.1	2.7	0.0	0.4	-0.4	0.1	-0.6	6.4	4.1	-0.5	2.4
33	VAR033	0.1	0.6	2.8	-0.3	-0.7	0.2	-0.5	0.1	2.2	1.6	0.7
34	VAR034	0.1	2.2	0.6	0.7	1.0	3.3	0.7	5.7	3.9	1.8	1.9
35	VAR035	0.1	3.0	7.1	3.6	2.2	3.7	5.7	9.3	9.0	7.3	8.4

Item	Label	Marginal χ^2	31	32	33	34
31	VAR031	0.1				
32	VAR032	0.1	1.3			
33	VAR033	0.1	2.6	0.1		
34	VAR034	0.1	0.4	1.6	-0.1	
35	VAR035	0.1	6.9	10.4	3.1	4.3

Item Information Function Values for Group 1 at 15 Values of θ from -2.8 to 2.8 (Back to TOC)

Item	Label	θ	-2.8	-2.4	-2.0	-1.6	-1.2	-0.8	-0.4	-0.0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8
1	VAR001	0.04	0.07	0.11	0.18	0.26	0.35	0.42	0.45	0.41	0.33	0.24	0.16	0.10	0.06	0.04	
2	VAR002	0.19	0.23	0.27	0.32	0.35	0.39	0.41	0.42	0.40	0.37	0.33	0.28	0.23	0.18	0.14	
3	VAR003	0.11	0.14	0.17	0.21	0.25	0.29	0.31	0.33	0.33	0.32	0.30	0.27	0.23	0.19	0.15	
4	VAR004	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.22	0.23	0.22	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	
5	VAR005	0.10	0.14	0.20	0.28	0.35	0.42	0.48	0.50	0.51	0.50	0.47	0.41	0.34	0.26	0.19	

12/2/2020

stem-editssig.Test1-irt.htm

6	VAR006	0.23	0.27	0.31	0.34	0.35	0.33	0.30	0.26	0.22	0.17	0.14	0.10	0.08	0.06	0.04
7	VAR007	0.25	0.35	0.48	0.60	0.68	0.69	0.66	0.60	0.55	0.51	0.46	0.42	0.36	0.31	0.25
8	VAR008	0.10	0.17	0.27	0.39	0.51	0.56	0.52	0.40	0.28	0.17	0.10	0.06	0.03	0.02	0.01
9	VAR009	0.23	0.37	0.57	0.83	1.08	1.20	1.14	0.95	0.72	0.52	0.36	0.24	0.16	0.10	0.06
10	VAR010	0.09	0.15	0.22	0.32	0.45	0.57	0.68	0.72	0.69	0.60	0.47	0.35	0.24	0.16	0.10
11	VAR011	0.08	0.13	0.21	0.32	0.46	0.63	0.77	0.84	0.80	0.68	0.52	0.36	0.24	0.15	0.09
12	VAR012	0.06	0.08	0.11	0.15	0.21	0.27	0.33	0.39	0.42	0.42	0.38	0.32	0.26	0.20	0.15
13	VAR013	0.24	0.30	0.35	0.39	0.40	0.38	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13	0.09	0.07	0.05	0.04
14	VAR014	0.22	0.31	0.43	0.57	0.70	0.78	0.78	0.71	0.60	0.50	0.42	0.36	0.31	0.26	0.22
15	VAR015	0.04	0.06	0.12	0.20	0.33	0.49	0.61	0.63	0.53	0.38	0.24	0.14	0.08	0.04	0.02
16	VAR016	0.14	0.22	0.33	0.49	0.70	0.95	1.19	1.29	1.17	0.89	0.59	0.37	0.22	0.14	0.08
17	VAR017	0.06	0.09	0.14	0.21	0.30	0.41	0.52	0.61	0.66	0.65	0.60	0.51	0.39	0.29	0.20
18	VAR018	0.03	0.06	0.11	0.20	0.35	0.57	0.86	1.14	1.24	1.10	0.81	0.53	0.32	0.18	0.10
19	VAR019	0.03	0.05	0.08	0.14	0.24	0.37	0.56	0.78	0.94	0.97	0.86	0.65	0.45	0.29	0.18
20	VAR020	0.12	0.18	0.27	0.40	0.55	0.67	0.72	0.67	0.54	0.39	0.27	0.18	0.11	0.07	0.05
21	VAR021	0.18	0.28	0.43	0.62	0.83	1.01	1.13	1.16	1.15	1.10	0.99	0.81	0.61	0.42	0.28
22	VAR022	0.05	0.08	0.13	0.21	0.32	0.43	0.50	0.50	0.43	0.32	0.22	0.14	0.08	0.05	0.03
23	VAR023	0.09	0.15	0.24	0.38	0.60	0.88	1.17	1.32	1.21	0.94	0.64	0.41	0.26	0.16	0.10
24	VAR024	0.02	0.04	0.07	0.13	0.22	0.38	0.63	0.93	1.14	1.08	0.82	0.53	0.32	0.18	0.10
25	VAR025	0.02	0.04	0.08	0.15	0.26	0.47	0.77	1.13	1.32	1.17	0.83	0.50	0.29	0.16	0.09
26	VAR026	0.03	0.05	0.08	0.13	0.21	0.35	0.54	0.76	0.91	0.89	0.71	0.50	0.32	0.19	0.12
27	VAR027	0.19	0.28	0.39	0.51	0.60	0.63	0.58	0.47	0.35	0.25	0.17	0.11	0.08	0.05	0.03
28	VAR028	0.20	0.28	0.40	0.54	0.66	0.73	0.72	0.66	0.57	0.49	0.42	0.36	0.30	0.25	0.20
29	VAR029	0.05	0.10	0.17	0.28	0.41	0.54	0.60	0.55	0.43	0.29	0.18	0.10	0.06	0.03	0.02
30	VAR030	0.08	0.15	0.29	0.54	0.97	1.56	2.01	1.96	1.54	1.06	0.67	0.40	0.23	0.13	0.07
31	VAR031	0.07	0.09	0.13	0.18	0.23	0.30	0.36	0.41	0.42	0.39	0.34	0.27	0.21	0.16	0.11
32	VAR032	0.07	0.10	0.15	0.21	0.29	0.39	0.48	0.53	0.53	0.47	0.38	0.29	0.21	0.15	0.10
33	VAR033	0.07	0.09	0.13	0.18	0.24	0.31	0.37	0.41	0.41	0.38	0.32	0.25	0.19	0.14	0.10
34	VAR034	0.25	0.32	0.38	0.42	0.44	0.43	0.39	0.33	0.26	0.20	0.15	0.11	0.08	0.06	0.04
35	VAR035	0.26	0.31	0.36	0.40	0.42	0.42	0.41	0.39	0.37	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19
Test Information:		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
Expected s.e.:		0.44	0.38	0.33	0.28	0.25	0.22	0.21	0.20	0.21	0.22	0.25	0.29	0.34	0.39	0.46

Marginal Reliability for Response Pattern Scores: 0.94

Likelihood-based Values and Goodness of Fit Statistics [\(Back to TOC\)](#)

Statistics based on the loglikelihood

-2loglikelihood: 35189.95

Akaike Information Criterion (AIC): 35419.95

Bayesian Information Criterion (BIC): 35914.12

Statistics based on the full item x item x ... classification

The table is too sparse to compute the general multinomial goodness of fit statistics.

Statistics based on one- and two-way marginal tables

M₂ statistics not available for this estimation method.**Summary of the Data and Control Parameters** [\(Back to TOC\)](#)

Sample Size 543

Number of Items 35

Number of Dimensions 1

Item	Label	Categories	Model	T _a	T _c
1	VAR001	2	2PL		
2	VAR002	4	Nominal	Trend	Trend
3	VAR003	3	Nominal	Trend	Trend
4	VAR004	3	Nominal	Trend	Trend
5	VAR005	3	Nominal	Trend	Trend
6	VAR006	3	Nominal	Trend	Trend
7	VAR007	5	Nominal	Trend	Trend
8	VAR008	2	2PL		
9	VAR009	4	Nominal	Trend	Trend
10	VAR010	3	Nominal	Trend	Trend
11	VAR011	3	Nominal	Trend	Trend
12	VAR012	3	Nominal	Trend	Trend
13	VAR013	3	Nominal	Trend	Trend
14	VAR014	5	Nominal	Trend	Trend
15	VAR015	2	2PL		
16	VAR016	4	Nominal	Trend	Trend
17	VAR017	3	Nominal	Trend	Trend
18	VAR018	3	Nominal	Trend	Trend
19	VAR019	3	Nominal	Trend	Trend
20	VAR020	3	Nominal	Trend	Trend
21	VAR021	5	Nominal	Trend	Trend

12/2/2020

stem-editssig.Test1-irt.htm

22	VAR022	2	2PL		
23	VAR023	4	Nominal	Trend	Trend
24	VAR024	3	Nominal	Trend	Trend
25	VAR025	3	Nominal	Trend	Trend
26	VAR026	3	Nominal	Trend	Trend
27	VAR027	3	Nominal	Trend	Trend
28	VAR028	5	Nominal	Trend	Trend
29	VAR029	2	2PL		
30	VAR030	4	Nominal	Trend	Trend
31	VAR031	3	Nominal	Trend	Trend
32	VAR032	3	Nominal	Trend	Trend
33	VAR033	3	Nominal	Trend	Trend
34	VAR034	3	Nominal	Trend	Trend
35	VAR035	5	Nominal	Trend	Trend

Parameter Estimation Control Values

Bock-Aitkin EM Algorithm		
Maximum number of cycles:	500	
Convergence criterion:	1.00e-005	
Maximum number of M-step iterations:	50	
Convergence criterion for iterative M-steps:	1.00e-006	
Number of rectangular quadrature points:	49	
Minimum, Maximum quadrature points:	-6.00	6.00
SEM algorithm tolerance:	1.00e-003	
Standard error computation algorithm:	Supplemented EM	

Miscellaneous Control Values

Print parameter numbers?	Yes
Z tolerance, max. abs. logit value:	50.00
Number of processor cores used:	1
Number of cycles completed:	81
Maximum parameter change:	0.00e+000
Number of free parameters:	115

Processing times (in seconds)

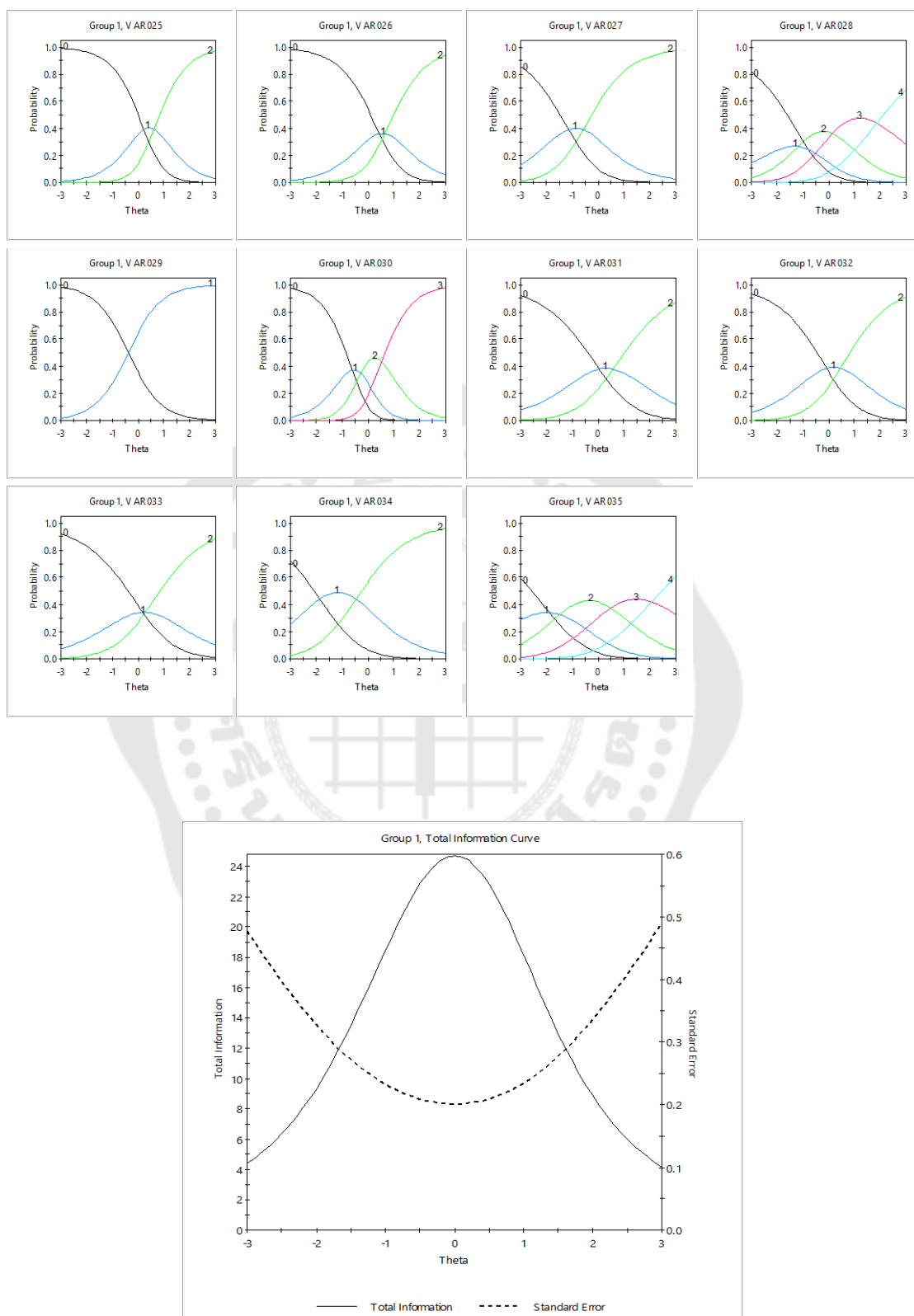
E-step computations:	0.30
M-step computations:	0.22
Standard error computations:	3.02
Goodness-of-fit statistics:	0.25
Total:	3.79

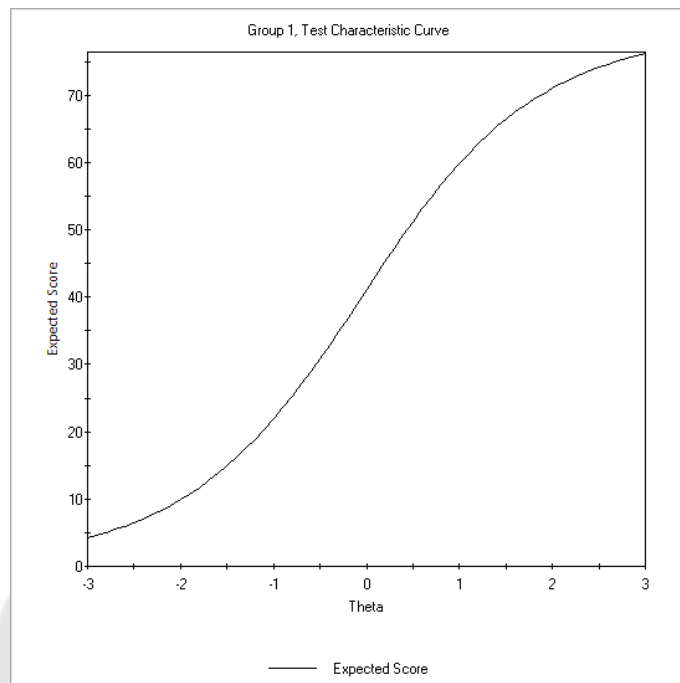
Output Files

HTML results and control parameters: C:\Users\SWUCOM\Desktop\Parn\stem-editssig.Test1-irt.htm

Convergence and Numerical Stability

Engine status:	Normal termination
SEM algorithm status:	Normal
First-order test:	Convergence criteria satisfied
Condition number of information matrix:	6.70e+001
Second-order test:	Solution is a possible local maximum





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	คันสนีย์ ยอดดำเนิน
วัน เดือน ปี เกิด	18 มกราคม 2535
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยนาท
วุฒิการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนคุรุประชาสรรค์ จังหวัดชัยนาท ระดับบัณฑิตศึกษา : ปริญญาตรี การศึกษบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 18 หมู่ 2 ตำบลโพงาม อำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท 17140

