

การพัฒนาแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
สิงหาคม 2560

การพัฒนาแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
สิงหาคม 2560

การพัฒนาแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
สิงหาคม 2560

จิรายุ สงวนแก้ว. (2560). การพัฒนาแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาศึกษาศึกษาพัฒนา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญานิพนธ์: อาจารย์ ดร.มนตา ตัญย์เมธการ, อาจารย์ ดร.โชติมา หนูพริก.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวนนักเรียน 172 คน จากโรงเรียน 4 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) เครื่องมือในการวิจัยคือแบบทดสอบที่ประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 4 ข้อย่อย และคู่มือการตรวจแบบทดสอบ เวลาในการทำแบบทดสอบทั้งหมด 1 ชั่วโมง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า: 1) คุณภาพแบบทดสอบทั้ง 3 ด้านได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ความเชื่อมั่น (Reliability) มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ประเมินอยู่ในระดับ 1.00 ความยากง่าย และอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination) มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.36 - 0.42 อำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.21 - 0.46 ซึ่งหมายถึงแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถนำไปใช้ทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส; 2) ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของนักเรียนกับระดับตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส เกิดขึ้น 10 แบบ ได้แก่ 0 คะแนน ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน, 1 คะแนน ระดับโครงสร้างเดียว, 2 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง, 3 คะแนน ระดับโครงสร้างเดียว, 3 คะแนน ระดับโครงสร้างหลากหลาย, 3 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง, 3 คะแนน ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย, 4 คะแนน ระดับโครงสร้างหลากหลาย, 4 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และ 4 คะแนน ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SKILLS AND THE PROCESS ON
A MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING TEST FOR GRADE NINE STUDENTS
ACCORDING TO THE TAXONOMY OF BIGGS AND COLLIS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Master of Education degree in Research and Development on Human potentials
at Srinakharinwirot University
August 2017

Jirayu Sa-nguankaew. (2017). The Development of Mathematical Skills and the process on a Mathematical Problem Solving Test for Grade Nine Students According to the Taxonomy of Biggs and Collis. Master thesis. M.Ed. (Research and development on Human Potentials: Educational Testing and Measurement). Bangkok: Graduate School, Srinakarinwirot, University. Advisor Committee: Dr. Manaathar Tulmethakaan, Dr. Chotima Nooprick

The purposes of this research were to develop and study the quality of the mathematical skills and the process of taking mathematical problem solving tests among Grade Nine students according to the SOLO Taxonomy of Biggs and Collis; one hundred and seventy two to study the results from using this test. The sample in this research consisted of 172 Grade Nine students from four schools in Secondary Educational Service Area Eight, during the second semester of the 2016 academic year by stratified random sampling. The research instruments consisted of a test with three situations and four items for each and a test-checking manual. The duration of the test was one hour. The data obtained were analyzed by mean and standard deviation.

The results of this research revealed the following: 1) the content validity level of the test was 1.0 with a reliability level of 1.0, the difficulty level was 0.36 - 0.42 and the discrimination level was 0.2-0.46. This indicated that the test was at an acceptable criteria for measuring mathematical skills and the process of solving mathematical problems among Grade Nine students according to Biggs and Collis' SOLO Taxonomy; 2) the relationship between the grade of the students and the SOLO Taxonomy of Biggs and Collis Taxonomy occurred in ten forms as follows: 0P = 0 mark at Pre-structural level; 1U= 1 mark at Uni-structural level; 2R= 2 marks at Relational level; 3U= 3 marks at Uni-structural level; 3M= 3 marks at Multi-structural level; 3R= 3 marks at Relational level; 3E= 3 marks at Extended Abstract level; 4M= 4 marks at Multi-structural level; 4R= 4 score at Relational level and 4E= 4 mark at the Extended Abstract level.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxnomy ของบิกส์และคอลลิส
ของ

จิรายุ สงวนแก้ว

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
วันที่ เดือน พ.ศ. 2560

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลักประธาน
(อาจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธการ) (รองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตน์ะ)

.....ที่ปรึกษาร่วมกรรมการ
(อาจารย์ ดร.โชติมา หนูพริก) (รองศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธการ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.โชติมา หนูพริก)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้งาน มีความ ถูกต้อง และ สมบูรณ์ อย่างดี ยิ่ง ผู้วิจัย ขอกราบ ขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.มนตา ตุลย์เมธการ และอาจารย์ ดร.โชติมา หนูพริก ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ชูศรี วงศ์รัตน์ และ รศ.ดร.องอาจ นัยวัฒน์ ที่ช่วยให้คำแนะนำ ในการปรับแก้งานวิจัยในครั้งนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษาทุกท่านที่ ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย อาจารย์ ดร.อทิพงษ์ มหานิล อาจารย์สุนิสา พงษ์ประยูร ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาคณิตศาสตร์ อาจารย์ ดร.ปาริชาติ เข่งแก้ว อาจารย์สมหมาย หงส์เทียบ ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผล อาจารย์พรภัทร สินดี อาจารย์ศราวุธ จอมนำ ผู้ใช้เครื่องมือในการตรวจแบบทดสอบ ทุกท่านที่ เสียสละเวลาอันมีค่า ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขข้อบกพร่องต่อการวิจัย ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครู และนักเรียน โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี โรงเรียนท่ามะขามวิทยา โรงเรียนประสารัฐประชากิจ และโรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ ที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นปริญญโททุกคน ที่เป็นกำลังใจ และสนับสนุนช่วยเหลือในหลายๆ ด้านตลอดระยะเวลาในการเรียนครั้งนี้

และขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่พนอ สงวนแก้ว และ คุณพ่อพยัพ สงวนแก้ว รวมทั้ง ขอขอบคุณน้องสุวิชา สงวนแก้ว และคุณภรรยาพรณี สมบัติศรี ที่ให้การสนับสนุน และคอยให้ กำลังใจอันยิ่งใหญ่

จิรายุ สงวนแก้ว

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	6
ประชากร	6
กลุ่มตัวอย่าง	6
ตัวแปรที่ศึกษา	6
เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาแบบวัด	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	9
2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
ระบบการจัดหมวดหมู่พฤติกรรมการเรียนรู้	12
แนวคิดพฤติกรรมของบลูมและคณะ	14
โครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (SOLO Taxonomy)	17
การหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลทางการศึกษา	47
ความเที่ยงตรง	47
ความเชื่อมั่น	50
ความยากง่าย	52
อำนาจจำแนก	52
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	53
งานวิจัยในประเทศ	53
งานวิจัยต่างประเทศ	54

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	56
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	56
ประชากร	56
กลุ่มตัวอย่าง	58
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพเครื่องมือ	59
ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ	59
ขั้นตอนการสร้างคู่มือการตรวจแบบทดสอบ	62
ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา	64
ความเชื่อมั่น	65
ความยากง่ายและอำนาจจำแนก	65
การเก็บรวบรวมข้อมูล	66
การจัดกระทำและวิเคราะห์	67
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	69
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	70
ตอนที่ 1 คุณภาพของแบบทดสอบ	70
ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา	70
ความเชื่อมั่น	71
ความยากง่ายและอำนาจจำแนก	71
ตอนที่ 2 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	72

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	87
ความมุ่งหมายของการวิจัย	87
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	87
กลุ่มตัวอย่าง	87
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	87
สรุปผลการวิจัย	88
อภิปรายผลการวิจัย.....	90
ข้อเสนอแนะ	93
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	93
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	93
บรรณานุกรม	95
ภาคผนวก	100
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	101
ภาคผนวก ข ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (RAI)	103
ภาคผนวก ค ตัวอย่างคู่มือการตรวจแบบทดสอบ	118
ประวัติย่อผู้วิจัย	148

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 พัฒนาการของระบบการจัดหมวดหมู่พฤติกรรมทางการศึกษา	13
2 เปรียบเทียบ Bloom's Taxonomy และ Bloom's Revised	16
3 การจัดระดับ SOLO Taxonomy พฤติกรรมการตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียน.....	20
4 ระดับของความเข้าใจ ระยะของการเรียนรู้ และคำกริยาที่ใช้	21
5 การกำหนดค่าระดับคุณภาพตามแนวคิด SOLO Taxonomy	23
6 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรม กับ ระดับพฤติกรรมของบลูม	29
7 การให้คะแนนแบบทดสอบของแฮตตีและบราวน์	33
8 การกำหนดคะแนนในแต่ละข้อคำถามของโอวชู แอนชา นานา อโกชัว	36
9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบที่ 1 ของโอวชู แอนชา นานา อโกชัว	36
10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบที่ 2 ของโอวชู แอนชา นานา อโกชัว	37
11 เกณฑ์การให้คะแนนของโชติมา หนูพริก	42
12 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยจำแนกตามขนาดโรงเรียน	56
13 จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาดโรงเรียน	59
14 คุณลักษณะของแบบทดสอบ	61
15 การให้คะแนนมิติคะแนน	62
16 การให้คะแนนมิติระดับของ SOLO Taxonomy	63
17 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	70
18 ความยากง่ายและอำนาจจำแนก	71
19 คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทำแบบทดสอบ	72
20 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับการตอบจำแนกตามโรงเรียน	73
21 ลักษณะความสัมพันธ์ของมิติคะแนนและมิติระดับจากการทำแบบทดสอบ	74
22 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบ	85

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย	10
2 แผนภาพสรุปมโนทัศน์ระดับของพฤติกรรมของบิกส์และคอลลิส	28
3 การตอบคำถามระดับโครงสร้างเดี่ยว	38
4 การตอบคำถามระดับโครงสร้างหลากหลาย	39
5 การตอบคำถามระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย	40
6 ตัวอย่างการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบของโซติมา หนูพริก	43
7 ตัวอย่างการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบของโซติมา หนูพริก	44
8 ตัวอย่างข้อคำถามของแฟม ฮุก	45
9 ตัวอย่างการตรวจให้คะแนนข้อคำถามของแฟม ฮุก	46
10 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 1 : 0P	75
11 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 2 : 1U	76
12 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 3 : 2R	77
13 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 4 : 3U	78
14 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 5 : 3M	79
15 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 6 : 3R	80
16 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 7 : 3E	81
17 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 8 : 4M	82
18 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 9 : 4R	83
19 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 10 : 4E	84
20 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบ จำแนกรายข้อ	86

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เป้าหมายการจัดการศึกษาระดับขั้นพื้นฐานที่ระบุไว้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คือมุ่งให้ผู้เรียนเป็นคนดี มีปัญญาและมีความสุข รวมทั้งมีศักยภาพในการศึกษา ต่อและในการประกอบอาชีพ โดยระบุไว้ว่าเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐานนักเรียนจะเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของ พระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต มีสุขภาพกาย และสุขภาพจิตที่ดี มีสุนทรีย์ และรักการออกกำลังกาย มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็น พลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมี พระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข รวมทั้งมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การ อนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. 2551: 3-4) ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามาตรฐานและตัวชี้วัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ทั้งแปดกลุ่มสาระการเรียนรู้ใน หลักสูตรแกนกลางระดับขั้นพื้นฐานล้วนเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาทั้ง ด้านสติปัญญาร่างกายจิตใจและสมรรถนะด้านการคิดการแก้ปัญหา แต่ผลจากการทดสอบทาง การศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐานหรือการสอบโอเน็ต (O-Net) ย่อมาจากภาษาอังกฤษ ว่า **Ordinary National Education Test** ซึ่งเปิดเผยถึงการวิเคราะห์ผลสอบโอเน็ต ชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 มัธยมศึกษาปีที่ 6 ช่วง 3 ปี คือ ปีการศึกษา 2551 ถึงปี การศึกษา 2553 โดย ศ.ดร.สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์ ผู้อำนวยการสถาบันทดสอบทางการศึกษา แห่งชาติ(สทศ.) พบว่าในกลุ่มวิชาหลัก ได้แก่ วิชาคณิตและวิชาภาษาอังกฤษตกต่ำสุด โดยมี คะแนนไม่ถึงร้อยละ 50 และจากการวิเคราะห์ข้อสอบโอเน็ตระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของสำนักทดสอบทางการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเด็กอาจจะไม่ คำนึงกับข้อสอบที่เน้นคิดวิเคราะห์ เช่น โอเน็ตวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ออกข้อสอบ แบบเติมคำเป็นส่วนใหญ่

นอกจากนั้น ผู้อำนวยการสำนักทดสอบทางการศึกษากล่าวต่อไปว่า จะดำเนินส่งผลการ สอบโอเน็ตทั้ง 3 ระดับไปให้กระทรวงศึกษาธิการ (ศธ.) และโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อนำผลนี้ไปใช้ในการ เน้นแนะเด็กเรียนต่อระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อาชีวศึกษาและอุดมศึกษา และโรงเรียน ครูควรนำผลนี้ไปใช้วางแผนปรับปรุงการเรียนการสอนให้เด็กรู้จักคิดวิเคราะห์มากขึ้นโดยนำ ตัวอย่างข้อสอบของสำนักทดสอบทางการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้เด็ก

คุ้นเคยกับข้อสอบแบบคิดวิเคราะห์ โดยเน้นว่าวิชาที่ครูต้องเร่งพัฒนานักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นเรียนคือวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ซึ่งคะแนนตกต่ำลงมากทั้งนักเรียน ครู ผู้บริหารโรงเรียน ผู้ปกครองและชุมชนต้องร่วมมือกันโดยมีการบูรณาการหลักสูตรการสอนสื่อและการวัดประเมินผลให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (คมชัดลึก. online) นอกจากนั้นผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวยังสอดคล้องกับผลการประเมินความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์นานาชาติระหว่างปี 2547-2551 (Trends in International Mathematics and Science Study 2007) หรือ TIMSS ซึ่งพบว่าเด็กไทยมีผลการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำทุกปี โดยประเทศไทยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติที่กำหนดไว้ 500 คะแนน ซึ่งควรได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน (สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2552: 1-4)

เช่นเดียวกับผลการประเมินความสามารถของนักเรียนในโครงการสอบของกลุ่มองค์กรเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจ (PISA) ซึ่งประเมินการรู้ 3 ด้าน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการอ่าน กลุ่มเป้าหมายของการประเมินเป็นนักเรียนอายุ 15 ปี สาระที่มุ่งประเมินครอบคลุมการรู้เรื่องของการรู้ในแต่ละด้าน และประสบการณ์ที่ได้รับจากการจัดการศึกษามีเพียงพอที่จะนำไปใช้ในชีวิตจริงหรือโลกความจริงเพียงใด การประเมินจึงเน้นกระบวนการคิด ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ ความสามารถที่จะเข้าใจเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและสามารถใช้ความรู้มาจัดการในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ การกำหนดคะแนนกำหนดในลักษณะเดียวกับการประเมิน TIMSS ผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และการอ่านของนักเรียนไทยทั้งสามด้าน มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศในกลุ่มองค์กรเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจ และมีแนวโน้มของผลการประเมินการรู้ทั้งสามด้านลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยผลการประเมินความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และการอ่านของไทยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศที่มีการจัดการศึกษาในระดับแนวหน้าและประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชีย พบว่า นักเรียนไทยยังมีความสามารถต่ำกว่าทุกประเทศ ยกเว้นประเทศอินโดนีเซีย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินของประเทศที่มีรายได้ประชาชาติใกล้เคียงกัน ผลปรากฏว่า นักเรียนไทยมีความสามารถใกล้เคียงกับนักเรียนในประเทศกลุ่มนี้ ยกเว้นประเทศรัสเซียที่มีผลการประเมินสูงสุด จากผลการประเมินของ PISA ในปี 2003 และ 2006 พบว่า สมรรถนะด้านการอ่านของนักเรียนไทย นักเรียนมีความสามารถในด้านนี้ต่ำกว่าระดับพื้นฐาน (ตั้งแต่ระดับ 2 ลงไป) เช่นเดียวกับด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ และเมื่อพิจารณาแนวโน้มผลการประเมินในแต่ละครั้ง พบว่า จำนวนนักเรียนในระดับต่ำกว่าพื้นฐานทั้งสามด้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกัน จำนวนนักเรียนที่มีผลการประเมินสูงกว่าระดับพื้นฐานมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง (สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2552: 5-8) ดังนั้นจากสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในประเทศไทยหากต้องการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นเพื่อให้ยกระดับผลการทดสอบระดับประเทศ (O-NET) และผลการทดสอบในระดับนานาชาติทั้งการสอบ TIMSS และ PISA ให้สูงขึ้นบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้

เป็นความจำเป็นอย่างยิ่งจะต้องพัฒนาทั้งด้านครูผู้สอน ผู้เรียนและเครื่องมือการประเมินผลทางคณิตศาสตร์ ครูต้องสอนกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้โจทย์ปัญหาให้นักเรียน นักเรียนต้องฝึกการแก้โจทย์ปัญหาด้วยการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นระบบ เครื่องมือการวัดผลทางคณิตศาสตร์ต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เช่นกัน โดยเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องสามารถจัดการเรียนการสอนและการวัดประเมินผลที่สามารถจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างละเอียดถี่ถ้วนคือต้องมีการแก้ไขทั้งจากการจัดการเรียนการสอนและการวัดประเมินผลควบคู่กันไปเนื่องจากข้อมูลจากการศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) พบว่าการที่เด็กไทยได้คะแนนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาตินั้นเนื่องมาจากปัญหาที่มีอยู่ในระบบการเรียนการสอนในสังคมไทยมานานมากนั้นคือการที่ครูไทยใช้ข้อสอบปรนัยในการฝึกและการวัดผลนักเรียนซึ่งการดำเนินการดังกล่าวไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาระบบคิด การใช้เหตุผล ปัจจุบันการสอนของครูเป็นการมุ่งสอนเพื่อหวังให้นักเรียนไปสอบเรียนต่อให้ได้ จึงมีการสอนวิธีลัดสอนเทคนิคการทำข้อสอบ และละเลยการสอนเพื่อให้เด็กเกิดความรู้การวิเคราะห์ ดังนั้นนักเรียนจึงเกิดปัญหาเมื่อต้องมาทำข้อสอบอัตนัยหรือข้อสอบที่ต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าประเทศที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สูงทั้งสิงคโปร์ มาเลเซีย ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ไต้หวัน ฮองกงและมาเลเซีย ไม่ใช้ข้อสอบปรนัยในการวัดผลนักเรียน (สมวงษ์ แปลงประสพโชค; และคณะ. 2552: 1-2; อ้างอิงจาก ณรงค์ บัณฑิต. 2552)

จากการศึกษาทฤษฎีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์รวมทั้งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของนักการศึกษาอาทิ เดวิด ปีเตอร์ (Peter DeWitt. 2014: online.) แอตตี้ และ บราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: online) ฮุก (Hook. 2012: 123-124) พบว่า หลักการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เรียกว่าโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือที่เรียกว่า “SOLO Taxonomy” ย่อมาจากคำว่า Structure of Observed Learning Outcome ซึ่งเป็นโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในด้านกระบวนการทางความรู้หรือพุทธิพิสัยที่บีกส์และคอลลิส (Biggs and Collis) นักวิชาการชาวออสเตรเลียได้พัฒนาขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1970 และ 1980 จนสำเร็จในปี ค.ศ. 1982 นั้น เป็นโครงสร้างที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและการวัดประเมินผลของครูรวมทั้งในการส่งเสริมการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากโครงสร้างการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถอธิบายหรือระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ซับซ้อนได้ โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับได้แก่ 1) ระดับโครงสร้างพื้นฐาน 2) ระดับโครงสร้างเดี่ยว 3) ระดับหลากหลายโครงสร้าง 4) ระดับที่แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และ 5) ระดับแสดงความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย ซึ่งช่วยให้ครูแยกแยะระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ง่ายและลงลึกในรายละเอียดถึงการเรียนรู้ว่าสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้อยู่ที่นักเรียนเรียนรู้อะไร ได้ประสบการณ์อะไร ได้มากขึ้น ทำให้ครูสามารถนำผลการเรียนรู้

ดังกล่าวใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและการวัดประเมินผลเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ แนวคิดดังกล่าวถูกนำไปกำหนดเป็นนโยบายใช้ในการประเมินในมหาวิทยาลัยและสถาบันการศึกษาหลายแห่งเนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้ประเมินความสามารถในการปฏิบัติที่ซับซ้อนของผู้เรียนในหลายสาขาวิชา เป็นการจำแนกความซับซ้อนของผลการเรียนรู้ทำให้ครูเข้าใจถึงกระบวนการทางความรู้ความคิด โดยสามารถใช้ประเมินการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน ทั้งปริมาณและคุณภาพ ทำให้ครูสามารถช่วยแนะแนวพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนได้ (Hattie, J.A.C.; & Brown, G.T.L. 2004: 1; Lim Hooi Lian; & Wun Thiam Yew. 2001: 3 citing Biggs and Collis) ขณะเดียวกันฮุก (Hook. 2012: 123-124) กล่าวว่า SOLO taxonomy มีฐานคิดจากทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนการสอน โดยหมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy ขึ้นอยู่กับระดับความซับซ้อนขององค์ความรู้ที่เพิ่มขึ้น จึงสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนเพื่อกำหนดก้าวต่อไปหรือการพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างมีความคงเส้นคงวาและมีความตรง รวมทั้งคำที่ระบุการพฤติกรรมที่ใช้ในแต่ละระดับชั้นมีความชัดเจน สะท้อนถึงวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนได้ชัดเจน นักเรียนชั้นเล็ก ๆ ก็สามารถรู้ผลการเรียนรู้ของตนเองและของเพื่อนได้ SOLO taxonomy ยังช่วยให้นักเรียนใช้กระบวนการเรียนรู้ที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ พัฒนาให้นักเรียนเขียนคำตอบที่ยากขึ้นได้รวมทั้งยังทำให้เห็นความใกล้ชิดระหว่างวิธีการสอนของครูและวิธีการเรียนรู้ของนักเรียน ทั้งครูและนักเรียนมักจะมีการพัฒนาความรู้จากโครงสร้างระดับพื้นผิวสู่โครงสร้างระดับลึกโดยสะท้อนให้เห็นเป็น 4 ระดับโดยระดับความรู้มีความสัมพันธ์กับความสามารถของนักเรียนได้ นอกจากนั้น SOLO taxonomy ยังใช้ในการสร้างข้อสอบเพื่อประเมินระดับความรู้ที่เป็นนามธรรมได้ง่าย ไม่เพียงแต่เป็นแนวทางในการเขียนข้อสอบแต่ยังเป็นแนวทางในการให้คะแนนคำตอบที่น่าเชื่อถือได้ไม่ว่าจะเป็นการประเมินคะแนนด้วยตัวเลขที่สัมพันธ์กับแต่ละระดับความรู้หรือสัมพันธ์กับหลักการที่เป็นนามธรรม ระดับของ SOLO taxonomy จะค่อนข้างง่ายในการระบุและจัดระดับความรู้ตามหมวดหมู่ ครูสามารถใช้หลักการเพิ่มขึ้น 'plus one' principle ในการพัฒนาสื่อใช้ในการสอน เพื่อส่งเสริมนักเรียนให้ก้าวหน้าขึ้นอีกระดับตามที่ระบุไว้ในหมวดหมู่ระดับความรู้ที่เหมาะสม

ดังนั้นในการดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยสนใจสร้างแบบทดสอบเพื่อพัฒนากระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้โจทย์ปัญหาให้นักเรียน โดยจากการวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พบว่าในสาระที่ 4 คือสาระพีชคณิต มาตรฐานที่ 2 ระบุให้นักเรียนใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อื่นๆ แทนสถานการณ์ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา และสาระที่ 6 คือทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาตรฐานที่ 1 ระบุให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นกรอบแนวทางที่เหมาะสมในการนำมาออกแบบทดสอบเพื่อพัฒนาทักษะ

กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบิกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome: SOLO Taxonomy) ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง เนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นี้ถือเป็นกลุ่มเป้าหมายหนึ่งที่ต้องได้รับการทดสอบความสามารถการทดสอบระดับประเทศ (O-NET)

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส
2. เพื่อศึกษาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส

ความสำคัญของการวิจัย

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ที่มีคุณภาพ เป็นประโยชน์ ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ดังนี้

ด้านนักเรียน นักเรียนจะได้รับข้อมูลสะท้อนกลับด้านการเรียนรู้ของตนเองทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ กล่าวคือนักเรียนจะได้รับทราบตัวเลขคะแนนที่ได้รับจากการทำแบบวัดและรับทราบคุณภาพของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของตนเอง เพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง อย่างมีแนวทางตามระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 ชั้นของ SOLO Taxonomy รวมทั้งได้รับการฝึกฝนกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ด้านผู้สอน ครูจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนเป็นแนวทางสำหรับครูในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนผู้เรียนรายบุคคลรวมทั้งนำ SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิสเป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

ด้านสถานศึกษา โรงเรียนจะมีเครื่องมือและแนวทางในประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพที่สามารถนำไปพัฒนาใช้กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ได้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนในจังหวัดราชบุรี สังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 26 โรงเรียน โดยมีประชากรทั้งสิ้น 5,372 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 4 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 172 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

1. คุณภาพของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส ได้แก่

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)

1.2 ความเชื่อมั่น (Reliability)

1.3 ความยากง่าย และอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination)

2. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส

เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาแบบวัด

เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส คือ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ สาระที่ 4 พีชคณิต เรื่องแบบรูป(pattern) และ สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์เรื่องแบบรูป (pattern) สมการเชิงเส้น และสมการกำลังสองได้สำเร็จด้วยทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยจำแนกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์เป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre-structural) ระดับโครงสร้างเดี่ยว (Uni- structural) ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi- structural) ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational) และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย (Extended Abstract)

2. แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของบีกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome: SOLO Taxonomy) โดยใช้ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำหนดในหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สารที่ 4 พิษคณิต เรื่องแบบรูป (pattern) กับสารที่ 6 ทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์ในการสร้าง โดยเป็น แบบทดสอบที่ประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อความ 4 ข้อ ย่อยเพื่อวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ได้แก่

2.1 ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre-structural) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย P หมายถึง ระดับที่นักเรียนต้องการความช่วยเหลือเนื่องจากไม่สามารถทำความเข้าใจปัญหาและแบบ รูปเพื่อเชื่อมโยงไปยังการสร้างสมการเชิงเส้นและสมการกำลังสอง ไม่สามารถใช้ทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาที่หลากหลายและเหมาะสมในการดำเนินการแก้ไข ปัญหาให้สำเร็จ ไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการใช้วิธีการแก้ปัญหาได้เข้าใจชัดเจน รวมทั้งไม่ สามารถตรวจสอบผลการแก้ปัญหาและความรู้ใหม่เกิดขึ้น

2.2 ระดับโครงสร้างเดี่ยว (Uni- structural) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย U หมายถึง ระดับที่นักเรียนเข้าใจปัญหาและแบบรูปอย่างง่าย สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาได้บางจุดหรือบางส่วน ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหา ทั้งหมดได้สำเร็จ สามารถตอบคำถามที่ไม่ซับซ้อนจากแผนภาพหรือแบบรูปจากโจทย์ปัญหาที่กำหนด

2.3 ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi- structural) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย M หมายถึง ระดับที่นักเรียนสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป สามารถใช้ทักษะกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลาย สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่กำหนดลงในตารางได้

2.4 ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย R หมายถึง ระดับที่นักเรียนสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 รูปแบบ สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลาย สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่กำหนดลงในตาราง และสามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้

2.5 ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย (Extended Abstract) ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย E หมายถึง ระดับที่นักเรียนสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 รูปแบบ สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลาย สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่กำหนดลงในตาราง และสามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูป สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในตารางหรือกราฟนำไปสู่การหาคำตอบ

3. คุณภาพของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส หมายถึง คุณลักษณะของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งได้พิจารณาคูณลักษณะดังนี้

3.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นแบบทดสอบที่แสดงวิธีทำ โดยยึดเนื้อหาและตัวชี้วัดตามหลักสูตรกลุ่มสาระในสาระที่ 4 พิชคณิต เรื่องแบบรูป(pattern) กับ สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์ในการสร้างโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสร้างเครื่องมือวัดร่วมกันพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับตัวชี้วัด ตามวิธีของโรวินและแฮมมิลตัน โดยแบบทดสอบต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ระดับความสอดคล้องของการให้คะแนนของผู้ประเมินด้วยคะแนนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งตรวจสอบโดยใช้สูตรการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 2 คน ด้วยสูตร RAI (Rater Agreement Index) ของ จูดิช และคณะ โดยดัชนีนี้จะมีค่าตั้งแต่ 0-1 เมื่อใดที่ผลมีค่าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินมีความสอดคล้องกันสูงมาก แต่ถ้าเมื่อใดผลมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความสอดคล้องกันไม่มาก ดังนั้น หากผู้ประเมินคือผู้ที่ได้รับการฝึกฝน และมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนนอย่างดีแล้วดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินจะช่วยบ่งชี้ถึงมาตรฐานของเกณฑ์การให้คะแนน

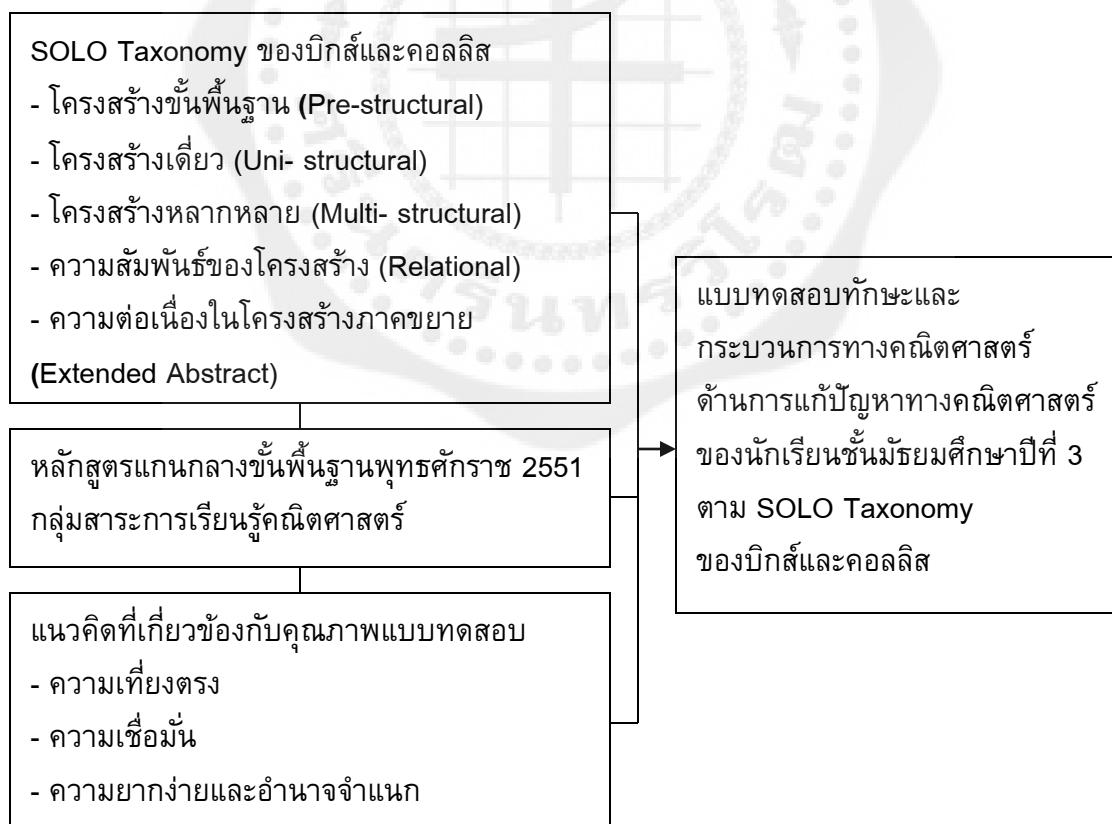
3.3 ความยากง่าย (Difficulty) หมายถึง ค่าที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้นยากเพียงใดโดยถือเอาจำนวนผู้ตอบถูกมากน้อยเป็นเกณฑ์ ถ้าถูกหลายคนถือว่าเป็นข้อสอบที่ง่าย ถ้าถูกน้อยคนถือว่าเป็นข้อที่ยาก ค่าความยากนิยมเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ P มีค่า 0.00 ถึง +1.00 โดยค่าความยากที่เหมาะสมควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 โดยค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแบบอัตนัยจะสามารถหาค่าความยากหาจากสูตรของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส

3.4 อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ประสิทธิภาพของข้อสอบแต่ละข้อที่สามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มที่ได้คะแนนสูงและกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่า -1.00 ถึง +1.00 โดยค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 ซึ่งค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอัตนัยจะสามารถหาค่าได้จากสูตรของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส โดยผู้วิจัยนำ SOLO Taxonomy เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ เนื่องจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของนักการศึกษาอาทิ เดวิด ปีเตอร์ (Peter DeWitt. 2014: online.) แฮตตี และ บราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: online) ฮุก (Hook. 2012: 123-124) สรุปได้ว่า SOLO taxonomy สามารถใช้ในการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในเชิงคุณภาพสามารถอธิบายหรือระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ซับซ้อนได้ โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับได้แก่ 1) ระดับโครงสร้างพื้นฐาน 2) ระดับโครงสร้างเดียว 3) ระดับหลากหลายโครงสร้าง 4) ระดับที่แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และ 5) ระดับแสดงความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย นอกจากนั้น SOLO taxonomy มีฐานคิดจากทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนการสอน โดยหมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy ขึ้นอยู่กับระดับความซับซ้อนขององค์ความรู้ที่เพิ่มขึ้น จึงสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนเพื่อกำหนดก้าวต่อไปหรือการพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างมีความคงเส้นคงวาและมีความตรงรวมทั้งคำที่ระบุการพฤติกรรมที่ใช้ในแต่ละระดับนั้นมีความละเอียด สะท้อนถึงวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนได้ชัดเจน ทั้งครูและนักเรียนจะมีการพัฒนาความรู้จากโครงสร้างระดับพื้นฐานสู่โครงสร้างระดับลึกโดยสะท้อนให้เห็นเป็น 4 ระดับโดยระดับความรู้มีความสัมพันธ์กับความสามารถของนักเรียนได้ นอกจากนั้น SOLO taxonomy ยังใช้ในการสร้างข้อสอบเพื่อประเมินระดับความรู้ที่เป็นนามธรรมได้ง่าย รวมทั้งไม่เพียงแต่เป็นแนวทางในการเขียนข้อสอบแต่ยังเป็นแนวทางในการให้คะแนนคำตอบที่น่าเชื่อถือได้ไม่ว่าจะเป็นการประเมินคะแนนด้วยตัวเลขที่สัมพันธ์กับแต่ละระดับความรู้หรือสัมพันธ์

กับหลักการที่เป็นนามธรรม ระดับของ SOLO taxonomy ค่อนข้างง่ายในการระบุและจัดระดับความรู้ตามหมวดหมู่ นอกจากนั้นในการสร้างแบบทดสอบดังกล่าว ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักสูตรแกนกลาง ปีพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระคณิตศาสตร์พบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำหนดในหลักสูตรแกนกลางนั้น สาระที่ 4 พีชคณิต เรื่องแบบรูป (pattern) กับ สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับแนวทางในการพัฒนากระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งในการสร้างให้แบบทดสอบให้มีคุณภาพนั้น ผู้วิจัยยังได้ศึกษาแนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างแบบทดสอบอาทิ ศิริชัย กาญจนวาสี (2544: 81) แฮตตี และ บราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: 12-13) เบอรี-สตอกและคณะ (สุรัชย์ มีชาญ. 2547: 114, 122-123; อ้างอิงจาก Burry-Stock; et al, 1996) โอวูซุ แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86-4) และแพม ฮุก, เคิร์ตนี กราเวต, มิชเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard; & Ellen John. 2014: 17-18) เพื่อ สร้างแบบทดสอบให้มีคุณภาพโดยมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเชื่อมั่น ความยากง่าย และอำนาจจำแนก อยู่ในระดับเหมาะสมในการนำไปใช้ และจากการประมวลเอกสารทำให้สามารถเสนอกรอบแนวความคิดการวิจัยดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับระบบการจัดหมวดหมู่พฤติกรรมการเรียนรู้
 - 1.1 แนวคิดพฤติกรรม ของบลูมและคณะ
 - 1.1.1 ที่มาแนวคิดพฤติกรรม ของบลูมและคณะ
 - 1.1.2 พฤติกรรมพุทธิพิสัย
 - 1.2 โครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 1.2.1 ที่มาโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 1.2.2 ความสำคัญและประโยชน์ของโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 1.2.3 พฤติกรรมที่แสดงออกของโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 1.2.4 ตัวอย่างข้อคำถามและการให้คะแนน
2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลทางการศึกษา
 - 2.1 ความเที่ยงตรง
 - 2.2 ความเชื่อมั่น
 - 2.3 ความยากง่าย
 - 2.4 อำนาจจำแนก
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 3.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. ระบบการจัดหมวดหมู่พฤติกรรมกรรมการเรียนรู้

การวัดประเมินผลในห้องเรียนถูกกำหนดภายใต้วัตถุประสงค์สำหรับครูผู้สอนเพื่อ นักเรียน ซึ่งวัตถุประสงค์เหล่านั้นเป็นประโยชน์สำหรับครูในการวางแผนออกแบบการเรียนการสอน และออกแบบการทดสอบที่เหมาะสมให้กับนักเรียน จึงได้มีระบบการจัดหมวดหมู่ของพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ไว้อย่างมากมาย (Frey. 2014: 37-45) อาทิ

การจำแนกพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามหมวดหมู่ของบลูม (Taxonomy of Educational objectives หรือ Bloom's Taxonomy) ได้แก่ ความรู้ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) และการประเมินค่า (Evaluation)

การจำแนกพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามหมวดหมู่ของบลูมฉบับปรับปรุง (Bloom's Revised) ได้แก่ จำ (Remember) เข้าใจ (Understand) ประยุกต์ใช้ (Apply) วิเคราะห์ (Analyze) ประเมินค่า (Evaluate) และสร้างสรรค์ (Create)

การจำแนกพฤติกรรมเพื่อการออกแบบการจัดการเรียนรู้และออกแบบการสอบระดับชั้นเรียนของเดฟ (Dave's Taxonomy) ได้แก่ การเลียนแบบ (Imitation) การจัดการ (Manipulation) ความแม่นยำ (Precision) เสียงที่เปล่งออก (Articulation) และความเป็นธรรมชาติ (Naturalization)

การจำแนกลักษณะของการเคลื่อนไหว การออกเสียง การเดิน และการแสดงท่าทางต่างๆของซิมสัน (Simpson's Taxonomy) ได้แก่ การรับรู้ (Perception) กำหนด (Set) การตอบสนองแนวทาง (Guided Response) กลไก (Mechanism) การตอบสนองที่ชัดเจน (Complex Overt Response) การปรับตัว (Adaption) และการประดิษฐ์ (Origination)

การจำแนกพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของแฮโรว (Harow's Taxonomy) ได้แก่ สะท้อนการเคลื่อนไหว (Reflex Movement) การเคลื่อนไหวที่จำเป็นขั้นพื้นฐาน (Basic Fundamental Movement) กิจกรรมการรับรู้ (Perceptual Activities) ความสามารถทางกายภาพ (Physical Abilities) การเคลื่อนไหวที่มีความเชี่ยวชาญ (Skilled Movement) และการสื่อสารทางตรง (Nondiscursive Communication)

การจำแนกพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ (The Taxonomy of Significant Learning หรือ Finks Taxonomy) ได้แก่ ความรู้พื้นฐาน (Foundational Knowledge) การประยุกต์ใช้ (Application) , บูรณาการ (Integration) มิติความเป็นมนุษย์ (Human Dimension) การดูแล (Caring) และการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้ (Learning How to Learn)

นอกจากนี้ยังมีแนวคิดโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome: SOLO Taxonomy) (โชติมา หนูพริก 2553: 83; Hooi Lian Lim & Thiam Yew Wun 2001: 3) ได้แก่ 1) ระดับโครงสร้างพื้นฐาน (Pre-structural level) 2) ระดับโครงสร้างเดี่ยว (Uni-structural level) 3) ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-

structural level) 4) ระดับที่แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational Level) และ 5) ระดับแสดงความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย (Extended Abstract Level)

ตาราง 1 พัฒนาการของระบบการจัดหมวดหมู่พฤติกรรมการณ์การเรียนรู้

	พุทธิพิสัย (Cognitive)	จิตพิสัย (Affective)	ทักษะพิสัย (Psychomotor)
1950s	พุทธิพิสัยของบลูมและคณะ : Bloom's Taxonomy (1956)	จิตพิสัยของบลูมและคณะ : Bloom's Taxonomy (1956)	ทักษะพิสัยของบลูมและคณะ: Bloom's Taxonomy (1956) ; การเคลื่อนไหว การออกเสียง การเต้น และการแสดงท่าทางต่างๆ ของ ชิมสัน: Simpson's Taxonomy (1966); การเรียนรู้ของแฮโรว: Harrow's Taxonomy (1972)
1960s			
1970s			
		จิตพิสัยของแคโทลและคณะ (1964)	การออกแบบการจัดการเรียนรู้และออกแบบการสอบระดับชั้นเรียนของเดฟ: Dave's Taxonomy (1970)
1980s	โครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน: SOLO Taxonomy (1982)		
1990s	พุทธิพิสัยด้านมิติความรู้ของแอนเดอร์สันและคณะ: Anderson et al (2001)		
2000	การจำแนกพฤติกรรมการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ : Finks Taxonomy (2003)		
2010			

1.1 แนวคิดพฤติกรรม ของบลูมและคณะ

1.1.1 ที่มา

แนวคิดหลักที่ครูและนักการศึกษาส่วนใหญ่ใช้ในการจัดระดับของนักเรียนได้แก่ การจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามหมวดหมู่ของบลูม (Frey. 2014: 45; Dewitt Peter. 2014: online.) บลูม (Bloom. 1979: 4-5, 18) ชาวอเมริกันและคณะ เชื่อว่า การเรียนการสอนที่จะประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนแน่นอน เพื่อให้ผู้สอนกำหนดและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมทั้งวัดประเมินผลได้ถูกต้อง ในปี ค.ศ.1948 บลูมพร้อมด้วยคณะกรรมการสมาคมจิตวิทยาอเมริกาได้ประชุมกันอย่างไม่เป็นทางการที่เมืองบอสตันและได้มีการประชุมกันอีกหลายครั้งจนกระทั่งได้ข้อสรุปคือ บลูมและคณะได้แบ่งประเภทของพฤติกรรมโดยอาศัยทฤษฎีการเรียนรู้และจิตวิทยาพื้นฐานว่า มนุษย์จะเกิดการเรียนรู้ใน 3 ด้านคือ ด้านสติปัญญา หรือ พฤติกรรมพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านร่างกาย หรือ พฤติกรรมจิตพิสัย (Affective Domain) และด้านจิตใจ หรือ พฤติกรรมทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) โดยมีจุดประสงค์ที่สำคัญของการเรียนการสอน คือ เพื่อให้บุคคลเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปในทางที่พึงประสงค์ พฤติกรรมเหล่านี้จำแนกและจัดลำดับออกเป็นหมวดหมู่และระดับตามความยากง่ายนำหลักการนี้จำแนกเป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาเรียกว่า Taxonomy of Educational objectives

1.1.2 พฤติกรรมพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) บลูม (Bloom, Benjamin S. 1979: 201-207; Geraldine O'Neill; & Feargal Murphy 2010: 2-3) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) หมายถึง การเรียนรู้ทางด้านความคิด ความรู้การแก้ปัญหา จัดเป็นพฤติกรรมทางด้านสมองและสติปัญญา แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการที่จะจดจำและระลึกได้เกี่ยวกับความรู้ที่ได้รับไปแล้ว อันได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ที่เจาะจงหรือเป็นหลักทั่ว ๆ ไป วิธีการ กระบวนการต่าง ๆ โครงสร้าง สภาพของสิ่งต่าง ๆ และสามารถถ่ายทอดออกมาโดยการพูด เขียน หรือกิริยาท่าทาง แบ่งประเภทตามลำดับความซับซ้อนจากน้อยไปหามาก

2. ความเข้าใจ (Comprehension) สามารถให้ความหมาย แปล สรุป หรือเขียนเนื้อหา ที่กำหนดใหม่ได้ โดยที่สาระหลักไม่เปลี่ยนแปลง

3. การนำไปใช้ (Application) สามารถนำวัสดุ วิธีการ ทฤษฎี แนวคิด มาใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างจากที่ได้เรียนรู้มา

4. การวิเคราะห์ (Analysis) สามารถแยก จำแนก องค์ประกอบที่สลับซับซ้อนออกเป็นส่วน ๆ ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยต่าง ๆ

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการรวบรวม หรือ องค์ประกอบหรือส่วนต่าง ๆ เข้ามารวมกัน เพื่อให้เป็นภาพพจน์โดยสมบูรณ์ เป็นกระบวนการพิจารณาแต่ละส่วนย่อย ๆ แล้วจัดรวมกันเป็นหมวดหมู่ ให้เกิดเรื่องใหม่หรือสิ่งใหม่ สามารถสร้างหลักการกฎเกณฑ์ขึ้นเพื่ออธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้

6. การประเมินค่า (Evaluation) สามารถตัดสิน ด้ราคาคุณภาพของสิ่งต่าง ๆ โดยมี เกณฑ์หรือมาตรฐานเป็นเครื่องตัดสิน

ต่อมาแอนเดอร์สันและคณะ (Geraldine O'Neill , Feargal Murphy 2010: 2-3) ได้ นำเสนอแนวคิดปรับปรุง Bloom's Taxonomy ในการจำแนกพฤติกรรมย่อย มีการปรับปรุงให้ เหมาะสมกับบริบทใหม่ ๆ ดังนี้

1. จำ (Remember) หมายถึง ความสามารถในการดึงเอาความรู้ที่มีอยู่ใน หน่วยความจำระยะยาวออกมา แบ่งประเภทย่อยได้ 2 ลักษณะ คือ

1.1 จำได้ (Recognizing)

1.2 ระลึกได้ (Recalling)

2. เข้าใจ (Understand) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายของ คำพูด ตัวอักษร และการสื่อสารจากสื่อต่างๆ ที่เป็นผลมาจากการสอน แบ่งประเภทย่อยได้ 7 ลักษณะ คือ

2.1 ตีความ (Interpreting)

2.2 ยกตัวอย่าง (Exemplifying)

2.3 จำแนกประเภท (Classifying)

2.4 สรุป (Summarizing)

2.5 อนุมาน (Inferring)

2.6 เปรียบเทียบ (Comparing)

3. ประยุกต์ใช้ (Apply) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการหรือใช้ระเบียบ วิธีการภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้ แบ่งประเภทย่อยได้ 2 ลักษณะ คือ

3.1 ดำเนินงาน (Executing)

3.2 ใช้เป็นเครื่องมือ (Implementing)

4. วิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง ความสามารถในการแยกส่วนประกอบของสิ่ง ต่างๆและค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ ความสัมพันธ์ระหว่างของส่วนประกอบกับ โครงสร้างรวมหรือส่วนประกอบเฉพาะ แบ่งประเภทย่อยได้ 3 ลักษณะ คือ

4.1 บอกความแตกต่าง (Differentiating)

4.2 จัดโครงสร้าง (Organizing)

4.3 ระบุคุณลักษณะ (Attributing)

5. ประเมินค่า (Evaluate) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจโดยอาศัยเกณฑ์ หรือมาตรฐาน แบ่งประเภทย่อยได้ 2 ลักษณะ คือ

5.1 ตรวจสอบ (Checking)

5.2 วิพากษ์วิจารณ์ (Critiquing)

6. สร้างสรรค์ (Create) หมายถึง ความสามารถในการรวมส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันด้วยรูปแบบใหม่ๆ ที่มีความเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุผล หรือทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นแบบแบ่งประเภทย่อยได้ 3 ลักษณะ คือ

6.1 สร้าง (Generating)

6.2 วางแผน (Planning)

6.3 ผลิต (Producing)

ตาราง 2 การเปรียบเทียบ Bloom's Taxonomy (Bloom 1956) และ Bloom's Revised (Anderson et al 2001)

Bloom's Taxonomy (Bloom 1956)	Bloom's Revised (Anderson et al 2001)
การประเมินค่า (Evaluation)	สร้างสรรค์ (Create)
การสังเคราะห์ (Synthesis)	ประเมินค่า (Evaluate)
การวิเคราะห์ (Analysis)	วิเคราะห์ (Analyze)
การนำไปใช้ (Application)	นำไปใช้ (Apply)
ความเข้าใจ (Comprehension)	เข้าใจ (Understand)
ความรู้ (Knowledge)	จำ (Remember)

สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงคำที่ระบุพฤติกรรมในTaxonomy ของBloom ฉบับปรับปรุง ปี 2001 โดยจะใช้คำกริยาแทนคำนามเช่น คำว่าความรู้ (Knowledge) เป็นจำ (Remember) คำกริยาเหล่านี้ใช้ในการอธิบายกระบวนการทางปัญญาในลักษณะของการกระทำ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการคิดเป็นกระบวนการของการกระทำนั่นเอง

1.2 โครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Structure of Observed Learning Outcome: SOLO Taxonomy)

1.2.1 ที่มา

ปัจจุบันการเรียนการสอนเรียกได้ว่าอยู่ในยุคใหม่ซึ่งมีรายละเอียดค่อนข้างมากในด้านการพัฒนาพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของนักเรียน แต่ก็ยังไม่สามารถที่จะระบุได้ว่าแนวคิดในการจำแนกระดับพฤติกรรมการเรียนรู้หรือTaxonomyใดนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมที่สุด ทั้งนี้ก็เพราะแต่ละแนวทางจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถนำไปใช้อธิบายนักเรียนได้ดีในบริบทที่เหมาะสม (Dewitt Frey. 2014: 45)

บิกส์และคอลลิส (Hattie, J.A.C.; & Brown, G.T.L. 2004: 1; Hooi Lian Lim & Thiam Yew Wun. 2001: 3 citing Biggs and Collis) นักวิชาการชาวออสเตรเลียได้พัฒนาโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในด้านกระบวนการทางความรู้หรือพุทธิพิสัยขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1970 และ 1980 จนสำเร็จในปี ค.ศ. 1982 โดย “โครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” หรือที่เรียกว่า “SOLO Taxonomy” ย่อมาจากคำว่า “Structure of Observed Learning Outcome” ได้กล่าวถึงการจัดลำดับขั้นตอนกิจกรรมกระบวนการทางความรู้ความคิด โดยประเมินทั้งปริมาณและคุณภาพของกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติ หรือจากผลผลิตที่สังเกตได้จากผลงานผู้เรียน โดยโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เคยถูกใช้เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินการเรียนการสอนการจัดระดับผลที่นักเรียนแสดงออกในทุกภาระงานในวิชาการอ่านและคณิตศาสตร์ และใช้โครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการประเมินวิชาทั่ว ๆ ไป การประเมินความสามารถในการปฏิบัติของผู้เรียนอยู่บนพื้นฐานของการพัฒนาผู้เรียนในแง่ของความเข้าใจที่ซับซ้อน ซึ่งความเข้าใจดังกล่าวแบ่งได้เป็น 5 ระดับ 1) ระดับโครงสร้างพื้นฐาน 2) ระดับโครงสร้างเดี่ยว 3) ระดับหลากหลายโครงสร้าง 4) ระดับที่แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และ 5) ระดับแสดงความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย

1.2.2 ความสำคัญ และประโยชน์ของโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Structure of Observed Learning Outcome : SOLO Taxonomy)

เดวิด ปีเตอร์ (Peter DeWitt. 2014: online.) แสดงความเห็นด้านความสำคัญของ SOLO taxonomy ว่าเป็นระบบที่นำมาช่วยอธิบายว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการการปฏิบัติที่ซับซ้อนอย่างไร ในการเรียนเพื่อรอบรู้ที่มีความหลากหลายของภาระงานทางวิชาการ โดยที่นิยามจุดประสงค์ของหลักสูตร ในสภาพที่พึงประสงค์ของการปฏิบัติ เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนที่ปฏิบัติได้จริง การใช้ SOLO taxonomy จะช่วยให้ทั้งครูและผู้เรียนตระหนักถึงองค์ประกอบที่หลากหลายจากหลักสูตรได้อย่างแจ่มชัดขึ้น แนวคิดดังกล่าวถูกนำไปกำหนดเป็นนโยบายใช้ในการประเมินในมหาวิทยาลัยและสถาบันการศึกษาหลายแห่ง สืบเนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้หลายสาขาวิชา การประเมินความสามารถในการปฏิบัติของผู้เรียนอยู่บนพื้นฐานของการพัฒนาผู้เรียนในแง่ของความเข้าใจที่ซับซ้อน

SOLO taxonomy เป็นที่รู้จักกันยังไม่กว้างขวาง เป็นการจำแนกความซับซ้อนของผลการเรียนรู้ จึงเป็นการประเมินคุณภาพของการเรียนรู้ไม่ใช่ประเมินคำตอบถูกต้อง การใช้โครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มุ่งศึกษากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละระดับ ให้โอกาสครูและนักเรียนลงลึกถึงการเรียนรู้ว่าสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้อยู่นั้นนักเรียนเรียนรู้อะไรได้ประสบการณ์อะไร โครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะช่วยให้ครูแยกแยะระดับพฤติกรรมกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนได้ง่ายขึ้น ดังนั้นจะทำให้สามารถช่วยแนะแนวพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนได้ กล่าวคือประโยชน์แท้จริงของ SOLO taxonomy ไม่เพียงแค่ข้อคำถามที่สร้างขึ้นหรือการให้คะแนนแต่ยังรวมถึงลักษณะของกระบวนการประเมินซึ่งมุ่งถึงว่านักเรียนเรียนอย่างไร ครูใช้กระบวนการจัดการเรียนการสอนต่าง ๆ ในการช่วยเหลือให้นักเรียนใช้กระบวนการเรียนรู้ที่ซับซ้อนอย่างก้าวหน้าได้อย่างไร

แฮตตี และ บราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: online) แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อดีของ SOLO taxonomy ว่าในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนข้อดีไม่ใช่เพียงแค่การสร้างข้อสอบหรือการให้คะแนน แต่ยังรวมถึงข้อดีหลายข้อของการใช้ SOLO taxonomy ในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนที่มากกว่าของ Bloom's Taxonomy กล่าวคือกระบวนการในการประเมินที่ใส่ใจในวิธีการเรียนรู้ของเด็กและวิธีการสอนของครูที่จะช่วยให้นักเรียนใช้กระบวนการเรียนรู้ที่ซับซ้อนมากขึ้นได้อย่างก้าวหน้า ข้อแตกต่างที่ SOLO taxonomy ไม่เหมือน Bloom's Taxonomy ที่มีแนวโน้มว่าครูใช้มากกว่านักเรียนก็คือ SOLO taxonomy ใช้สอนนักเรียนได้เช่นใช้สอนให้นักเรียนพัฒนาการเขียนคำตอบที่ยากขึ้นได้รวมทั้ง SOLO taxonomy ยังทำให้เห็นความใกล้ชิดระหว่างวิธีการสอนของครูและวิธีการเรียนรู้ของนักเรียน ทั้งครูและนักเรียนมักจะมีการพัฒนาความรู้จากโครงสร้างระดับพื้นผิวสู่โครงสร้างระดับลึกโดยสะท้อนให้เห็นเป็น 4 ระดับซึ่งการพัฒนาหรือความก้าวหน้าดังกล่าวไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามระดับ กระบวนการทางปัญญาอาจมีความสัมพันธ์ทับซ้อนกันได้เช่น เด็กนักเรียนอายุ 6 ขวบสามารถเรียนรู้หลักการ สมมติฐานและข้อมูลที่เป็นนามธรรมได้โดยที่ความรู้เหล่านั้นมีระดับที่ความลึกของความรู้แตกต่างจากระดับของนักเรียนที่สูงกว่า SOLO taxonomy ง่ายต่อการนำไปใช้ในการสร้างข้อสอบเพื่อประเมินระดับความรู้ที่เป็นนามธรรม SOLO taxonomy ไม่เพียงแต่เป็นแนวทางให้เห็นถึงหลักการเขียนข้อสอบแต่ยังชี้แนะถึงการให้คะแนนคำตอบที่น่าเชื่อถือได้ไม่ว่าจะเป็นการประเมินคะแนนด้วยตัวเลขที่สัมพันธ์กับแต่ละระดับความรู้หรือสัมพันธ์กับหลักการที่เป็นนามธรรม รวมทั้งการระบุและจัดระดับความรู้ตามหมวดหมู่ SOLO taxonomy นั้นครูสามารถใช้หลักการเพิ่มขึ้น 'plus one' principle ได้ง่าย ครูจึงสามารถพัฒนานักเรียนให้ก้าวหน้าขึ้นอีกระดับตามที่ระบุไว้ในหมวดหมู่ระดับความรู้รวมทั้งครูสามารถเลือกใช้สื่อการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน

ฮุก (Hook. 2012: 123-124) แสดงความเห็นเกี่ยวกับหมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy ดังนี้

- 1.หมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy มาจากทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนการสอน จึงสามารถสะท้อนพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนและการสอนของครูได้ชัดเจน
- 2.หมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy ขึ้นอยู่กับระดับความซับซ้อนขององค์ความรู้ที่เพิ่มขึ้น โดยนักการศึกษาและนักเรียนพบว่าหมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy นั้นสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนเพื่อกำหนดก้าวต่อไปหรือการพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างมีความคงเส้นคงวาและมีความตรง
- 3.หมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy มีความเที่ยงตรงระหว่างผู้ประเมินอยู่ในระดับสูง
- 4.หมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy สามารถสื่อหรือถ่ายทอดผ่านข้อความ สัญลักษณ์มือ หรือสัญลักษณ์อื่นๆ ได้
- 5.หมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy ภาระงานและผลการเรียนรู้สามารถอยู่กันคนละระดับ ได้
- 6.หมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy คำที่ระบุการกระทำที่ใช้ในแต่ละระดับขึ้นมีความชัดเจน ไม่ซับซ้อนกัน
- 7.หมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy สามารถสะท้อนระดับความรู้และหน้าที่ของความรู้รวมทั้งสะท้อนถึงวิธีการเรียนรู้
- 8.หมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy ใช้ได้ง่าย นักเรียนชั้นเล็ก ๆ ก็สามารถใช้ในการดูผลการเรียนรู้ของตนเองและของเพื่อนได้

1.2.3 พฤติกรรมที่แสดงออกตาม SOLO Taxonomy บีกส์และคอลลิส (โชติมา หนูพริก 2553: 83-84; Lim Hooi Lian; & Wun Thiam Yew: 2001: 2-3) สามารถสรุปได้ตามตาราง 3 - 5 ดังต่อไปนี้

ตาราง 3 การจัดระดับ SOLO Taxonomy พฤติกรรมการตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียน

การจัดระดับ SOLO taxonomy	พฤติกรรมการตอบสนองการเรียนรู้ของผู้เรียน
ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre-structural level)	ผู้เรียนไม่เข้าใจและไม่สามารถจัดการข้อมูลได้
ระดับโครงสร้างเดียว (Uni-structural level)	ผู้เรียนมีสามารถระบุลักษณะเพียงด้านเดียวหรือส่วนเดียวของข้อมูลได้
ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-structural level)	ผู้เรียนสามารถระบุลักษณะหลาย ๆ ด้านของข้อมูลได้แต่ไม่มีการเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้น
ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational Level)	ผู้เรียนสามารถแสดงความสัมพันธ์หรือเชื่อมโยงของข้อมูลหลาย ๆ ด้านเป็นภาพรวมข้อมูลทั้งหมดได้
ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย (Extended Abstract Level)	ผู้เรียนสามารถสรุปข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและสามารถนำไปใช้อธิบายข้อมูลใหม่ได้

เพื่อความเข้าใจและการนำมโนทัศน์ SOLO Taxonomy ไปใช้ บีกส์ได้สรุปไว้ดังตาราง 4

ตาราง 4 ระดับของความเข้าใจ ระยะของการเรียนรู้ และคำกริยาที่ใช้

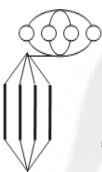
ระดับของความเข้าใจที่นักเรียน แสดงออกในการเรียนรู้	ระยะของการเรียนรู้ (Phase of learning)	คำกริยาที่ใช้ (Indicative Verbs)
ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้าง ภาคขยาย (Extended Abstract) - สามารถสร้างเป็นความคิดเชิง มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ เรียนได้ - สามารถสรุปอ้างอิง (generalize) ไปยังเนื้อหาใหม่ ๆ ได้	ระยะเชิงคุณภาพ (Qualitative Phase) ลักษณะ/พฤติกรรมของ การตอบสนองจากการ เรียนรู้ของนักเรียนมี การบูรณาการ (integrated) สู่แบบแผน เชิงโครงสร้าง (structural pattern)	- สร้างทฤษฎี (theories) - สรุปอ้างอิง (generalize) - ตั้งสมมติฐาน (hypothesis) - สะท้อน (reflect) - สร้างขึ้น (generate)
ระดับความสัมพันธ์ของ โครงสร้าง (Relational Level) : - พฤติกรรมที่แสดงออกชี้ให้เห็น ถึงการจัดการระหว่างความจริง และทฤษฎี พฤติกรรมและ จุดมุ่งหมาย - มีความเข้าใจในหลาย ๆ เนื้อหา/องค์ประกอบย่อย ๆ ซึ่ง สามารถบูรณาการมาเป็น มโนทัศน์ - สามารถนำมโนทัศน์ไป ประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่น ๆ ที่ คล้ายคลึงกันหรือการปฏิบัติงาน		- เปรียบเทียบ/ระบุความ แตกต่าง (compare/contrast) - อธิบายเชิงเหตุผล (explain cause) - บูรณาการ (integrate) - วิเคราะห์ (analyse) - แสดงความสัมพันธ์ (relate) - นำไปใช้ (apply)

ตาราง 4 (ต่อ)

ระดับของความเข้าใจที่นักเรียน แสดงออกในการเรียนรู้	ระยะของการเรียนรู้ (Phase of learning)	คำกริยาที่ใช้ (Indicative Verbs)
ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-structural level) - พฤติกรรมที่แสดงออกชี้ให้เห็นถึงความเข้าใจที่กว้างขวางมากขึ้น แต่ยังไม่เป็นระบบ - มีความเข้าใจเฉพาะเนื้อหา/องค์ประกอบย่อย ๆ เท่านั้น - ไม่สามารถจัดระบบของการรวบรวมความคิด (ideas) หรือ มโนทัศน์ (concept) ของเนื้อหา/ประเด็นต่าง ๆ ได้ - ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของรายการย่อยกับข้อรายการทั้งหมด	ระยะเชิงปริมาณ (Quantitative Phase) รายละเอียดของการตอบสนองที่เกิดจากการเรียนรู้ของนักเรียนมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น	- แจงนับ ยกตัวอย่าง (enumerate) - จำแนกแยกแยะ (classify) - อธิบาย (describe) - ลงรายการ (list) - นำมารวมกัน (combine) - ให้ทำตามลำดับขั้นตอน (do algorithms)
ระดับโครงสร้างเดียว (Uni-structural level) - พฤติกรรมที่แสดงออกเป็นรูปธรรม มีความเข้าใจเนื้อหาเพียงเล็กน้อย - เน้นเฉพาะเนื้อหา/ประเด็นที่มีความคิดรวบยอดเพียงเรื่องเดียว (one conceptual issue)		- ระบุ (identify) - จำ (memorise) - ให้ทำตามขั้นตอนง่ายๆ (do simple procedure)
ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre-structural) พฤติกรรมที่แสดงขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา/ประเด็น		พลาดจุดสำคัญ/ประเด็นสำคัญ (misses the point)

จากตารางแสดงระดับของความเข้าใจ ระยะของการเรียนรู้ และคำกริยาที่ใช้ เมื่อประยุกต์ใช้แนวคิดในการกำหนดค่าระดับคุณภาพตามแนวคิด SOLO taxonomy สรุปได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 การกำหนดค่าระดับคุณภาพตามแนวคิด SOLO Taxonomy

ค่าระดับ	สัญลักษณ์	เป้าหมาย	วิธีการ แก้ปัญหา	โครงสร้าง/รายละเอียด
4 ระดับแสดง ความ ต่อเนื่องใน โครงสร้าง ภาคขยาย		-ความสำคัญ -การสังเคราะห์ -การสร้างสมมุติฐาน -การมีเหตุผล -การทำนาย -การอภิปราย -การสร้างทฤษฎี	- คำตอบจากการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำนาย - ข้อมูลที่รายงานจะมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง	- โครงสร้าง/ข้อความอยู่ในระดับดี มีความชัดเจนในการแนะนำและสรุปผล ชัดเจนในการจำแนกประเด็น/ ชัดเจนในการอธิบายโครงสร้างและรวบรวม มีการตัดสินใจเลือกเนื้อหาอย่างมีเหตุผลเหมาะสม บ่งบอกถึงการค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายมีความชัดเจนในการจำแนกพิจารณาตามลักษณะธรรมชาติ

ตาราง 5 (ต่อ)

ค่าระดับ	สัญลักษณ์	เป้าหมาย	วิธีการ แก้ปัญหา	โครงสร้าง/รายละเอียด
3 ระดับความ สัมพันธ์ ของ โครงสร้าง		-การปรับโครงสร้าง -การจำแนก -การวิเคราะห์ -การแยกประเภท -การเปรียบเทียบ -สรุป/รวบรวม -ลำดับชั้น (การเรียงลำดับ)	- การแก้ปัญหาที่สมบูรณ์โดยต้องมีกำหนดตัวแปรที่ได้รับ การประเมินหรือถูกทดสอบ สมมุติฐานแล้ว -เป็นโครงการหรือรายงานการปฏิบัติงาน งานแบบเปิดเผยที่ อยู่ในระดับดี	- มีโครงสร้าง/ข้อความที่ดีมีความชัดเจนแนะนำสรุปผล มีโครงสร้าง มีการพัฒนาที่ดี เนื้อหาเหมาะสมมีเหตุผล มีการนำเสนอความคิดเห็น ชัดเจน มีการจำแนกและแสดง เหตุผลในการอภิปรายอย่างชัดเจน

ตาราง 5 (ต่อ)

ค่าระดับ	สัญลักษณ์	เป้าหมาย	วิธีการ แก้ปัญหา	โครงสร้าง/รายละเอียด
2 ระดับ โครงสร้าง หลากหลาย		-อธิบาย -คำจำกัดความ -รายการ/ สารบัญ -แก้ปัญหา/ อธิบาย -แผนภูมิ (บรรยาย)	- เป็นการ แก้ปัญหา อย่าง หลากหลาย อาจมี ข้อผิดพลาด บางส่วน - เป็น โครงการ หรือ รายงานการ ปฏิบัติงาน งานแบบ เปิดเผยที่ อยู่ในระดับ ที่เหมาะสม	โครงสร้าง/ ข้อความที่อยู่ใน ระดับพอใช้ บางประเด็นมีการ จำแนกมีข้อจำกัดในโครงสร้าง แต่เนื้อหาส่วนใหญ่มีความ เหมาะสม มีการแนะนำการ สรุปผล มีการทดลองและ ประสบความสำเร็จอย่างจำกัด โครงสร้างบางอย่างมีข้อโต้แย้ง แต่มีเพียงเล็กน้อย ไม่มี ความคิดใหม่

ตาราง 5 (ต่อ)

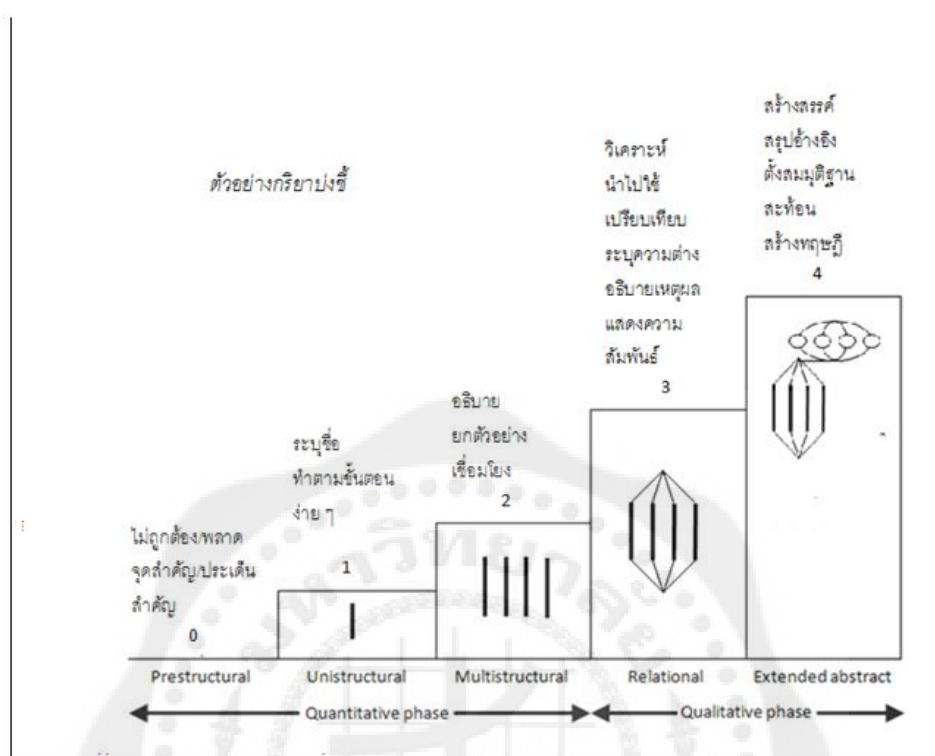
ค่าระดับ	สัญลักษณ์	เป้าหมาย	วิธีการแก้ปัญหา	โครงสร้าง/รายละเอียด
1 ระดับ โครงสร้าง เดียว		-ชี้แจง -สภาพ/สถานการณ์ -ยอมรับ -การนำกลับมา -การเน้นคำ -การบันทึก -ชื่อ/หัวข้อ	- เป็นการแก้ปัญหาโดยตรงจากหลาย ๆ ปัญหาที่ต้องจัดการกับข้อมูลที่ละส่วน - เป็นโครงการหรือรายงานการปฏิบัติงานงานแบบเปิดเผยที่อยู่ในระดับต่ำ - เป็นการแก้ปัญหาพื้นฐานที่ต้องจัดการข้อมูลตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด - การแก้ปัญหานี้จะอยู่ในระดับดีเฉพาะส่วนจากปัญหาที่หลากหลาย	ข้อความอยู่ในระดับต่ำระดับของเนื้อหามีความหลากหลาย การแนะนำและการสรุปผล อยู่ในระดับต่ำมีการทดลองเล็กน้อย มุ่งสนใจในปริมาณไม่เน้นคุณภาพ (ซึ่งไม่สามารถอธิบายรายละเอียด ขาดกระบวนการคิดการออกแบบการจัดการเรียน) โครงสร้าง/ข้อความอยู่ในระดับไม่ดี มีประเด็นเดียวมีเป้าหมายการแก้ปัญหาเดียว ไม่มีโครงสร้างจัดระบบอธิบาย นำเสนออย่างไม่มีเหตุผลจากการแก้ปัญหาทางเดียว บางความคิดอาจมีแนวทางที่แตกต่าง มีแหล่งข้อมูลน้อย

ตาราง 5 (ต่อ)

ค่าระดับ	สัญลักษณ์	เป้าหมาย	วิธีการ แก้ปัญหา	โครงสร้าง/รายละเอียด
ระดับ โครงสร้าง ขั้นพื้นฐาน 0			ไม่เสนอทาง แก้ปัญหา	ข้อความไม่เหมาะสม มีประเด็น น้อย ไม่มีโครงสร้างในการ อธิบายเนื้อหา ข้อมูลไม่ดี มีรายละเอียดไม่ตรงประเด็น ให้ความหมายผิด บอกความสัมพันธ์เชิงเหตุผล น้อย การมีตัวอย่างที่ไม่ดี

จากตาราง 5 สามารถสรุปมโนทัศน์ ระดับขั้นของพฤติกรรมของบิกส์และคอลลิสได้ดัง
แผนภาพต่อไปนี้

แผนภาพสรุปรูปโน้ตค้น ระดับขั้นของพฤติกรรมของบิกส์และคอลลิส



ภาพประกอบ 2 แผนภาพสรุปรูปโน้ตค้น ระดับขั้นของพฤติกรรมของบิกส์และคอลลิส

ที่มา: http://www.johnbiggs.com.au/solo_graph.html

จากแผนภาพสรุปรูปโน้ตค้น ระดับขั้นของพฤติกรรมของบิกส์และคอลลิส ซึ่งจะสามารถอธิบายแต่ละระดับของการให้คะแนนจากภาพประกอบได้ดังนี้

SOLO 0 : ไม่ถูกต้อง (Misses point) ไม่ครบถ้วน (Incompetent) ไม่สำเร็จ พลาด ล้มเหลว (Fail)

SOLO 1 : ระบุ (Identify) บอกชื่อ (Name) ปฏิบัติตามขั้นตอนง่าย ๆ (Follow simple procedure)

SOLO 2 : รวมกัน (Combine) บรรยาย (Describe) แจกแจง (Enumerate) ปฏิบัติตามลำดับทักษะ (Perform serial skill) รายการ เขียนเป็นข้อ ๆ (List)

SOLO 3 : วิเคราะห์ (Analyze) ประยุกต์ (Apply) ถกเถียง โต้แย้ง (Argue) เปรียบเทียบ/เปรียบเทียบ (Compare/ contrast) วิพากษ์ วิวิจารณ์ (Criticize) อธิบายเหตุผล (Explain causes) โยงความสัมพันธ์ (Relate) ให้เหตุผลอธิบาย (Justify)

SOLO 4 : สร้างสรรค์ (Create) คิดค้นสูตร (Formulate) ทำให้เกิดขึ้น (Generate) ตั้งสมมุติฐาน (Hypothesize) สะท้อน (Reflect) สร้างทฤษฎี (Theorize)

1.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมที่แสดงออกของโครงสร้างการสังเกต ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับ ระดับพฤติกรรมตามแนวคิดของบลูมและคณะ

พอตเตอร์และคัสตรา (Potter; & Kustra. 2012: 17) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมที่แสดงออกของโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับ ระดับพฤติกรรมตามแนวคิดของบลูมและคณะ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมที่แสดงออกของโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับ ระดับพฤติกรรมตามแนวคิดของบลูมและคณะ

ระดับพฤติกรรมตาม หลักโครงสร้างการ สังเกตผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	พฤติกรรมที่ แสดงออกตามหลัก โครงสร้างการสังเกต ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน	ลักษณะการ แก้ปัญหาตามหลัก โครงสร้างการ สังเกตผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	ระดับ พฤติกรรม ตามแนวคิด ของบลูม และ คณะ
ระดับโครงสร้างขั้น พื้นฐาน (P)	ขาดความรู้ความเข้าใจ ในเนื้อหา/ประเด็น	-ไม่ถูกต้อง -ไม่ครบถ้วน -ไม่สำเร็จ ล้มเหลว	
ระดับโครงสร้างเดียว (U)	พฤติกรรมที่แสดง ออกเป็นรูปธรรม มี ความเข้าใจเนื้อหา เพียงเล็กน้อย เน้นเฉพาะเนื้อหา/ ประเด็นที่มีความคิด รวบยอดเพียงเรื่อง เดียว (one conceptual issue)	-ชี้แจง -สภาพ/สถานการณ์ -ยอมรับ -การนำกลับมา -การเน้นคำ -การบันทึก -ชื่อ/หัวข้อ	-ความเข้าใจ -การระลึกได้ / การตีความ

ตาราง 6 (ต่อ)

ระดับ พฤติกรรม ตามหลัก โครงสร้าง การสังเกต ผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียน	พฤติกรรมที่แสดงออกตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	ลักษณะ การ แก้ปัญหา ตามหลัก โครงสร้าง การสังเกต ผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียน	ระดับ พฤติกรรม ตาม แนวคิด ของบลูม และคณะ
ระดับ โครงสร้าง หลากหลาย (M)	มีความเข้าใจเฉพาะเนื้อหา/องค์ประกอบย่อย ๆ เท่านั้น ไม่สามารถ จัดระบบของการรวบรวมความคิด (ideas) หรือมีโนทัศน์ (concept) ของเนื้อหา/ประเด็นต่าง ๆ ได้ ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของรายการย่อยกับข้อรายการทั้งหมด	-อธิบาย -คำจำกัด ความ -รายการ/ สารบัญ -แก้ปัญหา/ อธิบาย -แผนภูมิ (บรรยาย)	-ความ เข้าใจ / การตีความ -การ วิเคราะห์ -การ สังเคราะห์ / การ สร้างสรรค์
ระดับ ความสัมพันธ์ ของ โครงสร้าง (R)	พฤติกรรมที่แสดงออกซึ่งให้เห็นถึงการจัดการระหว่างความจริงและ ทฤษฎี พฤติกรรมและจุดมุ่งหมาย มีความเข้าใจในหลาย ๆ เนื้อหา/ องค์ประกอบย่อย ๆ ซึ่งสามารถบูรณาการมาเป็นโนทัศน์ สามารถ นำโนทัศน์ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกันหรือการ ปฏิบัติงาน	-การปรับ -โครงสร้าง -การจำแนก -การ วิเคราะห์ -การแยก ประเภท -การ เปรียบเทียบ -สรุป/ รวบรวม -ลำดับขั้น	-การ วิเคราะห์ -การ สังเคราะห์ / การ สร้างสรรค์ -การ ประเมินค่า

ระดับ พฤติกรรม ตามหลัก โครงสร้าง การสังเกต ผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียน	พฤติกรรมที่แสดงออกตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	ลักษณะ การ แก้ปัญหา ตามหลัก โครงสร้าง การสังเกต ผลสัมฤทธิ์ ทางการ เรียน	ระดับ พฤติกรรม ตาม แนวคิด ของบลูม และคณะ
		(การ เรียงลำดับ)	

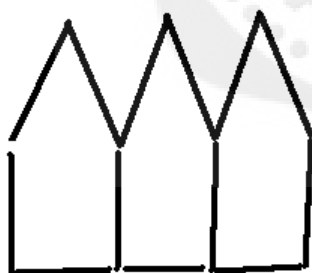
ตาราง 6 (ต่อ)

ระดับพฤติกรรมตาม หลักโครงสร้างการ สังเกตผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	พฤติกรรมที่ แสดงออกตามหลัก โครงสร้างการสังเกต ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน	ลักษณะการ แก้ปัญหาตามหลัก โครงสร้างการ สังเกตผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	ระดับ พฤติกรรม ตามแนวคิด ของบลูม และ คณะ
ระดับแสดงความ ต่อเนื่องในโครงสร้าง ภาคขยาย (E)	สามารถสร้างเป็น ความคิดเชิงมโนทัศน์ที่ เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ เรียนได้ สรุปอ้างอิง (generalize) ไปยัง เนื้อหาใหม่ ๆ ได้	-ความสำคัญ -การสังเคราะห์ -การสร้างสมมุติฐาน -การมีเหตุผล -การทำนาย -การอภิปราย -การสร้างทฤษฎี	-การสังเคราะห์ / การ สร้างสรรค์ -การประเมิน ค่า

1.2.5 ตัวอย่างข้อคำถามและการให้คะแนน

1) แอตตี้ และ บราวน์ (Hattie; & Brown. 2004 : 12 – 13) ได้ให้ตัวอย่างข้อคำถามวิชาคณิตศาสตร์เรื่องโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกับพีชคณิต ดังนี้

บ้านไม้ขีด : รูปแบบของจำนวน



บ้าน	1	2	3
ไม้ขีด	5	9	—

ข้อคำถามที่ 1 คำถามในระดับโครงสร้างเดียวจะถามว่า “ถ้าสร้างบ้านสามหลังจะต้องใช้ไม้ขีดทั้งหมดกี่ก้าน” ซึ่งถ้านักเรียนสามารถตอบคำถามนี้ว่า 13 พร้อมทั้งบอกถึงที่มาว่า 1 หลัง นับไม้ขีดได้ 5 ก้าน 2 หลัง นับไม้ขีดได้ 9 ก้าน จากบ้าน 1 หลังไปยังบ้าน 2 หลังใช้ไม้ขีดเพิ่มขึ้น 4 ก้าน ดังนั้น บ้าน 3 หลัง จะต้องใช้ไม้ขีดทั้งหมด 13 ก้าน หรือใช้วิธีการนับจำนวนไม้ขีดจากภาพที่โจทย์กำหนดมาให้ก็จะได้ 13 เช่นกัน

ข้อคำถามที่ 2 คำถามในระดับหลายโครงสร้างจะถามว่า “ถ้าสร้างบ้านสามหลัง แต่ละหลังจะต้องใช้ไม้ซี้ดกี่ก้าน” ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการแยกแยะแผนภาพออกเป็นหลาย ๆ โครงสร้างเพื่อช่วยให้เห็นภาพที่ชัดเจนในการตอบคำถาม ซึ่งสามารถได้ว่า แต่ละหลังต้องใช้ไม้ซี้ด 5 ก้านมาประกอบกันเป็นบ้านหนึ่งหลัง ถึงแม้จะต้องนับซ้ำก็ตาม

ข้อคำถามที่ 3 คำถามในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจะถามว่า “ถ้าบ้าน 52 หลังใช้ไม้ซี้ด 209 ก้าน แล้วคุณต้องการไม้ซี้ดอีกกี่ก้านจึงจะเพียงพอต่อการนำมาทำบ้าน 53 หลัง” นักเรียนจะต้องเห็นความเชื่อมโยงกันของโครงสร้างหลาย ๆ โครงสร้างเพื่อที่จะเข้าใจรูปแบบของการเพิ่มขึ้นของบ้านต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนก้านไม้ซี้ด และนำไปสู่คำตอบว่า 213

ข้อคำถามที่ 4 คำถามในระดับแสดงความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจะถามว่า “ให้นักเรียนสร้างรูปแบบของการนับระหว่างจำนวนก้านไม้ซี้ดกับจำนวนบ้าน” นักเรียนจะต้องเข้าใจปริมาณความต้องการก้านไม้ซี้ดต่อจำนวนบ้านและเห็นถึงรูปแบบนำไปสู่ผลสรุปในภาคขยาย แล้วได้คำตอบของข้อนี้เป็นสมการคือ $S = 4H + 1$ กล่าวได้นักเรียนจะไม่สามารถสร้างสมการได้ ถ้าไม่เชื่อมโยงองค์ความรู้ในเรื่องของจำนวนและพีชคณิต

ตาราง 7 การให้คะแนนแบบทดสอบของแฮตตี และบราวน์

ข้อคำถาม	คะแนน	ระดับ
ข้อคำถามที่ 1	1	ระดับโครงสร้างเดียว (Uni-structural level : U)
ข้อคำถามที่ 2	2	ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-structural level : M)
ข้อคำถามที่ 3	3	ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational Level : R)
ข้อคำถามที่ 4	4	ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย (Extended Abstract Level : E)
คะแนนรวม	10	

2) โอวูซุ แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86–94) ครูชาวกานา ได้สร้างแบบทดสอบวัดความคิดเชิงพีชคณิต โดยมีข้อคำถามและการให้คะแนน ดังนี้

มหาวิทยาลัยทางการศึกษาวินเนบา (Winneba)

ภาควิชาการศึกษา สาขาวิชาคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดระดับความคิดเชิงพีชคณิต

นักเรียนที่รัก

จุดประสงค์ของการทดสอบนี้คือการรวบรวมข้อมูลเพื่อช่วยในการประเมินระดับความคิดเชิงพีชคณิตของพวกคุณ เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนการสอนและวัดประเมินผลที่ตอบสนองนักเรียน

ขอขอบคุณ

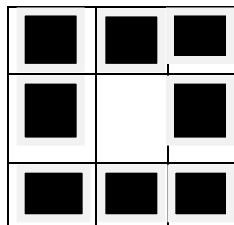
พยายามตอบทุกข้อคำถาม

โปรดระบุ ชื่อโรงเรียน , แผนการเรียน , ชื่อ , เพศ และอายุ บนกระดาษคำตอบของนักเรียนก่อนที่จะดำเนินการทำแบบทดสอบ

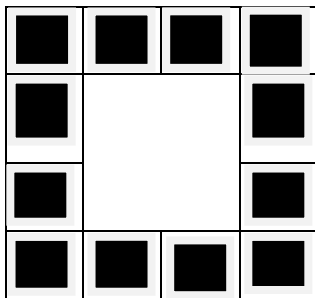
1. การเรียนสิ้นสุดที่เวลา 10:10 น. ถ้าเวลาที่ใช้ในหนึ่งคาบเรียนคือ 55 นาที อยากทราบว่า การเรียนเริ่มต้นเวลาใด?
2. นายเมนซาร์ต้องการที่จะออกแบบสระว่ายน้ำรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส { ☐ }.

เขาวางกระเบื้อง{ ■ } รอบสระว่ายน้ำที่แสดงไว้ดังภาพด้านล่าง

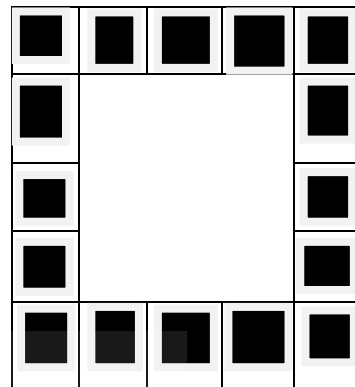
Pool 1



Pool 2



Pool 3



ใช้ข้อมูลข้างต้นตอบคำถามต่อไปนี้

- สระว่ายน้ำขนาดที่ 2 ต้องใช้กระเบื้องทั้งหมดกี่แผ่น ? ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?
- สระว่ายน้ำขนาดที่ 5 , 9 และ 12 แต่ละภาพต้องใช้กระเบื้องทั้งหมดภาพละกี่แผ่น ? ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?
- สระว่ายน้ำขนาดที่ x ต้องใช้กระเบื้องทั้งหมดกี่แผ่น ? จงอธิบายวิธีการหารูปแบบความสัมพันธ์?
- ให้นักเรียนเขียนสมการเชิงเส้นแสดงความสัมพันธ์ในการสร้างสระว่ายน้ำ โดยกำหนดให้ x แทนขนาดของสระว่ายน้ำ และ y แทนจำนวนของกระเบื้องที่ใช้
- ถ้าใช้กระเบื้องทั้งหมด 128 แผ่น จะสามารถสร้างสระว่ายน้ำได้ขนาดเท่าใด? ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?
- ถ้านายเมนซาร์ทตัดสินใจที่จะออกแบบสระว่ายน้ำเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าและต้องปูกระเบื้องโดยรอบ จากการหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสระว่ายน้ำดังภาพที่ 1, 2 และ 3 กับจำนวนกระเบื้องที่จำเป็นต้องใช้ 8, 10 และ 12 ตามลำดับ ให้นักเรียนเขียนกฎทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยให้นายเมนซาร์ทพบจำนวนของกระเบื้องจำนวนเท่าใดที่ต้องใช้ปูล้อมรอบสระว่ายน้ำที่มีขนาดใด? จงอธิบายความสัมพันธ์ที่ค้นพบในการสร้างสระว่ายน้ำหกเหลี่ยม?

ตาราง 8 การกำหนดคะแนนในแต่ละข้อคำถามของโอวชู แอนชา นานา อโกซัว

ข้อคำถามที่	คะแนน
ข้อคำถามที่ 1	2
ข้อคำถามที่ 2a	2
ข้อคำถามที่ 2b	6
ข้อคำถามที่ 2c	2
ข้อคำถามที่ 2d	2
ข้อคำถามที่ 2e	2
ข้อคำถามที่ 2f	2
รวม	18

ตาราง 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบที่ 1 ของโอวชู แอนชา นานา อโกซัว

ความสามารถในการแสดงวิธีทำ	คะแนน	ระดับของโครงสร้าง
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1	2	ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre- structural)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2a	4	ระดับโครงสร้างเดียว (Uni-structural level)

แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2b	10	ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-structural level)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2c	12	ความสัมพันธ์ของโครงสร้างระดับต่ำกว่า (Lower Relational Level)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2d	14	ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational Level)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2e	16	ความสัมพันธ์ของโครงสร้างระดับสูงกว่า (Higher Relational Level)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2f	18	ความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย (Extended Abstract)

ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนแบบที่ 2 ของโอวชู แอนชา นานา อโกซัว

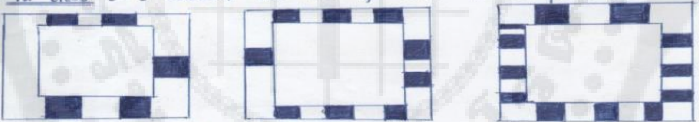
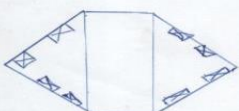
ความสามารถในการแสดงวิธีทำ	คะแนน	ระดับของโครงสร้าง
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1	2	ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre- structural)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2a	4	ระดับโครงสร้างเดียว (Uni-structural level)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2b	6-10	ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-structural level)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2 (c-e)	12-16	ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational Level)
แสดงวิธีทำเสร็จสมบูรณ์ในข้อที่ 1 จนถึงข้อที่ 2f	18	ความต่อเนื่องในโครงสร้าง ภาคขยาย (Extended Abstract)

ตัวอย่างการตอบคำถามและระดับของนักเรียน
ระดับโครงสร้างเดี่ยว (Uni-structural level)

Gender :- Male
Age :- 15 yrs

1) 10:10 am - 55 minutes → You will subtract fifty-five minutes from 10:10.

$$\begin{array}{r} 10:10 \\ - 55 \\ \hline 9:55 \end{array}$$
 $\therefore$ The lesson began around or at 9:55 am

2) a) 12 tiles :- I counted the no. of tiles around pool 2. ✓
 b) 
 You will first draw and count the no. numbers of tiles and represent it on the sides of the pool to get the accurate digits or figures. 5
 c) $x + \text{tiles}$:- Since the sides of the pool are collected to make a complete pool of tiles.
 d) $x + y = y + x$:- the total no. 5
 e) You will draw a big pool with 128 tiles like shown in question two "A"
 f) 

ภาพประกอบ 3 การตอบคำถามระดับโครงสร้างเดี่ยว

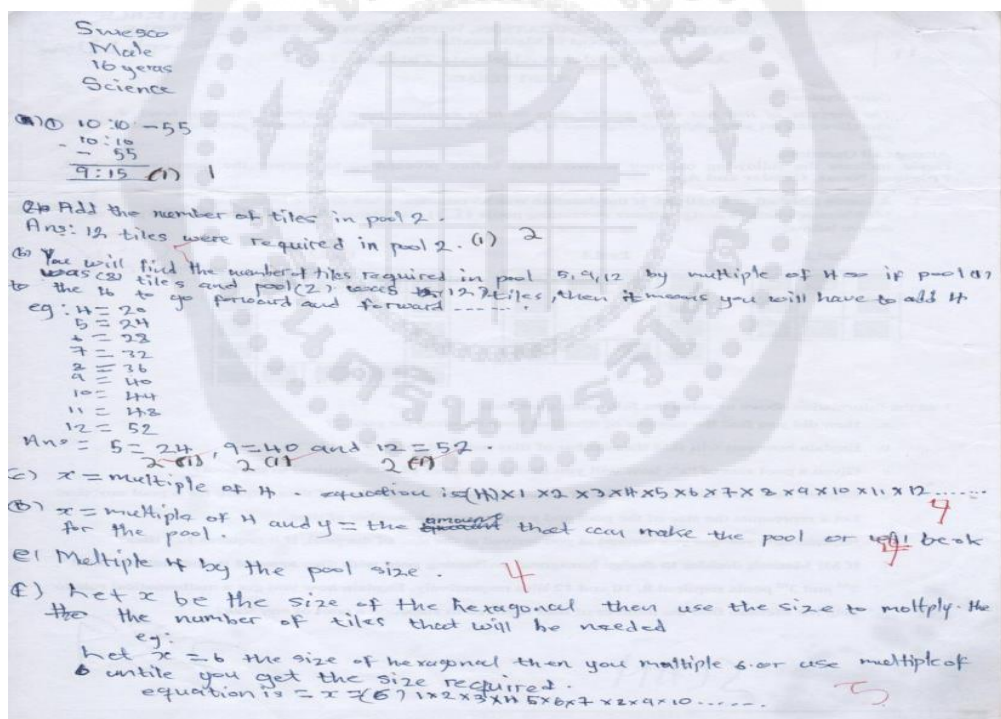
ที่มา: Nana Akosua Owusu, Ansah (2012: 91)

การทำข้อสอบสามารถอธิบายได้ดังนี้

นักเรียนสามารถที่จะหาจำนวนของกระเบื้องที่อยู่รอบ ๆ สระว่ายน้ำที่ 2 และระบุว่าเขานับจำนวนของกระเบื้องที่อยู่รอบ ๆ สระว่ายน้ำ 2 เมื่อมาถึงการหาจำนวนของกระเบื้องที่อยู่รอบ ๆ สระว่ายน้ำขนาด 5, 9 และ 12 เขาก็ไม่สามารถที่จะหาจำนวนของกระเบื้องสำหรับสระว่ายน้ำ 5, 9 และ 12 เขาจึงสร้างแผนภาพสระว่ายน้ำของตัวเองขึ้นมาและชี้ให้เห็นกระเบื้องที่วางอยู่รอบ ๆ เขาไม่สามารถหาความสัมพันธ์หรือสมการที่จะแสดงให้เห็นถึงข้อมูลในการปูกระเบื้องสระว่ายน้ำมีปัญหาเกี่ยวกับคำถามเชิงสัมพันธ์กับข้อคำถามก่อนหน้านี้ เขากล่าวว่า "คุณจะวาดสระว่ายน้ำและปูกระเบื้อง 128 แผ่นโดยรอบ"

คำตอบของเขาแสดงให้เห็นว่าเขาได้อาศัยการเขียนแผนภาพที่จะตอบคำถามของเขา เขาจึงอยู่ในระดับโครงสร้างเดียว ซึ่งหมายความว่าเขาจะปฏิบัติตามคำแนะนำง่าย ๆ ในการระบุจำนวนของกระเบื้องที่จำเป็นรอบสระว่ายน้ำ

ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-structural level)



ภาพประกอบ 4 การตอบคำถามระดับโครงสร้างหลากหลาย

ที่มา: Nana Akosua Owusu, Ansah (2012: 92)

การทำข้อสอบสามารถอธิบายได้ดังนี้

นักเรียนสังเกตเห็นรูปแบบของจำนวนของกระเบื้องที่ใช้ในการปูรอบสระว่ายน้ำแต่ละขนาด เขาตระหนักถึงกระเบื้องที่ถูกเพิ่มขึ้นในภาพ 4 และเชื่อมโยงสู่รูปแบบไปสู่ภาพที่ 12 เพื่อให้ได้คำตอบ เมื่อเขามาถึงคำถามเชิงสัมพันธ์ซึ่งเป็นสระว่ายน้ำขนาดที่ไม่รู้จัก เขาก็ไม่สามารถที่จะเขียนเกี่ยวกับจำนวนของกระเบื้องที่จำเป็นสำหรับสระว่ายน้ำที่มีขนาดเป็น x การตอบสนองของเขาเป็นข้อบ่งชี้ที่ชัดเจนว่าแม้ว่าเขาจะสามารถใช้ความรู้ของเขาหลายวิธีที่จะหาจำนวนของกระเบื้องต่อเนื่องที่ต้องใช้เขาขาดแนวคิดของค่าที่ไม่รู้จักในพีชคณิตหรือที่เรียกว่าสมการ แม้ว่าจะระบุลำดับของจำนวนของกระเบื้อง

ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย (Extended Abstract)

91.

Time at which the lesson ended $\rightarrow 10:10 \text{ am}$
 Duration of the lesson $\rightarrow 55 \text{ minutes}$
 Time at which the lesson began $\rightarrow ?$

$\Rightarrow$ Converting 10 hrs 10 minutes to minutes.

$$\frac{1 \text{ hr}}{10 \text{ hrs}} = \frac{60 \text{ mins}}{x}$$

If more less divide $\Rightarrow \frac{10 \text{ hrs}}{10 \text{ hrs}} \times \frac{60 \text{ mins}}{1 \text{ hr}} = 600 \text{ mins}$

and since we have 10 mins attached to the 10 hrs we add the 600 mins to 10 mins that is $\Rightarrow 610 \text{ mins}$

$$\begin{array}{r} 610 \text{ mins} \\ - 55 \text{ mins} \\ \hline 555 \text{ mins} \end{array}$$

Now after converting the time to minutes, we subtract the duration from the start of the lesson

$\Rightarrow 610 \text{ mins}$
 $- 55 \text{ mins}$
 $\hline 555 \text{ mins}$

We now convert the 555 mins back to hours.

$$\frac{555 \text{ mins}}{60 \text{ mins}} = 9 \text{ hrs } 15 \text{ mins}$$

If more less divide $= \frac{555 \text{ mins}}{60 \text{ mins}} = 9 \text{ hrs } 15 \text{ mins}$

$\therefore$ The lesson started at 9:15 am

So 60 mins = 1 hr $= \frac{60}{60} = 1$

subtract 60 mins from 10 mins and add the 10 hrs making it 10 hrs

ภาพประกอบ 5 การตอบคำถามระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย

ที่มา : Nana Akosua Owusu, Ansah (2012: 93)

การทำข้อสอบสามารถอธิบายได้ดังนี้ นักเรียนทั้งสองคนสามารถที่จะแก้ปัญหาทั้งหมดในแบบทดสอบฉบับนี้ได้ นักเรียนทั้งสองคนได้รับการพัฒนาทางของตัวเองในการหารูปแบบของกระเบื้องจากกระบวนการทำงานของพวกเขาเองใช้ความสามารถในการคำนวณและทักษะการคำนวณในขณะที่คำถามแรก นักเรียนคนหนึ่งใช้เหตุผลทางเรขาคณิตของเขา และใช้แนวความคิด

ในการหาพื้นที่ของสระว่ายน้ำ แต่ก็รู้สึกละอายใจไม่ได้เต็มเต็มพื้นที่ทั้งหมดและดังนั้นจึงหักเสี้ยนหายไปจากพื้นที่ทั้งหมด แล้วเปลี่ยนกระบวนการทำงานของเขาที่จะนำแนวคิดของสัมพัทธ์และการทำแผนภาพนี้ได้รับความช่วยเหลือจากนักเรียนคนที่สองในกระบวนการทำงานของพวกเขาในคำถามเชิงสัมพัทธ์เขาอาศัยอยู่ในกฎการพัฒนาแล้วของเขาและแทนขนาดสระว่ายน้ำที่ไม่รู้จักเป็นกฎของเขาเองในข้ออื่น ๆ ที่ใช้สมการการพัฒนาของเขาที่จะหาทางแก้ไขปัญหามานักเรียนทั้งสองแทน 128 เป็นกฎสมการของพวกเขาเพื่อหาขนาดสระว่ายน้ำในระดับนามธรรมขยายนักเรียนทั้งสองมีโอกาสที่จะพบกฎทางคณิตศาสตร์ แต่ด้วยกระบวนการทำงานที่แตกต่างกันกระบวนการทำงานและการตอบสนองต่อการให้สัมภาษณ์ของนักเรียนทั้งสองแสดงให้เห็นว่าพวกเขามีความมั่นใจและมีความสม่ำเสมอในการทำงานของพวกเขาแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเขาในคำถามหลายโครงสร้าง

3) โซติมา หนูพริก (2553: 367-381, 389-391) ได้ให้ตัวอย่างข้อคำถาม ลักษณะการให้คะแนน พร้อมทั้งตัวอย่างการตรวจให้คะแนนข้อคำถามดังนี้

ข้อที่ 3 ความสามารถในการให้เหตุผล

ร้าน A ขายไข่ไก่ฟองละ 3 บาท โหลละ 30 บาท ขายไข่เป็ดฟองละ 3 บาท โหลละ 35 บาท

ร้าน B ขายไข่ไก่ฟองละ 2.75 บาท โหลละ 30 บาท ขายไข่เป็ดฟองละ 3.50 บาท โหลละ 40 บาท

ร้าน C ขายไข่ไก่ฟองละ 3 บาท โหลละ 33 บาท ขายไข่เป็ดฟองละ 3 บาท โหลละ 36 บาท

ถ้าต้องการซื้อไข่ไก่ 20 ฟอง และไข่เป็ด 24 ฟอง ให้ได้ราคาถูกที่สุดโดยไม่จำเป็นต้องซื้อจากร้านเดียวกัน ควรเลือกซื้อร้านใด เพราะเหตุใด

แนวการตอบ

ถ้าต้องการซื้อไข่ไก่จำนวน 20 ฟอง และซื้อได้ในราคาที่ถูกที่สุด ถ้าพิจารณาจากทั้ง 3 ร้าน จะพบว่า ร้าน B ขายไข่ไก่ฟองละ 2.75 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ถูกที่สุด

ดังนั้นควรเลือกซื้อไข่ไก่ที่ร้าน B

และต้องซื้อไข่เป็ดจำนวน 24 ฟอง เท่ากับ 2 โหล และซื้อในราคาที่ถูกที่สุด ถ้าพิจารณาจากทั้ง 3 ร้าน พบว่า ร้าน A และร้าน C ขายไข่เป็ดฟองละ 3 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ถูก แต่ถ้าซื้อแบบเป็นโหลร้าน A จะถูกกว่าร้าน C ดังนั้น จึงควรเลือกซื้อไข่เป็ดที่ร้าน A

ดังนั้น จึงควรเลือกซื้อไข่ไก่ที่ร้าน B และเลือกซื้อไข่เป็ดที่ร้าน A จึงได้ราคาที่ถูกที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

นิยาม ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้อย่างสมเหตุสมผล อธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมและสรุปผลของการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม

ตาราง 11 เกณฑ์การให้คะแนนของโชติมา หนูพริก

คะแนน	ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
4	ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้าง ภาคขยาย (Extended Abstract Level : E)	-คาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ อย่างสมเหตุสมผล -อธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจ ได้อย่างเหมาะสม -สรุปผล การตัดสินใจได้อย่าง เหมาะสม
3	ระดับความสัมพันธ์ของ โครงสร้าง (Relational Level : R)	-คาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ อย่างสมเหตุสมผล -ระบุเหตุผลประกอบการตัดสินใจได้
2	ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-structural level : M)	-คาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ โดยมีเหตุผลประกอบ
1	ระดับโครงสร้างเดียว (Uni-structural level : U)	-คาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้แต่ ไม่มีเหตุผลประกอบ

ที่มา: โซติมา หนูพริก (2553: 381)

ตัวอย่างการตรวจและให้คะแนน

ตัวอย่างที่ 1

4

วิธีคิด
ร้าน A

ขายไข่ไก่ฟองละ 3 บาท โทดละ 30 บาท ขายไข่เปิดฟองละ 3 บาท
โทดละ 35 บาท

แต่ซื้อไข่ไก่ 20 ฟอง คิดเป็นเงิน $30 \times (8 \times 3) = 54$ บาท
ไข่เปิด 24 ฟอง คิดเป็นเงิน $35 \times 2 = 70$ บาท

ร้าน B

ขายไข่ไก่ฟองละ 2.75 บาท โทดละ 30 บาท ขายไข่เปิดฟองละ
3.50 บาท โทดละ 40 บาท

แต่ซื้อไข่ไก่ 20 ฟอง คิดเป็นเงิน $30 + (8 \times 2.75) = 52$ บาท
ซื้อไข่เปิด 24 ฟอง คิดเป็นเงิน $40 \times 2 = 80$ บาท

ร้าน C

ขายไข่ไก่ฟองละ 3 บาท โทดละ 33 บาท ขายไข่เปิดฟองละ
3 บาท โทดละ 36 บาท

แต่ซื้อไข่ไก่ 20 ฟอง คิดเป็นเงิน $33 + (8 \times 3) = 57$ บาท
ซื้อไข่เปิด 24 ฟอง คิดเป็นเงิน $36 \times 2 = 72$ บาท

ซื้อไข่ไก่ 20 ฟอง ร้าน B เพราะราคาถูกที่สุด
ซื้อไข่เปิด 24 ฟอง ร้าน A เพราะราคาถูกที่สุด

An

ตัวอย่างการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback)

“ดีมากค่ะ” ความสามารถในการให้เหตุผลในโจทย์ข้อนี้ได้ระดับคุณภาพ 4

เพราะหนูสามารถ - คาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ อย่างสมเหตุสมผล

- อธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม
- สรุปผลของการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบของอาจารย์โชติมา หนูพริก: ตัวอย่างที่ 1

ที่มา: โชติมา หนูพริก (2553: 390)

ตัวอย่างที่ 2

วิธีคิด

ใช้ไม้ขีดร้าน B เพราะพอละ 2.75 บาท จำนวน 20 ฟอง
จะได้ราคา 55 บาท

ใช้ไม้ขีดร้าน A เพราะพอละ 3 บาท จำนวน 20 ฟอง
จะได้ราคา 60 บาท

เปรียบเทียบ ไม้ขีด

ร้าน A	ราคา	54 บาท
ร้าน B	ราคา	57 บาท
ร้าน C	ราคา	57 บาท

ตรวจสอบการคิด
ราคาไม้ขีดร้าน A, B, C

เปรียบเทียบ ไม้ขีด

ร้าน A	ราคา	70 บาท
ร้าน B	ราคา	80 บาท
ร้าน C	ราคา	72 บาท

ตัวอย่างการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback)

“ดีค่ะ” ความสามารถในการให้เหตุผลในโจทย์ข้อนี้ได้ระดับคุณภาพ 2

สิ่งที่หนูทำได้ดีแล้ว คือ

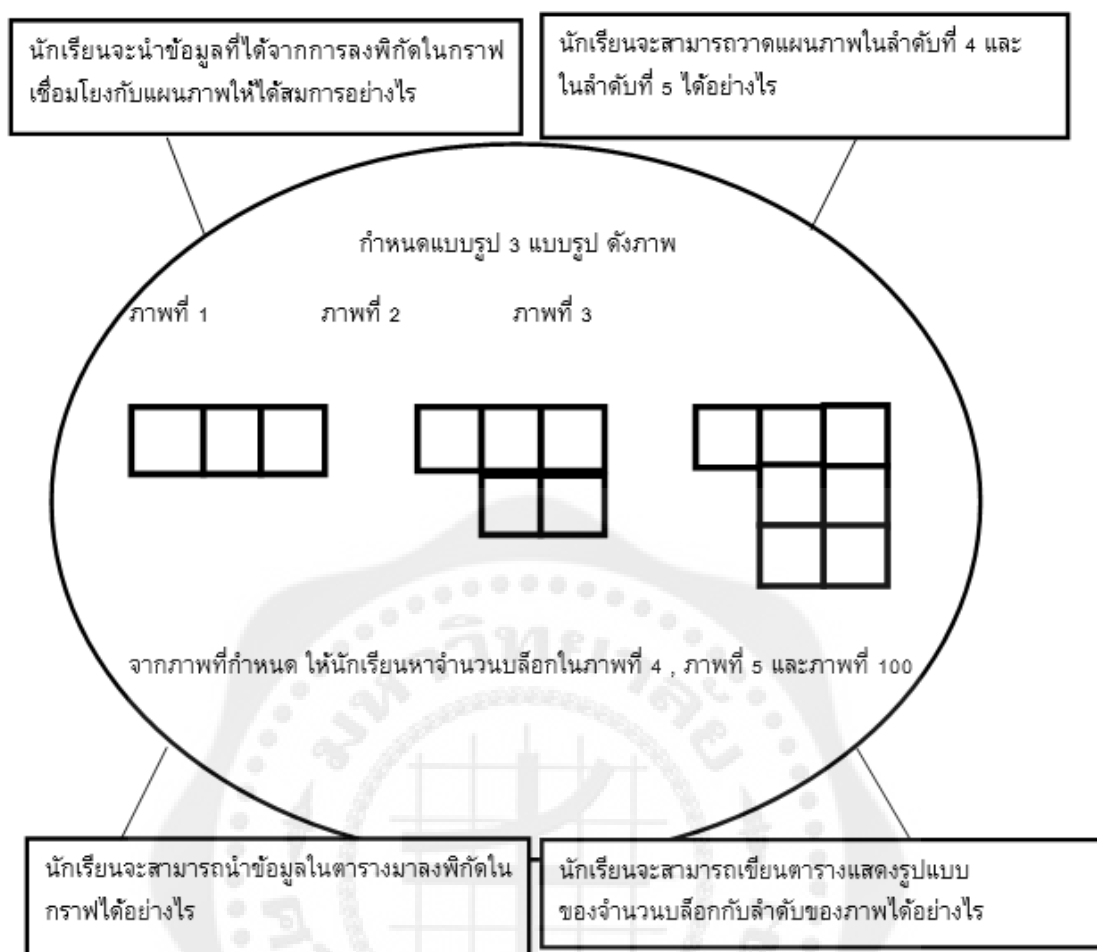
- คาดคะเนคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้อย่างสมเหตุสมผล
- อธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อไข่เป็ดจากร้าน A ได้อย่างเหมาะสม

สิ่งที่หนูต้องปรับปรุง คือ ตรวจสอบการคิดราคาไข่ไก่ของร้าน A,B,C อีกครั้งหนึ่ง

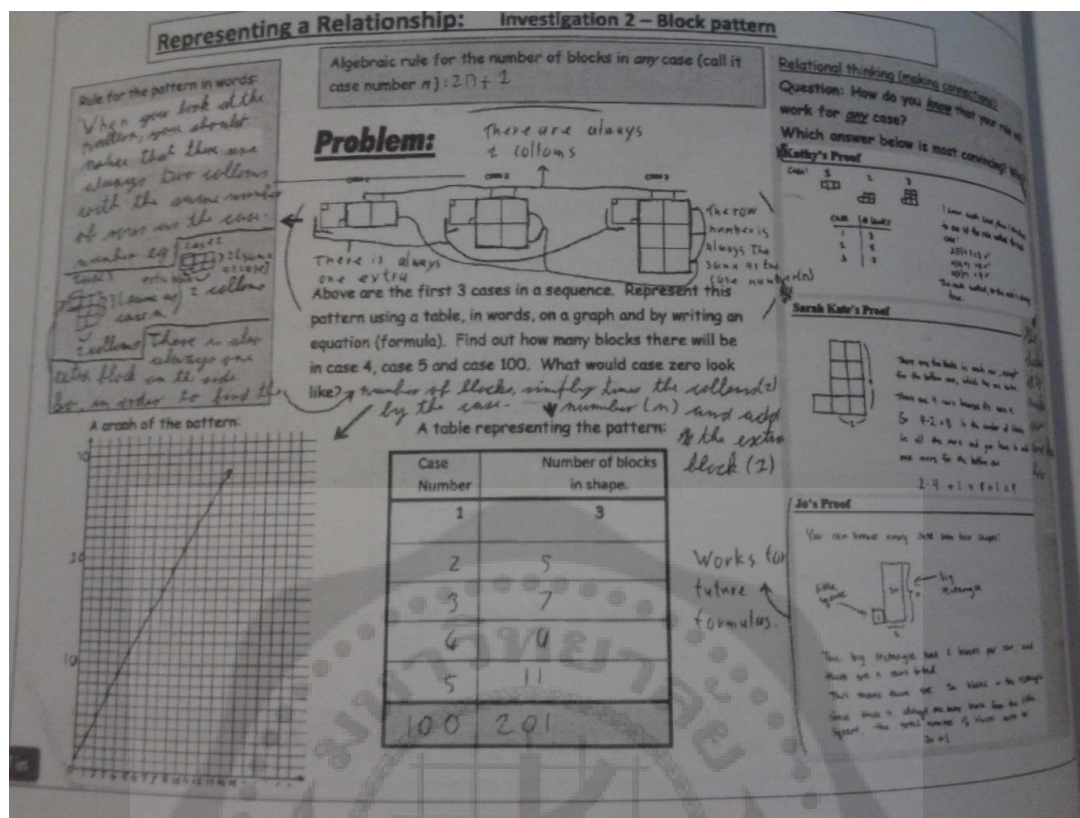
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบของอาจารย์โชติมา หนูพริก: ตัวอย่างที่ 2

ที่มา: โชติมา หนูพริก (2553: 391)

4) แพม ฮุก, เคิร์ทนี กราเวท, มิชเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard; & Ellen John. 2014: 17-18) ได้ให้ตัวอย่างข้อคำถาม ลักษณะการให้คะแนน พร้อมทั้งตัวอย่างการตรวจให้คะแนนข้อคำถาม ดังนี้



ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างข้อคำถามของแพม ฮุก, เคิร์ทนี กราเวท, มิเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์



ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างการตรวจให้คะแนนข้อคำถามของแพม ฮุก

ที่มา: แพม ฮุก, เคิร์ทนี กราเวท, มิชเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard; & Ellen John. 2014: 18)

ข้อสอบฉบับนี้ต้องการดูลำดับวิธีการคิดของนักเรียนโดยสร้างเป็นข้อย่อยสี่ข้อที่เป็นขั้นตอนในการหาคำตอบที่สัมพันธ์กันโดยในข้อที่ 1 จะเป็นคำถามเพื่อชี้ให้นักเรียนสามารถเริ่มทำความเข้าใจในปัญหาอย่างง่ายโดยใช้ความรู้แค่บางส่วน ข้อมูลบางส่วนจากปัญหา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ในข้อที่ 1 มาตอบในตารางข้อที่ 2 ซึ่งอยู่ในระดับโครงสร้างหลากหลายโดยนักเรียนจะใช้ความรู้หลาย ๆ ส่วน จากนั้นในข้อที่ 3 จะเป็นการสร้างความสัมพันธ์ของคำตอบในข้อที่ 2 ออกมาในรูปแบบของกราฟ จากนั้นขยายความรู้และข้อมูลที่ได้รับไปสู่การสร้างเป็นสมการเพื่อทำนายคำตอบที่จะเกิดขึ้นได้ในข้อที่ 4 ซึ่งอยู่ในระดับโครงสร้างภาคขยาย โดยในแต่ละระดับสามารถข้ามขั้นได้เนื่องจากหน้าที่จะไปถึงในระดับขั้นต่อไปนักเรียนจะต้องใช้องค์ความรู้หรือข้อมูลที่ได้จากข้อก่อนหน้าซึ่งบางครั้งไม่ปรากฏการเขียนสิ่งที่คิด เช่น นักเรียนเริ่มทำข้อสอบในข้อที่สองเนื่องจากนักเรียนมองเห็นข้อมูลที่หลากหลายจากในข้อสอบ

ในงานวิจัยฉบับนี้สนใจที่จะสร้างเครื่องมือในการทดสอบและประเมินผลในส่วนพฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบิกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome : SOLO Taxonomy) โดยมีรูปแบบการสร้างแบบทดสอบและเกณฑ์การให้คะแนนตามแบบของแพม ฮุก, เคิร์ทนี กราเวท, มิชเชลล์ ฮาวเวิร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard; & Ellen John. 2014. 17-18) แฮตตี และบราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: 12-13) โอวูซู แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86-94) และโชติมา หนูพริก (2553: 367-381, 389-391) และพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้ผลจากการวิเคราะห์หลักสูตรและการสังเคราะห์แนวทางการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ระบุไว้ในข้อ 2 ซึ่งทำให้ได้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส

2. การหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลทางการศึกษา

แบบทดสอบถือเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาบทเรียน เนื่องจากจะต้องใช้แบบทดสอบวัดพฤติกรรมผู้เรียนในด้านสมอง (cognitive domain) เพื่อทราบว่าหลังจากผ่านการเรียนรู้เนื้อหาจากบทเรียนแล้วผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นอย่างไร การวัดพฤติกรรมของผู้เรียนด้วยแบบทดสอบสามารถวัดได้ทั้งก่อนเรียน หลังเรียนและระหว่างเรียน อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะใช้แบบทดสอบวัดในช่วงเวลาใด แบบทดสอบทุกชนิดที่จะนำมาใช้ในบทเรียนจะต้องผ่านการหาคุณภาพก่อนที่จะนำไปใช้ในบทเรียน เนื่องจากแบบทดสอบเป็นเครื่องมือในการวัดพฤติกรรมของผู้เรียน ถ้าแบบทดสอบมีคุณภาพดีจะส่งผลให้บทเรียนมีคุณภาพเช่นกัน คุณภาพของแบบทดสอบเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ความเที่ยงตรง (validity) ความเชื่อมั่น (reliability) ความยากง่าย (difficulty) อำนาจจำแนก (discrimination) และความเป็นปรนัย (objectivity) (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 192-220)

2.1 ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรง เป็นคุณสมบัติสำคัญที่สุดของแบบสอบ สามารถจำแนกความเที่ยงตรงได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (content validity) ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion-related validity) และความเที่ยงตรงตามทฤษฎี (construct validity) ความเที่ยงตรงแต่ละประเภทมีความหมาย วิธีตรวจสอบ และความสำคัญที่แตกต่างกัน (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 76-77; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 135; ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 208-209)

2.1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) หมายถึง การที่ผู้สอนออกแบบทดสอบได้ตรงตามเนื้อหาที่สอนในการทดสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาสามารถดำเนินการได้โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหา พิจารณาถึงความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบโดยพิจารณาเป็นรายข้อ วิธีการพิจารณาแบบนี้จะเรียกว่า การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence : IOC) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ
 $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
 N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาสามารถกระทำโดยนำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่อย่างไร ถ้ามีความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญจะให้ค่าเป็น “+1” แต่ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อสอบข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์จะให้ค่าเป็น “-1” และในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ก็จะให้ค่าเป็น “0” (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 81)

2.1.2 ความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์

ความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion related validity) หมายถึง การวัดคุณภาพของแบบทดสอบ โดยเอาผลการวัดของแบบทดสอบไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่กำหนดเช่นระดับผลการเรียนเป็นต้น ถ้าผู้เรียนที่มีระดับผลการเรียนดี เมื่อทำข้อสอบชุดนั้นแล้วพบว่าได้คะแนนสูง แสดงว่า แบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ดี แต่ถ้ามีผลตรงกันข้าม แสดงว่า แบบทดสอบนั้นไม่มีความเที่ยงตรง การทดสอบความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์จัดแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (concurrent validity) หมายถึง การนำเอาผลการวัดจากแบบทดสอบไปหาความสัมพันธ์กับผลการเรียนอื่น ๆ ของผู้เรียนในปัจจุบัน เช่น การนำเอาผลการวัดจากแบบทดสอบเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เบื้องต้นที่สร้างขึ้น ไปหาความสัมพันธ์กับคะแนนการปฏิบัติการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ เป็นต้น ถ้าผลการหาความสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กันสูง กล่าวคือ ผู้เรียนที่มีทักษะการปฏิบัติการงานด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์สูงจะทำแบบทดสอบนั้นได้ทำนองเดียวกันคนที่ไม่มีทักษะการปฏิบัติการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ก็จะทำแบบทดสอบนั้นไม่ได้ ถ้าผลการหาความสัมพันธ์เป็นไปในทางเดียวกันคือ มีความสัมพันธ์กันสูงแสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูง การทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ สามารถดำเนินการโดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ของเพียร์สัน (Pearson) มีสูตรดังนี้

$$r_{XY} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{XY} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

N คือ จำนวนผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบ

$\sum X$ คือ ผลรวมคะแนนแบบทดสอบที่หาความเที่ยงตรงเชิงสภาพ

$\sum Y$ คือ ผลรวมคะแนนความรู้ของผู้เรียนที่เป็นเกณฑ์

ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ (predictive validity) การทดสอบความเที่ยงตรงที่ใช้หลักการเกี่ยวกับการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงสภาพ เพียงแต่ถ้าเป็นแบบเชิงพยากรณ์จะใช้ข้อมูลที่เป็นเกณฑ์ในอนาคต ไปหาความสัมพันธ์กับคะแนนจากการทำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เช่น ใช้ข้อมูลที่เป็นเกรดเฉลี่ยของผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษาแล้ว หรือใช้คะแนนในรายวิชาใดก็ได้ที่ได้สอบผ่านไปแล้วมาเป็นเกณฑ์ เป็นต้น

ในการดำเนินการจะต้องทำการทดสอบผู้เรียน ด้วยแบบทดสอบที่ต้องการหาความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ก่อน เมื่อทดสอบสอบแล้วจะต้องรอให้ผู้เรียนกลุ่มนี้ได้คะแนนที่จะใช้เป็นเกณฑ์ในการหาความสัมพันธ์ จึงจะดำเนินการคำนวณหาความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ได้ เช่น ถ้าต้องการทดสอบความตรงเชิงพยากรณ์แบบทดสอบวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น โดยใช้คะแนนผลการทดสอบวิชาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์เทียบความสัมพันธ์ แต่เนื่องจากคะแนนผลการทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ในขณะนั้นยังไม่มี เนื่องจากผู้เรียนกลุ่มที่จะใช้ทดลองยังไม่ได้ผ่านการทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้นจะต้องทดสอบผู้เรียนด้วยแบบทดสอบวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้นก่อนจากนั้นให้รอจนกระทั่งผู้เรียนกลุ่มนี้ได้ผ่านการทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ จึงนำคะแนนการทดสอบวิชาคณิตศาสตร์มาคำนวณร่วมกับคะแนนจากการทดสอบด้วยแบบทดสอบวิชาคอมพิวเตอร์ ที่ได้ทดสอบก่อนหน้าเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ ใช้สูตรเดียวกันกับการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงสภาพที่ได้อธิบายก่อนหน้า (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 82-89)

2.1.3 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) หมายถึง การวัดคุณภาพของแบบทดสอบว่าตรงตามลักษณะโครงสร้าง หรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะโครงสร้างหรือไม่ โดยที่โครงสร้างหมายถึง โครงสร้างของแบบทดสอบมาตรฐานโดยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจะมีมาตรฐานที่วัดลักษณะเดียวกันกับแบบทดสอบมาตรฐานหรือไม่ สามารถคำนวณหาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างได้ โดยใช้สูตรการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ซึ่งค่า X คือค่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นและค่า Y คือ ค่าคะแนนที่ได้จากแบบสอบตามมาตรฐานที่วัดลักษณะเดียวกัน เมื่อคำนวณค่าได้แล้วพบว่า ถ้าค่าที่คำนวณได้เข้าใกล้ 1 หมายถึง แบบทดสอบ ที่

สร้างขึ้นนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างสูง ในขณะที่เดียวกันถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า แบบทดสอบนั้นไม่มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 89-93)

2.2 ความเชื่อมั่น (Reliability)

ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงเส้นคงวาของผลการวัดจากการที่นำแบบทดสอบชุดนั้นไปทดสอบกับผู้เรียนไม่ว่าจะทดสอบจำนวนกี่ครั้งคะแนนที่ได้จะไม่แตกต่างกันความเชื่อมั่นสามารถคำนวณเป็นตัวเลขได้หลายวิธี และแต่ละวิธีจะได้ค่าไม่เกิน 1 ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า แบบทดสอบนั้นมีความเชื่อมั่นสูง วิธีการคำนวณหาความเชื่อมั่นสามารถคำนวณหาได้หลายวิธี(ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 73-123; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 137; ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538: 192-207) ดังนี้

2.2.1 วิธีการสอบซ้ำ

วิธีการสอบซ้ำ (test – retest) เป็นวิธีการหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามใน ความหมายของคำว่า ความคงที่ (stability) โดยคะแนนที่ได้จากการสอบ 2 ครั้งจะต้องไม่มีความแตกต่างกัน ในการวัดผลจะวัดในเวลาที่แตกต่างกันแล้วนำคะแนนที่ได้ทั้ง 2 ครั้ง มาคำนวณหาความสัมพันธ์โดยใช้สูตรของเพียร์สัน

2.2.2 วิธีการใช้แบบทดสอบคู่ขนาน

วิธีการใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (parallel form) หมายถึง การทดสอบความเชื่อมั่นโดยใช้แบบทดสอบ 2 ชุดที่มีเนื้อหาเดียวกัน ความยากง่ายระดับเดียวกัน มีโครงสร้างเดียวกัน จำนวนข้อเท่ากัน ไปทดสอบกับกลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 ฉบับ นำคะแนนที่ได้ไปคำนวณหาความสัมพันธ์โดยใช้สูตรของเพียร์สันเหมือนกับวิธีการสอบซ้ำ

2.2.3 วิธีการแบ่งครึ่งแบบทดสอบ

วิธีการแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (split – half) หมายถึง การนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยจัดแบ่งเป็น 2 ฉบับ จัดแบ่งตามข้อคู่และข้อคี่ ในการคำนวณหาความเชื่อมั่นจะใช้หลักการเดียวกับวิธีการสอบคู่ขนาน อย่างไรก็ตามสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้นี้จะเป็นค่าความเชื่อมั่นเพียงครึ่งฉบับเท่านั้น (r_1) ดังนั้นจึงต้องนำค่าที่คำนวณได้ไปคำนวณหาความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตรของสเปียร์แมน บราวน์ (Spearman – Brown)

2.2.4 วิธีแบบคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน

การหาความเชื่อมั่นโดยวิธีของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson : KR) โดยวิธีการนี้จะแตกต่างจากวิธีการหาความเชื่อมั่นแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมา จะไม่ได้ใช้การหาค่าสหสัมพันธ์เพื่อทดสอบความเชื่อมั่น แต่จะใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายใน ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบในฉบับเดียวกัน และการคำนวณหาความสัมพันธ์คะแนนของข้อสอบแต่ละข้อจะต้องแปลงให้เป็นคะแนน 2 ค่าเท่านั้น ได้แก่ ถ้าถูกจะได้ค่า 1 และถ้าผิดจะได้ค่า 0 สูตรในการหาความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน จะจำแนกเป็น 2 สูตร ได้แก่ KR-20 เป็นสูตรในการหา

ความเชื่อมั่นที่เหมาะสมสำหรับแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายในลักษณะกระจาย และ KR-21 เป็นสูตรในการหาค่าความเชื่อมั่นที่เหมาะสมสำหรับแบบทดสอบที่มีความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อมีค่าใกล้เคียงกัน

2.2.5 วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา

สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) หรือสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเป็นค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณหาได้จากสูตรครอนบาช (Cronbach) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยแบบทดสอบค่าคะแนนที่ได้อาจจะเป็นค่าอะไรก็ได้ที่มีค่ามากกว่า 1

2.2.6 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน(Rater Agreement Index: RAI)

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน(Rater Agreement Index: RAI) เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องกันของคะแนนที่ได้จากผู้ประเมิน 2 คน หรือมากกว่า โดยดัชนีนี้จะมีค่าตั้งแต่ 0-1 เมื่อใดที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินมีความสอดคล้องกันสูงมาก แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 ก็แสดงว่ามีความสอดคล้องกันไม่มากนัก ดังนั้น หากผู้ประเมินคือผู้ที่ได้รับการฝึกฝน และมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนนอย่างดีแล้วดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินจะช่วยบ่งชี้ถึงมาตรฐานของเกณฑ์การให้คะแนน (สุรชัย มีชาญ. 2547: 114, 122-123; อ้างอิงจาก Burry-Stock; et al, 1996) โดยในกรณีที่มีพฤติกรรมบ่งชี้หลายตัว นักเรียนหลายคน และมีผู้ประเมิน 2 คน จะสามารถคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินได้ด้วยสูตรดังต่อไปนี้

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N |R_{1nk} - R_{2nk}|}{KN(I-1)}$$

โดยที่	RAI	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน
	R_{1nk}	แทน	คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 1 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k ($n = 1, 2, 3, \dots, N$ และ $k = 1, 2, 3, \dots, K$)
	R_{2nk}	แทน	คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 2 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k ($n = 1, 2, 3, \dots, N$ และ $k = 1, 2, 3, \dots, K$)
	K	แทน	จำนวนของพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนของนักเรียนทั้งหมด
	I	แทน	จำนวนของคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้(ตามเกณฑ์การให้คะแนน)

2.3 ความยากง่าย (Difficulty)

ความยากง่าย เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่าข้อนั้นยากเพียงใดโดยถือเอาจำนวนผู้ตอบถูกมากน้อยเป็นเกณฑ์ ถ้าถูกหลายคน จัดว่าเป็นข้อสอบที่ง่าย ถ้าถูกน้อยคนจัดว่าเป็นข้อที่ยาก ค่าความยากนิยมเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ P มีค่า 0.00 ถึง +1.00 โดยค่าความยากที่เหมาะสมควรมีค่าตั้งแต่ .20 ถึง .80 (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 209-210 และพิชิต ฤทธิ์จรูญ 2555: 138, 149) ซึ่งค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแบบอัตนัยจะสามารถหาค่าความยากหาจากสูตรของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส ดังนี้

$$P_D = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	P_D	แทน	ค่าความยาก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่ผู้สอบทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่ผู้สอบทำได้ต่ำสุด

2.4 อำนาจจำแนก (Discrimination)

ค่าอำนาจจำแนก เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่า ข้อนั้นจำแนกกลุ่มผู้สอบได้ดีเพียงใด (เช่น จำแนกระหว่างกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำ จำแนกระหว่างกลุ่มผู้สอบผ่านกับกลุ่มผู้สอบไม่ผ่าน จำแนกระหว่างกลุ่มเรียนแล้วกับกลุ่มยังไม่เรียน เป็นต้น) ค่าอำนาจจำแนกเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์หลายอย่างขึ้นกับว่าจะเป็นค่าอำนาจจำแนกชนิดใดหรือหาโดยวิธีของใคร ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (Test Item) มีค่า -1.00 ถึง +1.00 โดยค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมมีค่าตั้งแต่ .20 ถึง 1.00 (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 210 และพิชิต ฤทธิ์จรูญ 2555: 138, 149) ซึ่งค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอัตนัยจะสามารถหาค่าได้จากสูตรของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส

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

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่ผู้สอบทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่ผู้สอบทำได้ต่ำสุด

ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยจะสร้างเครื่องมือในการวัดและประเมินผลในส่วนพฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome : SOLO Taxonomy) ซึ่งต้องมีคุณสมบัติด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกแบบแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ และค่าความเชื่อมั่น หากค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน คำนวณโดยใช้สูตรการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 2 คน RAI (Rater Agreement Indexes)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยในประเทศ

โชติมา หนูพริก (2553: 367-381, 389-391) ได้ศึกษาหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome: SOLO Taxonomy) นำไปใช้ในการประเมินระบบการประเมินการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่างได้แก่ครูที่สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากโรงเรียนสังกัดเขตพื้นที่การศึกษานครปฐม เขต 1 ประกอบด้วยกลุ่มทดลองเป็นครูคณิตศาสตร์ 4 คน โดยเลือกแบบเจาะจงโรงเรียนเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เป็นครูคณิตศาสตร์ 6 คน โดยเครื่องมือที่ใช้วิจัยได้แก่ แบบทดสอบแบบสอบถาม และแบบสังเกตในชั้นเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ในการวิเคราะห์เนื้อหา พบว่า SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิสใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องประเมินระบบการเรียนการสอนได้อย่างมีคุณภาพโดยครูเห็นว่า มีประโยชน์ มีความเป็นไปได้ สมเหตุสมผล มีความถูกต้องแม่นยำ ช่วยให้ครูมีการปรับปรุงกระบวนการวัดและประเมินผลได้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

แฮตตี (Hattie. 2003, 12–13) ได้ศึกษารายงานการใช้ SOLO taxonomy ของกลุ่มTTLe หรือกลุ่มงานเครื่องมือการประเมินผลในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งใช้ SOLO taxonomy เป็นเครื่องมือในการประเมินภาระงานและข้อคำถามในการใช้ประเมินผล โดยจัดหมวดหมู่ลักษณะกระบวนการทางสมองทั้งทางปริมาณและคุณภาพจากการสังเกตพฤติกรรมการทำงานและผลงานของนักเรียน สรุปว่า SOLO taxonomy ไม่เพียงแต่แนะนำวิธีการเขียนข้อทดสอบ ยังสามารถใช้ในการให้คะแนนข้อทดสอบ ใช้ในการวัดผลได้หลายประเด็นเช่น ในเรื่องของคลังข้อสอบ ใช้ในการจำแนกข้อสอบตามระดับกระบวนการความรู้ความเข้าใจ นำไปใช้ในคลังข้อสอบ ใช้ในการดำเนินการด้านคุณภาพการสอน สำหรับครูในการเลือกหรือออกแบบภาระงาน การจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมสำหรับนักเรียน ครูสามารถใช้สื่อการสอนที่เพิ่มพูนความรู้ความคิดให้นักเรียนเป็นระดับขั้นที่สูงขึ้น SOLO taxonomy นำเสนอข้อมูลที่ครูสามารถใช้ในการวินิจฉัยผู้เรียน ครูสามารถคัดเลือกข้อทดสอบที่เหมาะสมกับระดับผู้เรียน รวมทั้งจัดกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายและเหมาะสมกับนักเรียน ระดับความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นของ SOLO taxonomy ใช้ในการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้และประเมินผลหลังเรียนโดยประเมินทั้งปริมาณและคุณภาพของการเรียนรู้สะท้อนถึงความซับซ้อนของการเรียนรู้ของมนุษย์ ซึ่งต่างกับ Bloom ซึ่งไม่สามารถระบุหรือแบ่งแยกเนื้อหาเกี่ยวกับบริบท รวมทั้งไม่สามารถระบุบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนรู้ของนักเรียน ได้ ขณะที่ SOLO taxonomy สามารถระบุได้ ดังนั้นข้อมูลจากการประเมินดังกล่าวครูสามารถใช้ในการจัดทำแผนจัดการเรียนรู้ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความรู้ความคิดสู่ในระดับที่สูงขึ้น SOLO taxonomy ใช้ในการศึกษาการพัฒนากระบวนการความรู้ความเข้าใจของนักเรียนหลายวัย หลายวิชาโดยประเมินการพัฒนาการเรียนรู้ระดับผิวสู่การเรียนรู้ระดับลึก

นานา อะโกซัว โอวูซุ (Nana Akosua Owusu. 2010, 1-11, 70-77) ศึกษาการใช้ SOLO taxonomy เป็นเครื่องมือในการประเมินระดับการคิดทางพีชคณิตของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยตรวจสอบกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในข้อทดสอบ และศึกษาถึงความแตกต่างทางเพศว่ามีผลต่อกระบวนการคิดหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 304 คน ผู้ชาย 161 คน ผู้หญิง 143 คน กลุ่มตัวอย่างตอบข้อทดสอบที่ซับซ้อนขึ้นตามระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy ที่แบ่งออกเป็น 7 ระดับ รวมทั้งมีการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างถึงกระบวนการที่ใช้ในการทำแบบทดสอบแต่ละข้อ ผลการวิจัยพบว่า 39.8 % อยู่ในระดับ Pre-structural, 29.6 % อยู่ในระดับ Uni-structural, 22.4 % อยู่ในระดับ Multi-structural, 6.6 % อยู่ในระดับ Relational และ 1.6 % อยู่ในระดับ Extended Abstract ไม่มีความแตกต่างในการเรียนรู้ในแต่ละระดับ รวมทั้งมีข้อสรุปจากการสัมภาษณ์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ใช้ทักษะการนับและทักษะในการระบุรูปแบบที่เกี่ยวข้อง

ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนมีความยากลำบากในการแทนที่สมการกับรูปแบบที่ไม่คุ้นเคย และนักเรียนเห็นว่า Super item น่าสนใจและท้าทายการแก้ปัญหาโจทย์ในข้อสอบ ผู้วิจัยสรุปว่า SOLO taxonomy เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการใช้พัฒนาข้อทดสอบช่วยครูได้รับรู้ระดับการคิดทางพีชคณิตของนักเรียน รวมทั้งกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการแก้สมการอย่างละเอียดทำให้ครูสามารถออกแบบการเรียนรู้และการประเมินผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม พัฒนานักเรียนให้มีผลการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นได้ดี



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างเครื่องมือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเนื้อหา เรื่อง แบบรูป (pattern) สมการเชิงเส้น สมการกำลังสอง ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ โดยตรวจสอบกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาในแบบทดสอบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและหาคุณภาพเครื่องมือ
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนในจังหวัดราชบุรีสังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 26 โรงเรียน โดยมีประชากรทั้งสิ้น 5,372 คน ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยจำแนกตามขนาดโรงเรียน

ขนาด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน ม.3
เล็ก	โรงเรียนแคทรายวิทยา	31
	โรงเรียนหนองปลาหมอพิทยาคม	57
	โรงเรียนเตรียมอุดมพัฒนาการดอนคลัง	54
	โรงเรียนเนกขัมวิทยา	52
	โรงเรียนโพธิ์แก้วศรีสมบูรณ์ราษฎร์อุปถัมภ์	59
	โรงเรียนท่ามะขามวิทยา	109
	โรงเรียนวัดสันติการามวิทยา	80
	รวม	333

ตาราง 12 (ต่อ)

ขนาด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน ม.3
กลาง	โรงเรียนรัฐราษฎร์อุปถัมภ์	124
	โรงเรียนหนองโพวิทยา	124
	โรงเรียนช่องพรานวิทยา	105
	โรงเรียนด่านทับตะโกราษฎร์อุปถัมภ์	94
	โรงเรียนปากท่อพิทยาคม	138
	โรงเรียนบรมราชินีนาถราชวิทยาลัย	114
	โรงเรียนประสารัฐประชากิจ	216
	โรงเรียนโสภณศิริราษฎร์	90
	รวม	898
ใหญ่	โรงเรียนมัธยมวัดดอนตูม	91
	โรงเรียนกรับใหญ่ว่องกุศลกิจพิทยาคม	221
	โรงเรียนสายธรรมจันทร์	312
	โรงเรียนบางแพปฐมพิทยา	236
	โรงเรียนสวนผึ้งวิทยา	183
	โรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์	358
	โรงเรียนบ้านคาวิทยา	140
	รวม	1,399
ใหญ่พิเศษ	โรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี	668
	โรงเรียนราชโบริกานุเคราะห์	582
	โรงเรียนรัตนราษฎร์บำรุง	587
	โรงเรียนโพธารณวิมาล	547
	รวม	2,742
	รวมทั้งหมด	5,372

ที่มา: กลุ่มงานสารสนเทศ สนผ. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2559: ข้อมูลจำนวนนักเรียนโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 จำแนกรายโรงเรียน ปีการศึกษา 2559. Online: data.bopp-obec.info/emis/student.php?Area-CODE=101708&Edu-year=2558

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ได้โรงเรียนทั้งหมด 4 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 172 คน แบ่งเป็น ขนาดเล็ก 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดกลาง 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดใหญ่ 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดใหญ่พิเศษ 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการเปิดตารางสำเร็จรูปของศิริชัย กาญจนวาสี และคณะ (2544: 133) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ความคลาดเคลื่อน $\pm 15\%$ ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 172 คน

ขั้นที่ 2 จำแนกโรงเรียนที่มีอยู่ 26 โรงเรียน ออกเป็น 4 ขนาด ตามเกณฑ์การแบ่งขนาดของสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2558: ออนไลน์) คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ จำแนกการแบ่งโรงเรียนตามเกณฑ์การแบ่งของสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ดังนี้

เกณฑ์การแบ่งโรงเรียนของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8

โรงเรียนขนาดเล็ก	จำนวนนักเรียนน้อยกว่า	400 คน
โรงเรียนขนาดกลาง	จำนวนนักเรียนตั้งแต่	401 – 800 คน
โรงเรียนขนาดใหญ่	จำนวนนักเรียนตั้งแต่	801 – 2,000 คน
โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ	จำนวนนักเรียนมากกว่า	2,000 คนขึ้นไป

จากการสำรวจ พบว่า โรงเรียนขนาดเล็กมี 6 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 333 คน โรงเรียนขนาดกลางมี 8 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 898 คน โรงเรียนขนาดใหญ่มิ 7 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 1,399 คน และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษมี 5 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 2,742 คน

ขั้นที่ 3 ทำการสุ่มแบบชั้นภูมิ จะได้โรงเรียนทั้งหมด 4 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 172 คน แบ่งเป็น ขนาดเล็ก 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดกลาง 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดใหญ่ 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดใหญ่พิเศษ 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ดังตาราง 14

ตาราง 13 จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาดโรงเรียน

ขนาด	โรงเรียน	จำนวนนักเรียน ม.3 (คน)
เล็ก	โรงเรียนท่ามะขามวิทยา	43
กลาง	โรงเรียนประสารัฐประชากิจ	43
ใหญ่	โรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์	43
ใหญ่พิเศษ	โรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี	43
รวม		172

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 4 ข้อย่อยที่มีความสัมพันธ์กัน และ 2) คู่มือการตรวจแบบทดสอบ โดยในการสร้างเครื่องมือดังกล่าวมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ สาระที่ 4 พิชคณิต มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์(mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา และสาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ รวมทั้งวิเคราะห์ตัวชี้วัดที่ระบุไว้ในแต่ละมาตรฐาน พบว่า สาระที่ 4 มาตรฐาน ค 4.2 ตัวชี้วัดที่ระบุไว้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้แก่ 1) ใช้ความรู้เกี่ยวกับอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ 2) เขียนกราฟแสดงความเกี่ยวข้องระหว่างปริมาณสองชุดที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น 3) เขียนกราฟของสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และสาระที่ 6 มาตรฐาน ค 6.1 ได้แก่ 1) ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา 2) ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 3) ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม 4) ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน 5) เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ

ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ
6) มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.2 ศึกษาและสังเคราะห์แนวทางการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แฮตตี และบราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: 12–13) โอวูซู แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86 – 94) โซติมา หนูพริก (2553: 367-381, 389-391) และแพม ฮุก, เคิร์ตนี กราเวท, มิชเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard; & Ellen John. 2014: 17-18)

1.3 วิเคราะห์การสร้างแบบทดสอบของแฮตตี และบราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: 12–13) โอวูซู แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86 – 94) และโซติมา หนูพริก (2553: 367-381, 389-391) และพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้ผลจากการวิเคราะห์หลักสูตรและการสังเคราะห์แนวทางการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ระบุไว้ในข้อ 1.2 ซึ่งทำให้ได้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกซ์และคอลลิส

1.4 สร้างแบบทดสอบขึ้นสถานการณ์ที่ 1 และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน และครูผู้สอนคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเนกขัมวิทยา และโรงเรียนทองผาภูมิวิทยา ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อนำข้อมูลในการตอบแบบทดสอบของนักเรียนและครูเป็นแนวทางในการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนให้ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

1.5 สร้างสถานการณ์ของแบบทดสอบเพิ่มอีก 2 สถานการณ์

1.6 นำแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกซ์และคอลลิสที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 4 ข้อย่อยที่มีความสัมพันธ์กัน ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษาจำนวน 2 คน ตรวจสอบแก้ไขให้คำแนะนำและตรวจสอบหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

1.7 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งรายละเอียดของแบบทดสอบนำเสนอตั้งตาราง 14

ตาราง 14 คุณลักษณะของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระ พีชคณิต เรื่อง แบบรูป (Pattern) ตาม
SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส

สาระ	ข้อที่	เรื่อง	ข้อ ย่อย ที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	ระดับพฤติกรรม ตามหลักโครงสร้าง การสังเกต ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน				รวม (ข้อ)
						U	M	R	E	
พีชคณิต	1	แบบรูป (pattern)	1.1	ค4.1	ม1/1	/				1
			1.2				/			1
			1.3	ค4.2	ม3/2			/		1
			1.4	ค4.1	ม1/1				/	1
	2		2.1	ค4.1	ม1/1	/				1
			2.2				/			1
			2.3	ค4.2	ม3/2			/		1
			2.4	ค4.1	ม1/1				/	1
	3		3.1	ค4.1	ม1/1	/				1
			3.2				/			1
			3.3	ค4.2	ม3/2			/		1
			3.4	ค4.1	ม1/1				/	1
	รวม(ข้อ)						3	3	3	3

2. ขั้นตอนการสร้างคู่มือการตรวจแบบทดสอบ ประกอบด้วย

2.1 ศึกษาและสังเคราะห์เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบของแฮตตี และบราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: 12–13) และโอวูซุ แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86–94)

2.2 สร้างคู่มือการตรวจแบบทดสอบฉบับร่าง

2.3 นำข้อมูลจากการทดลองใช้แบบทดสอบสถานการณ์ที่ 1 มาพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนให้ครอบคลุมโดยแบ่งเป็น 2 มิติ ได้แก่ มิติของคะแนน กับมิติของระดับของพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

2.4 ตรวจสอบคู่มือการตรวจแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาคณิตศาสตร์ 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผล 2 คน

2.5 ปรับปรุงแก้ไขคู่มือการตรวจแบบทดสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญโดยการปรับเกณฑ์การให้คะแนนในตารางมิติคะแนนจากตารางที่มีเพียงการเฉลยคำตอบเป็นการเพิ่มรายละเอียดของลักษณะการตอบที่ทำให้ได้คะแนนจาก 0, 1, 2, 3, 4 ซึ่งรายละเอียดของเกณฑ์การให้คะแนนทั้งสองมิติที่บรรจุอยู่ในคู่มือการตรวจแบบทดสอบนำเสนอตั้งตารางต่อไปนี้ (ตัวอย่างคู่มือการตรวจแบบทดสอบในภาคผนวก จ)

ตาราง 15 มิติของคะแนน

คะแนน	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
0	ไม่มีการตอบ
1	ตอบถูก 1 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ
2	ตอบถูก 2 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ
3	ตอบถูก 3 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ
4	ตอบถูกทั้งหมด 4 ข้อ

ตาราง 16 มิติของระดับของโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบักส์และคอลลิส

ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre-structural level : P)	- ต้องการความช่วยเหลือเนื่องจากไม่สามารถทำความเข้าใจปัญหาและแบบรูปเพื่อเชื่อมโยงไปยังการสร้างสมการเชิงเส้นและสมการกำลังสอง - ไม่สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาที่หลากหลายและเหมาะสมในการดำเนินการแก้ไขปัญหสำเร็จ - ไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการแก้ไขปัญหให้เข้าใจได้อย่างชัดเจน - ไม่สามารถตรวจสอบผลการแก้ปัญหาและความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น
ระดับโครงสร้างเดี่ยว (Uni-structural level : U)	- เข้าใจปัญหาและรูปแบบอย่างง่าย - สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหดำเนินการแก้ปัญหได้บางจุดหรือบางส่วน - ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหทั้งหมดได้สำเร็จ - สามารถตอบคำถามที่ไม่ซับซ้อนจากแผนภาพหรือแบบรูปจากโจทย์ปัญหาที่กำหนด
ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi-structural level : M)	- สามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป - สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย - สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้

ตาราง 16 (ต่อ)

ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational Level : R)	- สามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป - สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคำเเนนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย - สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้ - สามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้
ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้าง ภาคขยาย (Extended Abstract Level : E)	- สามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป - สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคำเเนนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย - สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้ - สามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้ - สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในตารางหรือกราฟนำไปสู่การหาคำตอบได้

ในการดำเนินการหาคุณภาพเครื่องมือ ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์จำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลการศึกษา จำนวน 2 คน พิจารณาความสอดคล้องเหมาะสมของสถานการณ์กับวัตถุประสงค์โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้ +1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าสถานการณ์นั้นวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ ทั้งในส่วนของเนื้อหาสาระ และระดับพฤติกรรมตามตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส 0 คะแนน เมื่อไม่แน่ใจว่าสถานการณ์นั้นวัดตรงตามวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ ทั้งในส่วนของเนื้อหาสาระ และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส และ -1 เมื่อแน่ใจว่าสถานการณ์นั้นไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบ ทั้งในส่วนของเนื้อหาสาระ และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส จากนั้นนำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องเหมาะสมของสถานการณ์ (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยใช้เกณฑ์การตัดสินค่าความสอดคล้องของความ

คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญระหว่าง 0.50 ขึ้นไป อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 81; พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2555: 136) โดยพบว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ซึ่งแสดงว่า แบบทดสอบมีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้วิจัยหาความเชื่อมั่นโดยตรวจสอบจากดัชนีความสอดคล้องของการให้คะแนนของผู้ตรวจ 2 คนซึ่งคะแนนดังกล่าวนำมาจากการทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 172 คน โดยก่อนการตรวจแบบทดสอบผู้ตรวจได้ศึกษาคู่มือการตรวจแบบทดสอบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น และนำคะแนนของผู้ตรวจทั้ง 2 คนพิจารณาดัชนีความสอดคล้องของการให้คะแนนตามสูตร RAI (Rater Agreement Index) (สุรัชย์ มีชาญ. 2547: 114, 122-123; อ้างอิงจาก Burry-Stock & other, 1996) ซึ่งกำหนดค่าความสอดคล้องไว้ว่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ตรวจจะมีค่าตั้งแต่ 0-1 เมื่อดัชนีความสอดคล้องเข้าใกล้ 1 แสดงว่าความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ประเมินอยู่ในระดับสูง แต่ถ้ามีดัชนีความสอดคล้องเข้าใกล้ 0 แสดงว่าความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ประเมินอยู่ในระดับต่ำ และจากการพิจารณาค่าความเชื่อมั่นของผู้ตรวจแบบทดสอบที่นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างพบว่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ตรวจทั้งสองคนอยู่ในระดับ 1.00 ทั้งสองมิติ ซึ่งแสดงว่าแบบทดสอบมีคุณภาพด้านความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3. ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Difficulty) ผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำคะแนนมาหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนก โดยขั้นแรกนำคะแนนที่ได้จัดเรียงลำดับจากคะแนนน้อยสุดไปมากที่สุดจากนั้นนำคะแนนดังกล่าวไปคำนวณหาความยากง่ายโดยใช้สูตรหาความยากง่ายของแบบทดสอบแบบอัตนัยของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส (พิชิต ฤทธิ์จรูญ 2555: 138, 149; ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 209) ซึ่งกำหนดค่าความยากง่ายที่เหมาะสมควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 ส่วนในการคำนวณหาค่าอำนาจจำแนก ผู้วิจัยนำคะแนนซึ่งเรียงลำดับจากคะแนนน้อยสุดไปมากที่สุดและจำแนกเป็นกลุ่มคะแนนสูง 33% และกลุ่มคะแนนต่ำ 33% ในขั้นตอนแรกแทนค่าในสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอัตนัย ซึ่งกำหนดค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมของแบบทดสอบคือตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 ซึ่งแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.36 หมายถึง สถานการณ์นี้ค่อนข้างยาก ขณะเดียวกันมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.46 หมายถึง ความสามารถในการจำแนกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนของสถานการณ์นี้อยู่ในระดับดีมาก สถานการณ์ที่ 2 มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.42 หมายถึง สถานการณ์นี้มีระดับความยากปานกลาง ขณะเดียวกันมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.21 หมายถึง ความสามารถในการจำแนกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนของสถานการณ์นี้อยู่ในระดับปานกลาง และสถานการณ์ที่ 3 มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.36 หมายถึง สถานการณ์นี้อยู่ในระดับค่อนข้างยาก ขณะเดียวกันค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.39 หมายถึง ความสามารถในการจำแนกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนสถานการณ์นี้อยู่ในระดับดี (ดังรายละเอียดในตาราง 18)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์นั้น ผู้วิจัยดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 ติดต่อขอหนังสือรับรองจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถึงผู้บริหารสถานศึกษาได้แก่ โรงเรียนท่ามะขามวิทยา โรงเรียนประสาธน์รัฐประชากิจ โรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2 นำหนังสือรับรองไปติดต่อสถานศึกษาที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อขออนัดหมายวัน เวลา ที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3 จัดเตรียมแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 172 ชุด

3.4 ทดลองใช้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จาก 4 สถานศึกษา ได้แก่ โรงเรียนท่ามะขามวิทยา โรงเรียนประสาธน์รัฐประชากิจ โรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที ซึ่งผู้วิจัยทดลองใช้แบบทดสอบในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมปี 2559

3.5 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลัก SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ศึกษาคูณภาพของแบบทดสอบประกอบด้วย ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ด้านความเชื่อมั่นโดยพิจารณาจากความสอดคล้องของผู้ตรวจสอบสองคน และด้านความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

4. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) การหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) โดยมีสูตรการคำนวณ (ศิริชัย กาญจนวาสี. 2544: 81) ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบ
 $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
 N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาสามารถกระทำโดย นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่อย่างไร ถ้ามีความสอดคล้องผู้เชี่ยวชาญจะให้ค่าเป็น “+1” แต่ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อสอบข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์จะให้ค่าเป็น “-1” และในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ก็จะให้ค่าเป็น “0”

2. หาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน คำนวณโดยใช้สูตรการหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 2 คน RAI (Rater Agreement Indexs) (สุรัชย์ มีชาญ. 2547: 114, 122-123; อ้างอิงจาก Burry-Stock; et al, 1996) ดังนี้

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N |R_{1nk} - R_{2nk}|}{KN(I-1)}$$

โดยที่ RAI แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

R_{1nk} แทน คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 1 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

(n = 1, 2, 3,..., N และ k = 1, 2, 3,..., K)

R_{2nk} แทน คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ 2 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

(n = 1, 2, 3,..., N และ k = 1, 2, 3,..., K)

K แทน จำนวนของพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด

N แทน จำนวนของนักเรียนทั้งหมด

I แทน จำนวนของคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้ (ตามเกณฑ์การให้คะแนน)

3. เมื่อเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นผ่านขั้นตอนการตรวจคุณภาพเครื่องมือในส่วนของความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นเรียบร้อยแล้ว ก็จะนำแบบทดสอบเหล่านั้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำคะแนนมาหาค่าความยากง่าย ใช้สูตรหาความยากง่ายของแบบทดสอบแบบอัตนัยของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส (พิชิต ฤทธิ์จรูญ 2555: 138, 149; ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2538: 209) ดังนี้

$$P_D = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ P_D	แทน	ค่าความยาก
S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่ผู้สอบทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่ผู้สอบทำได้ต่ำสุด

4. ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการนำไปใช้วัดกับกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในการสร้างแบบวัดครั้งนี้คัดเลือกเฉพาะผู้ที่ได้คะแนนสูงสุด 33% ของทั้งหมดเป็นกลุ่มสูง และผู้ที่ได้คะแนนต่ำสุด 33% ของทั้งหมดเป็นกลุ่มต่ำ ไม่ได้ใช้ผลของกลุ่มกลางโดยคำนวณจากประสิทธิภาพของข้อสอบแต่ละข้อที่สามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ จากสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอัตนัยของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส (พิชิต ฤทธิ์จรูญ 2555: 138, 149) ดังนี้

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

เมื่อ D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่ผู้สอบทำได้สูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่ผู้สอบทำได้ต่ำสุด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านคุณภาพของแบบทดสอบออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 คุณภาพของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส 3 ด้าน ได้แก่

- 1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity)
- 1.2 ความเชื่อมั่น (Reliability)
- 1.3 ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination)

ตอนที่ 2 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 คุณภาพของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส 3 ด้าน ได้แก่

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ผู้วิจัยพิจารณาความสอดคล้องเหมาะสมของประเด็นข้อคำถาม นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญได้ตั้งตารางต่อไปนี้

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

สาระ	เรื่อง	สถานการณ์	ข้อ ย่อย ที่	มาตรฐาน	ตัว ชี้วัด	ระดับพฤติกรรม ตามหลักโครงสร้าง การสังเกตผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน				ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC
						U	M	R	E	1	2	3	4	5	
พีช คณิต	แบบรูป (pattern)	1	1.1	ค4.1	ม1/1	/				+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			1.2				/			+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			1.3	ค4.2	ม3/2			/		+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			1.4	ค4.1	ม1/1				/	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
		2	2.1	ค4.1	ม1/1	/				+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			2.2				/			+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			2.3	ค4.2	ม3/2			/		+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			2.4	ค4.1	ม1/1				/	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
		3	3.1	ค4.1	ม1/1	/				+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			3.2				/			+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			3.3	ค4.2	ม3/2			/		+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			3.4	ค4.1	ม1/1				/	+1	+1	+1	+1	+1	1.00

จากตารางที่ 17 ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความเห็นเกี่ยวกับความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบว่าสถานการณ์ในแบบทดสอบนั้นตรงตามตารางคุณลักษณะของแบบทดสอบ ทั้งในส่วนของเนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส โดยมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 และผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิสที่กำหนดมา 5 ระดับ น่าสนใจดี

มาก แต่อาจจะยากในการตัดสินเพียงแค่วิธีทำของนักเรียนว่าอยู่ในระดับ P, U, M, R, E ควรมีการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อประกอบการตัดสินใจว่านักเรียนอยู่ในระดับใดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

1.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้วิจัยตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ตรวจ 2 คนในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ โดยใช้สูตร RAI (Rater Agreement Index) ซึ่งวิเคราะห์ผลการตรวจออกเป็น 2 มิติ คือ มิติคะแนนและมิติระดับ โดยในมิติของระดับมีการแปลงค่าของระดับเป็นคะแนนจากระดับ P แทนด้วย 0 ระดับ U แทนด้วย 1 ระดับ M แทนด้วย 2 ระดับ R แทนด้วย 3 และระดับ E แทนด้วย 4 ซึ่งประกอบด้วยจำนวนสถานการณ์ทั้งหมด 3 สถานการณ์ จำนวนนักเรียนทั้งหมด 172 คน เมื่อตรวจสอบความสอดคล้องของการให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน พบว่า มิติของคะแนนมีค่าเท่ากับ 1 (ดังตารางในภาคผนวก ค) และมิติของระดับมีค่าเท่ากับ 1 (ดังตารางในภาคผนวก ง) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์คอลลิสมีคุณภาพด้านความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง

1.3 ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination) ผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำคะแนนมาหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนก พบค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของข้อคำถามดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 18 ความยากง่ายและอำนาจจำแนก

ข้อคำถาม	ความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)	ผลการพิจารณา
สถานการณ์ที่ 1	0.36	0.46	ผ่านเกณฑ์
สถานการณ์ที่ 2	0.42	0.21	ผ่านเกณฑ์
สถานการณ์ที่ 3	0.36	0.39	ผ่านเกณฑ์

จากตาราง 18 พบว่าสถานการณ์ที่ 1 มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.36 หมายถึง สถานการณ์นี้ค่อนข้างยาก ขณะเดียวกันมีค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.46 หมายถึง ความสามารถในการจำแนกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนของสถานการณ์นี้อยู่ในระดับดีมาก สถานการณ์ที่ 2 มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.42 หมายถึง สถานการณ์นี้มีระดับความยากปานกลาง ขณะเดียวกันมีค่า

อำนาจจำแนกเท่ากับ 0.21 หมายถึง ความสามารถในการจำแนกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนของสถานการณ์นี้อยู่ในระดับปานกลาง และสถานการณ์ที่ 3 มีค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.36 หมายถึง สถานการณ์นี้อยู่ในระดับค่อนข้างยาก ขณะเดียวกันค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.39 หมายถึง ความสามารถในการจำแนกนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนของสถานการณ์นี้อยู่ในระดับดี

ตอนที่ 2 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม SOLO Taxonomy ของบีคัสและคอลลิส ปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 19 คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทำแบบทดสอบ

โรงเรียน	N	สถานการณ์ ที่ 1		สถานการณ์ ที่ 2		สถานการณ์ ที่ 3	
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
โรงเรียนที่ 1	43	1.21	1.74	3.09	0.99	1.77	1.80
โรงเรียนที่ 2	43	2.14	1.50	3.40	1.05	3.26	1.27
โรงเรียนที่ 3	43	2.91	1.38	2.98	1.30	3.02	1.61
โรงเรียนที่ 4	43	3.86	0.41	3.98	0.14	3.51	1.30
รวม	172	2.53	1.35	3.36	0.96	2.89	1.50

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการเสนอผลการวิจัย ดังนี้

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

S.D. แทน คะแนนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

จากตาราง 19 พบว่าสถานการณ์ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยรวม 2.53 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.35 สถานการณ์ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยรวม 3.36 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.96 และสถานการณ์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยรวม 2.89 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.50 นั่นคือนักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบสถานการณ์ที่ 2 ได้มากเป็นอันดับ 1 รองลงมาคือสถานการณ์ที่ 3 อันดับสุดท้ายคือสถานการณ์ที่ 1

ตาราง 20 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับการตอบแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทาง
คณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม SOLO Taxonomy ของบีิกส์และคอลลิส
จำแนกรายข้อแยกตามโรงเรียน

ระดับ โรงเรียน	สถานการณ์ที่ 1					สถานการณ์ที่ 2					สถานการณ์ที่ 3				
	P	U	M	R	E	P	U	M	R	E	P	U	M	R	E
โรงเรียนที่ 1	27	3	2	4	7	3	0	9	21	10	21	0	2	9	11
โรงเรียนที่ 2	7	3	4	15	14	6	0	6	15	16	9	0	5	13	16
โรงเรียนที่ 3	14	0	3	26	0	3	0	13	27	0	5	0	13	25	0
โรงเรียนที่ 4	0	0	2	6	35	0	0	0	2	41	5	0	1	3	34
รวม	48	6	11	51	56	12	0	28	65	67	40	0	21	50	61

หมายเหตุ: P คือ ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน, U คือ ระดับโครงสร้างเดี่ยว, M คือ ระดับโครงสร้าง
หลากหลาย, R คือ ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง, E คือ ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้าง
ภาคขยาย

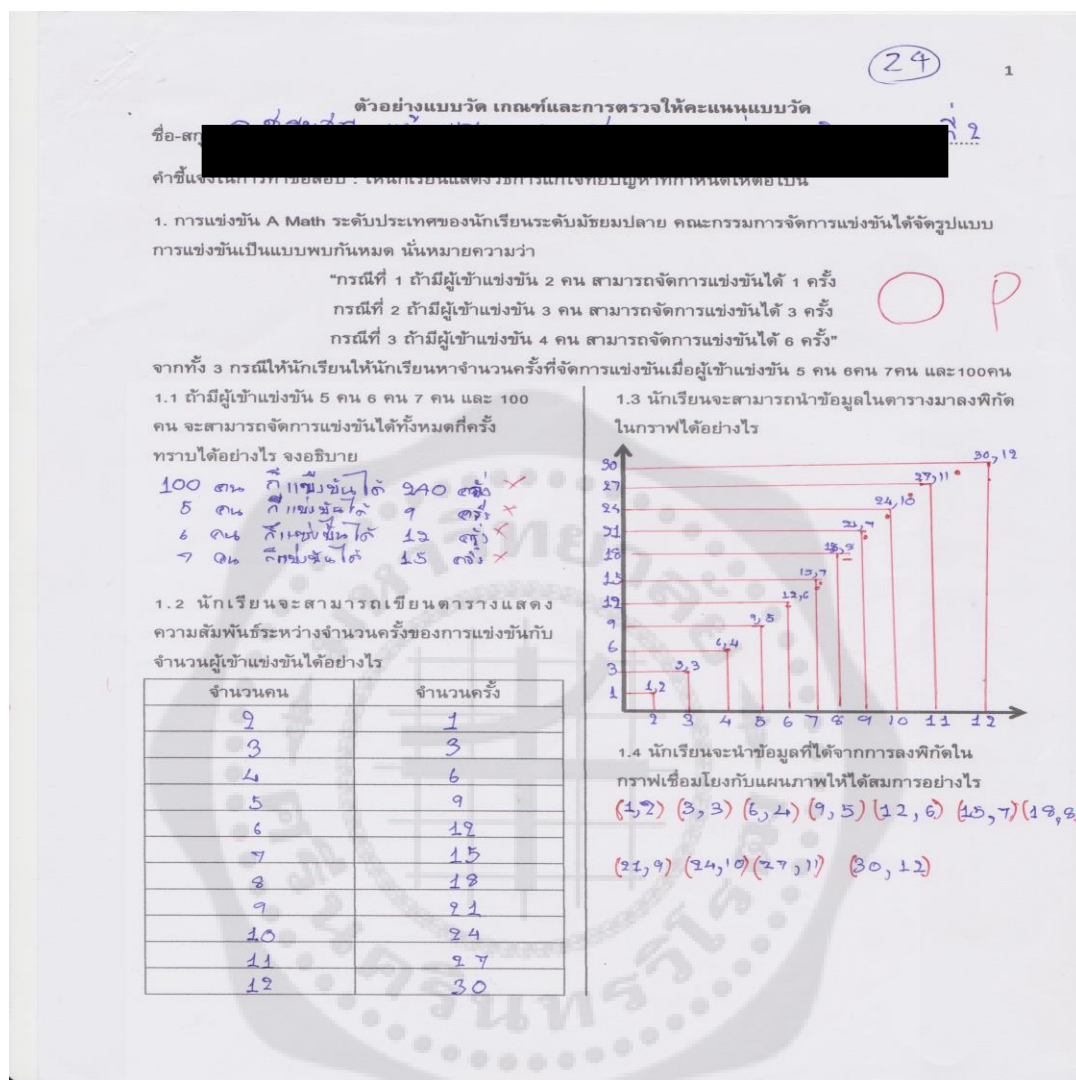
จากตาราง 20 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับการตอบแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทาง
คณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม SOLO Taxonomy ของบีิกส์และคอลลิส
จำแนกรายข้อแยกตามขนาดโรงเรียน ผลปรากฏดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน
ส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 1 (27 คน) ระดับโครงสร้างเดี่ยวส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 1 และ
โรงเรียนที่ 2 (2 คน) ระดับโครงสร้างหลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 2 (4 คน)
ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 (26 คน) และระดับความต่อเนื่องใน
โครงสร้างภาคขยายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 4 (35 คน) สถานการณ์ที่ 2 ระดับโครงสร้างขั้น
พื้นฐานส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 2 (6 คน) ระดับโครงสร้างเดี่ยวไม่พบโรงเรียนที่อยู่ในระดับนี้
ระดับโครงสร้างหลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 (13 คน) ระดับความสัมพันธ์ของ
โครงสร้างส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 (27 คน) และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย
ส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 4 (41 คน) และสถานการณ์ที่ 3 ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐานส่วนใหญ่มา
จากโรงเรียนที่ 1 (21 คน) ระดับโครงสร้างเดี่ยวไม่พบโรงเรียนที่อยู่ในระดับนี้ ระดับโครงสร้าง
หลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 (13 คน) ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างส่วนใหญ่มา
จากโรงเรียนที่ 3 (25 คน) และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่
4 (34 คน)

ตาราง 21 ลักษณะความสัมพันธ์ของมิติคะแนนและมิติระดับจากการทำแบบทดสอบ

แบบที่	คะแนนกับระดับ	สัญลักษณ์
1	0 คะแนน ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน	0P
2	1 คะแนน ระดับโครงสร้างเดียว	1U
3	2 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง	2R
4	3 คะแนน ระดับโครงสร้างเดียว	3U
5	3 คะแนน ระดับโครงสร้างหลากหลาย	3M
6	3 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง	3R
7	3 คะแนน ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย	3E
8	4 คะแนน ระดับโครงสร้างหลากหลาย	4M
9	4 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง	4R
10	4 คะแนน ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย	4E

จากตาราง 21 แสดงให้เห็นถึงผลของความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบทั้งหมด 10 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1 : OP



ภาพประกอบ 10 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 1 : OP

แบบที่ 1: OP คือ มิติคะแนนได้ 0 คะแนน มิติระดับได้ ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน

นักเรียนคนนี้ไม่มีการตอบคำถามหรือตอบคำถามผิดทั้ง 4 ข้อย่อยในข้อที่ 1 เพราะต้องการความช่วยเหลือ เนื่องจากไม่สามารถทำความเข้าใจปัญหาและแบบรูปเพื่อเชื่อมโยงไปยังการสร้างสมการเชิงเส้นและสมการกำลังสอง ไม่สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาที่หลากหลายและเหมาะสมในการดำเนินการแก้ไขปัญหาลำบาก ไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการแก้ไขปัญหาลงเข้าใจได้อย่างชัดเจน และไม่สามารถตรวจสอบผลการแก้ปัญหาและความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น

แบบที่ 2 : 1U

(19) 1

ตัวอย่างแบบวัด เกณฑ์และการตรวจให้คะแนนแบบวัด

ชื่อ-สกุล [REDACTED]

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมปลาย คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

“กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง”

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการแข่งขันกับจำนวนผู้เข้าแข่งขันได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
100	50

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้อาจจากการลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

ภาพประกอบ 11 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 2 : 1U

แบบที่ 1: 1U คือ มิติคะแนนได้ 1 คะแนน มิติระดับได้ ระดับโครงสร้างเดียว

นักเรียนคนนี้ ตอบคำถามถูก 1 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ โดยมีความเข้าใจปัญหาและรูปแบบอย่างง่าย สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาได้บางจุดหรือบางส่วน สามารถตอบคำถามที่ไม่ซับซ้อนจากแผนภาพหรือแบบรูปจากโจทย์ปัญหาที่กำหนด แต่ยังไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาทั้งหมดได้สำเร็จ

แบบที่ 3 : 2R

(78)

ชื่อ-สกุล: [REDACTED]

คำชี้แจงให้ทำข้อสอบโดยละเอียดและปฏิบัติตามข้อปฏิบัติที่กำหนดให้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมปลาย คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั้นหมายความว่า

“กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
 กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
 กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง”

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
 1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง
 ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการแข่งขันกับจำนวนผู้เข้าแข่งขันได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
1	1
2	3
3	6
4	10
5	15
6	22
7	30
8	31
9	44
10	60
11	72

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกจากการลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

2 R

ภาพประกอบ 12 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 3 : 2R

แบบที่ 1: 2R คือ มิติคะแนนได้ 2 คะแนน มิตีระดับได้ ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง
 นักเรียนคนนี้ ตอบคำถามถูก 2 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ โดยมีเข้าใจปัญหาและรูปแบบอย่าง
 ง่าย สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาได้บางจุด
 หรือบางส่วน สามารถตอบคำถามที่ไม่ซับซ้อนจากแผนภาพหรือแบบรูปจากโจทย์ปัญหาที่กำหนด
 แต่ยังไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาทั้งหมดได้สำเร็จ

แบบที่ 4 : 3U

(125)

ชื่อ-สกุล... [REDACTED]

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
 กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
 กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง
 ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

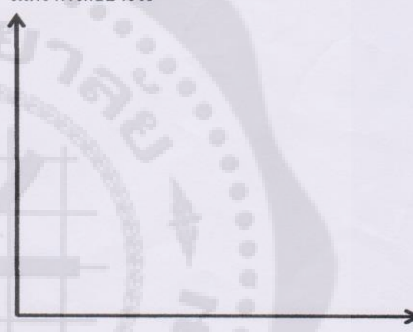
5 คน = 10 ครั้ง
 6 คน = 15 ครั้ง
 7 คน = 21 ครั้ง
 100 คน = ... ครั้ง

3 U

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการแข่งขันกับจำนวนผู้เข้าแข่งขันได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร



1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกมาลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้อย่างไร

ภาพประกอบ 13 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 4 : 3U

แบบที่ 1: 3U คือ มิตคะแนนได้ 3 คะแนน มิตระดับได้ ระดับโครงสร้างเดียว

นักเรียนคนนี้ได้ตอบถูก 3 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ โดยมีความเข้าใจปัญหาและรูปแบบอย่างง่าย สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาได้บางจุดหรือบางส่วน สามารถตอบคำถามที่ไม่ซับซ้อนจากแผนภาพหรือแบบรูปจากโจทย์ปัญหาที่กำหนดแต่ยังไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาทั้งหมดได้สำเร็จ

แบบที่ 5 : 3M

(122)

ชื่อ-สกุล [REDACTED]

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

“กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
 กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
 กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง”

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง
 ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

$2 = 1$
 $3 = 3$
 $4 = 6$
 $5 = 10$
 $6 = 15$

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการแข่งขันกับจำนวนผู้เข้าแข่งขันได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
11	55
12	66

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

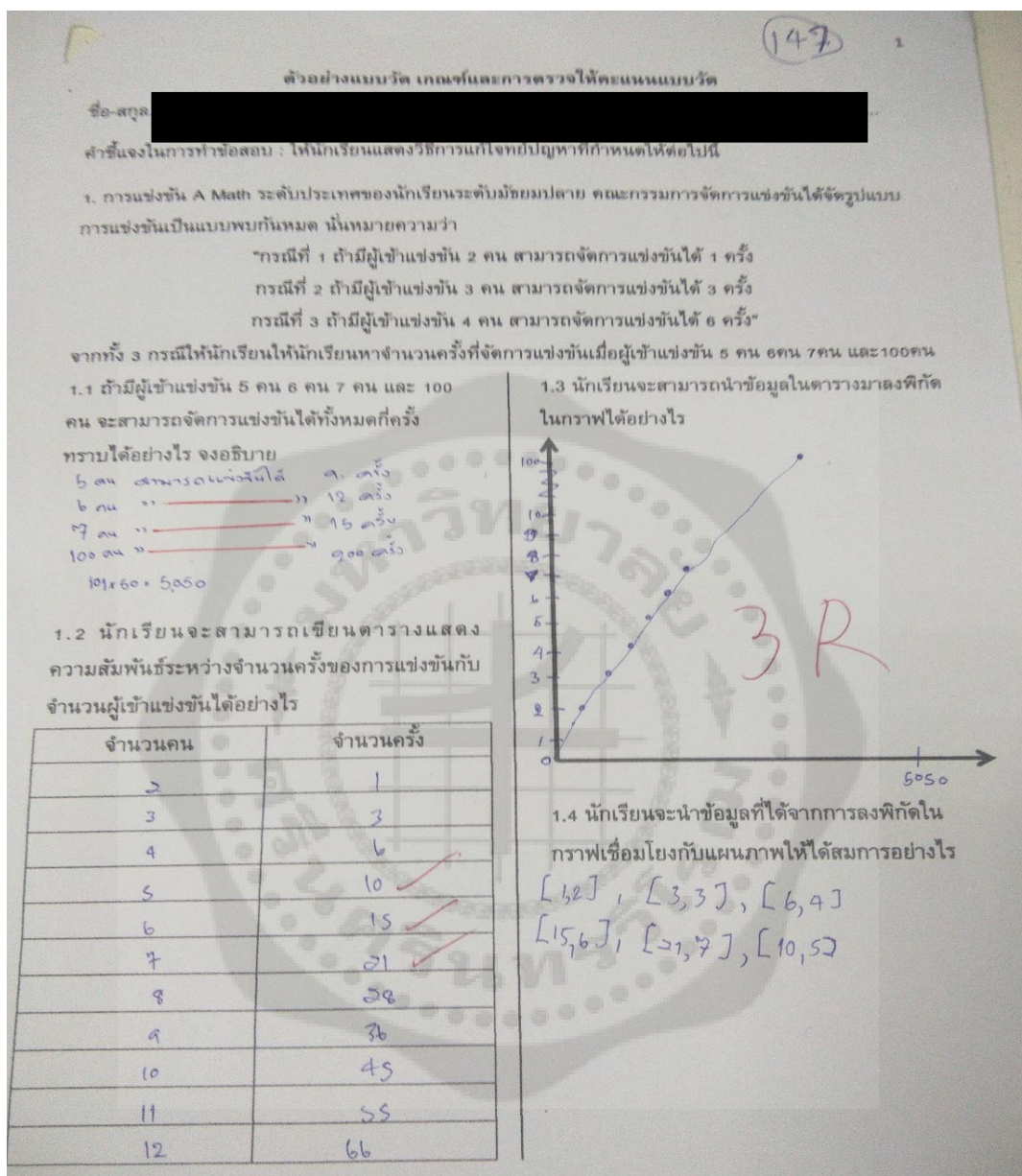
3 M

ภาพประกอบ 14 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 5 : 3M

แบบที่ 1: 3M คือ มิติคะแนนได้ 3 คะแนน มิติระดับได้ ระดับโครงสร้างหลากหลาย

นักเรียนคนนี้ ตอบถูก 3 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ โดยสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบ รูปสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้

แบบที่ 6 : 3R



ภาพประกอบ 15 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 6 : 3R

แบบที่ 1: 3R คือ มิติคะแนนได้ 3 คะแนน มิติระดับได้ ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง

นักเรียนคนนี้ ตอบถูก 3 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ โดยสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบ รูป สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้ และสามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้

แบบที่ 7 : 3E

(67)

ชื่อ-สกุล [REDACTED]

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง)₂
 กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง)₃
 กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง)₃

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

5 คน = 10 ครั้ง
 6 คน = 15 ครั้ง
 7 คน = 21 ครั้ง
 100 คน = 5050 ครั้ง

วิธีคิด

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

$n =$ จำนวนคน

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการแข่งขันกับจำนวนผู้เข้าแข่งขันได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
11	55
n	$\frac{n(n-1)}{2}$

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

ในกราฟได้อย่างไร

3E

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้อาจจากการลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

โดยที่ n = จำนวนคน

ภาพประกอบ 16 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 7 : 3E

แบบที่ 1: 3E คือ มิติคะแนนได้ 3 คะแนน มิติระดับได้ ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย

นักเรียนคนนี้ ตอบถูก 3 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ โดยสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้ สามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้ และสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในตารางหรือกราฟนำไปสู่การหาคำตอบได้

แบบที่ 8 : 4M

ชื่อ-สกุล [REDACTED]

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
 กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
 กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

10 ครั้ง 15 ครั้ง 21 ครั้ง 4950 ครั้ง

ตามลำดับ

จาก n ให้หาสูตรเป็น C_n^2 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการแข่งขันกับจำนวนผู้เข้าแข่งขันได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
11	55
12	66

1.3 นักเรียนจะนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

สมการเส้นพาราโบลา $y = ax^2 + bx + c$ แทนต้นเงา

1. $4a + 2b + c = (1)$
 3. $9a + 3b + c = (2)$
 6. $16a + 6b + c = (3)$

$(2) \times 2 - (3) \quad 0 = 2a + c \quad ; \quad c = -2a$
 $(2) - (1) \quad 2 = 5a + b \quad ; \quad b = 2 - 5a$

1. $4a + 4 - 10a - 2a$
 $8a = 3$
 $a = \frac{3}{8}$ แล้ว $c = -\frac{3}{4}$ และ $b = \frac{1}{8}$

สมการเส้นพาราโบลา $y = \frac{3x^2}{8} + \frac{x}{8} - \frac{3}{4}$
 $8y = 3x^2 + x - 6$

ภาพประกอบ 17 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 8 : 4M

แบบที่ 1: 4M คือ มิติคะแนนได้ 4 คะแนน มิติระดับได้ ระดับโครงสร้างหลากหลาย

นักเรียนคนนี้ ตอบถูกทั้งหมด 4 ข้อ โดยสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูปสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้

แบบที่ 9 : 4R

(58) 1

ชื่อ-สกุล [REDACTED] วันที่ 21

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมปลาย คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

“กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
 กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
 กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง”

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง
 ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

ผู้แข่งขัน 5 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ $1+2+3+4 = 10$ ครั้ง
 “ 6 คน “ $1+2+3+4+5 = 15$ ครั้ง
 “ 100 คน “ $1+2+3+\dots+99 = \frac{100 \cdot 101}{2} = 5050$ ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการแข่งขันกับจำนวนผู้เข้าแข่งขันได้อย่างไร *ใช้ตาราง*

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	$1+2 = 3$ ครั้ง
4	$1+2+3 = 6$ ครั้ง
5	$1+2+3+4 = 10$ ครั้ง
6	$1+2+3+4+5 = 15$ ครั้ง
7	$1+2+3+4+5+6 = 21$ ครั้ง
8	$1+2+3+4+5+6+7 = 28$ ครั้ง
9	$1+2+3+\dots+8 = \frac{8(9)}{2} = 36$ ครั้ง
10	$1+2+\dots+9 = \frac{9(10)}{2} = 45$ ครั้ง
$\vdots$	$\vdots$
$n+1$	$1+2+3+\dots+n = \frac{n(n+1)}{2}$ ครั้ง

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

จำนวนครั้ง (ครั้ง)

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

จะได้สมการว่า *เกิดรูปหัวใจ*

ถ้ามีจำนวนคน $n+1$ คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ $1+2+3+\dots+n$ ครั้ง

$$= \frac{n(n+1)}{2}$$
 ครั้ง

สูตรไม่ถูกต้อง

~~$$= \frac{n(n+1)}{2}$$~~

~~$$= \frac{n(n-1)}{2}$$~~

ภาพประกอบ 18 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 9 : 4R

แบบที่ 1: 4R คือ มิติคะแนนได้ 4 คะแนน มิตีระดับได้ ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง

นักเรียนคนนี้ ตอบถูกทั้งหมด 4 ข้อ โดยสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูปสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้ และสามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้

แบบที่ 10 : 4E

(73)

ชื่อ-สกุล: [REDACTED]

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมปลาย คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง $\rightarrow 1$
 กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง $\rightarrow 2+1$
 กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง $\rightarrow 3+2+1$

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

5 คน จัดได้ $4+3+2+1 = 10$ ครั้ง ✓
 6 คน จัดได้ $5+4+3+2+1 = 15$ ครั้ง ✓
 7 คน จัดได้ $6+5+4+3+2+1 = 21$ ครั้ง ✓
 100 คน จัดได้ $99+98+\dots+1 = 4950$ ครั้ง ✓

ทราบได้จาก สังเกตแบบรูป โดยถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน n คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ $(n-1)+(n-2)+\dots+1 = \frac{n(n-1)}{2}$

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงข้อมูล ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการแข่งขันกับจำนวนผู้เข้าแข่งขันได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	$1+2=3$
4	$1+2+3=6$
5	$1+2+3+4=10$
6	$1+2+3+4+5=15$
7	$1+\dots+6=21$
8	$1+\dots+7=28$
9	$1+\dots+8=36$
10	$1+\dots+9=45$
11	$1+\dots+10=55$
12	$1+\dots+11=66$

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิทัก ในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงพิทักในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน n คน สามารถจัดการแข่งขันได้ $\frac{n(n-1)}{2}$ ครั้ง ✓

4 E

ภาพประกอบ 19 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับแบบที่ 10 : 4E

แบบที่ 1: 4E คือ มิติคะแนนได้ 4 คะแนน มิติระดับได้ ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้าง

ภาคขยาย

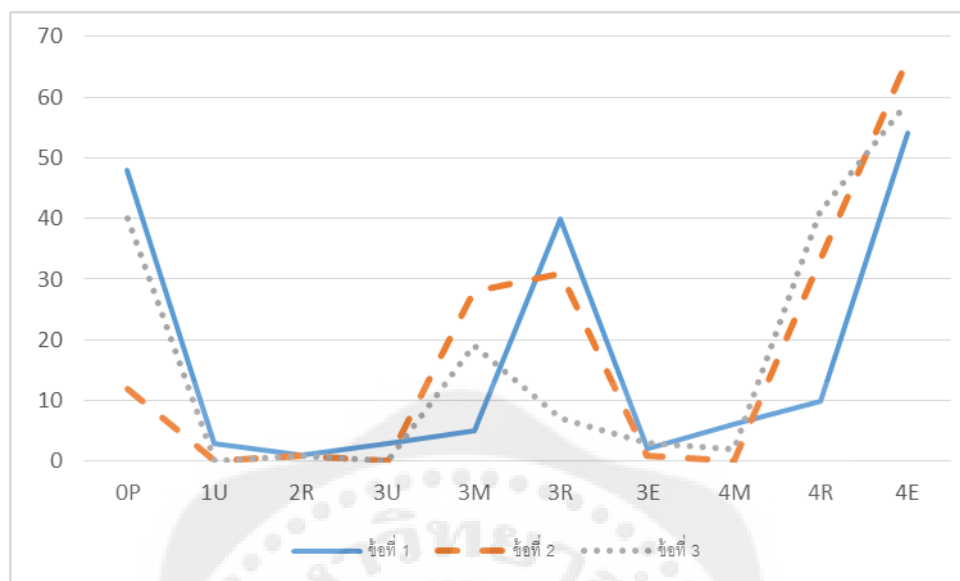
นักเรียนคนนี้ ตอบถูกทั้งหมด 4 ข้อ โดยสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูปสามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้ สามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้ และสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในตารางหรือกราฟนำไปสู่การหาคำตอบได้

ตาราง 22 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบจำแนกรายข้อ

	0P	1U	2R	3U	3M	3R	3E	4M	4R	4E
สถานการณ์ที่ 1	48	3	1	3	5	40	2	6	10	54
สถานการณ์ที่ 2	12	0	1	0	28	31	1	0	33	66
สถานการณ์ที่ 3	40	0	1	0	19	7	3	2	41	59

จากตาราง 22 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบจำแนกรายข้อ พบว่า สถานการณ์ที่ 1 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นครบทั้ง 10 รูปแบบ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจำนวน 54 คน ขณะที่นักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน สถานการณ์ที่ 2 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้น 7 รูปแบบ โดยรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่เกิดขึ้นได้แก่ 1 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างเดียว 3 คะแนนในระดับโครงสร้างเดียว และ 4 คะแนนในระดับโครงสร้างหลากหลาย โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจำนวน 66 และมีนักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน และ 3 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างภาคขยายจำนวน 1 คน และสถานการณ์ที่ 3 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้น 8 รูปแบบ โดยรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่เกิดขึ้นได้แก่ 1 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างเดียว และ 3 คะแนนในระดับโครงสร้างเดียว โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจำนวน 59 คน และมีนักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภาพดังต่อไปนี้

แผนภาพความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบจำแนกรายข้อ



ภาพประกอบ 20 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบจำแนกรายข้อ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส
2. เพื่อศึกษาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนในจังหวัดราชบุรี สังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 26 โรงเรียน โดยมีประชากรทั้งสิ้น 5,372 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 4 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 172 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อความ 4 ข้อย่อยที่มีความสัมพันธ์กัน และ 2) คู่มือการตรวจแบบทดสอบแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ซึ่งประกอบด้วยตารางเกณฑ์การให้คะแนน แบ่งออกเป็น 2 มิติ คือ มิติของคะแนน ได้แก่ 0, 1, 2, 3, 4 และมิติของระดับของ SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ได้แก่ P, U, M, R, E

สรุปผลการวิจัย

1.คุณภาพของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส แต่ละสถานการณ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) สถานการณ์ที่ 1 พบว่าในส่วนขอเนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าสถานการณ์ที่ 1 มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับใช้ได้ สถานการณ์ที่ 2 พบว่าในส่วนขอเนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าสถานการณ์ที่ 1 มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับใช้ได้ และสถานการณ์ที่ 3 พบว่าในส่วนขอเนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าสถานการณ์ที่ 1 มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับใช้ได้

1.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) สถานการณ์ที่ 1 พบว่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมิติของคะแนนมีค่าเท่ากับ 1 และมิติของระดับมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของสถานการณ์ที่ 1 อยู่ในระดับสูง สถานการณ์ที่ 2 พบว่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมิติของคะแนนมีค่าเท่ากับ 1 และมิติของระดับมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของสถานการณ์ที่ 2 อยู่ในระดับสูง และสถานการณ์ที่ 3 พบว่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมิติของคะแนนมีค่าเท่ากับ 1 และมิติของระดับมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของสถานการณ์ที่ 3 อยู่ในระดับสูง

1.3 ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination) พบว่าสถานการณ์ที่ 1 มีค่าความยากง่าย 0.36 อำนาจจำแนกเท่ากับ 0.46 นั่นคือ สถานการณ์ที่ 1 ค่อนข้างยากแต่สามารถจำแนกนักเรียนอ่อนและนักเรียนเก่งได้ดีมาก สถานการณ์ที่ 2 มีค่าความยากง่าย 0.42 อำนาจจำแนกเท่ากับ 0.21 นั่นคือ สถานการณ์ที่ 2 มีความยากในระดับปานกลาง และสามารถจำแนกนักเรียนอ่อนและนักเรียนเก่งได้ในระดับปานกลาง และสถานการณ์ที่ 3 มีค่าความยากง่าย 0.36 อำนาจจำแนกเท่ากับ 0.39 นั่นคือ สถานการณ์ที่ 3 ค่อนข้างยาก แต่สามารถจำแนกนักเรียนอ่อนและนักเรียนเก่งได้ดี ซึ่งหมายถึงคุณภาพด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2. ผลการใช้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ปรากฏดังนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากแบบทดสอบที่มีคะแนนเต็ม สถานการณ์ที่ 1 ถึง สถานการณ์ที่ 3 เท่ากับ 4 คะแนน และคะแนนรวมทั้งฉบับเท่ากับ 12 คะแนน ผลปรากฏว่าในสถานการณ์ที่ 1 นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.35 สถานการณ์ที่ 2 นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.36 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.96 สถานการณ์ที่ 3 นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.50 และทั้งสามสถานการณ์ นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.78 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04 โดยมีนักเรียนจากโรงเรียนที่ 4 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดทั้ง 3 สถานการณ์

2.2 คะแนนจำแนกรายข้อแยกตามขนาดโรงเรียน ผลปรากฏว่า สถานการณ์ที่ 1 ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐานส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 1 ระดับโครงสร้างเดี่ยวส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 1 และโรงเรียนที่ 2 ระดับโครงสร้างหลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 2 ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 4 สถานการณ์ที่ 2 ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐานส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 2 ไม่มีโรงเรียนอยู่ในระดับโครงสร้างเดี่ยว ระดับโครงสร้างหลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 4 และสถานการณ์ที่ 3 ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐานส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 1 ไม่มีโรงเรียนอยู่ในระดับโครงสร้างเดี่ยว ระดับโครงสร้างหลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 4

2.3 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบจำแนกรายข้อ ปรากฏผลดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นครบทั้ง 10 รูปแบบ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจำนวน 54 คน ขณะที่นักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน สถานการณ์ที่ 2 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้น 7 รูปแบบ โดยรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่เกิดขึ้นได้แก่ 1 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างเดี่ยว 3 คะแนนในระดับโครงสร้างเดี่ยว และ 4 คะแนนในระดับโครงสร้างหลากหลาย โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจำนวน 66 และมีนักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน และ 3 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างภาคขยายจำนวน 1 คน และสถานการณ์ที่ 3 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้น 8 รูปแบบ โดยรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่เกิดขึ้นได้แก่ 1 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างเดี่ยว และ 3 คะแนนในระดับโครงสร้างเดี่ยว โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4

คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจำนวน 59 คน และมีนักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน

อภิปรายผลการวิจัย

1. ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) คุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ทั้ง 3 สถานการณ์ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับที่น่าไปใช้ได้ กล่าวคือค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบทั้งสามสถานการณ์เท่ากับ 1.0 ทั้งนี้เป็นเพราะในการดำเนินการสร้างแบบทดสอบดังกล่าวผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส รวมทั้งแนวการสร้างแบบวัดทางคณิตศาสตร์และพีชคณิต ลักษณะการให้คะแนน พร้อมทั้งตัวอย่างการตรวจให้คะแนนข้อคำถามตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส จากแฮตตี และบราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: 12–13) โอวูซู แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86–94) และแพม ฮุก, เคิร์ทนี กราเวท, มิเชลล์ ฮาวเวิร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard; & Ellen John. 2014: 17-18) และนำแนวคิดเหล่านี้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ โดยขั้นตอนแรกสร้างแบบทดสอบขึ้นหนึ่งสถานการณ์จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนและครูที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อนำข้อมูลย้อนกลับจากผลการทำแบบทดสอบมาปรับแก้ไขสร้างเป็นแบบทดสอบ 1 ฉบับที่ประกอบด้วย 3 สถานการณ์ จากนั้นจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ด้วยขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบดังกล่าวจึงส่งผลให้ผลการพิจารณาจาก ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน สอดคล้องกันว่าข้อคำถามของแบบทดสอบทั้ง 3 สถานการณ์ มีความสอดคล้องกับเนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส โดยมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแบบทดสอบมีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา สอดคล้องกับศิริชัย กาญจนวาสี. (2544: 81) ที่กล่าวว่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบที่มีค่าตั้งแต่ 0.50-1.00 สามารถแปรผลได้ว่าแบบทดสอบดังกล่าวมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สามารถนำไปใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิสทั้ง 3 สถานการณ์ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับที่น่าไปใช้ได้ โดยค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ตรวจแบบทดสอบทั้ง 2 คน อยู่ในระดับ 1.0 นั่นคือความสอดคล้องของการให้คะแนนอยู่ในระดับสูง ทั้งเป็นเพราะผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางให้คะแนนข้อคำถามตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส จากแฮตตี และบราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: 12–13) โอวูซู แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86–94) และแพม ฮุก, เคิร์ทนี กรา

เวท, มิซเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard; & Ellen John. 2014: 17-18) อย่างละเอียด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน รวมทั้งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเกณฑ์และทดลองใช้กับแบบทดสอบสถานการณ์ที่หนึ่งที่น่าสนใจ ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำข้อค้นพบในการตรวจให้คะแนนมาปรับเกณฑ์การให้คะแนนให้มีมิติที่ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดขึ้นโดยมีการปรับเกณฑ์การให้คะแนนออกเป็นสองมิติ ได้แก่ มิติของคะแนนและมิติของระดับ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาควบคู่กับแบบทดสอบ และเมื่อผ่านการพิจารณาได้จัดทำเป็นคู่มือการตรวจแบบทดสอบส่งให้ผู้ตรวจแบบทดสอบทั้ง 2 คนศึกษาเพื่อความเข้าใจก่อนตรวจแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 172 คน ส่งผลให้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจทั้ง 2 คนมีค่าเท่ากับ 1.0 ซึ่งผลดังกล่าวที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับเบอร์รี-สตอกและคณะ (สุรัชย์ มีชาญ. 2547: 114, 122-123; อ้างอิงจาก Burry-Stock & other, 1996) ที่ระบุว่าดัชนีความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ตรวจแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0-1 เมื่อใดมีค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินมีความสอดคล้องกันสูงมาก แต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 0 ก็แสดงว่ามีความสอดคล้องกันไม่มากนัก ดังนั้นความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ประเมินแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ทั้ง 3 สถานการณ์จึงบ่งชี้ถึงมาตรฐานของเกณฑ์การให้คะแนน อีกทั้งยังสะท้อนถึงคู่มือการตรวจแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นว่ามีความครอบคลุมและเข้าใจง่าย แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบ และเกณฑ์การให้คะแนนดังกล่าวมีคุณภาพด้านความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงสามารถนำไปใช้ได้

3. ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination) คุณภาพด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ทั้ง 3 สถานการณ์ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับที่น่าพอใจได้โดยแบบทดสอบ มีค่าความยากง่ายในช่วง 0.36 - 0.42 หมายถึง ข้อคำถามในสถานการณ์ที่อยู่ในแบบทดสอบมีระดับความยากปานกลางถึงยากมากซึ่งสอดคล้องกับลวัน สายยศ และอังคณา สายยศ(2539: 185) ที่ว่า ค่าความยากมีค่าตั้งแต่ 0.00 – 1.00 โดยทั่วไปข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 – 0.80 ซึ่งเป็นคุณภาพที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ นอกจากนี้แบบทดสอบดังกล่าวมีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.21 - 0.46 ซึ่งหมายถึง อำนาจจำแนกนักเรียนเก่ง และนักเรียนอ่อนอยู่ในระดับปานกลางถึงดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับลวัน สายยศ และอังคณา สายยศ(2539: 185) ที่ว่าอำนาจจำแนกของข้อสอบระหว่าง 0.20 – 1.00 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพสามารถจำแนกนักเรียนเก่งและอ่อนได้โดยหากมีค่าเข้าใกล้ +1 แสดงว่าข้อสอบนั้นสามารถจำแนกนักเรียนเก่งและอ่อนได้สูงมาก กล่าวคือแบบทดสอบฉบับนี้มีคุณภาพด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนกทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบดังกล่าวโดยศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส รวมทั้งแนวการสร้างแบบวัดทาง

คณิตศาสตร์และพีชคณิต ลักษณะการให้คะแนน พร้อมทั้งตัวอย่างการตรวจให้คะแนนข้อคำถามตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส จากแฮตตี และ บราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: 12–13) โอวูซุ แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86–94) และแพม ฮุก, เคิร์ทนี กราเวท, มิเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard; & Ellen John. 2014: 17-18) และนำแนวคิดเหล่านี้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบมีการทดลองใช้ปรับแก้ไขและนำไปตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาส่งผลให้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ฉบับปรับปรุงที่นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างมีคุณภาพด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์นำไปใช้ได้

4. ผลจากการนำแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบิกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome: SOLO Taxonomy) ไปใช้พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างมิติคะแนนกับมิติระดับโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ขึ้นทั้งหมด 10 แบบ ได้แก่ OP, 1U, 2R, 3U, 3M, 3R, 3E, 4M, 4R และ 4E ซึ่งสอดคล้องโอวูซุ แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012 : 95-98) ในด้านการแสดงผลการทำแบบวัดออกมาในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างมิติคะแนนกับมิติระดับ นั้นหมายความว่าแบบทดสอบฉบับนี้สามารถจำแนกลักษณะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนได้ เช่น นักเรียนคนที่ได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างหลากหลาย มีความบกพร่องในการใช้ความรู้คณิตศาสตร์เรื่องการแสดงผลโดยใช้กราฟและเชื่อมโยงสู่การสร้างสมการเพื่อแก้ปัญหา จึงใช้วิธีการคิดอย่างง่ายหลาย ๆ ขั้นตอนมาแก้ปัญหา สามารถแก้ปัญหาได้ทุกข้อเช่นกันกับคนที่ได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างภาคขยาย เพียงแต่ไม่สามารถใช้วิธีในระดับเชื่อมโยงสู่การแก้ปัญหาในระดับสูงได้ สอดคล้องกับแฮตตี และบราวน์ (Hattie; & Brown. 2004: online) ที่ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อดีของ SOLO taxonomy ว่าในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนข้อดีไม่ใช่เพียงแค่การสร้างข้อสอบหรือการให้คะแนน แต่ยังรวมถึงข้อดีหลายข้อของการใช้ SOLO taxonomy ในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับลึกและสะท้อนคุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนได้กล่าวคือกระบวนการในการประเมินสะท้อนถึงวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนและวิธีการสอนของครูได้ จึงช่วยให้นักเรียนรู้แนวทางในการพัฒนาตน สามารถใช้กระบวนการเรียนรู้ที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ ข้อค้นพบดังกล่าว และยังสอดคล้องกับฮุก (Hook. 2012: 123-124) ที่ได้แสดงความคิดเห็นว่า SOLO taxonomy สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนเพื่อกำหนดก้าวต่อไปหรือการพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างมีความคงเส้นคงวาและมีความตรง จึงกล่าวได้ว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามหลัก SOLO taxonomy ของบิกส์และคอลลิส มีประโยชน์ในแง่ของการจำแนกผู้เรียนออกเป็นระดับต่าง ๆ ทำให้เข้าใจระดับความคิดผู้เรียนมากขึ้น และสามารถช่วยให้พัฒนานักเรียนได้ตรงจุด อีกทั้งจะช่วยให้ออกแบบจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะกับนักเรียนแต่ละคนได้ง่ายมากขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

ข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้ สามารถให้ข้อเสนอแนะออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผลจากการนำแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส พบว่า ในการสร้างแบบทดสอบควรมีการสร้างตัวอย่างแบบทดสอบขึ้นมาและนำไปทดลองใช้เพื่อจะได้นำข้อมูลดังกล่าวมาปรับพัฒนาสร้างแบบทดสอบให้ครอบคลุมกับหลัก SOLO Taxonomy รวมทั้งจะทำให้ได้แบบทดสอบที่มีข้อคำถามที่เชื่อมโยงกัน สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างครอบคลุม ทำให้ครูทราบว่านักเรียนผู้ทำแบบทดสอบมีความบกพร่องอยู่ที่จุดใด ส่งผลให้เกิดแนวทางในการพัฒนาทั้งครูและนักเรียนต่อไป

1.2 แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นสูง ดังนั้นจึงควรนำไปวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สาระพีชคณิต เรื่องแบบรูป (Pattern) เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งสามารถใช้รูปแบบที่เกิดขึ้นจากการทำแบบวัดจำนวน 10 รูปแบบ โดยแสดงถึงวิธีคิดของนักเรียนที่ได้คะแนนเท่ากันนั้นอาจจะใช้วิธีคิดที่แตกต่างกัน

1.3 ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ที่ใช้กับนักเรียนในสังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนั้น ในการนำแบบทดสอบไปใช้กับนักเรียนในระดับอื่นหรือต่างเขตพื้นที่การศึกษาควรคำนึงถึงการนำไปใช้ เนื่องจากนักเรียนแต่ละระดับหรือแต่ละเขตพื้นที่การศึกษามีการนโยบายจุดเน้นด้านการศึกษาที่แตกต่างกันภายในนโยบายของรัฐบาล ซึ่งอาจส่งผลถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันด้วย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนาแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส โดยสร้างแบบวัดทักษะและกระบวนการให้ครอบคลุมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านอื่นๆ ได้แก่ การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ กับสาระอื่น ๆ ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย

2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับวิธีการที่นักเรียนใช้ในการคิดหรือทำแบบทดสอบเพื่อนำมาข้อมูลมาพัฒนาปรับปรุงแบบทดสอบให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

2.3 ควรพัฒนาแบบทดสอบกระบวนการคิด การแก้ปัญหาตาม SOLO Taxonomy ของ บิกส์และคอลลิสในกลุ่มสาระวิชาอื่นๆ เช่น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีตัวชี้วัดเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งสรุปเพื่อได้ความรู้ใหม่หรือทฤษฎีใหม่ ถ้านำมาสร้างแบบทดสอบตาม SOLO Taxonomy จะให้ข้อสรุปการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ครูสามารถวิเคราะห์นักเรียนได้ว่านักเรียนอยู่ในจุดใด แะะยะความสามารถ จัดกลุ่มได้เหมาะสม





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*.
กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ, 2551
- กลุ่มงานสารสนเทศ สนม. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2558: ข้อมูลจำนวน
นักเรียนโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 จำแนกราย
โรงเรียน ปีการศึกษา 2558. สืบค้นเมื่อ 13 มกราคม 2558. จาก data.bopp-obec.info/emis/student.php?Area-CODE=101708&Edu-year=2558
- คมชัดลึก, หนังสือพิมพ์. (2554). สทศ.วิเคราะห์โอเน็ต 3 ปี วิชาหลักไม่ถึง 50%. สืบค้นเมื่อ 7
เมษายน 2558. จาก <http://www.komchadluek.net/news/edu-health/94266>
- โชติมา หนูพริก. (2553). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน).
นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร. ถ่ายเอกสาร.
- พิชิต ฤทธิ์เจริญ. (2555). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: แฮส
ออฟ เคอร์มิสท์.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
(2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สุริยาสาส์.
- _____. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
(2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุริยาสาส์.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร:
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สมวงษ์ แปลงประสพโชค; สมเดช บุญประจักษ์ และ จรรยา ภูอุดม. (2552). *นวัตกรรมเพื่อ
พัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานของเด็กไทย*. การศึกษา
สาเหตุเด็กไทยอ่อนคณิตศาสตร์และแนวทางแก้ไข. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2557,
จาก www.ripn-math.com/doc/25510502/child_low_math.doc
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2552). *สรุปผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับนานาชาติ
และปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเสนอแนะแนวทางยกระดับคุณภาพการศึกษาด้าน
วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และการอ่าน*. สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2557, จาก
http://siteresources.worldbank.org/EDUCATION/Resources/278200-1121703274255/1439264-1264455051293/6734290-1264455075354/Summary_policy_recommendations_Thai_Nov2009.doc

- สุรัชย์ มีชาญ. (2547, พฤษภาคม-สิงหาคม). *ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน*. ว.สงขลา นครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. หน้า 113-126. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Alschuler, Blumberg. P, (1982). *Should taxonomic leels be considered in developing examinations?*. Educational and Psychological Measuerment. 42: 1-7. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2557, จาก <http://epm.sagepub.com/>
- Bloom, Benjamin S. (1979). *Taxonomy of Education Objective Handbook I. Cognitive Domain (ed.)*. Max D. Engelhart, Walker H. Hill, Edward J. Furst and David R. Krathwohl.
- DeWitt, Peter. (2014). *Editorial Projects in Education* 6935. Arlington Road. Bethesda MD. สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2557, จาก http://blogs.edweek.org/edweek/finding_common_ground/2014/02/whats_our_best_taxonomy_blooms_or_solo.html
- Frey, Bruce B. (2014). *Modern Classroom Assessment*. 5thed. Kansas: The University of Kansas.
- Hooi Lian. Lim; & Thiam Yew. Wun, (2001). *Superitem Test. An Alternative Assessment Tool to Assess students' Algebraic solving ability*. Universiti Sains Malaysia, สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2557, จาก www.iejme.com
- Hooi Lian. Lim; & Idris. Noraini, (2001, October). *Assessing Algebraic Solving Ability of Form four students*. International Electronic Journal of Mathematics Education. volume 1: number 1, สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2557, จาก www.iejme.com
- Hook, P. (2012). *Teaching and Learning. tales from the ampersand*. In L. Rowan and C. Bigum (Eds). Future Proofing Education. Transformative approaches to new technologies and student diversity in futures oriented classrooms. Springer, สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2557, จาก <http://pamhook.com/2012/07/16/transformative-approaches-to-new-technologies-and-student-diversity-in-futures-oriented-classrooms/>
- Hook, Pam. Gravett. Courtney. Howard, Mitchell; & John, Ellen. (2014). *SOLO Taxonomy in Mathematics, Strategies for thinking like a mathematician*. United Kingdom: essential resources.

J.A.C. Hattie; & G.T.L. Brown, (2004,September). *Cognitive processes in asTTle*.

The SOLO taxonomy. asTTle Technical Report #43. University of

Auckland/Ministry of Education. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2557. จาก

www.tki.org.nz/r/assessment/atol_online/ppt/solo-taxonomy.ppt

Nana Akosua Owusu, Ansah (2012). *Using structure of the observed learning outcome taxonomy to assess the algebraic thinking levels of ghanaian junior high school students on entering senior high school form 1*, University of Education,

Winneba, สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2557, จาก

<http://ir.uew.edu.gh:8080/jspui/handle/123456789/216>

O'Neill, Geraldine. Murphy, Feargal. (2010, January). *Guide to Taxonomies of Learning*.

UCD teaching and learning/Resources. UCD DUBLIN. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม

2557, จาก <http://www.ucd.ie/t4cms/UCDTLA0034.pdf>

Potter. Kustra. (2012). *Centre for Teaching and Learning. Course Design for*

Constructive Alignment (Winter 2012). University of Windsor. สืบค้นเมื่อ 16

ตุลาคม 2557, จาก [http://www1.uwindsor.ca/ctl/system/files/PRIMER-on-](http://www1.uwindsor.ca/ctl/system/files/PRIMER-on-Learning-Outcomes.pdf)

[Learning-Outcomes.pdf](http://www1.uwindsor.ca/ctl/system/files/PRIMER-on-Learning-Outcomes.pdf)

Sugrue, Brenda,(2002, October). PhD Problems with Bloom's Taxonomy. สืบค้นเมื่อ 30

ตุลาคม 2557, จาก [www.tki.org.nz/r/assessment/atol_online/ppt/solo-](http://www.tki.org.nz/r/assessment/atol_online/ppt/solo-taxonomy.ppt)

[taxonomy.ppt](http://www.tki.org.nz/r/assessment/atol_online/ppt/solo-taxonomy.ppt)

http://www.johnbiggs.com.au/solo_graph.html

www.ucd.ie/teacher



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์

1. อาจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร.อทิพงษ์ มหานิล ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
3. อาจารย์ สุนิสา พงษ์ประยูร ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี

ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลทางการศึกษา

1. อาจารย์ ดร.ปาริชาติ แข่งแก้ว ศึกษานิเทศก์งานวัดผลและประเมินผลทางการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การประถมศึกษาเพชรบูรณ์ เขต 3
2. อาจารย์ สมหมาย หงส์เทียบ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และงานวัดผล โรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี

รายนามผู้ใช้คู่มือตรวจแบบทดสอบ

1. อาจารย์ พรภัทร สินดี ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดม
2. อาจารย์ ศราวุธ จอมนำ อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คณะวิทยาการการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



ภาคผนวก ข
ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คน
มิติของคะแนน และ มิติของระดับ

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมิติของคะแนน

ที่	ผู้ตรวจคนที่ 1 : R_{1nk}			ผู้ตรวจคนที่ 2 : R_{2nk}			$ R_{1nk} - R_{2nk} $		
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3
	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน
1	0	3	0	0	3	0	0	0	0
2	0	3	0	0	3	0	0	0	0
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0
4	0	3	0	0	3	0	0	0	0
5	0	3	0	0	3	0	0	0	0
6	0	3	3	0	3	3	0	0	0
7	0	3	3	0	3	3	0	0	0
8	0	3	3	0	3	3	0	0	0
9	0	3	0	0	3	0	0	0	0
10	0	3	0	0	3	0	0	0	0
11	0	3	0	0	3	0	0	0	0
12	0	3	0	0	3	0	0	0	0
13	1	4	3	1	4	3	0	0	0
14	3	3	3	3	3	3	0	0	0
15	0	3	0	0	3	0	0	0	0
16	0	3	3	0	3	3	0	0	0
17	0	3	0	0	3	0	0	0	0
18	0	3	3	0	3	3	0	0	0
19	0	3	0	0	3	0	0	0	0
20	0	3	0	0	3	0	0	0	0
21	0	2	2	0	2	2	0	0	0
22	0	3	0	0	3	0	0	0	0
23	1	0	3	1	0	3	0	0	0
24	0	4	3	0	4	3	0	0	0

[illegible]

	ผู้ตรวจคนที่ 1 : R_{1nk}			ผู้ตรวจคนที่ 2 : R_{2nk}			$ R_{1nk} - R_{2nk} $		
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3
	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน
51	4	4	4	4	4	4	0	0	0
52	4	4	4	4	4	4	0	0	0
53	4	4	4	4	4	4	0	0	0
54	4	4	4	4	4	4	0	0	0
55	4	4	4	4	4	4	0	0	0
56	4	4	0	4	4	0	0	0	0
57	4	4	4	4	4	4	0	0	0
58	4	4	4	4	4	4	0	0	0
59	2	4	4	2	4	4	0	0	0
60	4	4	4	4	4	4	0	0	0
61	4	4	4	4	4	4	0	0	0
62	4	4	4	4	4	4	0	0	0
63	4	4	4	4	4	4	0	0	0
64	4	4	4	4	4	4	0	0	0
65	3	4	4	3	4	4	0	0	0
66	4	4	4	4	4	4	0	0	0
67	3	4	4	3	4	4	0	0	0
68	4	4	4	4	4	4	0	0	0
69	4	4	4	4	4	4	0	0	0
70	4	4	0	4	4	0	0	0	0
71	4	4	0	4	4	0	0	0	0
72	4	4	4	4	4	4	0	0	0
73	4	4	4	4	4	4	0	0	0
74	4	4	0	4	4	0	0	0	0
75	4	4	3	4	4	3	0	0	0

[illegible]

ที่	ผู้ตรวจคนที่ 1 : R_{1nk}			ผู้ตรวจคนที่ 2 : R_{2nk}			$ R_{1nk} - R_{2nk} $		
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3
	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน
101	4	4	4	4	4	4	0	0	0
102	4	4	4	4	4	4	0	0	0
103	3	0	0	3	0	0	0	0	0
104	3	0	0	3	0	0	0	0	0
105	4	3	0	4	3	0	0	0	0
106	3	0	0	3	0	0	0	0	0
107	3	0	0	3	0	0	0	0	0
108	4	0	0	4	0	0	0	0	0
109	3	3	4	3	3	4	0	0	0
110	3	3	4	3	3	4	0	0	0
111	3	3	4	3	3	4	0	0	0
112	3	3	4	3	3	4	0	0	0
113	3	3	4	3	3	4	0	0	0
114	3	3	4	3	3	4	0	0	0
115	3	3	4	3	3	4	0	0	0
116	3	3	4	3	3	4	0	0	0
117	3	3	4	3	3	4	0	0	0
118	3	3	0	3	3	0	0	0	0
119	3	3	4	3	3	4	0	0	0
120	3	4	0	3	4	0	0	0	0
121	3	3	4	3	3	4	0	0	0
122	0	3	3	0	3	3	0	0	0
123	0	3	3	0	3	3	0	0	0

ที่	ผู้ตรวจคนที่ 1 : R_{1nk}			ผู้ตรวจคนที่ 2 : R_{2nk}			$ R_{1nk} - R_{2nk} $		
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3
	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน
128	3	3	4	3	3	4	0	0	0
129	0	3	3	0	3	3	0	0	0
130	3	3	3	3	3	3	0	0	0
131	0	3	3	0	3	3	0	0	0
132	0	3	3	0	3	3	0	0	0
133	0	3	3	0	3	3	0	0	0
134	0	3	3	0	3	3	0	0	0
135	0	3	3	0	3	3	0	0	0
136	0	3	3	0	3	3	0	0	0
137	0	3	3	0	3	3	0	0	0
138	0	3	0	0	3	0	0	0	0
139	0	3	3	0	3	3	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	0	3	3	0	3	3	0	0	0
143	0	3	3	0	3	3	0	0	0
144	0	3	3	0	3	3	0	0	0
145	3	4	4	3	4	4	0	0	0
146	4	4	4	4	4	4	0	0	0
147	3	4	4	3	4	4	0	0	0
148	4	4	4	4	4	4	0	0	0
149	3	4	4	3	4	4	0	0	0
150	3	4	4	3	4	4	0	0	0

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมิติของระดับ

ที่	ผู้ตรวจคนที่ 1 : R _{1nk}			ผู้ตรวจคนที่ 2 : R _{2nk}			R _{1nk} - R _{2nk}		
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3
	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ
1	0	3	0	0	3	0	0	0	0
2	0	2	0	0	2	0	0	0	0
3	1	0	0	1	0	0	0	0	0
4	0	2	0	0	2	0	0	0	0
5	0	2	0	0	2	0	0	0	0
6	0	2	3	0	2	3	0	0	0
7	0	2	3	0	2	3	0	0	0
8	0	2	2	0	2	2	0	0	0
9	0	3	0	0	3	0	0	0	0
10	0	2	0	0	2	0	0	0	0
11	0	2	0	0	2	0	0	0	0
12	0	3	0	0	3	0	0	0	0
13	1	3	3	1	3	3	0	0	0
14	3	3	2	3	3	2	0	0	0
15	0	3	0	0	3	0	0	0	0
16	0	3	3	0	3	3	0	0	0
17	0	3	0	0	3	0	0	0	0
18	0	3	3	0	3	3	0	0	0
19	0	3	0	0	3	0	0	0	0
20	0	3	0	0	3	0	0	0	0
21	0	3	3	0	3	3	0	0	0
22	0	2	0	0	2	0	0	0	0
23	1	0	3	1	0	3	0	0	0

ที่	ผู้ตรวจคนท่ 1 : R _{1nk}			ผู้ตรวจคนท่ 2 : R _{2nk}			R _{1nk} - R _{2nk}		
	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ
51	4	4	4	4	4	4	0	0	0
52	4	4	4	4	4	4	0	0	0
53	4	4	4	4	4	4	0	0	0
54	4	4	4	4	4	4	0	0	0
55	4	4	4	4	4	4	0	0	0
56	4	4	0	4	4	0	0	0	0
57	4	4	4	4	4	4	0	0	0
58	4	4	4	4	4	4	0	0	0
59	3	4	3	3	4	3	0	0	0
60	4	4	3	4	4	3	0	0	0
61	4	4	4	4	4	4	0	0	0
62	4	4	4	4	4	4	0	0	0
63	4	4	4	4	4	4	0	0	0
64	2	3	2	2	3	2	0	0	0
65	3	4	4	3	4	4	0	0	0
66	4	4	4	4	4	4	0	0	0
67	3	4	4	3	4	4	0	0	0
68	4	4	4	4	4	4	0	0	0
69	4	4	4	4	4	4	0	0	0
70	4	4	0	4	4	0	0	0	0
71	4	4	0	4	4	0	0	0	0
72	4	4	4	4	4	4	0	0	0
73	3	3	4	3	3	4	0	0	0
74	4	4	0	4	4	0	0	0	0

ที่	ผู้ตรวจคนที่ 1 : R _{1nk}			ผู้ตรวจคนที่ 2 : R _{2nk}			R _{1nk} - R _{2nk}		
	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ
101	4	4	4	4	4	4	0	0	0
102	4	4	4	4	4	4	0	0	0
103	2	0	0	2	0	0	0	0	0
104	1	0	0	1	0	0	0	0	0
105	2	2	0	2	2	0	0	0	0
106	1	0	0	1	0	0	0	0	0
107	1	0	0	1	0	0	0	0	0
108	2	0	0	2	0	0	0	0	0
109	3	3	3	3	3	3	0	0	0
110	3	3	3	3	3	3	0	0	0
111	3	3	3	3	3	3	0	0	0
112	3	3	3	3	3	3	0	0	0
113	3	3	3	3	3	3	0	0	0
114	3	3	3	3	3	3	0	0	0
115	3	3	3	3	3	3	0	0	0
116	3	3	3	3	3	3	0	0	0
117	3	3	3	3	3	3	0	0	0
118	3	3	0	3	3	0	0	0	0
119	3	3	3	3	3	3	0	0	0
120	3	3	0	3	3	0	0	0	0
121	3	3	3	3	3	3	0	0	0
122	0	2	2	0	2	2	0	0	0
123	0	2	2	0	2	2	0	0	0
124	0	2	2	0	2	2	0	0	0

ที่	ผู้ตรวจคนท่ี 1 : R _{1nk}			ผู้ตรวจคนท่ี 2 : R _{2nk}			R _{1nk} - R _{2nk}		
	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่	ข้อที่ 3
	1	2	3	1	2	3	1	2	
	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ	ระดับ
153	3	3	3	3	3	3	0	0	0
154	3	3	3	3	3	3	0	0	0
155	3	3	3	3	3	3	0	0	0
156	3	3	0	3	3	0	0	0	0
157	3	3	0	3	3	0	0	0	0
158	3	3	3	3	3	3	0	0	0
159	3	3	3	3	3	3	0	0	0
160	3	3	3	3	3	3	0	0	0
161	3	3	3	3	3	3	0	0	0
162	3	3	3	3	3	3	0	0	0
163	3	0	2	3	0	2	0	0	0
164	3	3	3	3	3	3	0	0	0
165	2	3	3	2	3	3	0	0	0
166	2	3	3	2	3	3	0	0	0
167	3	3	3	3	3	3	0	0	0
168	3	3	3	3	3	3	0	0	0
169	3	3	3	3	3	3	0	0	0
170	3	3	3	3	3	3	0	0	0
171	3	3	3	3	3	3	0	0	0
172	3	3	3	3	3	3	0	0	0

| มิติระดับ = 5, N = 172, K = 3

RAI_{มิติระดับ} = 1

$\sum_{i=0}^3 \sum_{n=0}^{151} |R_{1nk} - R_{2nk}| = 0$



(ตัวอย่าง)

คู่มือการตรวจแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ตาม SOLO Taxonomy ของบีกส์และคอลลิส

จัดทำโดย

นายจิรายุ สงวนแก้ว

รหัส 55199130002

ทดสอบและวัดผลทางการศึกษา

เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชา การวิจัยและพัฒนา
ศักยภาพมนุษย์ แขนงวิชา ทดสอบและวัดผลทางการศึกษา ปีการศึกษา 2558
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(ตัวอย่าง)

คำนำ

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาแนวทางการพัฒนาแบบวัดและประเมินผลในส่วนพฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ในเรื่องทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome: SOLO Taxonomy) จึงจัดทำคู่มือการตรวจให้คะแนนแบบวัดฉบับนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจให้คะแนนของครูผู้ตรวจแบบวัด ซึ่งในคู่มือฉบับนี้ประกอบด้วย ที่มาและความสำคัญของแบบวัด จุดมุ่งหมายของคู่มือ นิยามในการตรวจให้คะแนน บทบาทของผู้ตรวจแบบวัด โครงสร้างของแบบวัด ขั้นตอนการตรวจแบบวัด วิธีการตรวจแบบวัด ขั้นตอนการตรวจแบบวัด ตัวอย่างการตรวจแบบวัด ตัวอย่างแบบวัด และตารางสำหรับกรอกคะแนน

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าแบบวัดและคู่มือฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้ตรวจให้คะแนนครูผู้ใช้แบบวัด ตลอดจนครูและสถานศึกษาที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทดลองใช้แบบวัดต่อไป

ผู้วิจัย

(ตัวอย่าง)

จุดมุ่งหมายของคู่มือ

เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติสำหรับผู้ตรวจแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีเกิ้ลและคอลลิส

นิยามในการตรวจให้คะแนน

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีเกิ้ลและคอลลิส หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่องแบบรูป(pattern) สมการเชิงเส้น และสมการกำลังสองได้สำเร็จด้วยทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยจำแนกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็น 5 ระดับ ได้แก่

1. ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre-structural) หมายถึง ระดับนักเรียนต้องการความช่วยเหลือเนื่องจากไม่สามารถทำความเข้าใจปัญหาและแบบรูปเพื่อเชื่อมโยงไปยังการสร้างสมการเชิงเส้นและสมการกำลังสอง ไม่สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหามากมายและเหมาะสมในการดำเนินการแก้ไขปัญหาก็สำเร็จ ไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการใช้วิธีการแก้ปัญหาก็เข้าใจชัดเจน รวมทั้งไม่สามารถตรวจสอบผลการแก้ปัญหาก็และความรู้ใหม่เกิดขึ้น

2. ระดับโครงสร้างเดี่ยว (Uni- structural) หมายถึง หมายถึงระดับที่นักเรียนเข้าใจปัญหาและแบบรูปอย่างง่าย สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหดำเนินการแก้ปัญหาก็ได้บางจุดหรือบางส่วน ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาก็ทั้งหมดได้สำเร็จ สามารถตอบคำถามที่ไม่ซับซ้อนจากแผนภาพหรือแบบรูปจากโจทย์ปัญหาที่กำหนด

3. ระดับโครงสร้างหลากหลาย (Multi- structural) หมายถึง ระดับที่นักเรียนสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลาย สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่กำหนดลงในตารางได้

4. ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง (Relational) หมายถึง ระดับที่นักเรียนสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 รูปแบบ สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลาย สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่กำหนดลงในตาราง และสามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้

5. ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย (Extended Abstract) หมายถึง ระดับที่นักเรียนสามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 รูปแบบ สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลาย สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่กำหนดลงในตาราง และสามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูป สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในตารางหรือกราฟนำไปสู่การหาคำตอบ

ทั้ง 5 ระดับใช้สัญลักษณ์แทนได้แก่ ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน แทนด้วย P , ระดับโครงสร้างเดี่ยว แทนด้วย U , ระดับโครงสร้างสร้างหลากหลาย แทนด้วย M , ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง แทนด้วย R และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย แทนด้วย E

บทบาทของผู้ตรวจแบบวัด

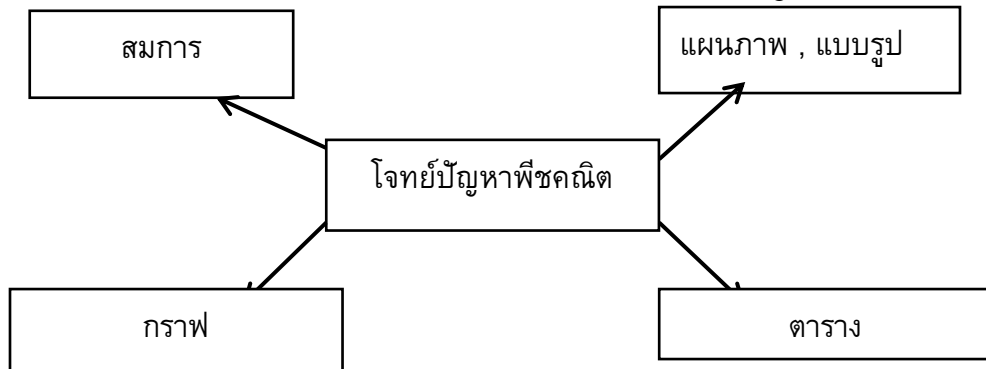
1. ทำความเข้าใจรูปแบบการตรวจแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีกส์และคอลลิส

2. ตรวจให้คะแนนแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีกส์และคอลลิสใน 2 มิติ คือ มิติของคะแนนได้แก่ 1, 2, 3, 4 และมิติของระดับของโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีกส์และคอลลิสได้แก่ P, U, M, R, E

โครงสร้างของแบบวัด

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบีกส์และคอลลิส (Structure of Observed Learning Outcome: SOLO Taxonomy) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อความ 4 ข้อย่อยเพื่อวัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 เป็นแบบทดสอบแสดงวิธีทำ โดยยึดเนื้อหาและตัวชี้วัดตามหลักสูตรกลุ่มสาระ ในสาระที่ 4 พิชคณิต กับสาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์ในการสร้าง

แผนผังการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาเรื่อง พีชคณิต



ที่มา : แพม ฮู้ค, เคิร์ทนี กราเวต, มิชเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์น

(Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard and Ellen John. 2014: 17-18)

ขั้นตอนการตรวจแบบวัด

1. ตรวจคำตอบทีละข้อให้ครบทั้ง 3 ข้อ
2. ในแต่ละข้อ พิจารณาภาพรวมของคำตอบใน 4 ข้อย่อยตามตารางมิติของคะแนน
3. หลังจากพิจารณามิติของคะแนนตามขั้นที่ 1 แล้ว จากนั้นในแต่ละข้อพิจารณามิติของคำตอบตามระดับของ SOLO Taxonomy
4. สรุปคะแนนของนักเรียนแต่ละคน ใน 2 มิติ ตามแบบฟอร์มสำหรับกรอกคะแนน

วิธีการตรวจแบบวัด

วิธีการตรวจแบบวัดข้อที่ 1

1. พิจารณาภาพรวมของคำตอบใน 4 ข้อย่อยตามตารางมิติของคะแนน ดังนี้

คะแนน	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น	คำตอบที่ปรากฏให้เห็น
0	ไม่มีการตอบ	ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถ
1	ตอบถูก 1 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ	จัดการแข่งขันได้ 10 ครั้ง
2	ตอบถูก 2 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ	ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน สามารถ
3	ตอบถูก 3 ข้อจากทั้งหมด 4 ข้อ	จัดการแข่งขันได้ 15 ครั้ง
4	ตอบถูกทั้งหมด 4 ข้อ	ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 7 คน สามารถ จัดการแข่งขันได้ 21 ครั้ง ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 100 คน สามารถ จัดการแข่งขันได้ 4,950 ครั้ง

ตัวอย่างการตรวจแบบวัดข้อที่ 1 มิติของคะแนน ฉบับที่ได้ 0 คะแนน

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ
จำนวนที่สอดคล้องกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้ไม่
มีการตอบคำถาม นักเรียนคนนี้จึงได้ 0
คะแนน

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

5 คน 6 คน 7 คน 100 คน
100 คน 100 คน 100 คน 100 คน

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ
จำนวนที่สอดคล้องกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
5	1
6	3
7	6
100	240

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้ไม่
มีการตอบคำถามที่แบบวัดต้องการ มี
แต่การทวนสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้
เท่านั้น นักเรียนคนนี้จึงได้ 0 คะแนน

ฉบับที่ได้ 0 คะแนน

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อมีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง ?

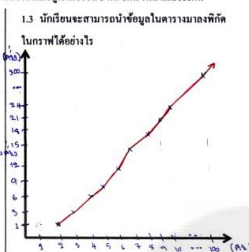
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

ถ้า 2 คน จัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
3 คน 3 ครั้ง
4 คน 6 ครั้ง
5 คน 10 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ

จำนวนที่เกี่ยวกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1 ✓
3	3 ✓
4	6 ✓
5	10 ✗
6	15 ✗
7	18 ✗
8	19 ✗
9	21 ✗
10	24 ✗
...	...
100	300 ✗



1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่ในกราฟ

เขียนโดยกับแผนภาพได้อย่างไร

○ คะแนน
จะด้วยโครงสร้างที่นักเรียน

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้

การตอบคำถามที่แบบวัดต้องการ
แต่ตอบผิดทุกคำถาม
ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องของคำถาม
ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน

สามารถจัดการแข่งขันได้ 10 ครั้ง

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน

สามารถจัดการแข่งขันได้ 15 ครั้ง

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 7 คน

สามารถจัดการแข่งขันได้ 21 ครั้ง

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 100 คน

สามารถจัดการแข่งขันได้ 4,950

ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 0 คะแนน

ตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนที่ได้ 0 คะแนน แบบอื่นๆ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

"กรณี 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณี 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณี 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อมีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง ?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย



1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ

จำนวนที่เกี่ยวกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1 ✓
3	3 ✓
4	6 ✓
5	10 ✗
6	15 ✗
7	21 ✗
8	28 ✗
9	36 ✗
10	45 ✗
...	...
100	4950 ✗

จะด้วยโครงสร้างที่นักเรียน

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

"กรณี 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณี 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณี 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อมีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง ?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย



1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ

จำนวนที่เกี่ยวกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1 ✓
3	3 ✓
4	6 ✓
5	10 ✗
6	15 ✗
7	21 ✗
8	28 ✗
9	36 ✗
10	45 ✗
...	...
100	4950 ✗

จะด้วยโครงสร้างที่นักเรียน

ฉบับที่ได้ 1 คะแนน

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดค่าต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับหน่วยความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 100 คน จำนวน
จัดการแข่งขัน ได้ 400 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ
จำนวนที่เกี่ยวกับอันดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
1	0
2	1
3	3
4	6
5	10
6	14
7	20
8	26
9	33
10	40
100...	4000

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัด
ในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะมีข้อมูลที่ได้จากการลงพิกัดในกราฟ
เชื่อมโยงกับแผนภาพได้อย่างไร

1 คะแนน
ระดับโครงสร้างเดียว

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้
ตอบคำถามถูกเพียงข้อเดียว ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 10 ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 1 คะแนน

(ระดับโครงสร้างเดียว)

ฉบับที่ได้ 2 คะแนน

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดค่าต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับหน่วยความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 100 คน จำนวน
จัดการแข่งขัน ได้ 400 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ
จำนวนที่เกี่ยวกับอันดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัด
ในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะมีข้อมูลที่ได้จากการลงพิกัดในกราฟ
เชื่อมโยงกับแผนภาพได้อย่างไร

2 คะแนน
ระดับโครงสร้างเดียว

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้
ตอบคำถามถูกเพียง 2 ข้อ ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถ
จัดการแข่งขันได้ 10 ครั้ง

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน สามารถ
จัดการแข่งขันได้ 15 ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 2 คะแนน

(อยู่ในระดับโครงสร้างเดียว)

ฉบับที่ได้ 2 คะแนน

ตัวอย่างการตอบ

ข้อเขียนในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ไขปัญหาก็กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประถมศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับขนาดความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?
5 คน จัดการแข่งขันได้ 10 ครั้ง ✓
6 คน จัดการแข่งขันได้ 15 ครั้ง ✓

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของจำนวนที่เลือกกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
11	55
12	66
13	78

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่คิดในกราฟเขียนโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่คิดในกราฟเขียนโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

2 คะแนน
ระดับดีเยี่ยม

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้
ตอบคำถามถูกเพียง 2 ข้อ ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 10 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 15 ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 2 คะแนน

(อยู่ในระดับโครงสร้างหลากหลาย)

ข้อเขียนในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ไขปัญหาก็กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประถมศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับขนาดความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?
5 : 10 ✓ 6 : 15 ✓ 7 : 21 ✓
100 : 500

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของจำนวนที่เลือกกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
11	55
12	66
13	78

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่คิดในกราฟเขียนโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่คิดในกราฟเขียนโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

2 คะแนน
ระดับดีเยี่ยม

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้
ตอบคำถามถูกเพียง 2 ข้อ ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 10 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 15 ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 2 คะแนน

(อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของ
โครงสร้าง)

ฉบับที่ได้ 3 คะแนน

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

“กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง”

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 10 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 15 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 7 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 21 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 100 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 4950 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของจำนวนยกกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
1	1
2	3
3	6
4	10
5	15
6	21
7	28
8	36
9	45
10	55
11	66

1.3 นักเรียนจะสามารถนำเสนอข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกมาลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้อย่างไร

คือถูกแล้วรวมอยู่ในตารางนี้
3 คะแนน
ระดับโครงสร้างดีเยี่ยม

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้ตอบ
คำถามถูกเพียง 3ข้อ ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 10 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 15 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 7 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 21 ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 3 คะแนน

(อยู่ในระดับโครงเดียว)

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้ตอบ
คำถามถูกเพียง 3ข้อ ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 10 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 15 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 7 คน สามารถจัดการ
แข่งขันได้ 21 ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 3 คะแนน

(อยู่ในระดับโครงหลากหลาย)

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

“กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง”

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 10 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 15 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 7 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 21 ครั้ง
ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 100 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 4950 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของจำนวนยกกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45

1.3 นักเรียนจะสามารถนำเสนอข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกมาลงพิกัดในกราฟเชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้อย่างไร

3 คะแนน
ระดับโครงสร้างหลากหลาย

ฉบับที่ได้ 4 คะแนน

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขัน ได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด มีขนาดความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งจัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย

5 คน = 10 ครั้ง ✓
6 คน = 15 ครั้ง ✓
7 คน = 21 ครั้ง ✓
100 คน = 4950 ครั้ง ✓

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของจำนวนที่เกี่ยวกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
1	2
2	3
3	6
4	10
5	15
6	21
7	28
8	36
9	45
10	55
11	66
12	78

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงคิดในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงคิดในกราฟเขียนโยงกับแผนภาพที่ได้สมการอย่างไร

4 คะแนน ✓
ระดับความเข้มข้นของโครงสร้าง ✓
นักเรียนใช้กราฟ แต่ยังไม่สามารถหาสมการได้ ✓

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้ตอบคำถามถูกทั้ง 4 ข้อ ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน

สามารถจัดการแข่งขันได้ 10 ครั้ง

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน

สามารถจัดการแข่งขันได้ 15 ครั้ง

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 7 คน

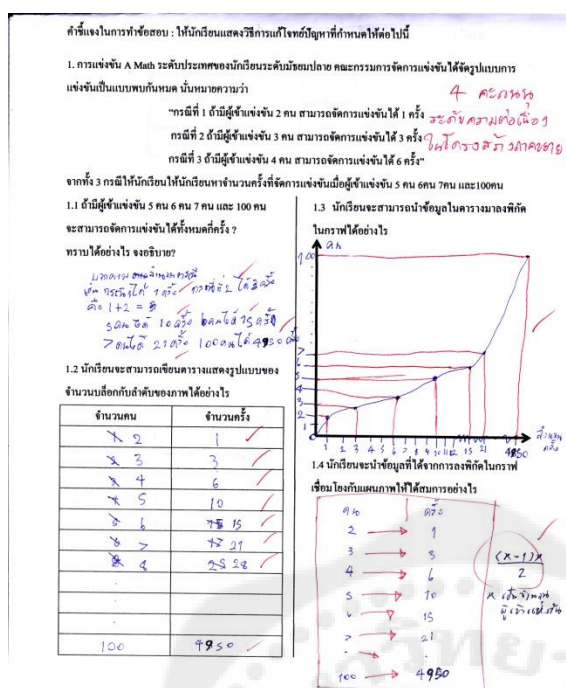
สามารถจัดการแข่งขันได้ 21 ครั้ง

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 100 คน

สามารถจัดการแข่งขันได้ 4,950 ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 4 คะแนน

(อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง)



นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัด
 ฉบับนี้ตอบคำถามถูกทุกข้อ 4
 ข้อ ได้แก่

ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน
 สามารถจัดการแข่งขันได้ 10
 ครั้ง
 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 6 คน
 สามารถจัดการแข่งขันได้ 15
 ครั้ง
 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 7 คน
 สามารถจัดการแข่งขันได้ 21
 ครั้ง
 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 100 คน
 สามารถจัดการแข่งขันได้
 4,950 ครั้ง

นักเรียนคนนี้จึงได้ 4 คะแนน

(อยู่ในระดับความต่อเนื่องใน
 โครงสร้างภาคขยาย)

2. พิจารณามิติของคำตอบตามระดับของ SOLO Taxonomy

ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Pre-structural level : P)	- ต้องการความช่วยเหลือเนื่องจากไม่สามารถทำความเข้าใจปัญหาและแบบรูปเพื่อเชื่อมโยงไปยังการสร้างสมการเชิงเส้นและสมการกำลังสอง - ไม่สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาที่หลากหลายและเหมาะสมในการดำเนินการแก้ไขปัญหาสำเร็จ - ไม่สามารถอธิบายเหตุผลในการแก้ไขปัญหามาให้เข้าใจได้อย่างชัดเจน - ไม่สามารถตรวจสอบผลการแก้ปัญหาและความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น
ระดับโครงสร้างเดี่ยว (Uni-structural level : U)	- เข้าใจปัญหาและรูปแบบอย่างง่าย - สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคำเนินการแก้ปัญหาได้บางจุดหรือบางส่วน - ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาทั้งหมดได้สำเร็จ - สามารถตอบคำถามที่ไม่ซับซ้อนจากแผนภาพหรือแบบรูปจากโจทย์ปัญหาที่กำหนด
ระดับโครงสร้าง หลากหลาย (Multi-structural level : M)	- สามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป - สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย - สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้
ระดับความสัมพันธ์ของ โครงสร้าง (Relational Level : R)	- สามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป - สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย - สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้ - สามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้
ระดับความต่อเนื่องใน โครงสร้างภาคขยาย	- สามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบรูป - สามารถใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการ

ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
(Extended Abstract Level : E)	แก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สำเร็จด้วยวิธีการที่หลากหลาย - สามารถตอบคำถามที่กำหนดลงในตารางได้ - สามารถนำข้อมูลหรือคู่อันดับที่ได้จากตารางเชื่อมโยงสู่การสร้างกราฟที่สัมพันธ์กับแบบรูปได้ - สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในตารางหรือกราฟนำไปสู่การหาคำตอบได้



ฉบับที่อยู่ในระดับ โครงสร้างขั้นพื้นฐาน

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

“กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
 กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
 กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง”

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?
 ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

จำ มาบวกกันไปเรื่อยๆ
 จั่ม ดู ขอบด้านข้าง แล้วให้
 ไล่ นับกัน คำนวณ

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของจำนวนที่เกี่ยวกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
5	9
6	12
7	15
100	256

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้อาจการลงพิกัดในกราฟ เขียนโดยกำหนดภาพไปได้อย่างไร

จำ ดู ขอบด้านข้าง แล้วให้
 ไล่ นับกัน คำนวณ

ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน

คำอธิบาย

นักเรียนที่ทำแบบวัดฉบับนี้ต้องการความช่วยเหลือเนื่องจากไม่สามารถทำความเข้าใจในปัญหา ไม่เข้าใจแบบรูปเพื่อเชื่อมโยงไปยังการสร้างสมการเชิงเส้น และสมการกำลังสอง ไม่สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา ในการดำเนินการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ได้สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลาย และมีความเหมาะสมกับปัญหา ไม่มีการอธิบายเหตุผลในการใช้วิธีการแก้ปัญหาได้เข้าใจชัดเจน ตลอดจนดำเนินการตรวจสอบและสะท้อนผลการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความรู้ใหม่จากการดำเนินการแก้ปัญหา ถึงแม้ว่าจะมีการตอบแต่ก็ตอบโดยใช้ตารางและเขียนกราฟ แต่ตารางและกราฟที่เขียนออกมานั้น ไม่ช่วยให้นักเรียนอธิบายให้เห็นถึงความเข้าใจในคำถามข้อนี้ได้

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับหน่วยความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?

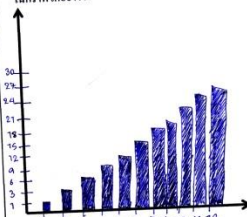
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย? ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน
จะได้ 10 ครั้ง 6 คน ได้ 15 ครั้ง 7 คน ได้ 21 ครั้ง 100 คน ได้ 99 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ

จำนวนที่เลือกกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
11	55
12	66

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร



1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกจากกราฟมาลงพิกัดในกราฟ

เชื่อมโยงกับแผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

○ คะแนน

ระดับใดควรพิจารณา

นักเรียนที่ทำแบบวัดฉบับนี้ต้องการความช่วยเหลือเนื่องจากไม่สามารถทำความเข้าใจในปัญหา ไม่เข้าใจแบบรูปเพื่อเชื่อมโยงไปยังการสร้างสมการเชิงเส้น และสมการกำลังสอง ไม่สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา ในการดำเนินการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ได้สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลาย และมีความเหมาะสมกับปัญหา ไม่มีการอธิบายเหตุผลในการใช้วิธีการแก้ปัญหาได้เข้าใจชัดเจน ตลอดจนดำเนินการตรวจสอบและสะท้อนผลการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความรู้ใหม่จากการดำเนินการแก้ปัญหา ถึงแม้ว่าจะมีการตอบแต่ก็ตอบโดยใช้ตารางและเขียนกราฟ แต่คำตอบในตารางไม่ถูกต้องและใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจากตารางไม่ถูกต้อง

ฉบับที่อยู่ในระดับ โครงสร้างเดียว

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับตามความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อมีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง ?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

วิธีคิด
ถ้ามี 5 คน จัดได้ 10 ครั้ง
ถ้ามี 6 คน จัดได้ 15 ครั้ง
ถ้ามี 7 คน จัดได้ 21 ครั้ง
ถ้ามี 100 คน จัดได้ 4950 ครั้ง
รวมทั้งหมด 10 + 15 + 21 + 4950 = 5006 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ

จำนวนรอบเลือกกับจำนวนภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
11	55
12	66

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

2 คะแนน
ระดับโครงสร้างเดียว

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้อาจมาลงพิกัดในกราฟเขียนโดยกับแผนภาพได้อย่างไร

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ทำแบบวัดฉบับนี้เข้าใจปัญหาเข้าใจแบบวัดรูปอย่างง่าย สามารถใช้ทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์โดยมุ่งเน้นไปที่หนึ่งข้อมูลหรือบางข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการตอบสนองกับคำถาม แต่ยังไม่สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาในการดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้สำเร็จทั้ง 4 ประเด็น

นักเรียนคนนี้สามารถตอบคำถามได้เพียง 2 ประเด็น ไม่มีการใช้ตาราง ไม่มีการใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ และไม่มีการสร้างสมการเพื่อหาคำตอบ

นักเรียนผู้ทำแบบวัดฉบับนี้เข้าใจปัญหาเข้าใจแบบวัดรูปอย่างง่าย สามารถใช้ทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์โดยมุ่งเน้นไปที่หนึ่งข้อมูลหรือบางข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการตอบสนองกับคำถาม แต่ยังไม่สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาในการดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้สำเร็จทั้ง 4 ประเด็น

นักเรียนคนนี้สามารถตอบคำถามได้เพียง 3 ประเด็น มีการใช้ตารางแต่ใช้ไม่แสดงคำตอบไม่ถูกต้อง ไม่มีการใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ และไม่มีการสร้างสมการเพื่อหาคำตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับตามความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อมีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง ?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

วิธีคิด
ถ้ามี 5 คน จัดได้ 10 ครั้ง
ถ้ามี 6 คน จัดได้ 15 ครั้ง
ถ้ามี 7 คน จัดได้ 21 ครั้ง
ถ้ามี 100 คน จัดได้ 4950 ครั้ง
รวมทั้งหมด 10 + 15 + 21 + 4950 = 5006 ครั้ง

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ

จำนวนรอบเลือกกับจำนวนภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
1	1
2	3
3	6
4	10
5	15
6	21
7	28
8	36
9	45
10	55
11	66

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัดในกราฟได้อย่างไร

3 คะแนน
ระดับโครงสร้างเดียว

1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้อาจมาลงพิกัดในกราฟเขียนโดยกับแผนภาพได้อย่างไร

ฉบับที่อยู่ในระดับ โครงสร้างเดียว

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับหน่วยความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อมีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง ?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

ถ้าใช้กฎแฟกทอเรียล 100 คน คำนวณ
จัดการแข่งขันได้ 4950 ครั้ง

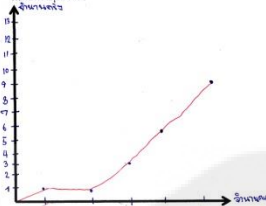
1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ

จำนวนที่เกี่ยวกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
1	0
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
8	28
9	36
10	45
100...	4950

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัด

ในกราฟได้อย่างไร



1.4 นักเรียนจะมีข้อมูลที่ได้จากการลงพิกัดในกราฟ

เขียนโดยกับแผนภาพได้อย่างไร

1. ตาราง
ระดับใดควรใช้

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ทำแบบวัดฉบับนี้เข้าใจปัญหา เข้าใจ

แบบวัดรูปอย่างง่าย สามารถใช้ทักษะ

กระบวนการในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์

โดยมุ่งเน้นไปที่หนึ่งข้อมูลหรือบางข้อมูลที่

เกี่ยวข้องในการตอบสนองกับคำถาม แต่ยังไม่

สามารถใช้ทักษะและกระบวนการทาง

คณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาในการดำเนินการ

แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้สำเร็จทั้ง 4 ประเด็น

นักเรียนคนนี้สามารถตอบคำถามได้เพียง 1

ประเด็น มีการใช้ตารางแต่ใช้แสดงคำตอบที่

คำถามต้องการได้ไม่สมบูรณ์ครบทั้ง

4 ประเด็น มีการใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์

แต่แสดงข้อมูลของคำตอบไม่ถูกต้อง และไม่มี

การสร้างสมการเพื่อหาคำตอบ

ฉบับที่อยู่ในระดับ โครงสร้างหลากหลาย

ตัวอย่างการตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

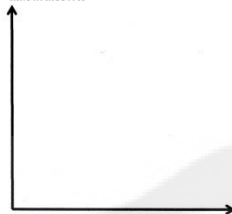
จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง ?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของจำนวนที่เกี่ยวกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1 ✓
3	3 ✓
4	6 ✓
5	10 ✓
6	15 ✓
7	21 ✓
8	28 ✓
9	36 ✓
10	45 ✓

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิคในกราฟได้อย่างไร



1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกจากการลงพิคในกราฟเขียนโดยที่แผนภาพให้ได้สมการอย่างไร

3. คำนวณ
ระดับโดว ครึ่ง หลากหลาย

คำอธิบาย

นักเรียนผู้ทำแบบวัดฉบับนี้ใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาในการดำเนินการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ได้สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลายและมีความเหมาะสมกับปัญหาอธิบายเหตุผลในการใช้วิธีการแก้ปัญหาได้เข้าใจชัดเจน ดำเนินการตรวจสอบและสะท้อนผลการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพในรูปแบบของการใช้ตาราง แต่ไม่มีการบูรณาการข้อมูลหรือวิธีการเหล่านั้นในการแก้ปัญหา

นักเรียนคนนี้สามารถตอบคำถามได้เพียง 3 ประเด็น มีการใช้ตารางแสดงคำตอบที่คำถามต้องการถูกต้อง 3 ข้อได้อย่างสมบูรณ์ ไม่มีการใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคำตอบ และไม่มีการสร้างสมการเพื่อหาคำตอบ

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นั่นหมายความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง
กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง
กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อมีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?

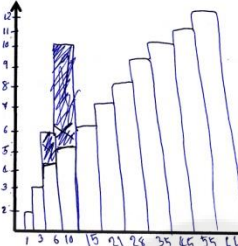
ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

5 = 10 ✓
6 = 15 ✓
7 = 21 ✓
100 = 4,900

1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของจำนวนที่เกี่ยวกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1 ✓
3	3 ✓
4	6 ✓
5	10 ✓
6	15 ✓
7	21 ✓
8	28
9	35
10	45
11	55
12	66

1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงสู่กราฟได้อย่างไร



1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกมาลงสู่กราฟเขียนโยงกับแผนภาพให้ได้อย่างไร

3 คะแนน
ระดับใดถึง ระดับกลาง

นักเรียนผู้ทำแบบวัดฉบับนี้ใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาในการดำเนินการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ได้สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลายและมีความเหมาะสมกับปัญหาอธิบายเหตุผลในการใช้วิธีการแก้ปัญหาได้เข้าใจชัดเจน ดำเนินการตรวจสอบและสะท้อนผลการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพในรูปแบบของการใช้ตาราง แต่ไม่มีการบูรณาการข้อมูลหรือวิธีการเหล่านั้นในการแก้ปัญหา

นักเรียนคนนี้สามารถตอบคำถามได้เพียง 3 ประเด็น มีการใช้ตารางแสดงคำตอบที่คำถามต้องการถูกต้อง 3 ข้อได้อย่างสมบูรณ์ มีการใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์แต่แสดงข้อมูลของคำตอบไม่ถูกต้อง และไม่มีการสร้างสมการเพื่อหาคำตอบ

ฉบับที่อยู่ในระดับ ความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย

ตัวอย่างการตอบ

คำอธิบาย

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ : ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

1. การแข่งขัน A Math ระดับประเทศของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คณะกรรมการจัดการแข่งขันได้จัดรูปแบบการแข่งขันเป็นแบบพบกันหมด นับหมายความว่า

"กรณีที่ 1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 2 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 1 ครั้ง

กรณีที่ 2 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 3 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 3 ครั้ง

กรณีที่ 3 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 4 คน สามารถจัดการแข่งขันได้ 6 ครั้ง"

จากทั้ง 3 กรณีให้นักเรียนให้นักเรียนหาจำนวนครั้งที่จัดการแข่งขันเมื่อมีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

1.1 ถ้ามีผู้เข้าแข่งขัน 5 คน 6 คน 7 คน และ 100 คน

จะสามารถจัดการแข่งขันได้ทั้งหมดกี่ครั้ง?

ทราบได้อย่างไร จงอธิบาย?

สูตรการแข่งขันพบกันหมด
คือ $1+2 = 3$
 $5 \text{ คน} \rightarrow 10 \text{ ครั้ง}$
 $6 \text{ คน} \rightarrow 15 \text{ ครั้ง}$
 $7 \text{ คน} \rightarrow 21 \text{ ครั้ง}$
 $100 \text{ คน} \rightarrow 4950 \text{ ครั้ง}$

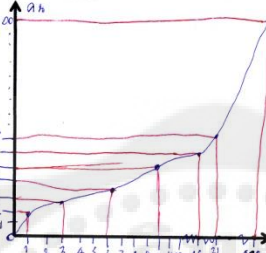
1.2 นักเรียนจะสามารถเขียนตารางแสดงรูปแบบของ

จำนวนที่เลือกกับลำดับของภาพได้อย่างไร

จำนวนคน	จำนวนครั้ง
2	1
3	3
4	6
5	10
6	15
7	21
100	4950

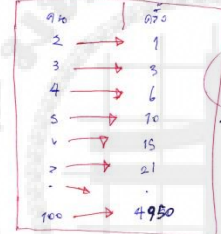
1.3 นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลในตารางมาลงพิกัด

ในกราฟได้อย่างไร



1.4 นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกจากกราฟไป

เชื่อมโยงกับแผนภาพใดได้สมการอย่างไร



นักเรียนผู้ตอบคำถามแบบวัดฉบับนี้
สามารถเข้าใจแบบรูปมากกว่า 1 แบบ
ใช้ทักษะและกระบวนการในการ
แก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ในการ
ดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้
สำเร็จด้วยวิธีที่หลากหลายเชื่อมโยงไป
ยังการสร้างกราฟที่เกิดจาก
ความสัมพันธ์ของแบบรูป สร้างสมการ
เพื่อแก้ปัญหาได้ ดังนี้

จำนวนครั้งของการจัดการแข่งขัน
เท่ากับ $\frac{(n-1)n}{2}$

โดยที่ n เป็นจำนวนของผู้เข้ารวมการ
แข่งขัน
(สามารถตอบโดยใช้ตัวแปรอื่นได้)

นักเรียนคนนี้ตอบคำถามได้ครบทั้ง 4
ประเด็น และแสดงคำตอบในรูปแบบของ
ตารางได้อย่างสมบูรณ์ จากนั้นแสดง
ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากตารางแสดง
คำตอบออกมาในรูปแบบของกราฟได้
อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังสามารถสร้าง
สมการเพื่อแก้ปัญหของแบบวัดข้อนี้ได้

อย่างถูกต้อง นั่นคือ $\frac{(x-1)x}{2}$



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายจิรายุ สงวนแก้ว
วันเดือนปีเกิด	3 กุมภาพันธ์ 2529
สถานที่เกิด	จังหวัดราชบุรี
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู คศ. 1 โรงเรียนเนกขัมวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 8
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2547	มัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนเบญจมราชูทิศ
พ.ศ. 2552	การศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ.) วิชาเอกคณิตศาสตร์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2560	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ