



การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม
โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน



ณฤศณ กรกัญญพัชร

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวัฒนธรรมทางการวัดผลการเรียนรู้

ปีการศึกษา 2569

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏ

การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม
โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้
ปีการศึกษา 2569
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม
โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน”

ของ ฌณภัค กรกัญญพัชร

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี จันทรเพ็ญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษยากาญจน์ โตพิทักษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลรังสรรค์)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณวงษ์)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกสัชกรประยุต ภูวรัตนาวีธ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน
ผู้วิจัย	ณณภัค กรกัญญพัชร
ประธานที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากาญจน์ โตพิทักษ์
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอี่ยมพร หลินเจริญ
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ ปร.ด. สาขาวิชานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2569
คำสำคัญ	แบบสอบวินิจัยสามระดับ, แผนที่ภาวะสันนิษฐาน, จำนวนเต็ม

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน 2) เพื่อหาคุณภาพของแบบสอบ และ 3) เพื่อวินิจัยความบกพร่องของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน สำหรับการสัมภาษณ์ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงเพื่อสร้างตัวเลือก และจำนวน 10 คน สำหรับการทดลองใช้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจภาษาเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลการสัมภาษณ์นักเรียน และแบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องและการวิเคราะห์เนื้อหา ระยะที่ 2 การหาคุณภาพแบบสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 90 คน สำหรับการศึกษาหน้าร่อง (คัดเลือก 30 คน เก็บข้อมูลด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง) และจำนวน 630 คน จากโรงเรียนสาธิตในสังกัดมหาวิทยาลัยนเรศวรในกำกับของรัฐ สำหรับการศึกษาหลัก เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบวินิจัยสามระดับ แบบบันทึกผลการวินิจัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง และระบบแบบสอบวินิจัยออนไลน์ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮนสำหรับตรวจสอบความตรงตามสภาพ การวิเคราะห์รายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ ด้วยโปรแกรม IRTPRO ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 และค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (EAP reliability) ระยะที่ 3 การวินิจัยความบกพร่อง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนกลุ่มเดียวกับการศึกษาหลักในระยะที่ 2 จำนวน 630 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 100 ข้อ ครอบคลุม 6 เนื้อหาย่อย ได้แก่ จำนวนเต็ม การบวก การลบ การคูณ การหาร และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

ผ่านเว็บไซต์ข้างต้น สถิติที่ใช้ ได้แก่ การจำแนกนักเรียนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักด้วยค่านิยาม ค่าความถี่ และร้อยละ จำแนกตามเนื้อหาย่อยทั้ง 6 เรื่อง

ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยข้อสอบ 100 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาย่อย 6 เรื่อง พัฒนาจากแผนที่ภาวะสันนิษฐานร่วมกับเทคนิคการคิด ออกเสียงกับนักเรียน 30 คน เพื่อสร้างตัวเลือกในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผลและระบบแบบสอบ วินิจฉัยแบบออนไลน์บนเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> ซึ่งสามารถแสดงผลการ วินิจฉัยรายบุคคลได้ทันที พร้อมระบบสำหรับครูผู้สอนใช้ติดตามผลการวินิจฉัยของนักเรียน 2) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ทุกด้าน ได้แก่ ด้านความตรงเชิงเนื้อหา ข้อสอบ ทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ด้านความตรงตามสภาพค่าสัดส่วนของความ สอดคล้องในภาพรวมคิดเป็นร้อยละ 86.11 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮนเท่ากับ 0.74 อยู่ใน ระดับสอดคล้องดี ด้านคุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม จากการวิเคราะห์ข้อสอบ 165 ข้อ พบว่า ผ่านเกณฑ์จำนวน 138 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 83.64 ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจ จำแนกสูงสุดในแต่ละจุดประสงค์ คงเหลือ 100 ข้อ สำหรับนำไปใช้ในการศึกษาหลัก ด้านคุณภาพราย ข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ ข้อสอบทั้ง 100 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.95 ถึง 2.50 ค่าความยากอยู่ระหว่าง -2.28 ถึง -0.08 และค่าการเดาอยู่ระหว่าง 0.09 ถึง 0.27 ผ่านเกณฑ์ทุกข้อ และด้านความเที่ยง ค่าสัมประสิทธิ์ KR-20 ของแบบสอบในแต่ละเนื้อหา ย่อยมีค่าตั้งแต่ 0.76 ถึง 0.81 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด และมีค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (EAP reliability) อยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.83 และ 3) ผลการวินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ถูกจำแนกอยู่ใน 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มขาดความรู้และกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง โดยเนื้อหาย่อยที่มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริงสูงสุด คือ เรื่อง จำนวนเต็มและการบวกจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 41.90 เท่ากัน ในขณะที่เนื้อหาย่อยที่มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มขาดความรู้สูงสุด คือ เรื่อง สมบัติของการบวกและ การคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 60.95 สำหรับกลุ่มที่มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน พบว่า กลุ่มมีมีโนทัศน์ คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวกมีสัดส่วนสูงสุดในเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 11.90 และการบวกจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 11.75 ส่วนกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ พบสัดส่วนน้อยมากในทุกเนื้อหาย่อยคิดเป็นร้อยละ 0.16 ถึง 0.63

Title DEVELOPMENT OF A THREE-TIER DIAGNOSTIC TEST ON INTEGERS
BY APPLYING CONSTRUCT MAPS

Author Chayapak Kornkunyaphat

Advisor Associate Professor Krittayakan Topithak, Ph.D.

Co-Advisor Assistant Professor Aumporn Lincharearn, Ph.D.

Academic Paper Ph.D. Thesis in Innovation of Learning Measurement,
Naresuan University, 2026

Keywords Three-tier diagnostic test, Construct maps, Integers

ABSTRACT

This research aimed to 1) develop a three-tier diagnostic test on integers by applying construct maps, 2) examine its quality, and 3) diagnose the deficiencies of Grade 7 students. It was conducted in three phases. Phase 1: Test construction. The samples were 30 Grade 7 students for think-aloud interviews to generate the response options and 10 for a tryout to verify language comprehension. The instruments were the student interview record form, and the content validity evaluation form, analyzed using the index of item-objective congruence (IOC) and content analysis. Phase 2: Examining test quality. The samples were 90 Grade 7 students for the pilot study (30 of whom were selected for think-aloud data collection) and 630 from demonstration schools affiliated with autonomous public universities for the main study. The instruments were the three-tier diagnostic test, the think-aloud diagnostic record form, and the online diagnostic testing system. The statistics used were item difficulty and discrimination based on classical test theory; the proportion of agreement and Cohen's kappa coefficient for concurrent validity; item analysis based on the three-parameter logistic model (3PLM) of item response theory using IRTPRO; the KR-20 reliability coefficient; and information-based reliability (EAP reliability). Phase 3: Diagnosing deficiencies. The samples were the same 630 students from Phase 2. The instrument was the three-tier diagnostic test on integers, comprising 100 items across six subtopics—integers, addition, subtraction, multiplication, division, and

the properties of addition and multiplication of integers—administered through the aforementioned website. The statistics used were the classification of students into the main diagnostic groups using the mode, frequency, and percentage, by all six subtopics.

The results were as follows: The three-tier diagnostic test consisted of 100 items across six subtopics, developed from construct maps with the think-aloud technique (30 students) to generate the content-tier and reasoning-tier options, along with an online diagnostic system at <https://integer-diagnostic.pages.dev/>, which displays individual results immediately and lets teachers monitor their students' diagnoses. The test met all quality criteria. For content validity, every item had an IOC index of 0.50 or higher. For concurrent validity, the overall proportion of agreement was 86.11% and Cohen's kappa was 0.74, a good level of agreement. For item quality under classical test theory, 138 of 165 items (83.64%) met the criteria; the researcher selected those with the highest discrimination per objective, leaving 100 items for the main study. Under the 3PLM, all 100 items had discrimination from 0.95 to 2.50, difficulty from -2.28 to -0.08, and guessing from 0.09 to 0.27, all meeting the criteria. For reliability, the KR-20 coefficient per subtopic ranged from 0.76 to 0.81, meeting the criterion, and the information-based reliability (EAP reliability) ranged from 0.60 to 0.83. Diagnosis of the 630 Grade 7 students found that most were classified into two main groups: Lack of Knowledge and Knowledge. The subtopics with the highest proportion in the Knowledge group were integers and addition of integers, both at 41.90%, while the highest proportion in the Lack of Knowledge group was in the properties of addition and multiplication of integers, at 60.95%. Among the misconception groups, the Misconception–False Positive group was highest in multiplication of integers, at 11.90%, and in addition of integers, at 11.75%. The Lucky Guess/Lack of Confidence group appeared in very small proportions across all subtopics, from 0.16% to 0.63%.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากาญจน์ โตพิทักษ์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาใช้เวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในทุกขั้นตอนของการวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี จันทรพิ้ง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายฝน วิบูลย์รังสรรค์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณวงษ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงเครื่องมือ

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณาจารย์ และนักเรียนของโรงเรียนสาธิตในสังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ ทั้ง 16 โรงเรียน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ที่ได้กรุณาอนุญาตให้ผู้วิจัยศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก สนับสนุนทุนการศึกษา และอนุเคราะห์เป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษานำร่อง

ขอขอบพระคุณคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยนิสิตบัณฑิตศึกษาที่มีศักยภาพสูง ประจำปีงบประมาณ 2568 (รอบ 2) ซึ่งเป็นกำลังสำคัญที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการได้อย่างราบรื่น และขอขอบคุณหัวหน้างานและเพื่อนร่วมงานทุกท่าน ที่ได้ให้กำลังใจและเอื้อเฟื้อเวลาในการทำงาน เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจ ความเข้าใจ และเป็นแรงผลักดันสำคัญตลอดระยะเวลาของการศึกษา ทำให้ผู้วิจัยมีพลังในการมุ่งมั่นทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชา พระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

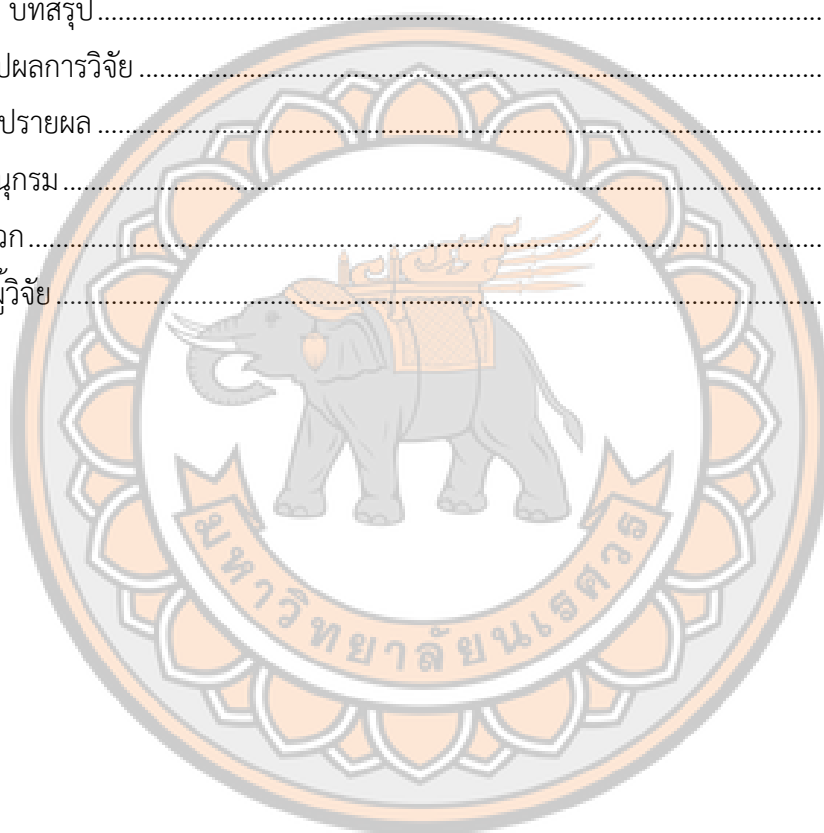
ณ ญักษ์ กรกัญญพัชร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศศุณูปการ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามของการวิจัย	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตของงานวิจัย	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
ตอนที่ 1 การวินิจฉัยทางการศึกษา	13
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแผนที่ภาวะสันนิษฐาน	20
ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ	39
ตอนที่ 4 สารและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.....	58
ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	75
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	78
ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้ แผนที่ภาวะสันนิษฐาน	79
ระยะที่ 2 การหาคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้ แผนที่ภาวะสันนิษฐาน	85
ระยะที่ 3 การวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	106

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	116
ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบสอบถามวิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้ แผนที่ภาวะสันนิษฐาน	116
ตอนที่ 2 ผลการหาคุณภาพแบบสอบถามวิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้ แผนที่ภาวะสันนิษฐาน	264
ตอนที่ 3 ผลการวิจัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบถามวิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	307
บทที่ 5 บทสรุป.....	331
สรุปผลการวิจัย	331
อภิปรายผล	340
บรรณานุกรม	354
ภาคผนวก.....	363
ประวัติผู้วิจัย	451



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 รูปแบบการวินิจฉัยนักเรียนจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ	33
ตาราง 2 การจำแนกประเภทนักเรียนตามความเป็นไปได้ทั้งหมดในการตอบแบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	41
ตาราง 3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 จำแนก ตามขั้น	60
ตาราง 4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.2 จำแนก ตามขั้น	61
ตาราง 5 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.3 จำแนก ตามขั้น	62
ตาราง 6 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มาตรฐาน ค 2.1 จำแนก ตามขั้น	63
ตาราง 7 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มาตรฐาน ค 2.2 จำแนก ตามขั้น	65
ตาราง 8 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มาตรฐาน ค 3.1 จำแนก ตามขั้น	67
ตาราง 9 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มาตรฐาน ค 3.2 จำแนก ตามขั้น	68
ตาราง 10 โครงสร้างเวลาเรียนในรายวิชาพื้นฐาน คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1	68
ตาราง 11 โครงสร้างเวลาเรียนและจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง จำนวนเต็ม	69
ตาราง 12 ตัวอย่างข้อคำถามการวินิจฉัยและรูปแบบการตอบทั้ง 6 กลุ่ม	93
ตาราง 13 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม	118
ตาราง 14 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม	125
ตาราง 15 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม	137
ตาราง 16 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม	155
ตาราง 17 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม	164
ตาราง 18 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณ จำนวนเต็ม	176

ตาราง 19 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจากคำบรรยายความสามารถระดับมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง จำนวนเต็ม และผังการออกข้อสอบ	189
ตาราง 20 ตัวอย่างข้อมูลจากการสัมภาษณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างตัวเลือกในแบบสอบวินิจฉัย ในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา และระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	195
ตาราง 21 การปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	246
ตาราง 22 สรุปผลการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบวินิจฉัยสามระดับจากการศึกษานำร่อง	263
ตาราง 23 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ส่งข้อมูลสมบูรณ์ จำแนกตามโรงเรียนและภูมิภาค	265
ตาราง 24 ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) จำแนกตามเนื้อหาย่อย (n = 30).....	267
ตาราง 25 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม (n = 30)	268
ตาราง 26 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม (n = 30).....	269
ตาราง 27 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม (n = 30)	270
ตาราง 28 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม (n = 30)	271
ตาราง 29 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม (n = 30).....	272
ตาราง 30 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม (n = 30).....	273
ตาราง 31 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในภาพรวม เรื่อง จำนวนเต็ม (n = 30)	275
ตาราง 32 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม.....	276
ตาราง 33 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม	277

ตาราง 34 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิด ออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม.....	278
ตาราง 35 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิด ออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม.....	279
ตาราง 36 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิค การคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิด เชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม	280
ตาราง 37 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิด ออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	281
ตาราง 38 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิด ออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในภาพรวม เรื่อง จำนวนเต็ม	282
ตาราง 39 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม (n = 90).....	284
ตาราง 40 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม (n = 90).....	285
ตาราง 41 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม (n = 90).....	287
ตาราง 42 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม (n = 90).....	288
ตาราง 43 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม (n = 90)	289
ตาราง 44 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณ จำนวนเต็ม (n = 90).....	291
ตาราง 45 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทั้ง 6 เรื่อง (n = 90).....	293
ตาราง 46 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม (n = 630).294	
ตาราง 47 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม (n = 630).....	295
ตาราง 48 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม (n = 630).....	296
ตาราง 49 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม (n = 630).....	297

ตาราง 50 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม (n = 630).....	298
ตาราง 51 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม (n = 630).....	299
ตาราง 52 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) (n = 630).....	300
ตาราง 53 ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำแนกตามเนื้อหาย่อย (n = 630).....	301
ตาราง 54 ค่าสารสนเทศสูงสุด ระดับความสามารถค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ในการวัดและค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ จำแนกตามเนื้อหาย่อย.....	303
ตาราง 55 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630).....	310
ตาราง 56 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม (n = 630).....	312
ตาราง 57 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่ม การวินิจฉัย (n = 630).....	313
ตาราง 58 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม (n = 630).....	315
ตาราง 59 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630)	316
ตาราง 60 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม (n = 630).....	318
ตาราง 61 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630).....	319
ตาราง 62 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม (n = 630).....	321
ตาราง 63 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630).....	322
ตาราง 64 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม (n = 630).....	324
ตาราง 65 ผลการวินิจฉัยรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630).....	325

ตาราง 66 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของ การบวกและการคูณจำนวนเต็ม ($n = 630$)	328
ตาราง 67 ผลการวินิจฉัยในภาพรวม จำแนกตามเนื้อหาย่อยและกลุ่มการวินิจฉัยหลัก ($n = 630$).329	



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 รูปแบบการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับโดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ...	9
ภาพ 2 แผนที่ภาวะสันนิษฐานแสดงระดับความสามารถของนักเรียนและแสดงระดับของคุณลักษณะ ที่นักเรียนแสดงออก	21
ภาพ 3 แผนที่ภาวะสันนิษฐานแสดงมโนทัศน์ และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่อง “โลกในระบบสุริยจักรวาล”	23
ภาพ 4 ตัวอย่างตำแหน่งของเส้นแบ่งระดับความเข้าใจเกี่ยวกับการคูณและการหาร	26
ภาพ 5 คำบรรยายสรุประดับความเข้าใจเกี่ยวกับการคูณและการหาร	27
ภาพ 6 ตัวอย่างคำถามในแบบสอบวินิจัยหลายตัวเลือกสี่ระดับ เรื่อง ความรู้ลึกเชิงจำนวน	74
ภาพ 7 กรอบแนวคิดในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน	77
ภาพ 8 หน้าหลักของระบบแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม	91
ภาพ 9 ตัวอย่างหน้าแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม และการลบ จำนวนเต็ม	92
ภาพ 10 หน้าผลการวินิจฉัยรายบุคคลรายข้อ	95
ภาพ 11 หน้าสรุปผลการวินิจฉัยรายบุคคลในภาพรวม	98
ภาพ 12 หน้าผลการวินิจฉัยสำหรับอาจารย์	99
ภาพ 13 หน้าหลักของระบบแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม	107
ภาพ 14 ตำแหน่งจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) เรื่อง จำนวนเต็ม	108
ภาพ 15 ตัวอย่างหน้าแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และ สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	110
ภาพ 16 หน้าผลการวินิจฉัยรายบุคคลรายข้อ	112
ภาพ 17 หน้าสรุปผลการวินิจฉัยรายบุคคลในภาพรวม	113
ภาพ 18 หน้าผลการวินิจฉัยสำหรับอาจารย์	114
ภาพ 19 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	115
ภาพ 20 ตำแหน่งจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) เรื่อง จำนวนเต็ม	117
ภาพ 21 แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 6 เรื่อง	262
ภาพ 22 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม	304
ภาพ 23 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม	304

ภาพ 24 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การลบจำนวนเต็ม.....	305
ภาพ 25 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม.....	305
ภาพ 26 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การหารจำนวนเต็ม.....	306
ภาพ 27 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณ จำนวนเต็ม.....	306
ภาพ 28 ผลการวินิจัยในภาพรวม	330



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากนำไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งถือเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรและเศรษฐกิจของประเทศ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับยุคดิจิทัล (สำรวน ชินจันทิก และพัชร จันทรเพ็ญ, 2563) ดังนั้น การเตรียมนักเรียนให้พร้อมให้มีความสามารถทางคณิตศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและสภาพแวดล้อม สามารถอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จนั้นจำเป็นต้องเตรียมนักเรียนจำเพาะบุคคลให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ โดยสามารถกำหนดทิศทางการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง พร้อมทั้งจะประกอบอาชีพ เมื่อสำเร็จการศึกษา หรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้น สถานศึกษาควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามศักยภาพของนักเรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.), 2560) จากผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชาติและนานาชาติ ในปีการศึกษา 2565 พบว่า ในระดับชาติ (National Testing: NT) ความสามารถพื้นฐานในด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทั่วประเทศ มีคะแนนเฉลี่ย 49.12 สอดคล้องกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET) ที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ย 28.06 มัธยมศึกษาปีที่ 3 คะแนนเฉลี่ย 24.39 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 คะแนนเฉลี่ย 21.16 ซึ่งทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นต่ำ นอกจากนี้ผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลด้านคณิตศาสตร์ในโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) จัดโดย OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ใน ค.ศ. 2012 มีคะแนนเฉลี่ย 427 คะแนน ค.ศ. 2015 มีคะแนนเฉลี่ย 415 คะแนน และ ค.ศ. 2018 มีคะแนนเฉลี่ย 419 คะแนน ยังต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) โดยผลประเมินครั้งล่าสุด ใน ค.ศ. 2022

พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 394 คะแนน ซึ่งยังคงต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD และมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับคะแนนเฉลี่ยในการสอบทุกครั้งที่ผ่านมา นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนไทยที่มีระดับความสามารถด้านคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไป ซึ่งเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนสามารถใช้ทักษะและความรู้ในชีวิตจริงได้มีอยู่เพียงร้อยละ 32 อีกร้อยละ 68 อยู่ต่ำกว่าระดับ 2 คือ มีความสามารถต่ำกว่าระดับพื้นฐาน (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566)

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แบ่งออกเป็น 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น โดยสาระการเรียนรู้จำนวนและพีชคณิต นับว่าเป็นสาระการเรียนรู้ที่ควรให้ความสำคัญและควรพัฒนาเป็นลำดับแรก เนื่องจากเป็นพื้นฐานของทุกสาระการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับสมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (Mathematics, 2000) ของสหรัฐอเมริกาที่ได้ระบุไว้ในหลักการและมาตรฐานสำหรับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน (principles and standards for school mathematics) ว่าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับก่อนอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 อยู่บนรากฐานของจำนวน ทั้งสิ้นทั้งคุณลักษณะทางเรขาคณิตและการวัดก็ถูกอธิบายด้วยจำนวน หลักการที่ใช้ในการแก้สมการในพีชคณิตก็คือสมบัติในระบบจำนวน และในเรื่องที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดก็เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของจำนวน ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง จำนวนเต็ม จะเป็นเนื้อหาแรกที่ได้เรียนซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับการดำเนินการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนเต็ม ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ ในทุกสาระการเรียนรู้และทุกชั้นในระดับมัธยมศึกษา นอกจากนั้นคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ต่อเนื่องเป็นลำดับขั้น การเรียนรู้บางเนื้อหาบางเรื่องทำไม่ได้เลยถ้าไม่เรียนรู้เรื่องที่เคยเรียนมาก่อน เช่น ต้องเรียนการบวกก่อนเรียนการคูณ เรียนเรื่องการลบก่อนเรียนเรื่องการหาร หากนักเรียนมีความบกพร่องในการเรียนในเรื่องนี้ และไม่ได้รับการช่วยเหลือหรือพัฒนา ย่อมส่งผลทำให้เกิดความล้มเหลวในการเรียนเนื้อหานั้น ๆ และเนื้อหาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นอย่างแน่นอน เนื่องจาก พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หากนักเรียนมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ดีย่อมทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ดีไปด้วย (ดวงเดือน อ่อนน่วม, 2533; พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2545; เมธาสิทธิ์ ธีรรัตนศรีสกุล, 2558)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดแนวทางการวัดและประเมินหลักสูตรแกนกลางวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ว่า นักเรียนต้องได้รับการพัฒนาและประเมินผลตามมาตรฐานและตัวชี้วัดเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่กำหนด ครูผู้สอนจึงต้องดำเนินการประเมินเพื่อตรวจสอบพัฒนาการเรียนรู้

เพื่อนำไปสู่การวางแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับศักยภาพของนักเรียนรายบุคคล รายกลุ่ม หรือรายห้องเรียน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ผู้สอน ต้องหาสาเหตุของการเรียนรู้ข้อบกพร่องของนักเรียนก่อน ไม่ใช่เป็นการวัดผลและประเมินผล เพื่อตัดสินได้หรือตกของนักเรียนเพียงอย่างเดียว หรือมุ่งเน้นการวัดสมรรถนะหลักโดยรวม ของนักเรียนเป็นหลักเท่านั้น แต่ต้องมีการพัฒนานักเรียนเป็นรายบุคคล แก้ปัญหาให้ตรงจุดบกพร่อง ของนักเรียน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบเพื่อวินิจฉัยหาข้อบกพร่องของนักเรียน และนำผล การวินิจฉัยมาใช้ในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและพัฒนาเต็มศักยภาพ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2546) การวินิจฉัยความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์จะช่วยให้ครูผู้สอน ค้นพบข้อบกพร่องและอุปสรรคในการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อพัฒนานักเรียนเป็นรายบุคคลและ แก้ปัญหาให้ตรงจุดอ่อน อันเป็นแนวทางที่ช่วยลดข้อบกพร่องของนักเรียนและยกระดับคุณภาพ การเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การวินิจฉัยนักเรียนประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินหลากหลาย ในการ ทดสอบขนาดใหญ่ การใช้แบบสอบวินิจฉัย (diagnostic tests) เป็นเครื่องมือที่วินิจฉัยข้อบกพร่องที่ดี ที่สุดในบรรดาแบบทดสอบทั้งหลาย (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2545) แบบทดสอบที่ใช้ในการวินิจฉัย เป็นแบบทดสอบปรนัยหลายตัวเลือกแบบเดิม (tradition multiple-choice) มีข้อจำกัด คือ ไม่ สามารถแสดงเหตุผลในการเลือกตอบ และนักเรียนอาจให้คำตอบที่ถูกแต่เหตุผลผิด หรือให้คำตอบที่ ผิดแต่เหตุผลถูก จึงมีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย สองระดับ (two-tier diagnostic tests) เพื่อแก้ ข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยปรนัยหลายตัวเลือกแบบเดิม แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ แบ่งเป็นสอง ระดับ โดยระดับแรกเป็นการแสดงคำตอบ (answer tier) ส่วนระดับที่สองแสดงเหตุผลในการตอบ (reason tier) แต่แบบสอบวินิจฉัยสองระดับยังคงมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถจำแนกการตอบผิดว่ามา จากมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) หรือการขาดความรู้ (lack of knowledge) และไม่สามารถแยกความแตกต่างของนักเรียนที่ตอบถูกจากความเข้าใจ (correct knowledge) หรือตอบถูก จากการเดา (lucky guess) ได้ (ธนบดี อินหากรวด, 2560; สุรเดช อนันตสวัสดิ์, 2560; Caleon & Subramaniam, 2009) จึงมีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (three-tier diagnostic tests) ขึ้นมาเพื่อแก้ไข โดยเพิ่มระดับที่สาม คือ ความมั่นใจในการตอบ (confidence tier) เพื่อแก้ข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ ทำให้สามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มต่าง ๆ นั่นคือ แยกความแตกต่างของนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) กับนักเรียนที่ขาดความรู้ (lack of knowledge) และสามารถแยกนักเรียนที่ตอบถูกจากความเข้าใจ (correct knowledge) กับนักเรียนที่ตอบถูกจากการเดา (lucky guess) ได้ (เลิศบุษยา ไทยเจริญ, 2558) ในปัจจุบัน มีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับ (four-tier diagnostic tests) โดยได้แยกระดับที่สาม คือ

ความมั่นใจในการตอบ (confidence tier) ออกเป็นความมั่นใจในการตอบคำตอบ (confidence of answer tier) และความมั่นใจในการตอบเหตุผล (confidence of reason tier) ซึ่งจะส่งผลให้สามารถแยกความแตกต่างของนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) กับนักเรียนที่ขาดความรู้ (lack of knowledge) และสามารถแยกนักเรียนที่ตอบถูกจากความเข้าใจ (correct knowledge) กับนักเรียนที่ตอบถูกจากการเดา (lucky guess) ได้ดีกว่าแบบสอบวินิจัยแบบสามระดับ แต่เมื่อนำผลการวินิจัยของแบบสอบวินิจัยสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับมาเปรียบเทียบกัน กลับพบว่าผลการวินิจัยมีความสอดคล้องกันในระดับปานกลางและมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น ควรเลือกใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับมากกว่าแบบสอบวินิจัยสี่ระดับ เนื่องจากแบบสอบวินิจัยสามระดับเป็นแบบสอบที่ประหยัดเวลาในการสร้างและประหยัดเวลาในการสอบมากกว่าแบบสอบวินิจัยสี่ระดับ (ธนบดี อินทาคกรวด, 2560; ศุภามณ จันทร์สกุล, 2561; Caleon & Subramaniam, 2009) ถึงแม้ว่าแบบสอบวินิจัยสามระดับจะมีข้อดีที่สามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้ แต่แบบสอบวินิจัยสามระดับยังไม่สามารถให้รายละเอียดการตอบสนองของนักเรียนอันแสดงถึงความสามารถของนักเรียน การสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct maps) จะเป็นการให้รายละเอียดการตอบสนองของนักเรียน (description of response) และรายละเอียดความสามารถของนักเรียน (description of respondent) ซึ่งจะทำให้ได้สารสนเทศที่ละเอียดมากขึ้น เนื่องจาก แผนที่ภาวะสันนิษฐานในแต่ละระดับอ้างอิงคำบรรยายมาจากคำตอบของนักเรียนซึ่งคำตอบของนักเรียนจะเป็นหลักฐานอย่างดีเพื่อตีความและสรุปอ้างอิงความสามารถของนักเรียนให้ชัดเจนขึ้น สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาข้อสอบและแบบสอบได้ สามารถใช้เป็นฐานการพัฒนาคำบรรยายระดับความสามารถ ในกรณีที่ไม่มีคำบรรยายระดับความสามารถ นอกจากนั้นยังช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนเข้าใจความคิดของผู้เชี่ยวชาญคนอื่น ๆ ในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่ตรงกัน เนื่องจาก แผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นส่วนเชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคะแนนสอบเข้ากับคำบรรยายระดับความสามารถ (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; Schulz, 2013; Wilson, 2005; Wilson et al., 2011; Wyse, 2014)

นักเรียนโรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐอุดรธานีในสังกัดไทย ว่าเป็นนักเรียนที่มีความสามารถทางวิชาการสูงกว่านักเรียนในสังกัดอื่น ๆ เนื่องจาก มีผลการทดสอบทางการศึกษาทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ สูงกว่าค่าเฉลี่ยของการสอบในแต่ละรายการ เช่น ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2564 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยในระดับประเทศ และหากจำแนกคะแนนเฉลี่ยตามสาระการเรียนรู้ พบว่า ในสาระจำนวนและพีชคณิตมีคะแนนเฉลี่ย 24.64 คะแนน จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน สาระการวัดและเรขาคณิตมีคะแนนเฉลี่ย 13.54 คะแนน จากคะแนนเต็ม 34.50 คะแนน และในสาระสถิติและความน่าจะเป็น

มีคะแนนเฉลี่ย 7.04 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15.50 คะแนน จะเห็นว่าทุกสาระมีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50 สะท้อนให้เห็นว่ามีนักเรียนโรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐบางส่วน มีความบกพร่องในการเรียนคณิตศาสตร์ และถึงแม้มีนักเรียนบางส่วนทำคะแนนในการสอบได้สูง ผลคะแนนก็ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าคะแนนที่ได้นั้นเกิดจากความเข้าใจในเนื้อหาจริง ๆ หรือเกิดจากการเดา แบบสอบวินิจฉัยเป็นแบบสอบที่ใช้ค้นหาความบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล ผลการตอบแบบสอบถามสามารถบอกได้ว่านักเรียนบกพร่องในทักษะใด และบอกสาเหตุของความบกพร่องนั้น ข้อบกพร่องอาจเป็นความบกพร่องของนักเรียน หรือของครูผู้สอนก็ได้ บางโอกาสอาจเจอจุดเด่นหรือความสามารถพิเศษของนักเรียนก็ได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานกับนักเรียนโรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ เพื่อเป็นแนวทางในการวินิจฉัยข้อบกพร่องพร้อมทั้งสาเหตุของข้อบกพร่องของนักเรียน และนำผลที่ได้มาปรับปรุงการสอน ซ่อมเสริม หรือส่งเสริม นักเรียนได้อย่างตรงประเด็นความบกพร่อง

คำถามของการวิจัย

1. แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะอย่างไร
2. แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีคุณภาพด้านความตรง ความเที่ยง และคุณภาพรายข้อ เป็นอย่างไร
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่ม การวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน
2. เพื่อหาคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน
3. เพื่อวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ความสำคัญของการวิจัย

ความสำคัญของการวิจัยแบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่

1. ด้านวิชาการ

1.1 เกิดความรู้ใหม่เกี่ยวกับแนวทางพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ

1.2 ได้แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม ที่เหมาะสมต่อบริบทของนักเรียนโรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งจะทำให้ทราบคุณภาพของนักเรียนจากการวัดความรู้ เรื่อง จำนวนเต็ม ที่ครูควรแก้ไขก่อนการเรียนการสอนจะดำเนินไปในเนื้อหาที่สูงขึ้น

2. ด้านการปฏิบัติ

2.1 ผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาต่อ เช่น นักวิจัยมี แนวคิดในการสร้างหรือการพัฒนาแบบสอบวินิจัยในวิชาคณิตศาสตร์ในรูปแบบอื่น ๆ แบบสอบวินิจัยสามระดับในรูปแบบใดที่มีคุณภาพดีเหมาะสมต่อการไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน การต่อยอดการพัฒนาแบบสอบวินิจัยสี่ระดับหรือหลายระดับ ความบกพร่องในเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องใดที่ควรนำไปปรับปรุงการเรียนการสอน วิธีวิทยาการวิจัย หรือวิธีการวัดและประเมินผลทางการศึกษาในงานวิจัย

2.2 ผู้สอนสามารถนำแนวทางการสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับไป ประยุกต์ใช้ในการวินิจัยผู้เรียนเพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ใช้เนื้อหาจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วยเนื้อหาย่อย 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม โดยมีขอบเขตการวิจัยจำแนกตามวัตถุประสงค์ออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จำนวน 40 คน ได้มาโดยการเลือกแบบ

เจาะจง (purposive sampling) แบ่งเป็น 30 คน สำหรับเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) เพื่อสร้างตัวเลือก และ 10 คน สำหรับการทดลองใช้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจภาษา

ตัวแปรที่ศึกษา คือ แผนทีภาวะสันนิษฐาน คำบรรยายความสามารถ และคำบรรยายคำตอบ เรื่อง จำนวนเต็ม

ระยะที่ 2 การหาคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษานำร่อง (pilot study)

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จำนวน 90 คน (กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน กลุ่มละ 30 คน) ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ประกอบด้วย 1) คุณภาพรายข้อ วิเคราะห์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) ได้แก่ ค่าความยาก (item difficulty: p) และค่าอำนาจจำแนก (item discrimination: D) โดยใช้เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% และ 2) ความเที่ยง (reliability) พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ three-tier composite scoring [1, 1, 1]

ตอนที่ 2 การศึกษาหลัก (main study)

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากโรงเรียนสาธิตในสังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับของรัฐ 6 โรงเรียน ครอบคลุม 6 ภูมิภาคของประเทศไทย ที่ตอบแบบสอบครบทั้ง 6 เนื้อหาย่อย จำนวน 630 คน

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ประกอบด้วย 1) คุณภาพรายข้อ วิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ 2) ความเที่ยง (reliability) พิจารณาจากค่าความเที่ยงแบบ EAP (Expected A Posteriori) จากการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ และ 3) ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion-related validity) แบบความตรงตามสภาพ (concurrent validity) โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) วิเคราะห์จากค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (percent agreement) ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) และร้อยละของผลการวินิจฉัยมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนในภาพรวมที่ตรงกัน (สัดส่วนนักเรียนที่ผลการวินิจฉัยกลุ่มมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก แบบผิดเชิงลบ และมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน ในแบบสอบแต่ละฉบับตรงกับผลจากเทคนิคการคิดออกเสียง)

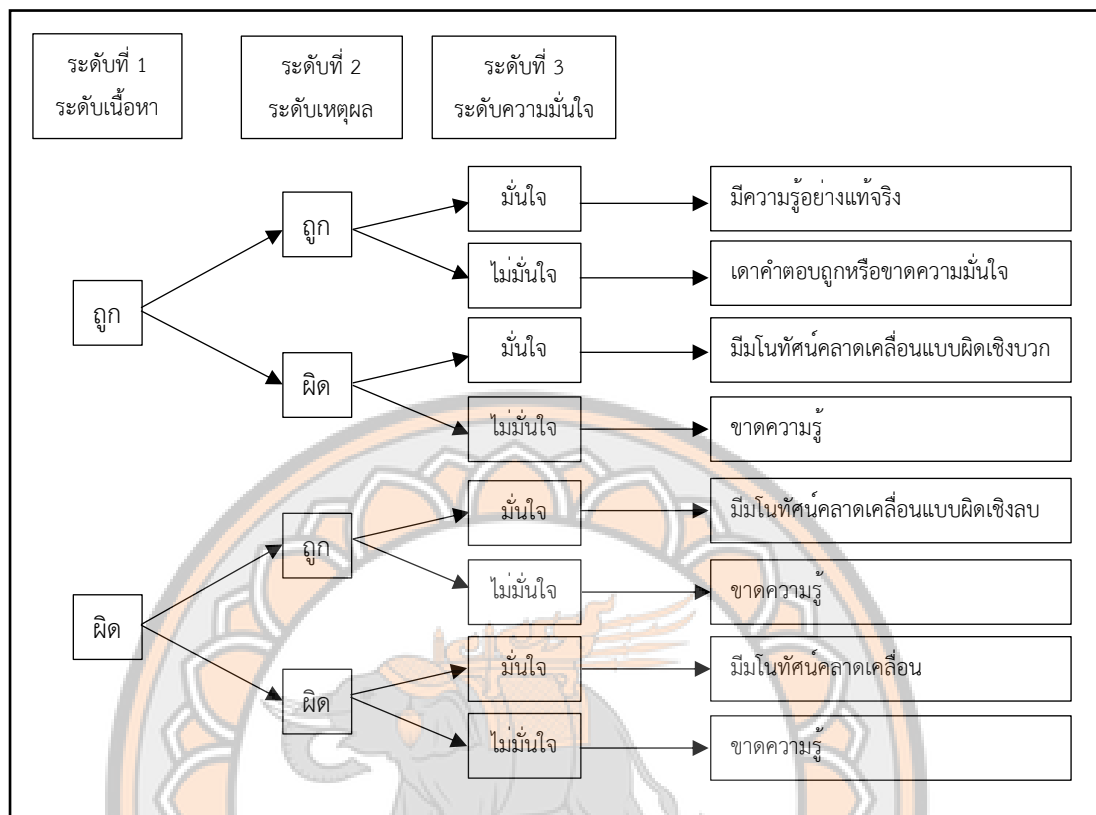
ระยะที่ 3 การวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนกลุ่มเดียวกับการศึกษาหลักในระยะที่ 2 จำนวน 630 คน

ตัวแปรที่ศึกษา คือ ผลการวินิจฉัยความบกพร่อง โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) ขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) 5) เดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess/lack of confidence: LG/LC) และ 6) มีความรู้อย่างแท้จริง (scientific knowledge: KL) พร้อมให้ข้อมูลย้อนกลับโดยรายงานผลการวินิจฉัยเป็นรายบุคคล

นิยามศัพท์เฉพาะ

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง แบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นจากแผนที่ภาวะสันนิษฐานด้วยชุดของคำถามที่ประกอบด้วย 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือก แสดงคำตอบ ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือก แสดงเหตุผลในการตอบ และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) เป็นข้อคำถามให้เลือกตอบมั่นใจหรือไม่มั่นใจ การให้คะแนนในแต่ละระดับของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับให้คะแนนแบบ 2 ค่า โดยมีรูปแบบการวินิจฉัย ตามแนวคิดของ Arslan et al. (2012) 6 รูปแบบ ได้แก่ 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) คือ ตอบระดับที่ 1 ถูก ระดับที่ 2 ถูก และระดับที่ 3 มั่นใจ 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) คือ ตอบระดับที่ 1 ถูก ระดับที่ 2 ผิด และระดับที่ 3 มั่นใจ 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) คือ ตอบระดับที่ 1 ผิด ระดับที่ 2 ถูก และระดับที่ 3 มั่นใจ 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) คือ ตอบระดับที่ 1 ผิด ระดับที่ 2 ผิด และระดับที่ 3 มั่นใจ 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess: LG) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence: LC) คือ ตอบระดับที่ 1 ถูก ระดับที่ 2 ถูก และระดับที่ 3 ไม่มั่นใจ และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) คือ ตอบระดับที่ 1 และ 2 ผิด หรือตอบระดับที่ 1 หรือ 2 ผิด และระดับที่ 3 ไม่มั่นใจ ดังภาพ 1



ภาพ 1 รูปแบบการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ
โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง โครงสร้างของความสามารถทางคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนเต็มในรูปแบบของความต่อเนื่องจากระดับต่ำไปสูง ประกอบด้วยจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) จำนวน 6 จุด เรียงจากต่ำสุดไปสูงสุด ดังนี้ 1) ขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) 5) เดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess/lack of confidence: LG/LC) และ 6) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) แต่ละจุดมีคำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบที่ระบุลักษณะของนักเรียนในจุดนั้น ๆ

กลุ่มการวินิจฉัย หมายถึง กลุ่มที่จำแนกผู้เรียนตามรูปแบบการตอบในแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ จำแนกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) หมายถึง ผู้เรียนที่มีรูปแบบการตอบ [1, 1] คือ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ สะท้อนว่าผู้เรียนมี

ความเข้าใจในเนื้อหาอย่างสมบูรณ์ สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งด้านเนื้อหาและเหตุผล และมีความมั่นใจในคำตอบ ผู้เรียนกลุ่มนี้สามารถต่อยอดความรู้โดยศึกษาเนื้อหาในระดับที่สูงขึ้น

กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) หมายถึง ผู้เรียนที่มีรูปแบบการตอบ [1, 0, 1] คือ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบผิดในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ สะท้อนว่าผู้เรียนตอบเนื้อหาได้ถูกต้องและมีความมั่นใจในคำตอบ แต่ใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ถูกต้องในการสนับสนุนคำตอบ ผู้เรียนกลุ่มนี้ควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าใจที่มาของคำตอบอย่างแท้จริง

กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) หมายถึง ผู้เรียนที่มีรูปแบบการตอบ [0, 1, 1] คือ ตอบผิดในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ สะท้อนว่าผู้เรียนเข้าใจเหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและมีความมั่นใจในการตอบ แต่ตอบเนื้อหาไม่ถูกต้อง แสดงว่าผู้เรียนมีหลักการที่ถูกต้องแต่ประยุกต์ใช้ผิดในการเลือกคำตอบ ผู้เรียนกลุ่มนี้ควรทบทวนเนื้อหาเพื่อเชื่อมโยงหลักการที่เข้าใจกับการเลือกคำตอบที่ถูกต้อง

กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) หมายถึง ผู้เรียนที่มีรูปแบบการตอบ [0, 0, 1] คือ ตอบผิดในระดับเนื้อหา ตอบผิดในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ สะท้อนว่าผู้เรียนตอบทั้งเนื้อหาและเหตุผลไม่ถูกต้อง แต่ยังมีเชื่อมั่นในคำตอบ แสดงว่าผู้เรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอย่างชัดเจนและมั่นใจในความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้น ผู้เรียนกลุ่มนี้ควรทบทวนเนื้อหาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องเพื่อปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ใหม่

กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess or lack of confidence: LG/LC) หมายถึง ผู้เรียนที่มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 0] คือ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และไม่มั่นใจในการตอบ ซึ่งอาจสะท้อนว่าผู้เรียนเดาคำตอบถูกโดยบังเอิญ หรือมีความรู้แต่ยังขาดความมั่นใจในตนเอง ผู้เรียนกลุ่มนี้ควรทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเพื่อเสริมความมั่นใจในการตอบ

กลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) หมายถึง ผู้เรียนที่มีรูปแบบการตอบ [0, 0, 0], [0, 1, 0] หรือ [1, 0, 0] คือ ตอบผิดอย่างน้อยหนึ่งระดับ (ระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผล) และไม่มั่นใจในการตอบ สะท้อนว่าผู้เรียนตอบเนื้อหาหรือเหตุผลทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจในคำตอบ แสดงว่าผู้เรียนยังไม่มีความรู้ในเนื้อหาเพียงพอ ผู้เรียนกลุ่มนี้ควรทบทวนเนื้อหาทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทางคณิตศาสตร์ และทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม เพื่อเสริมความรู้และความมั่นใจในการตอบตั้งแต่พื้นฐาน

ความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับเนื้อหาจำนวนเต็มที่คลาดเคลื่อนไปจากความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องตามหลักวิชา ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระจำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตาม

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 โดยจำแนกจากรูปแบบการตอบจากแบบสอบวินิจัยสามระดับ ในระดับเนื้อหา ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ ตามกลุ่มการวินิจัย 5 กลุ่ม ได้แก่ มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (MFP) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (MFN) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) เดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (LG/LC) และขาดความรู้ (LK)

เกณฑ์การวินิจัย หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้จำแนกผู้เรียนเข้ากลุ่มการวินิจัยหลัก โดยพิจารณาจากค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มการวินิจัยที่ผู้เรียนได้รับจากข้อสอบทุกข้อในเนื้อหาห้อยเดียวกัน กรณีที่ผู้เรียนมีจำนวนข้อที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไปเท่ากัน จะจำแนกผู้เรียนเข้ากลุ่มที่ต้องได้รับการดูแลและแก้ไขมากที่สุดก่อน เพื่อให้มั่นใจว่าผู้เรียนทุกคนที่อาจมีปัญหาก็จะได้รับการช่วยเหลืออย่างทั่วถึง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบสอบวินิจัยที่มุ่งค้นหาความบกพร่องเพื่อนำไปสู่การแก้ไขและพัฒนา โดยเรียงลำดับจากกลุ่มที่ต้องดูแลมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังนี้ 1) ขาดความรู้ (LK) 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (MFN) 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (MFP) 5) เดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (LG/LC) และ 6) มีความรู้อย่างแท้จริง (KL)

ผลการวินิจัย หมายถึง ผลการวินิจัยความสามารถของนักเรียน โดยจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจัย โดยใช้ค่าฐานนิยม (mode) ของรูปแบบการตอบของผู้เรียนจากข้อสอบทุกข้อในเนื้อหาห้อยทั้ง 6 เรื่อง ได้แก่ จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม การคูณจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม เชื่อมโยงกับคำบรรยายความสามารถในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เพื่อให้ทราบสภาพปัจจุบันของความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน นำเสนอผลใน 2 ระดับ ได้แก่ 1) รายข้อ และ 2) รายบุคคล

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง การพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง แม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน คือ ความตรงและความเที่ยง

ความตรง หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำในการวัดของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน พิจารณา 2 ประเภท

ความตรงเชิงเนื้อหา หมายถึง ความสามารถของแบบสอบวินิจัยในการวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาที่มุ่งวัด พิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (index of item-objective congruence: IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ หมายถึง ความสามารถของแบบสอบวินิจัยสามระดับ ในการจำแนกนักเรียนเข้ากลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน

แบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอก คือ ผลการวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง พิจารณาจากค่าสัดส่วนของความสอดคล้อง (percent agreement) ตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

ความเที่ยง หมายถึง ความคงเส้นคงวาในการวัดของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่องจำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป และค่าความเที่ยงแบบ EAP (Expected A Posteriori) ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป

การวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง หมายถึง เทคนิคการวินิจฉัยที่ให้นักเรียนพูดกระบวนการคิดออกมาดัง ๆ ขณะตอบข้อสอบ ทำให้ผู้วิจัยเข้าถึงแนวคิดและวิธีคิดของนักเรียนได้โดยตรง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เพื่อ 2 วัตถุประสงค์ คือ รวบรวมแนวคิดและวิธีคิดของผู้เรียนมาสร้างตัวเลือกในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผลของแบบสอบ และตรวจสอบความตรงตามสภาพ (concurrent validity) โดยเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยจากแบบสอบกับผลจากเทคนิคการคิดออกเสียง



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำเสนอเป็น 5 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 การวินิจฉัยทางการศึกษา

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ตอนที่ 4 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตอนที่ 1 การวินิจฉัยทางการศึกษา

การวินิจฉัยทางการศึกษาในเบื้องต้น มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความหมายของการวินิจฉัยทางการศึกษา

ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542 ได้ให้ความหมายโดยทั่วไปของคำว่า วินิจฉัย หมายถึง ตัดสิน ชี้ขาด ไตร่ตรอง ใคร่ครวญ ซึ่งจะมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบท เช่น ในทางการแพทย์ การวินิจฉัย หมายถึง การค้นหาสาเหตุของอาการต่าง ๆ และการรักษา สำหรับทางการศึกษานั้น การวินิจฉัยทางการศึกษา หมายถึง การค้นหาข้อบกพร่อง จุดอ่อนหรือจุดด้อยของนักเรียนทั้งในทางวิชาการและทางด้านจิตใจ เพื่อแยกนักเรียนว่ามีความสามารถดีหรือด้อยในเรื่องใดและหาสาเหตุว่านักเรียนมีผลการเรียนด้อยเนื่องมาจากสาเหตุใด อันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขและสอนซ่อมเสริมต่อไป (ดวงเดือน อ่อนน่วม, 2533; ธรรมนูญญ์ จิรกุลธนศิริโชติ, 2559; วรณช มาตระกุล, 2551; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556; ศิริเดช สุชีวะ, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับนักการศึกษาในต่างประเทศได้ให้ความหมายของการวินิจฉัยทางการศึกษาไว้ว่า การวินิจฉัยทางการศึกษา หมายถึง การค้นหาอุปสรรคหรือข้อบกพร่องในการเรียนรู้ การเปรียบเทียบการแสดงออกของนักเรียนเพื่อกำหนดจุดเด่น จุดด้อย การทดสอบหรือการเปรียบเทียบลักษณะของนักเรียนแต่ละคนกับเกณฑ์เพื่อจำแนกจุดเด่นและจุดด้อย ทั้งในด้านความรู้และทักษะของนักเรียน รวมไปถึงมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเนื้อหา ซึ่งครูสามารถใช้ข้อมูลนี้เพื่อใช้ในการปรุงปรุงและวางแผนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน เพื่อให้เป็นไปตามลำดับการเรียนรู้

(Delandshere, 1990; Fuchs et al., 2003; Hopkins & Antes, 1990; Ketterlin Geller & Yovanoff, 2009; Victor, 1973)

จากข้อมูลข้างต้น การวินิจฉัยทางการศึกษา หมายถึง การค้นหาข้อบกพร่องทั้งในด้านความรู้และทักษะของนักเรียน เพื่อแยกว่านักเรียนมีจุดเด่น จุดด้อยในเรื่องใด ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงและวางแผนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

1.2 ประเภทของการวินิจฉัยทางการศึกษา

Underhill (1972) ได้จำแนกประเภทของการวินิจฉัยตามระดับความละเอียดในการวินิจฉัยออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. การวินิจฉัยแบบทั่วไป (general diagnosis) เป็นการวินิจฉัยระดับทั่วไป (general level) เป็นขั้นการสำรวจเพื่อทราบระดับความสามารถทั่ว ๆ ไป ของนักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบทั้งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน อาจใช้การวินิจฉัยโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติ (norm) ซึ่งจะช่วยให้ทราบข้อบกพร่องในด้านต่าง ๆ ของนักเรียนอย่างกว้าง ๆ

2. การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์ (analytical diagnosis) เป็นการวินิจฉัยระดับเฉพาะ (specific level) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียน เพื่อทราบข้อบกพร่องของนักเรียนในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบที่มีเนื้อหาเฉพาะเจาะจงในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์มักดำเนินการหลังจากการวินิจฉัยแบบทั่วไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดที่ลึกซึ้งมากขึ้น

3. การวินิจฉัยแบบคลินิก (clinical diagnosis) เป็นการวินิจฉัยระดับละเอียดลึกซึ้ง (intensive level) เพื่อให้เห็นถึงสาเหตุของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่พบในตัวนักเรียนซึ่งมีความซับซ้อน การใช้ข้อมูลจากแหล่งใดแหล่งหนึ่งเพียงแหล่งเดียวจึงไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งประกอบกัน เช่น การใช้ข้อมูลจากแบบทดสอบ ประกอบการสัมภาษณ์ และการศึกษาสภาพครอบครัว เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการวินิจฉัยแบบทั่วไป (general diagnosis) เพื่อวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็มจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนเป็นรายบุคคล

1.3 วิธีการที่ใช้ในการวินิจฉัยทางการศึกษา

ศิริเดช สุชีวะ (2538) ได้แบ่งการวินิจฉัยทางการศึกษาออกเป็นการวินิจฉัยที่ไม่เป็นทางการ และการวินิจฉัยที่เป็นทางการ โดยมีลักษณะและวิธีการที่ใช้ในการวินิจฉัย ดังนี้

1. การวินิจฉัยที่ไม่เป็นทางการ (informal diagnosis) เป็นการค้นพบข้อบกพร่องของนักเรียนด้วยวิธีการง่าย ๆ ไม่มีระเบียบแบบแผนที่แน่นอน วิธีการที่ใช้ เช่น การสังเกต การสอบถามการสัมภาษณ์ การตรวจผลงาน เป็นต้น

2. การวินิจฉัยที่เป็นทางการ (formal diagnosis) เป็นการค้นพบข้อบกพร่องของนักเรียนโดยใช้วิธีการที่สร้างขึ้นมาอย่างเป็นระบบและมีแบบแผน วิธีการที่ใช้ เช่น การใช้แบบทดสอบเชิงวินิจฉัย การวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบโดยใช้ดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนการตอบข้อสอบ การใช้วิธีการ Rule Space การใช้การย้อนรอยกระบวนการคิด การใช้เทคนิคการคิดออกเสียง เป็นต้น

วิธีการที่ใช้ในการวินิจฉัย มีหลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการสังเกต การสัมภาษณ์ การตรวจผลงาน การใช้แบบสอบวินิจฉัย โดยใช้วิธีการต่าง ๆ ในการหาข้อบกพร่อง เช่น การใช้วิธีการ Rule Space การใช้การย้อนรอยกระบวนการคิด การใช้เทคนิคการคิดออกเสียง เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้การวินิจฉัยเป็นทางการ (formal diagnosis) โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียงและแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานในการวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม

1.4 ประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการศึกษา

นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านได้กล่าวถึงประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

โชติ เพชรชื่น (2544) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการศึกษาที่มีต่อนักเรียน ครู และผู้บริหารไว้ดังนี้

1. นักเรียนสามารถรู้ข้อบกพร่องของตนเอง โดยดูผลการสอบแต่ละส่วน หากพบว่าส่วนใดมีคะแนนต่ำกว่าคะแนนเกณฑ์ นักเรียนสามารถปรับปรุงหรือฟื้นฟูความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ เป็นการเฉพาะ

2. ครูผู้สอนสามารถช่วยเหลือนักเรียนได้ตรงจุด ทำให้ปัญหาของนักเรียนได้รับการแก้ไขโดยเร็ว นอกจากนี้ครูยังได้ตระหนักถึงวิธีการสอนที่ใช้อยู่ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสม ควรแสวงหาวิธีการสอนใหม่

3. ผู้บริหารโรงเรียนสามารถจัดการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้แก่ครูผู้สอนและนักเรียนได้ตรงความต้องการ เป็นผลให้นักเรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร

พร้อมพรรณ อุดมสิน (2545) กล่าวว่า การวินิจฉัยทางการศึกษานั้นมีประโยชน์ต่อครูและนักเรียน ดังนี้

1. ช่วยปรับปรุงการสอนของครู เพื่อครูจะได้ทราบว่าควรสอนเรื่องอะไรและหัวข้อใดที่นักเรียนยังมีข้อบกพร่องอยู่

2. ช่วยในการเตรียมการสอนของครูให้ตรงกับความต้องการของนักเรียน โดยใช้เทคนิคการสอนที่เหมาะสมกับนักเรียน หากครูทราบว่าเนื้อหาส่วนใดที่นักเรียนมีปัญหา ครูจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ และหาวิธีการสอนที่จะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จได้

3. ผลการสอบจากแบบสอบวินิจฉัยการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนทราบถึงข้อบกพร่องของตนเอง และประเมินตนเองได้

4. ผลการสอบจากแบบวินิจฉัยการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนทราบว่าตนเองมีความเข้าใจหรือมีทักษะในเรื่องนั้นหรือไม่ ตลอดจนมีความพร้อมที่จะเรียนต่อหรือไม่

5. เป็นแรงจูงใจในการเรียนให้นักเรียนเตรียมความพร้อมในการเรียนอยู่เสมอ หากนักเรียนทราบว่าจบบทแล้วจะมีการทดสอบวินิจฉัย นักเรียนก็จะให้ความสนใจในการเรียนเพราะกลัวการล้มเหลว

Lindquist et al. (1966) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการศึกษา ไว้ดังนี้ ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่องของนักเรียน ช่วยให้ผู้สอนทราบถึงองค์ประกอบของเนื้อหาวิชา ลำดับขั้นของกระบวนการเรียนการสอน จุดบกพร่อง อีกทั้งยังช่วยให้ผู้สอนประหยัดเวลา ในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมเรียนรู้ ทำให้มีเวลาในการซ่อมเสริมนักเรียนได้ และทำให้นักเรียนทราบถึงจุดบกพร่องของตนเองและสามารถนำมาปรับปรุงการเรียนได้อย่างตรงจุด

Bloom et al. (1971) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการศึกษา ไว้ดังนี้ ทำให้สามารถแยกนักเรียนออกเป็นกลุ่ม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการหาวิธีการสอนที่เหมาะสม และช่วยหาสาเหตุของความผิดที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ

Ofem et al. (2017) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการเรียน ไว้ดังนี้ ทำให้ครูทราบจุดอ่อนและสามารถระบุสาเหตุของปัญหาเฉพาะในการเรียนของนักเรียนแต่ละคน

ประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการเรียน ทำให้นักเรียนทราบข้อบกพร่องหรือจุดด้อยของนักเรียน ในส่วนของนักเรียนสามารถนำข้อมูลไปปรับปรุงหรือฝึกทักษะในเรื่องนั้น ๆ เป็นการเฉพาะ ในส่วนของผู้สอนสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียน และประหยัดเวลาในการช่วยเหลือนักเรียน เป็นรายบุคคลได้อย่างตรงจุด และในส่วนของผู้บริหารสามารถนำมาใช้ในการสนับสนุนและอำนวยความสะดวกให้ผู้สอนดำเนินการปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับนักเรียนได้ตรงตามความต้องการ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยา บุรณ (2556) ได้พัฒนาการทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ดำเนินการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่วิเคราะห์คุณภาพด้วยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และวินิจฉัยข้อบกพร่องทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ดำเนินการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนในโดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 20 จำนวน 570 คน จาก 21 โรงเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบเพื่อสำรวจข้อบกพร่อง เป็นแบบทดสอบแสดงวิธีทำ จำนวน 4 ฉบับ ฉบับละ 20 ข้อ 2) แบบสอบวินิจฉัยเพื่อทดสอบครั้งที่ 1 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 ฉบับ ฉบับละ 20 ข้อ 3) แบบสอบวินิจฉัยเพื่อทดสอบครั้งที่ 2 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 ฉบับ ฉบับละ 15 ข้อ โดยแบบสอบวินิจฉัยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 หาคุณภาพของแบบทดสอบด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเที่ยง และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด 4) แบบสอบวินิจฉัยที่ดำเนินการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 เรื่อง เรื่องละ 10 ข้อ พบว่า 1) ผลการพัฒนการสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่วิเคราะห์คุณภาพด้วยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมได้แบบสอบวินิจฉัยที่ดำเนินการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 4 เรื่อง เรื่องละ 10 ข้อ เรื่องที่ 1 จำนวนตรรกยะ เรื่องที่ 2 จำนวนอตรรกยะ เรื่องที่ 3 รากที่สอง และเรื่องที่ 4 รากที่สาม โดยได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบเพื่อสำรวจข้อบกพร่องทางการเรียน แบบสอบวินิจฉัยทางการเรียน ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ก่อนที่จะคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพจากแบบทดสอบครั้งที่ 2 ลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้ 1.1) ค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบเพื่อสำรวจข้อบกพร่องทางการเรียน และแบบสอบวินิจฉัยทางการเรียน ครั้งที่ 1 ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 - 1.00 1.2) ค่าความยากของแบบสอบวินิจฉัยทางการเรียนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ทั้ง 4 ฉบับ มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.50 - 0.75 1.3) ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยทางการเรียน ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ทั้ง 4 ฉบับ มีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.28 - 0.59 1.4) ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยทางการเรียน ครั้งที่ 1 ทั้ง 4 ฉบับ มีค่าความเที่ยงตั้งแต่ 0.73, 0.66, 0.70, 0.71 และแบบสอบวินิจฉัยทางการเรียน ครั้งที่ 2 ทั้ง 4 ฉบับ มีค่าความเที่ยง 0.60, 0.54, 0.54 และ 0.54 และ 1.5) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดของแบบสอบวินิจฉัยทางการเรียน ครั้งที่ 1 ทั้ง 4 ฉบับ มีค่า 2.03, 2.04, 2.07, 2.11 และ

แบบสอววินิจฉัยทางการเรียน ครั้งที่ 2 ทั้ง 4 ฉบับ มีค่า 2.46, 2.49, 2.63 และ 2.60 2) ผลการศึกษา พฤติกรรมข้อบกพร่องในการทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง ได้ผลจากการศึกษา ดังนี้ เรื่อง จำนวนตรรกยะ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจนิยามจำนวนตรรกยะ มากที่สุด จำนวน 143 คน คิดเป็นร้อยละ 95.33 เรื่อง จำนวนอตรรกยะ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจนิยามจำนวนอตรรกยะ มากที่สุด จำนวน 146 คน คิดเป็นร้อยละ 97.33 เรื่อง รากที่สอง พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจกระบวนการคิดแก้โจทย์ปัญหา มากที่สุด จำนวน 148 คน คิดเป็นร้อยละ 98.67 เรื่อง รากที่สาม พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจกระบวนการคิดแก้โจทย์ปัญหา มากที่สุด จำนวน 146 คน คิดเป็นร้อยละ 97.33 และ 3) ผลการประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมวินิจฉัยทางการเรียน ของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ปรากฏว่าโปรแกรมวินิจฉัยทางการเรียนสามารถนำไปใช้ในการจัดการ เรียนรู้ได้ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 ส่วนนักเรียน กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นว่า มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.12 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43

สุภาภรณ์ มณีประวัติ (2561) ได้ศึกษาการวินิจฉัยมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 สหวิทยาเขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและ เศษส่วน ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 สหวิทยาเขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร มีจำนวนรวมทั้งสิ้น 2,034 คน และสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่มจากทั้งหมด 4 โรงเรียน สุ่มมาโรงเรียนละ 1 กลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวนรวม 875 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอว วินิจฉัยมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางการเรียน เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ 1) ด้านความรู้ความเข้าใจของกฎ สูตร ทฤษฎี บทนิยาม สมบัติและข้อเท็จจริง 2) ด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และ 3) ด้านการตีความหมายของสัญลักษณ์หรือสัญลักษณ์ที่ใช้ในคณิตศาสตร์ ตามลำดับ เนื่องจาก นักเรียนขาดความรู้ ความเข้าใจและมีความสับสนในสมบัติของจำนวนจริง ตลอดจนความไม่แม่นยำ ในพื้นฐานความรู้ที่จะนำไปต่อยอดในเรื่องอื่น ๆ ต่อไปการไม่คำนึงถึงขั้นตอนกระบวนการคิด คำนวณที่ถูกต้อง ขาดพื้นฐานการคำนวณที่ดี รวมถึง ความรีบเร่ง ในการตัดสินใจ ขาดความละเอียด รอบคอบจึงทำให้ได้ผลสรุปเป็นคำตอบที่ผิดพลาด และไม่สามารถเปลี่ยนทศนิยมให้อยู่ในรูปเศษส่วน ได้ มีความสับสนในการ ระบุค่าประจำหลักและค่าของเลขโดดในทศนิยม ขาดความเข้าใจในจำนวน ที่เขียนในรูปเศษส่วนและความสับสนของความสัมพันธ์ระหว่างทศนิยมกับเศษส่วน นอกจากนี้ยังมี

ด้านอื่น ๆ ที่ไม่สามารถระบุได้ สาเหตุเกิดจากการไม่ตอบ ไม่สรุปผลที่แน่ชัด ทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่า มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในด้านใด

ธัญญารัตน์ น้ำใจดี (2565) ได้ศึกษาการวินิจฉัยมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายประถม) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายประถม) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 31 คน โดยได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) จากจำนวน 3 ห้อง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน จำนวน 44 ข้อ เป็นแบบทดสอบแบบคู่ขนาน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ .931 และหาค่าความสอดคล้องของการกระจายคำตอบของข้อสอบคู่ขนานจากการตอบข้อสอบทั้งสอง ด้วยสถิติ χ^2 (chi-square) การตอบคำถามวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียนนั้น วิเคราะห์จากการหาร้อยละของคำตอบของนักเรียนแต่ละตัวเลือกและข้อที่นักเรียนตอบตัวเลือกที่ผิดมากกว่าร้อยละ 30 จะถูกนำมาอภิปรายข้อผิดพลาด พบว่า 1) ด้านการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ วัดโดยใช้ข้อสอบ จำนวน 2 คู่ (4 ข้อ) พบว่า มีข้อสอบอยู่ 1 คู่ (2 ข้อ) ที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดมากกว่าร้อยละ 30 2) ด้านการใช้ทฤษฎีบท สูตร กฎ บทนิยาม และสมบัติ วัดโดยใช้ข้อสอบ จำนวน 7 คู่ (14 ข้อ) พบว่า มีข้อสอบอยู่ 3 คู่ (6 ข้อ) ที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดมากกว่าร้อยละ 30 3) ด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการ วัดโดยใช้ข้อสอบจำนวน 10 คู่ (20 ข้อ) พบว่า มีข้อสอบอยู่ 4 คู่ (8 ข้อ) ที่มีจำนวนนักเรียนตอบผิดมากกว่า ร้อยละ 30 และ 4) ด้านการตีความจากโจทย์ วัดโดยใช้ข้อสอบจำนวน 3 คู่ (6 ข้อ) ไม่พบข้อสอบข้อใดที่นักเรียนตอบผิดมากกว่าร้อยละ 30

Egodawatte (2011) ได้ศึกษาเรื่องมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพีชคณิตของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อผิดพลาดและความเข้าใจผิดเกี่ยวกับพีชคณิตของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เพื่อศึกษาที่มาของข้อผิดพลาดเหล่านั้น และเพื่อเสนอแนะการสอนในชั้นเรียน การศึกษาใช้การออกแบบการวิจัยแบบผสมผสาน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรัฐออนแทรีโอ ใน 4 หัวข้อ ได้แก่ ตัวแปร นิพจน์พีชคณิต สมการ และโจทย์ปัญหา และได้สัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 6 คน เพื่อหามโนทัศน์คลาดเคลื่อนและสาเหตุของมโนทัศน์คลาดเคลื่อนนั้น โดยพบว่า มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเกิดจากการขาดความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานของตัวแปร ไม่สามารถเขียนนิพจน์พีชคณิตได้ ไม่สามารถดำเนินการทางคณิตศาสตร์กับนิพจน์พีชคณิตตามขั้นตอนได้ ขาดทักษะในการแก้สมการ เนื่องจากไม่เข้าใจสมบัติของการเท่ากัน และการตีความจากโจทย์ปัญหามาเขียนในรูปนิพจน์พีชคณิต นักเรียนใช้วิธีการเดาในการแก้โจทย์ปัญหา

ซึ่งอาจเกิดจาก นักเรียนขาดความเข้าใจ ขาดทักษะทางคณิตศาสตร์ ขาดทักษะการคิดวิเคราะห์ หรือ อาจมีความวิตกกังวลในการทดสอบ โดยมีแนวทางในการแก้ปัญหานี้ คือ นักเรียนจะต้องมีแนวคิด ที่ถูกต้องตามขั้นตอน ดังนี้ ทำไม (Why) อย่างไร (How) อะไร (What) และ เมื่อไหร่ (When) ตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา

Aliustaoğlu et al. (2018) ได้ศึกษาเรื่องมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เรื่อง เศษส่วน ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์ของการศึกษารั้งนี้เพื่อหาความเข้าใจผิดของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในด้านความสัมพันธ์ของเศษส่วนทั้งหมดในรูปเศษส่วน การแทนเศษส่วน บนเส้นจำนวน การเปรียบเทียบเศษส่วนและการดำเนินการเป็นเศษส่วน ตัวอย่างการศึกษารั้งนี้ คือ นักเรียนจำนวน 104 คน การทดสอบข้อมูลเศษส่วน ซึ่งประกอบด้วยคำถามปลายเปิด 5 ข้อ นำมาใช้ เป็นเครื่องมือการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาโดยใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อหา และใช้ ตารางความถี่เปอร์เซ็นต์ โดยตรวจสอบคำอธิบายของนักเรียนที่ตอบผิด แบ่งเป็นหมวดหมู่และความเข้าใจผิดในแต่ละคำถามจะถูกนำเสนอแยกกัน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ของเศษส่วนกับเศษส่วน การแทนเศษส่วนในเส้นจำนวน การเปรียบเทียบเศษส่วน และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์กับเศษส่วน

การวินิจฉัยทางการศึกษาเป็นกระบวนการค้นหาข้อบกพร่องด้านความรู้และทักษะ ของนักเรียน เพื่อจำแนกจุดเด่นจุดด้อยและนำไปวางแผนการสอนให้ตรงกับความต้องการของนักเรียน การวินิจฉัยแบ่งเป็นสามระดับตามความละเอียด ได้แก่ แบบทั่วไป แบบวิเคราะห์ และแบบคลินิก โดยใช้วิธีการทั้งแบบไม่เป็นทางการและเป็นทางการ ประโยชน์ครอบคลุมทุกฝ่ายทั้งนักเรียน ครู และ ผู้บริหาร งานวิจัยทางคณิตศาสตร์ศึกษาได้ประยุกต์ใช้การวินิจฉัยค้นหา มโนทัศน์คลาดเคลื่อน ในเนื้อหาต่าง ๆ พบว่านักเรียนมักมีปัญหาด้านความเข้าใจนิยามและกระบวนการคิดแก้โจทย์ปัญหา อย่างไรก็ตาม การวินิจฉัยจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อมีกรอบแนวคิดที่ชัดเจน ซึ่งนำไปสู่แนวคิด เกี่ยวกับแผนที่ภาวะสันนิษฐานในตอนถัดไป

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับแผนที่ภาวะสันนิษฐานในเบื้องต้น มีรายละเอียดดังนี้

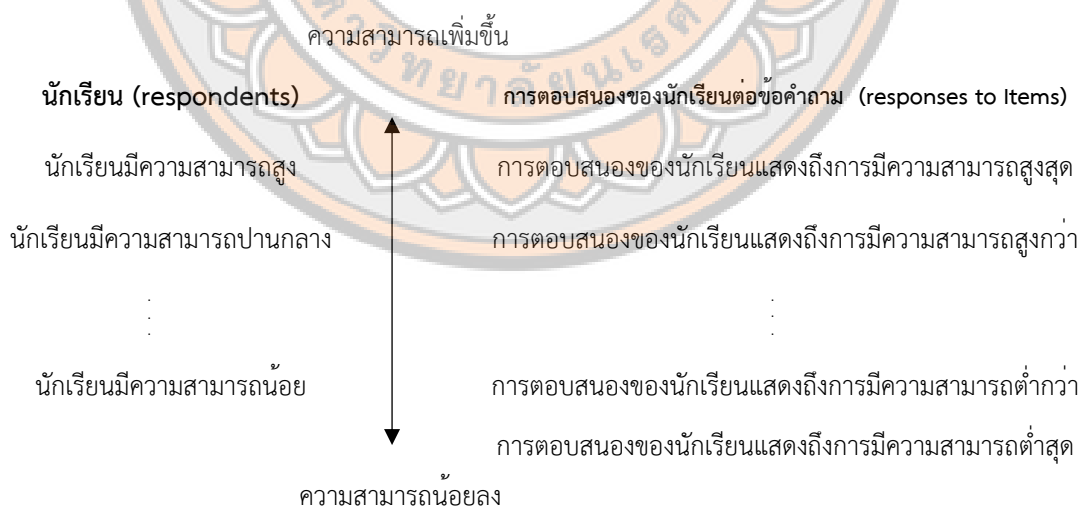
2.1 แผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct maps)

สถาบันวิจัย The Berkeley Evaluation and Assessment Research (BEAR) โดย Mark Wilson ได้พัฒนาวิธีการวัดโครงสร้างหรือภาวะสันนิษฐาน (construct) หรือโมเดลภาวะสันนิษฐาน (construct modeling) เป็นระบบประเมินเพื่อการพัฒนา (developing assessments) ให้มีความสำคัญกับการแปลความผลงานหรือการตอบสนองของนักเรียนอย่างมีความหมาย (meaningful interpretations) โดยแนวคิดการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานประกอบด้วย

4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) แผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct maps) 2) การออกแบบข้อคำถาม (item design) 3) การสร้างเกณฑ์การให้คะแนน (outcome space) และ 4) โมเดลการวัด (measurement model) (Wilson, 2005)

แผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct map) เป็นแผนภาพแสดงถึงองค์ความรู้ ทักษะ หรือความสามารถแฝงที่ต้องการวัด โดยนำเสนอในรูปแบบของความต่อเนื่อง (continuum) ที่มีการจัดลำดับจากระดับต่ำไปสูง แต่ละระดับมีคำบรรยายที่ชัดเจนว่านักเรียนในระดับนั้นมีความรู้ความสามารถอย่างไร สามารถทำอะไรได้บ้าง การจัดลำดับนี้อาศัยทฤษฎีทางการศึกษา งานวิจัยเชิงประจักษ์ และความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการทางปัญญาของนักเรียน แผนที่ภาวะสันนิษฐานจึงเป็นมากกว่าเพียงรายการของความรู้หรือทักษะ แต่เป็นการนำเสนอภาพรวมของพัฒนาการทางความคิดที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนก้าวหน้าจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งอย่างไร (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; ศุภามณ จันทรสกุล, 2561; Egodawatte, 2011; Wilson, 2005; Wilson et al., 2011)

ลักษณะสำคัญของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน คือ การแสดงลำดับขั้นที่แสดงถึงความแตกต่างทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยลำดับขั้นในเชิงปริมาณแสดงระดับความสามารถของนักเรียน (respondents) ส่วนลำดับขั้นในเชิงคุณภาพแสดงระดับของคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออกในแต่ละระดับ (item responses) (Wilson, 2005) เมื่อนักเรียนมีความสามารถที่แตกต่างกัน ก็จะมีระดับความสามารถที่แตกต่างกันตามการระบุไว้ในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; Wilson et al., 2011) ดังภาพ 2



ภาพ 2 แผนที่ภาวะสันนิษฐานแสดงระดับความสามารถของนักเรียน และแสดงระดับของคุณลักษณะที่นักเรียนแสดงออก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Wilson, 2005

การแบ่งจำนวนระดับในแผนที่ภาวะสันนิษฐานไม่มีการกำหนดตายตัว แต่สิ่งที่ควรพิจารณา คือ การตอบสนองต่อข้อคำถามควรเป็นสิ่งที่นักเรียนแสดงออกหรือตอบสนองจริง ซึ่งควรมีจำนวนระดับที่เหมาะสม หากแบ่งจำนวนระดับมากเกินไปจะทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดมาก แต่เกิดข้อจำกัด คือ ข้อมูลที่นักเรียนตอบสนองจริงในแต่ละระดับอาจมีไม่เพียงพอ ทำให้ยากต่อการสร้างข้อสอบที่ดึงการตอบสนองจริงในระดับนั้นออกมาได้ ในทางกลับกัน หากแบ่งจำนวนระดับน้อยเกินไปจะทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดเพียงพอ ไม่สามารถวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยทั่วไปการแบ่งระดับประมาณ 4-6 ระดับ ถือว่าเหมาะสมสำหรับการวัดทางการศึกษา (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; Wilson, 2005)

แผนที่ภาวะสันนิษฐานยังสามารถกำหนดมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) ไว้ในแต่ละระดับได้ด้วย ดังภาพ 2 ซึ่ง Wilson (2008) ได้ใช้คำเรียกมโนทัศน์คลาดเคลื่อนว่า common errors โดยทางด้านซ้ายของภาพแสดงระดับความสามารถของนักเรียนในเชิงปริมาณ ส่วนทางด้านขวาแสดงรายละเอียดความเข้าใจมโนทัศน์และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเชิงคุณภาพของแต่ละระดับ ระดับขั้นที่ 1 ซึ่งเป็นระดับขั้นต่ำสุด นักเรียนไม่มีความเข้าใจในเนื้อหาที่มุ่งวัดรวมถึงมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนส่วนระดับขั้นที่ 5 เป็นระดับขั้นสูงสุดซึ่งนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาทั้งหมด ดังนั้นระดับขั้นที่ 5 ซึ่งเป็นระดับที่มีความสามารถสูงสุดจึงคาดหวังว่านักเรียนซึ่งอยู่ในเกรด 8 น่าจะตอบได้เนื่องจากได้เรียนรู้เนื้อหาตามมาตรฐานของหลักสูตรครบถ้วน ส่วนนักเรียนในเกรด 5 คาดหวังว่าจะตอบในระดับขั้นที่ 4 ได้ และสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ คือ นักเรียนในเกรด 8 อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับขั้นที่ 5 เป็นจำนวนมาก ซึ่งหมายความว่านักเรียนยังมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนอยู่แม้จะผ่านการเรียนรู้ตามหลักสูตรแล้วก็ตาม (ศุภามณ จันทรสกุล, 2561; Wilson, 2008)

ความสำคัญของการกำหนดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน คือ ช่วยทำให้เห็นความชัดเจนของคุณลักษณะความสามารถของนักเรียนที่แตกต่างกันในแต่ละระดับขั้น เมื่อสามารถแก้ไขมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้จะทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าสู่ระดับขั้นที่สูงขึ้น นั่นคือมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในระดับหนึ่งจะถูกแก้ไขในระดับขั้นถัดไปที่สูงขึ้นบนแผนที่ภาวะสันนิษฐาน นอกจากนี้ การระบุมโนทัศน์คลาดเคลื่อนไว้ในแผนที่ภาวะสันนิษฐานยังช่วยให้ครูสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ตรงจุด โดยมุ่งแก้ไขมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเฉพาะเรื่องที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มประสบอยู่ ทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; ศุภามณ จันทรสกุล, 2561; Egodawatte, 2011)

Level	Description
5 8 th grade	Student is able to put the motions of the Earth and Moon into a complete description of motion in the Solar System which explains: - the day/night cycle - the phases of the Moon (including the illumination of the Moon by the Sun) - the seasons
4 5 th grade	Student is able to coordinate apparent and actual motion of objects in the sky. Student knows that - the Earth is both orbiting the Sun and rotating on its axis - the Earth orbits the Sun once per year - the Earth rotates on its axis once per day, causing the day/night cycle and the appearance that the Sun moves across the sky - the Moon orbits the Earth once every 28 days, producing the phases of the Moon COMMON ERROR: Seasons are caused by the changing distance between the Earth and Sun. COMMON ERROR: The phases of the Moon are caused by a shadow of the planets, the Sun, or the Earth falling on the Moon.
3	Student knows that: - the Earth orbits the Sun - the Moon orbits the Earth - the Earth rotates on its axis However, student has not put this knowledge together with an understanding of apparent motion to form explanations and may not recognize that the Earth is both rotating and orbiting simultaneously. COMMON ERROR: It gets dark at night because the Earth goes around the Sun once a day.
2	Student recognizes that: - the Sun appears to move across the sky every day - the observable shape of the Moon changes every 28 days Student may believe that the Sun moves around the Earth. COMMON ERROR: All motion in the sky is due to the Earth spinning on its axis. COMMON ERROR: The Sun travels around the Earth. COMMON ERROR: It gets dark at night because the Sun goes around the Earth once a day. COMMON ERROR: The Earth is the center of the universe.
1	Student does not recognize the systematic nature of the appearance of objects in the sky. Students may not recognize that the Earth is spherical. COMMON ERROR: It gets dark at night because something (e.g., clouds, the atmosphere, "darkness") covers the Sun. COMMON ERROR: The phases of the Moon are caused by clouds covering the Moon. COMMON ERROR: The Sun goes below the Earth at night.
0	No evidence or off-track

ภาพ 3 แผนที่ภาวะสันนิษฐานแสดงมโนทัศน์ และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่อง “โลกในระบบสุริยจักรวาล”

ที่มา: Wilson, 2008

แผนที่ภาวะสันนิษฐานมีประโยชน์ในการพัฒนาเครื่องมือวัดหลายประการ ดังนี้ 1) แผนที่ภาวะสันนิษฐานทำหน้าที่เป็นแกนเชื่อมโยงการประเมินเข้ากับการวินิจฉัยและการสอน ช่วยให้ทราบว่านักเรียนได้เรียนรู้และเข้าใจในสิ่งใดบ้าง และมีความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นอย่างไร 2) แผนที่ภาวะสันนิษฐานช่วยให้ผู้สอนมีวิธีการที่ชัดเจนในการออกแบบการวัดตัวแปรให้สอดคล้องกับโครงสร้างของตัวแปรตามทฤษฎีหรือหลักการที่เกี่ยวข้อง 3) แผนที่ภาวะสันนิษฐานช่วยให้ผู้พัฒนาข้อสอบสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าข้อสอบแต่ละข้อมีเป้าหมายที่จะวัดความสามารถในระดับใด

ทำให้การพัฒนาข้อสอบมีความเป็นระบบและสอดคล้องกับจุดประสงค์การวัด 4) แผนที่ภาวะสันนิษฐานช่วยให้มั่นใจว่าข้อสอบทั้งชุดครอบคลุมทุกระดับของความสามารถที่ต้องการวัด ไม่เกิดการกระจุกตัวอยู่ในระดับใดระดับหนึ่งมากเกินไป 5) การใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานในการพัฒนาข้อสอบช่วยเพิ่มความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ของแบบทดสอบ เนื่องจากข้อสอบที่พัฒนาขึ้นตามแผนที่ภาวะสันนิษฐานมีความสอดคล้องกับโครงสร้างของความรู้และทักษะที่ต้องการวัดอย่างแท้จริง และ 6) แผนที่ภาวะสันนิษฐานทำให้การตีความผลการวัดมีความหมายมากขึ้น เพราะคะแนนที่ได้ไม่ใช่เพียงตัวเลขที่บอกว่าคุณนักเรียนตอบถูกกี่ข้อ แต่สามารถบอกได้ว่านักเรียนอยู่ในระดับใดของพัฒนาการทางความคิด รู้อะไรบ้าง ทำอะไรได้บ้าง และยังมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเรื่องใดที่ต้องได้รับการแก้ไข (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; ศุภามณ จันทรสกุล, 2561; Egodawatte, 2011; Plake et al., 2010; Wilson, 2005; Wilson et al., 2011)

2.2 องค์ประกอบและลักษณะของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

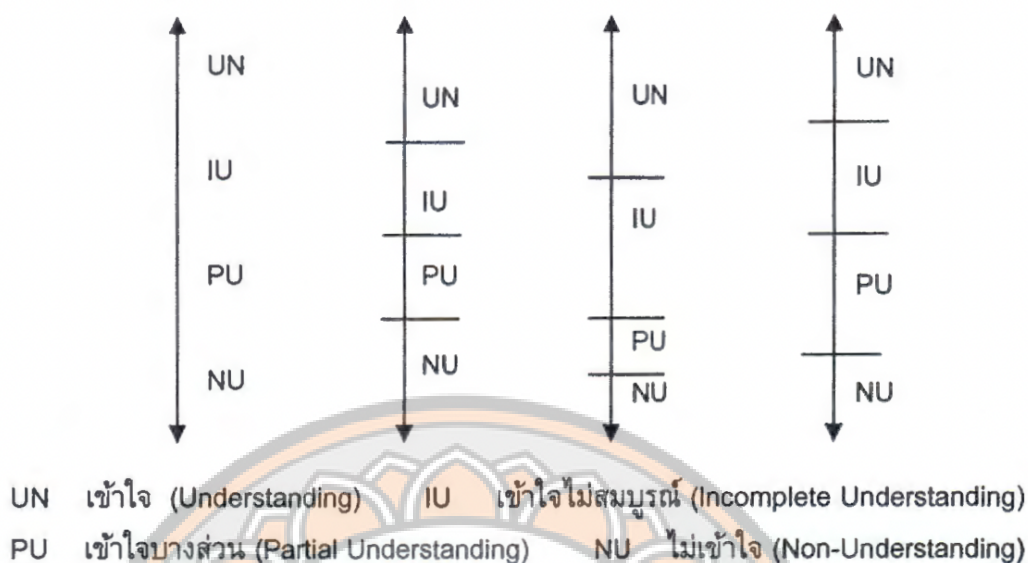
Wilson (2005) ได้เสนอกรอบแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือวัดที่เรียกว่า องค์ประกอบหลัก 4 ประการ (Four Building Blocks) ซึ่งประกอบด้วย 1) แผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct map) คือ แผนภาพแสดงโครงสร้างของคุณลักษณะที่ต้องการวัดในรูปแบบของความต่อเนื่องจากระดับต่ำไปสูง 2) การออกแบบข้อคำถาม (item design) คือ การสร้างข้อคำถามที่สามารถดึงการตอบสนองของนักเรียนให้สอดคล้องกับระดับความสามารถที่กำหนดไว้ในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน 3) พื้นที่ผลลัพธ์ (outcome space) คือ การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนและการจัดประเภทคำตอบของนักเรียนให้ตรงกับระดับความสามารถในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน และ 4) โมเดลการวัด (measurement model) คือ วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประมาณค่าความสามารถของนักเรียนและค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ องค์ประกอบทั้ง 4 ประการนี้มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ โดยแผนที่ภาวะสันนิษฐานทำหน้าที่เป็นรากฐานสำคัญที่เชื่อมโยงองค์ประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน กล่าวคือ แผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นตัวกำหนดทิศทางในการออกแบบข้อคำถาม ข้อคำถามที่ออกแบบจะถูกนำไปกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในพื้นที่ผลลัพธ์ และผลการให้คะแนนจะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยโมเดลการวัดเพื่อประมาณค่าความสามารถของนักเรียน ทำให้การพัฒนาเครื่องมือวัดมีความสอดคล้องกันตั้งแต่การกำหนดนิยามเชิงทฤษฎีจนถึงการตีความผลการวัด (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; Wilson, 2005; Wilson et al., 2011)

ลักษณะของแผนที่ภาวะสันนิษฐานจะสมมติเส้นตรงที่มีหัวลูกศรทั้งสองข้าง เพื่อแสดงถึงความต่อเนื่องของปริมาณการมีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งจากระดับน้อย (หัวลูกศรด้านล่าง) สู่ระดับมาก (หัวลูกศรด้านบน) หรืออาจแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจากคุณลักษณะหนึ่งเป็นอีกคุณลักษณะหนึ่งที่เกี่ยวข้อง ช่วงห่างระหว่างหัวลูกศรทั้งสองอันเป็นสิ่งที่สมมติที่ผู้วิจัยสามารถกำหนด

ขึ้นเอง เพื่อแสดงถึงขอบเขตของคุณลักษณะที่สนใจ แม้ว่าเส้นตรงนี้จะมีความยาวแตกต่างกันได้ แต่ขอบเขตของคุณลักษณะที่ต้องการวัดเป็นเพียงส่วนหนึ่งของเส้นความต่อเนื่องที่แท้จริงของคุณลักษณะแฝงนั้น ส่วนของเส้นตรงที่อยู่ถัดลงมาจากหัวลูกศรด้านล่างถูกกำหนดให้เป็นขอบเขตของการไม่มีหรือมีคุณลักษณะน้อยภายใต้กรอบแนวคิดทฤษฎี ในทำนองเดียวกัน ส่วนของเส้นตรงที่อยู่เหนือหัวลูกศรด้านบนถูกกำหนดให้เป็นขอบเขตของการมีคุณลักษณะมากภายใต้กรอบแนวคิดทฤษฎีเช่นเดียวกัน (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; Wilson, 2005)

องค์ประกอบภายในแผนที่ภาวะสันนิษฐานประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ คำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) และคำบรรยายคำตอบ (response descriptors) คำบรรยายความสามารถเป็นข้อความที่อธิบายว่านักเรียนในแต่ละระดับควรมีความรู้ความเข้าใจอย่างไร รู้อะไรบ้าง และทำอะไรได้บ้าง ส่วนคำบรรยายคำตอบเป็นข้อความที่ระบุลักษณะของคำตอบที่ถูกต้องพร้อมเหตุผลสนับสนุน ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนจะต้องตอบอย่างไรจึงจะแสดงถึงความสามารถในระดับนั้น ๆ การกำหนดคำบรรยายเหล่านี้ช่วยอำนวยความสะดวกในการออกแบบข้อสอบมีทิศทางที่แน่นอน และทำให้สามารถตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ นอกจากนี้ คำบรรยายยังช่วยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นครู ผู้ปกครอง หรือผู้บริหาร สามารถเข้าใจความหมายของคะแนนที่นักเรียนได้รับ และนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการตัดสินใจทางการศึกษาได้อย่างเหมาะสม (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; Perie, 2008; Wilson, 2005)

วีรภัทร์ สุขศิริ (2557) ได้ยกตัวอย่างการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานเรื่องความเข้าใจเกี่ยวกับการคูณและการหาร โดยออกแบบโครงสร้างตัวแปรความเข้าใจแบ่งออกเป็น 4 ระดับ มีขอบเขตเริ่มต้นจากระดับต่ำสุด คือ ไม่เข้าใจ ไปจนถึงระดับสูงสุด คือ เข้าใจพร้อมกับมีคำอธิบายสั้น ๆ เกี่ยวกับความหมายของนักเรียนในแต่ละระดับตามกรอบแนวคิดที่กำหนดขึ้น ดังภาพ 4 อย่างไรก็ตาม ในการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานนั้น เส้นแบ่งระดับคุณลักษณะหรือความสามารถจะไม่ได้ถูกกำหนดขึ้นอย่างตายตัว ผู้วิจัยจะไม่สามารถระบุตำแหน่งของเส้นแบ่งแต่ละเส้นได้อย่างถูกต้องแม่นยำ มีเพียงกรอบแนวคิดที่สามารถระบุในเบื้องต้นว่าคุณลักษณะของนักเรียนนั้น ๆ น่าจะอยู่ตรงระดับใด ดังนั้น ตำแหน่งของเส้นแบ่งที่แท้จริงจะถูกกำหนดจากข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการทดสอบนักเรียนจริง แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยโมเดลการวัดเพื่อประมาณค่าตำแหน่งของเส้นแบ่งแต่ละเส้นอย่างแม่นยำ (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; Wilson, 2005)



ภาพ 4 ตัวอย่างตำแหน่งของเส้นแบ่งระดับความเข้าใจเกี่ยวกับการคูณและการหาร

ที่มา: วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557

การเขียนคำบรรยายสรุประดับความสามารถเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานให้สมบูรณ์ เนื่องจากคำบรรยายนี้จะให้สารสนเทศในภาพรวมของการประเมิน และครูจะใช้สารสนเทศนี้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม ใช้แปลความหมายผลการวัด และสรุปอ้างอิงเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียน คำบรรยายนี้ครูจะต้องเขียนขึ้นเองโดยอธิบายให้ได้ว่าในคำตอบของนักเรียนจะต้องประกอบด้วยข้อมูลหรือหลักฐานอะไรบ้างที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถของนักเรียนว่าจัดอยู่ในระดับใดตามแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เพื่อบอกว่านักเรียนมีคุณลักษณะอย่างไร รู้อะไรบ้าง และทำอะไรได้บ้างในแต่ละระดับ ในการเขียนคำบรรยายนั้น ครูควรเริ่มต้นจากการพิจารณาคุณลักษณะที่แสดงว่านักเรียนเข้าใจว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง จากนั้นจึงพิจารณาว่าคุณลักษณะที่ตรงกันข้ามกับความเข้าใจนั้นประกอบด้วยอะไรบ้าง นั่นคือ การพิจารณาคุณลักษณะที่แสดงถึงความไม่เข้าใจ เมื่อได้คุณลักษณะที่สุดโต่งของทั้งสองด้านแล้ว จึงพิจารณาคุณลักษณะที่อยู่ระหว่างระดับเข้าใจและระดับไม่เข้าใจเป็นลำดับต่อไป การเขียนคำบรรยายที่ดีจะช่วยให้การวัดและประเมินผลมีความหมายและเชื่อมโยงกับการจัดการเรียนการสอนได้อย่างแท้จริง ดังภาพ 5 (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; Wilson, 2005)

ระดับความเข้าใจ	คำบรรยายความสามารถของนักเรียน	คำบรรยายคำตอบของนักเรียน
เข้าใจ (UN): วิเคราะห์ ความสัมพันธ์ ระหว่างการดูแล และการหารกับ หลักการทาง คณิตศาสตร์อื่นๆ	นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติการคูณและการหาร เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการคูณและการหารใน ระบบสมการทางคณิตศาสตร์ สามารถสื่อสารทาง คณิตศาสตร์ ใช้หลักการคูณและการหารแก้โจทย์ ปัญหาที่ซับซ้อน เปรียบเทียบความแตกต่างของ หลักการคูณและการหารกับหลักการทางคณิตศาสตร์ อื่นๆ เลือกใช้วิธีที่เหมาะสมในการแก้โจทย์ปัญหา	คำตอบที่ตรงกับระดับนี้ ประกอบด้วยข้อสรุป ที่ถูกต้องในการเลือกใช้หลักการและวิธีการที่ เหมาะสมเพื่อแก้โจทย์ปัญหา มีข้อสนับสนุน หรือข้อโต้แย้งที่สมเหตุสมผลในการแก้โจทย์ ปัญหา คำตอบที่เป็นไปได้บ่งชี้ว่า นักเรียนรู้ คำตอบที่ถูกต้องและรู้ว่าคำตอบใดไม่ถูกต้อง
เข้าใจไม่สมบูรณ์ (UI): ใช้หลักการ คูณและการหาร แก้โจทย์ปัญหา	นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติการคูณและการหาร ใช้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และหลักการคูณ และการหารแก้โจทย์ปัญหา เปรียบเทียบความ แตกต่างของหลักการคูณและการหารกับหลักการทาง คณิตศาสตร์อื่นๆ สามารถจำแนกวิธีการหรือหลักการ ที่ไม่เหมาะสมในการแก้โจทย์ปัญหา	คำตอบที่ตรงกับระดับนี้ ประกอบด้วยข้อสรุป ที่ถูกต้องในการเลือกใช้หลักการหรือวิธีการที่ เหมาะสมเพื่อแก้โจทย์ปัญหา มีข้อโต้แย้งหรือ ข้อสนับสนุนบางประการในการแก้โจทย์ ปัญหา คำตอบที่เป็นไปได้บ่งชี้ว่า นักเรียนรู้ คำตอบที่ถูกต้องและรู้เพียงบางคำตอบว่าเป็น คำตอบที่ไม่ถูกต้อง
เข้าใจบางส่วน (PU): อธิบาย หลักการคูณและ การหาร	นักเรียนสามารถอธิบายหลักการคูณและการหารได้ เพียงบางส่วน แก้โจทย์ปัญหาได้อย่างจำกัดโดย อาจจะใช้หลักการบวกและการลบหรือหลักการทาง คณิตศาสตร์อื่นๆ ใช้ทักษะการสื่อสารทาง คณิตศาสตร์ได้จำกัด แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียน สามารถจำแนกวิธีการหรือหลักการบางอย่างที่ ไม่เหมาะสมในการแก้โจทย์ปัญหา	คำตอบที่ตรงกับระดับนี้ ประกอบด้วยข้อสรุป ที่ไม่ถูกต้องจากการเลือกใช้หลักการที่ไม่ เหมาะสมเพื่อแก้โจทย์ปัญหา มีข้อสนับสนุน ว่านักเรียนไม่สามารถใช้หลักการคูณและการ หารแก้โจทย์ปัญหา มีข้อผิดพลาดในการ สื่อสารทางคณิตศาสตร์ คำตอบที่เป็นไปได้ บ่งชี้ว่านักเรียนไม่รู้คำตอบที่ถูกต้อง แต่รู้ว่า คำตอบใดไม่ถูกต้อง
ไม่เข้าใจ (NU): ตอบคำถามด้วย ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กับการคูณและ การหารเพียง เล็กน้อย	นักเรียนไม่สามารถใช้หลักการคูณและการหาร แก้โจทย์ปัญหา ไม่สามารถตอบคำถามด้วยข้อมูลที่ เกี่ยวข้องกับการคูณและการหาร นักเรียนอาจจะ จัดจำหลักการคูณและการหารได้ แต่ไม่สามารถ นำมาใช้แก้โจทย์ปัญหา	คำตอบที่ตรงกับระดับนี้ ประกอบด้วยข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการคูณและการหารเพียง เล็กน้อยหรือมีข้อมูลที่เกี่ยวกับการแก้ โจทย์ปัญหาจำนวนมาก คำตอบที่เป็นไปได้ บ่งชี้ว่านักเรียนไม่รู้คำตอบที่ถูกต้องและไม่รู้ ว่าคำตอบใดไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ การไม่ ตอบคำถาม เว้นว่าง และตอบคำถามไม่ สมบูรณ์จนหาข้อสรุปไม่ได้ ถือว่าอยู่ในระดับ นี้ด้วย

ภาพ 5 คำบรรยายสรุประดับความเข้าใจเกี่ยวกับการคูณและการหาร

ที่มา: วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557

วีรภัทร์ สุขศิริ (2557)วีรภัทร์ สุขศิริ (2557)วีรภัทร์ สุขศิริ (2557)วีรภัทร์ สุขศิริ (2557)

จากภาพ 5 แสดงให้เห็นว่าคำบรรยายสรุประดับความเข้าใจเกี่ยวกับการคูณและการหาร
แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ไม่เข้าใจ หมายถึง นักเรียนไม่สามารถอธิบายความหมาย
ของการคูณและการหารได้ ระดับที่ 2 เข้าใจบางส่วน หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบายความหมาย
ของการคูณหรือการหารได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ระดับที่ 3 เข้าใจเป็นส่วนใหญ่ หมายถึง นักเรียน

สามารถอธิบายความหมายของการคูณและการหารได้ แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการคูณและการหารได้ และระดับที่ 4 เข้าใจอย่างสมบูรณ์ หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของการคูณและการหารได้ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการคูณและการหารได้อย่างถูกต้อง คำบรรยายเหล่านี้จะช่วยให้ครูสามารถจัดกลุ่มนักเรียนตามระดับความเข้าใจ และวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปี 2023 Wilson ได้ปรับปรุงหนังสือ *Constructing Measures* เป็นฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2 (Wilson, 2023) โดยพัฒนาแนวคิดสำคัญที่เปลี่ยนแปลงไปจากฉบับเดิม คือ การเปลี่ยนคำเรียกระดับความสามารถจาก "Level" เป็น "Waypoint" ซึ่งเปรียบเทียบว่าแผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็น "แผนที่เส้นทางเชิงคุณภาพ" (qualitative roadmap) ของการเปลี่ยนแปลง โดยจุดต่าง ๆ บนเส้นทางที่มีความแตกต่างเชิงคุณภาพ Wilson เรียกว่า Waypoints (จุดบ่งชี้ความสามารถ) แต่ละ Waypoint มีคำบรรยายเชิงคุณภาพของตนเอง และยังมีความหมายผ่านการอ้างอิงกับ Waypoint ที่อยู่ต่ำกว่าและสูงกว่า โดย Wilson เน้นว่าผู้เรียนสามารถอยู่ที่ตำแหน่งใดก็ได้ระหว่าง Waypoints และ Waypoints ไม่จำเป็นต้องห่างกันเท่า ๆ กันบนเส้น Construct แนวคิด Waypoint นี้ Wilson (2024) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ Waypoints ในระบบ BEAR Assessment System (BAS) ซึ่งเป็นระบบการประเมินที่บูรณาการการวัด 3 ระดับเข้าด้วยกัน ได้แก่ ระดับ Micro คือ การประเมินเพื่อพัฒนา (formative assessment) ที่ครูใช้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้การสอน ระดับ Meso คือ การประเมินปลายหน่วยการเรียนรู้ (unit test) และระดับ Macro คือ การประเมินสรุปปลายภาคเรียน (summative assessment) ทั้ง 3 ระดับเชื่อมโยงกันผ่านแผนที่ภาวะสันนิษฐานที่มี Waypoints เป็นจุดอ้างอิงร่วม ทั้งนี้ หลักการพื้นฐานของ Four Building Blocks ยังคงเดิม ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กรอบแนวคิดของ Wilson (2005) เป็นหลัก โดยตระหนักถึงพัฒนาการของแนวคิดที่ปรากฏใน Wilson (2023, 2024)

2.3 หลักการและขั้นตอนการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

การสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นการกำหนดโครงสร้างภายใน ขอบเขต และคำบรรยายของคุณลักษณะแฝงที่สนใจตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้อธิบายการตอบสนองของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะนั้น วีรภัทร์ สุขศิริ (2557) ได้สรุปหลักการสำคัญในการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานไว้ 2 ข้อ ดังนี้ 1) ความเหมาะสมของจำนวนระดับคุณลักษณะที่ต้องสอดคล้องกับทฤษฎีหรือสอดคล้องกับภาวะสันนิษฐานและมีโอกาสเกิดขึ้นได้จริง มีหลักการที่สมเหตุสมผลมาสนับสนุนการแบ่งระดับคุณลักษณะ และแต่ละระดับก็ควรมีความเป็นไปได้ที่นักเรียนจะตอบสนองออกมา และ 2) สารสนเทศที่คาดว่าจะได้รับจากระดับคุณลักษณะ หากสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานให้มีจำนวนระดับน้อยเกินไป อาจทำให้ได้สารสนเทศเพียงคร่าว ๆ ไม่สามารถวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนได้ถูกต้องแม่นยำ

หรือหากสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานให้มีจำนวนระดับมากเกินไป สารสนเทศที่คาดว่าจะได้รับอาจจะมีความละเอียดมากขึ้น แต่ก็ทำให้ไม่สามารถสร้างข้อคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนเลือกตอบให้ตรงกับแต่ละระดับที่กำหนดไว้ได้

ขั้นตอนการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐาน สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยต้องศึกษาทฤษฎีทางการศึกษา งานวิจัยเชิงประจักษ์ และความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการทางปัญญาของนักเรียนในเนื้อหาที่ต้องการวัด เพื่อให้เข้าใจโครงสร้างของความรู้และทักษะที่เกี่ยวข้อง รวมถึงโมทัศน์คลาดเคลื่อนที่มักพบในนักเรียน การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยอย่างละเอียดจะช่วยให้ผู้วิจัยเข้าใจลำดับขั้นของพัฒนาการทางความคิดว่านักเรียนมีพัฒนาการจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งอย่างไร ความรู้หรือทักษะใดเป็นพื้นฐาน (prerequisite) ของความรู้หรือทักษะอื่น และโมทัศน์คลาดเคลื่อนใดที่มักเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยควรศึกษาหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้แผนที่ภาวะสันนิษฐานสอดคล้องกับสิ่งที่นักเรียนควรเรียนรู้ตามหลักสูตร

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดขอบเขตของคุณลักษณะที่ต้องการวัด โดยระบุให้ชัดเจนว่าต้องการวัดความรู้ ทักษะ หรือความสามารถอะไร และกำหนดขอบเขตตั้งแต่ระดับต่ำสุดจนถึงระดับสูงสุดที่คาดหวัง การกำหนดขอบเขตนี้ต้องพิจารณาบริบทของการวัด เช่น ระดับชั้นของนักเรียน เนื้อหาที่เรียนตามหลักสูตร และวัตถุประสงค์ของการวัด เป็นต้น ผู้วิจัยควรเริ่มต้นจากการพิจารณาว่าคุณลักษณะที่แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ประกอบด้วยอะไรบ้าง จากนั้นจึงพิจารณาว่าคุณลักษณะที่ตรงกันข้ามกับความเข้าใจนั้นประกอบด้วยอะไรบ้าง นั่นคือ การพิจารณาคุณลักษณะที่แสดงถึงความไม่เข้าใจหรือการขาดความรู้ เมื่อได้คุณลักษณะที่สุดโต่งของทั้งสองด้านแล้วจึงพิจารณาคุณลักษณะที่อยู่ระหว่างระดับเข้าใจและระดับไม่เข้าใจเป็นลำดับต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดจำนวนระดับและเขียนคำบรรยายแต่ละระดับ โดยพิจารณาจำนวนระดับที่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปประมาณ 4-6 ระดับ ถือว่าเหมาะสมสำหรับการวัดทางการศึกษา การกำหนดจำนวนระดับต้องคำนึงถึงความสมดุลระหว่างความละเอียดของสารสนเทศที่ต้องการ กับความเป็นไปได้ในการสร้างข้อคำถามที่สามารถถึงการตอบสนองในแต่ละระดับออกมาได้ หลังจากกำหนดจำนวนระดับแล้ว ผู้วิจัยต้องเขียนคำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) ที่อธิบายว่านักเรียนในแต่ละระดับมีความรู้ความเข้าใจอย่างไร รู้อะไรบ้าง และทำอะไรได้บ้าง รวมทั้งเขียนคำบรรยายคำตอบ (response descriptors) ที่ระบุลักษณะของคำตอบที่ถูกต้องพร้อมเหตุผลสนับสนุนสำหรับแต่ละระดับ คำบรรยายเหล่านี้ต้องชัดเจน เฉพาะเจาะจง และสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างระดับได้อย่างชัดเจน

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความสอดคล้องกับทฤษฎี โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านเนื้อหาและด้านการวัดผลตรวจสอบว่าการแบ่งระดับและคำบรรยายมีความสอดคล้องกับทฤษฎีและหลักการ

ทางการศึกษาหรือไม่ ผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณาว่าจำนวนระดับเหมาะสมหรือไม่ คำบรรยายแต่ละระดับมีความชัดเจนและแยกแยะได้ง่ายหรือไม่ และลำดับของระดับสอดคล้องกับพัฒนาการทางความคิดของนักเรียนหรือไม่ การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญช่วยเพิ่มความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน และขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยนำความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแผนที่ภาวะสันนิษฐานให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อาจมีการเพิ่มหรือลดจำนวนระดับ ปรับแก้คำบรรยายให้ชัดเจนขึ้น หรือเพิ่มเติมรายละเอียดที่ขาดหายไป ทั้งนี้ กระบวนการปรับปรุงอาจต้องทำหลายรอบจนกว่าผู้เชี่ยวชาญจะเห็นพ้องกันว่าแผนที่ภาวะสันนิษฐานมีความสมบูรณ์และพร้อมนำไปใช้ในการพัฒนาข้อสอบต่อไป (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; ศุภามณ จันทร์สกุล, 2561; Wilson, 2005)

การใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานในการบรรยายระดับความสามารถ นอกจากจะทราบถึงระดับความสามารถที่จะนำไปใช้ในการตีความคะแนนสอบและคะแนนจุดตัดแล้ว แผนที่ภาวะสันนิษฐานยังให้รายละเอียดเกี่ยวกับความรู้ ทักษะ และความสามารถของนักเรียนในแต่ละระดับ จากความสามารถต่ำสุดไปหาสูงสุด โดยระดับความสามารถที่สูงขึ้นจะบ่งบอกถึงการมีความรู้ ทักษะ และความสามารถมากขึ้น Wilson (2005) ; Wilson et al. (2011); Schulz (2013)S และ Wyse (2014) ได้สรุปลักษณะเด่นของการใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานในการบรรยายระดับความสามารถไว้ ดังนี้ 1) สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาข้อสอบและแบบสอบได้ โดยแผนที่ภาวะสันนิษฐานในแต่ละระดับอ้างอิงคำบรรยายมาจากคำตอบของนักเรียน ซึ่งคำตอบของนักเรียนจะเป็นหลักฐานอย่างดีเพื่อตีความและสรุปอ้างอิงความสามารถของนักเรียนให้ชัดเจนขึ้น 2) สามารถใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนความตรงเชิงโครงสร้างได้ เนื่องจากแผนที่ภาวะสันนิษฐานให้ความสำคัญทั้งคะแนนรวมและคะแนนรายข้อ ดังนั้นเมื่อนำแผนที่ภาวะสันนิษฐานไปใช้เป็นคำบรรยายระดับความสามารถ จะทำให้ได้สารสนเทศที่ละเอียดมากขึ้น นอกจากนั้นยังเชื่อมโยงความหมายของคะแนนรายข้อกับความหมายของคะแนนรวมและคำตอบของนักเรียนที่มีต่อข้อสอบแต่ละข้อ 3) ใช้เป็นฐานการพัฒนาคำบรรยายระดับความสามารถในกรณีที่ยังไม่มีคำบรรยายระดับความสามารถอยู่ก่อน และ 4) ช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนเข้าใจความคิดของผู้เชี่ยวชาญคนอื่น ๆ ในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นไม่ตรงกัน เนื่องจากแผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นส่วนเชื่อมโยงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคะแนนสอบเข้ากับคำบรรยายระดับความสามารถ ทำให้เกิดความเข้าใจร่วมกันและสามารถหาข้อสรุปที่เป็นที่ยอมรับได้ (Cizek & Bunch, 2007; Perie, 2008; Plake et al., 2010; Schulz, 2013; Wilson, 2005; Wilson et al., 2011; Wyse, 2014)

การสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจทั้งในด้านทฤษฎีทางการศึกษาและพัฒนาการทางปัญญาของนักเรียน รวมถึงความเชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชาที่ต้องการวัด ผู้วิจัยต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในการกำหนดจำนวนระดับและเขียนคำบรรยายแต่ละ

ระดับให้มีความชัดเจน สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างระดับได้ และสอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง แผนทีภาวะสันนิษฐานที่สร้างขึ้นอย่างมีคุณภาพจะเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีความตรงและความเที่ยงสูง สามารถวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้ แผนทีภาวะสันนิษฐานยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับแนวคิดการวัดและประเมินผลอื่น ๆ ได้ เช่น การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; ศุภามณ จันทรสกุล, 2561; Wilson, 2005; Wilson et al., 2011)

2.4 การประยุกต์ใช้แผนทีภาวะสันนิษฐานในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

แบบสอบวินิจฉัย (diagnostic test) เป็นเครื่องมือที่ใช้ค้นหาจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเฉพาะมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ตรงกับหลักวิชาการแต่นักเรียนกลับยึดถือไว้อย่างเหนียวแน่น มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ เพราะนักเรียนมักตีความข้อมูลใหม่ให้เข้ากับความเข้าใจเดิมที่ผิดพลาด ส่งผลให้ไม่สามารถสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องได้ ดังนั้น การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการจัดการศึกษา เพื่อให้ครูสามารถระบุได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเรื่องใด และวางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้ไขมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเหล่านั้นได้อย่างตรงจุด ทั้งนี้ การแก้ไขมโนทัศน์คลาดเคลื่อนต้องใช้วิธีการที่แตกต่างจากการสอนเนื้อหาใหม่ กล่าวคือ ต้องจัดกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงความขัดแย้งระหว่างความเข้าใจเดิมกับความรู้ที่ถูกต้อง และกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (conceptual change) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยเวลาและความพยายามมากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ตามปกติ (Treagust, 1988)

พัฒนาการของแบบสอบวินิจฉัยเริ่มต้นจากแบบสอบวินิจฉัยระดับเดียว (one-tier diagnostic test) ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัยหลายตัวเลือกที่มีตัวเลือกผิดสะท้อนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่พบบ่อย อย่างไรก็ตาม แบบสอบวินิจฉัยระดับเดียวยังมีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ ไม่สามารถทราบได้ว่านักเรียนเลือกคำตอบนั้นเพราะมีความเข้าใจอย่างไร หรือเป็นเพียงการเดาคำตอบ (Treagust, 1988) จึงได้บุกเบิกการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (two-tier diagnostic test) ในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเพิ่มระดับที่ 2 เป็นข้อคำถามให้เลือกเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบในระดับที่ 1 ซึ่งช่วยให้ทราบว่านักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างไรในการตอบคำถาม Treagust (1988) ได้เสนอกระบวนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับที่เป็นระบบ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การศึกษาเนื้อหาและกำหนดขอบเขตของความรู้ที่ต้องการวัด การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเนื้อหานั้น การสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อค้นหามโนทัศน์คลาดเคลื่อนเพิ่มเติม การพัฒนาข้อสอบที่มี

ตัวเลือกสะท้อนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเหล่านั้น และการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ กระบวนการนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางและถูกนำไปใช้ในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยในหลายสาขาวิชา

แบบสอบวินิจฉัยสองระดับยังคงมีข้อจำกัดที่สำคัญ คือ ไม่สามารถแยกแยะได้ว่านักเรียนที่ตอบผิดนั้นมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนจริง หรือเป็นเพียงการขาดความรู้และเดาคำตอบ ความแตกต่างนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนต้องการกิจกรรมที่ช่วยให้ตระหนักถึงความขัดแย้งระหว่างความเข้าใจเดิมกับความรู้ที่ถูกต้องและเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ ในขณะที่นักเรียนที่ขาดความรู้ต้องการการสอนเนื้อหาใหม่ตั้งแต่พื้นฐานต่อมา (Arslan et al., 2012) จึงพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (three-tier diagnostic test) โดยเพิ่มระดับที่ 3 คือ การวัดความมั่นใจในการตอบ เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว แนวคิดสำคัญของการเพิ่มระดับความมั่นใจ คือ นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนอย่างแท้จริงมักจะมี ความมั่นใจในคำตอบที่ผิดของตน เนื่องจากเชื่อว่าความเข้าใจของตนถูกต้อง มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเป็นความเข้าใจที่ฝังรากลึกและต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง นักเรียนจึงมักยืนยันความเข้าใจเดิม แม้จะได้รับข้อมูลที่ขัดแย้ง ในขณะที่นักเรียนที่ขาดความรู้มักจะไม่มั่นใจในคำตอบ เพราะรู้สึกวาทนเองไม่แน่ใจหรือไม่เคยเรียนรู้เนื้อหานั้นมาก่อน ดังนั้น การวัดความมั่นใจจึงช่วยให้สามารถแยกแยะระหว่างสองกลุ่มนี้ได้อย่างชัดเจน (Arslan et al., 2012; Caleon & Subramaniam, 2009)

โครงสร้างของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือกให้นักเรียนเลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้อง ซึ่งเป็นการวัดความรู้เชิงเนื้อหาโดยตรง โดยตัวเลือกจะประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิดซึ่งสะท้อนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่พบบ่อยในนักเรียน ระดับที่ 2 เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือกให้นักเรียนเลือกเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบในระดับที่ 1 ซึ่งเป็นการวัดความเข้าใจเชิงลึกและกระบวนการคิดของนักเรียน โดยตัวเลือกในระดับที่ 2 จะประกอบด้วยเหตุผลที่ถูกต้องตามหลักวิชาการและเหตุผลที่สะท้อนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่พบบ่อยในนักเรียน ตัวเลือกเหตุผลคลาดเคลื่อนเหล่านี้ได้มาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์นักเรียน ทำให้สามารถระบุได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในลักษณะใด และระดับที่ 3 เป็นข้อคำถามให้นักเรียนเลือกตอบว่ามั่นใจหรือไม่มั่นใจในคำตอบของตนทั้งในระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ซึ่งเป็นการวัดระดับความเชื่อมั่นในความรู้ของตนเอง ระดับความมั่นใจนี้อาจวัดเป็นแบบสองตัวเลือก (มั่นใจ/ไม่มั่นใจ) หรือแบบมาตราประมาณค่า (rating scale) ก็ได้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิจัย การให้คะแนนในแต่ละระดับของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับให้คะแนนแบบ 2 ค่า คือ ถูกหรือผิดสำหรับระดับที่ 1 และ 2 และมั่นใจหรือไม่มั่นใจสำหรับระดับที่ 3 การนำคำตอบจากทั้งสามระดับมาผสมผสานกันทำให้สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามลักษณะความเข้าใจได้ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดรูปแบบการวินิจฉัยนักเรียน ดังนี้ (Arslan et al., 2012; Caleon & Subramaniam, 2009)

ตาราง 1 รูปแบบการวินิจฉัยนักเรียนจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

รูปแบบการวินิจฉัย	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3
1. มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	ถูก	ถูก	มั่นใจ
2. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)	ถูก	ผิด	มั่นใจ
3. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)	ผิด	ถูก	มั่นใจ
4. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	ผิด	ผิด	มั่นใจ
5. เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	ถูก	ถูก	ไม่มั่นใจ
6. ขาดความรู้ (lack of knowledge)	ผิด	ผิด	ไม่มั่นใจ
	ถูก	ผิด	ไม่มั่นใจ
	ผิด	ถูก	ไม่มั่นใจ

จากตาราง 1 สามารถอธิบายรูปแบบการวินิจฉัยแต่ละลักษณะได้ดังนี้ รูปแบบที่ 1 มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) หมายถึง นักเรียนที่ตอบคำถามถูกต้อง เลือกเหตุผลถูกต้อง และมีความมั่นใจในคำตอบของตน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาอย่างสมบูรณ์และมั่นคง สามารถอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องได้ และมั่นใจในความรู้ของตนเอง นักเรียนกลุ่มนี้สามารถเรียนรู้เนื้อหาในระดับที่สูงขึ้นหรือท้าทายมากขึ้นได้ หรืออาจได้รับมอบหมายให้ช่วยเหลือเพื่อนที่ยังมีความเข้าใจไม่สมบูรณ์ รูปแบบที่ 2 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) หมายถึง นักเรียนที่ตอบคำถามถูกต้อง แต่เลือกเหตุผลผิด และมีความมั่นใจในคำตอบของตน แสดงให้เห็นว่านักเรียนอาจตอบถูกโดยบังเอิญหรือใช้วิธีคิดที่ไม่ถูกต้องแต่บังเอิญได้คำตอบที่ถูกต้อง หรือมีความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนกลุ่มนี้ต้องการกิจกรรมที่ช่วยให้เข้าใจเหตุผลที่ถูกต้องเบื้องหลังคำตอบ รูปแบบที่ 3 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) หมายถึง นักเรียนที่ตอบคำถามผิด แต่เลือกเหตุผลถูกต้อง และมีความมั่นใจในคำตอบของตน แสดงให้เห็นว่านักเรียนอาจมีความเข้าใจในหลักการที่ถูกต้อง แต่ประยุกต์ใช้ผิดพลาดหรือเกิดความสับสนในการเลือกคำตอบ นักเรียนกลุ่มนี้ต้องการกิจกรรมที่ช่วยให้เชื่อมโยงระหว่างหลักการกับการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง รูปแบบที่ 4 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) หมายถึง

นักเรียนที่ตอบคำถามผิด เลือกเหตุผลผิด และมีความมั่นใจในคำตอบของตน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอย่างแท้จริงและยึดถือไว้อย่างมั่นคง ซึ่งเป็นกลุ่มที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษในการจัดกิจกรรมเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ นักเรียนกลุ่มนี้ต้องการกิจกรรมที่ช่วยให้ตระหนักถึงความขัดแย้งระหว่างความเข้าใจเดิมกับความรู้ที่ถูกต้อง เช่น การใช้สถานการณ์ที่ขัดแย้งกับความเข้าใจเดิม การอภิปรายเพื่อเปรียบเทียบความคิดที่แตกต่าง หรือการทดลองที่แสดงผลลัพธ์ที่ขัดกับความคาดหวังของนักเรียน รูปแบบที่ 5 เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) หมายถึง นักเรียนที่ตอบคำถามถูกต้อง เลือกเหตุผลถูกต้อง แต่ไม่มั่นใจในคำตอบของตน แสดงให้เห็นว่านักเรียนอาจเดาคำตอบถูกโดยบังเอิญ หรือมีความรู้แต่ยังไม่มั่นใจในความเข้าใจของตนเอง นักเรียนกลุ่มนี้ต้องการกิจกรรมที่ช่วยเสริมสร้างความมั่นใจและความเข้าใจที่มั่นคงยิ่งขึ้น เช่น การให้โอกาสฝึกฝนและประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ และรูปแบบที่ 6 ขาดความรู้ (lack of knowledge) หมายถึง นักเรียนที่ตอบคำถามหรือเหตุผลผิดอย่างน้อยหนึ่งระดับ และไม่มั่นใจในคำตอบของตน แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังไม่มีความรู้ในเนื้อหานั้นและต้องการการสอนเนื้อหาใหม่ตั้งแต่พื้นฐานอย่างเป็นระบบ (Arslan et al., 2012; Caleon & Subramaniam, 2009)

การบูรณาการแผนที่ภาวะสันนิษฐานกับแบบสอบวินิจฉัยสามารถใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยออกแบบแผนที่ภาวะสันนิษฐานให้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ตัวชี้วัด เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และตารางคำบรรยายระดับความสามารถ โดยตารางดังกล่าวประกอบด้วยรูปแบบการวินิจฉัย คำบรรยายความสามารถที่อธิบายว่านักเรียนที่มีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ควรมีลักษณะอย่างไร และคำบรรยายคำตอบที่ระบุลักษณะของคำตอบและเหตุผลที่ถูกต้อง พร้อมด้วยช่องประเมินความสอดคล้องสำหรับผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

การบูรณาการแผนที่ภาวะสันนิษฐานกับแบบสอบวินิจฉัยสามารถให้ประโยชน์หลายประการ ดังนี้ 1) ทำให้ได้เครื่องมือวินิจฉัยที่มีความตรงเชิงเนื้อหาสูง เนื่องจากข้อสอบถูกออกแบบอย่างเป็นระบบบนพื้นฐานของตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน โดยมีคำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบเป็นแนวทางในการพัฒนาข้อสอบ 2) ช่วยเพิ่มความตรงเชิงโครงสร้าง เนื่องจากการจัดลำดับความยากของข้อสอบสอดคล้องกับลำดับขั้นของความสามารถในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน ความสอดคล้องระหว่างลำดับความยากของข้อสอบกับระดับความสามารถในแผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นหลักฐานสำคัญของความตรงเชิงโครงสร้าง 3) การรายงานผลมีความหมายในเชิงการศึกษามากขึ้น ครูสามารถทราบได้ว่านักเรียนแต่ละคนอยู่ในรูปแบบการวินิจฉัยได้จาก 6 รูปแบบ และวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองความต้องการของนักเรียนเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มได้อย่างเหมาะสม และ 4) การใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นกรอบในการพัฒนาข้อสอบช่วยให้มั่นใจว่าข้อสอบครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้

ไม่เกิดการกระจุกตัวของข้อสอบในเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่ง ทำให้แบบสอบมีความสามารถในการวินิจฉัยได้ครอบคลุมทุกประเด็นที่ต้องการวัด (วีรภัทร์ สุขศิริ, 2557; ศุภามณ จันทร์สกุล, 2561; Plake et al., 2010; Wilson, 2005)

แผนที่ภาวะสันนิษฐานมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ โดยทำหน้าที่เป็นกรอบทฤษฎีที่เชื่อมโยงตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ คำบรรยายความสามารถ และคำบรรยายคำตอบเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ การบูรณาการแผนที่ภาวะสันนิษฐานกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับทำให้ได้เครื่องมือวินิจฉัยที่มีคุณภาพ สามารถจำแนกนักเรียนตามรูปแบบการวินิจฉัย 6 รูปแบบได้อย่างแม่นยำ ได้แก่ มีความรู้อย่างแท้จริง มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ และขาดความรู้ การจำแนกนักเรียนออกเป็นรูปแบบต่าง ๆ เหล่านี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนเรื่องจำนวนเต็มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เนื่องจากครูสามารถวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกับความต้องการของนักเรียนแต่ละกลุ่มได้อย่างเหมาะสม ทั้งการจัดกิจกรรมเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์สำหรับนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนการเสริมสร้างความมั่นใจสำหรับนักเรียนที่ขาดความมั่นใจ และการสอนเนื้อหาใหม่สำหรับนักเรียนที่ขาดความรู้

นอกจากนี้ Wilson (2023) ได้ปรับปรุงแนวคิดแผนที่ภาวะสันนิษฐานจากเวอร์ชันดั้งเดิม (Wilson, 2005) โดยเปลี่ยนคำศัพท์จาก "ระดับ (level)" เป็น "จุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint)" เพื่อสะท้อนแนวคิดสำคัญที่ว่าจุดต่าง ๆ บนแผนที่ภาวะสันนิษฐานไม่ใช่ระดับตายตัวแบบขั้นบันได แต่เป็นจุดที่ระบุได้บนเส้นทางการพัฒนาของผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถเคลื่อนขึ้นหรือลงระหว่างจุดเหล่านี้ได้ตามผลของการจัดการเรียนรู้และการสอนซ่อมเสริม แนวคิดนี้สอดคล้องกับธรรมชาติของการวินิจฉัยทางการศึกษาที่มีเป้าหมายเพื่อระบุตำแหน่งปัจจุบันของผู้เรียนและออกแบบการช่วยเหลือให้ผู้เรียนเคลื่อนไปสู่จุดที่สูงขึ้น (Wilson, 2023)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยประยุกต์ใช้แนวคิดจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) โดยกำหนดให้จุดบ่งชี้ความสามารถบนแผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นกลุ่มการวินิจฉัย 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (Arslan et al., 2012) เรียงจากจุดสูงสุดลงมายังจุดต่ำสุด ดังนี้ 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) 2) เดาคำตอบถูกหรือ ขาดความมั่นใจ (lucky guess/lack of confidence: LG/LC) 3) มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) 5) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) การกำหนดจุดบ่งชี้ความสามารถในลักษณะนี้ สะท้อนว่ามิติของการพัฒนาไม่ได้จำกัดอยู่ที่ "ทำได้-ทำไม่ได้" เพียง อย่างเดียว แต่ครอบคลุมถึงคุณลักษณะของความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับ

แนวคิดของ Wilson (2023) ที่เน้นว่าแผนที่ภาวะสันนิษฐาน ควรสะท้อนความหลากหลายของการตอบสนองที่เป็นไปได้ของผู้เรียน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โสภิตา เสนาะจิต (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีและการวัดแบบราสช์ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีและการวัดแบบราสช์ 2) เพื่อสร้างเครื่องมือประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้ตามการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎี 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดกำแพงเพชร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 จำนวน 500 คน ดำเนินการวิจัยโดยสร้างและตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลการวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ เครื่องมือเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยแต่ละตัวเลือกให้คะแนนแตกต่างกัน ตามแผนที่ภาวะสันนิษฐานที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งมีผลการศึกษา ดังนี้ 1) โมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ระดับ ตั้งแต่ขั้นเบื้องต้น ขั้นพื้นฐาน ขั้นเชี่ยวชาญและขั้นสูง ประกอบด้วยแผนที่ภาวะสันนิษฐาน 2 มิติ ได้แก่ มิติการให้เหตุผล ประกอบด้วย 4 ระดับ ได้แก่ ขั้นการรับรู้ ขั้นการเข้าใจเหตุผล ขั้นการมีเหตุผล และขั้นการสรุปเหตุผลสัมพันธ์ และมิติการนำไปประยุกต์ใช้ ประกอบด้วย 4 ระดับ ได้แก่ ขั้นการจดจำ ขั้นการปฏิบัติตาม ขั้นการนำไปใช้ และขั้นการประยุกต์ใช้ 2) ข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มีคุณภาพและสอดคล้องกับแผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 2 มิติ มีจำนวน 36 ข้อ ผลวิเคราะห์ความตรงมีค่าดัชนีความเหมือนทุกข้อผ่านเกณฑ์ 80 ความเที่ยงแบบสัมประสิทธิ์ครอนบาคแอลฟา มีค่า .84 ผ่านเกณฑ์ในระดับสูง ความเที่ยงแบบ EAP/PV เท่ากับ .84 ผ่านเกณฑ์ในระดับสูง ทุกข้อมีค่า INFIT MNSQ อยู่ระหว่าง .75-1.33 ค่าความสัมพันธ์ของข้อสอบจากความเที่ยงแบบวิธีแบ่งครึ่งข้อคู่ข้อคี่ เท่ากับ 79 และแบบครึ่งฉบับแรกครึ่งฉบับหลังมีค่าเท่ากับ .52 มีความสัมพันธ์กันในระดับดีและปานกลาง ตามลำดับ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน จำนวน 245 คนคิดเป็นร้อยละ 49.00 และ 3) ประสิทธิภาพโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่ามีค่า criterion zone ระดับความสามารถแฝง (0) ต่ำกว่า -.75, -.75, -.18, -.19, -1.00 และมากกว่า 1.00

วีรภัทร์ สุขศิริ และ ชนม์ชกรณ วรอินทร (2559) ได้ศึกษาการตรวจคะแนนจุดตัดขั้นต้นสำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากคะแนนสอบระดับชาติขั้นพื้นฐานด้วยวิธีทำแผนที่

ความสามารถแข่งชิงประจักษ์ : การวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ ตรวจสอบและเสนอแนะค่าที่สามารถกำหนดเป็นคะแนนจุดตัดขั้นต้น ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากข้อสอบ ONET วิชาวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2550 ถึง 2552 วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการสร้างและตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างแผนที่ภาวะสันนิษฐานเชิงทฤษฎีความสามารถทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลแข่งชิงประจักษ์ จากนั้นแก้ไขแผนที่ภาวะสันนิษฐานดังกล่าวทำให้ได้แผนที่ภาวะสันนิษฐานเชิงประจักษ์ ผลที่ได้นำไปตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนโมเดลการวัดความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะพิจารณาเลือกโมเดลที่สอดคล้องกลมกลืนมากที่สุดไปตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล จากนั้นจึงกำหนดคะแนนจุดตัดขั้นต้นตามโมเดลที่ไม่แปรเปลี่ยนและนำเสนอคะแนนสเกลความสามารถทางวิทยาศาสตร์แต่ละระดับความสามารถของนักเรียน ซึ่งผลวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) แผนที่ภาวะสันนิษฐานเชิงประจักษ์ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ ขั้นต่ำกว่าขั้นพื้นฐาน ขั้นพื้นฐานและขั้นสูง โดยเป็นโครงสร้างที่ใช้บรรยายความสามารถนักเรียนได้อย่างเหมาะสม สามารถอธิบายลำดับความยากข้อสอบและความสามารถของนักเรียนที่ใช้ทำข้อสอบได้สอดคล้องกับแผนที่ของ Wright และแผนที่ภาวะสันนิษฐานเชิงทฤษฎีที่พัฒนาขึ้น 2) โมเดลที่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลแข่งชิงประจักษ์มากที่สุด ในปีการศึกษา 2550 คือโมเดลพหุมิติระหว่างข้อสอบ ($\chi^2 = 2,652.12$, AIC = 4542927.32, BIC = 4543 128.21) ปีการศึกษา 2551 คือ โมเดลเอกมิติ ($\chi^2 = 2,484.80$, AIC = 3894806.39, BIC = 3894924.88) และปีการศึกษา 2552 คือ โมเดลพหุมิติภายในข้อสอบที่ให้คะแนนแบบหลายค่า ($\chi^2 = 7,626.95$, AIC = 3859428.41, BIC = 3859643.36) และคัดเลือกโมเดลเพิ่มเติมอีกสามโมเดล คือ โมเดลเอกมิติของปีการศึกษา 2550 โมเดลพหุมิติระหว่างข้อสอบของปีการศึกษา 2551 และโมเดลเอกมิติที่ให้คะแนนแบบหลายค่าของปีการศึกษา 2552 และเมื่อตรวจสอบความตรงข้ามกลุ่มพบว่า โมเดลทั้งหมดมีความตรงข้ามกลุ่ม สามารถให้ค่าพารามิเตอร์เชิงโครงสร้างไม่แตกต่างกัน และ 3) คะแนนจุดตัดขั้นต้นที่กั้นระหว่างนักเรียนชั้นต่ำกว่าขั้นพื้นฐานและขั้นพื้นฐานตั้งแต่ปีการศึกษา 2550 ถึง 2552 เท่ากับ 47, 46 และ 47 คะแนนตามลำดับ และมีคะแนนจุดตัดที่สองที่กั้นระหว่างนักเรียนขั้นพื้นฐานกับขั้นสูงเท่ากับ 57, 56 และ 59 คะแนนตามลำดับ ดังนั้น จึงกำหนดคะแนนจุดตัดขั้นต้นร่วมของแบบสอบ ONET ปีการศึกษา 2550 ถึง 2552 จากการคำนวณค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดตัดขั้นต้นของแต่ละระดับซึ่งก็คือคะแนนสเกลเท่ากับ 47 และ 57 คะแนนตามลำดับ ซึ่งถ้านำคะแนนจุดตัดขั้นต้นเหล่านี้ไปใช้ประเมินความสามารถนักเรียนจะเกิดผลกระทบในภาพรวมทั้งสามปีการศึกษา จะพบว่ามีนักเรียนจำนวนร้อยละ 35.09 อยู่ระดับขั้นต่ำกว่าขั้นพื้นฐาน มีนักเรียนจำนวนร้อยละ 48.64 อยู่ระดับขั้นพื้นฐาน และมีนักเรียนจำนวนร้อยละ 16.27 อยู่ระดับขั้นสูง

Carney et al. (2022) ได้ศึกษาแผนที่ภาวะสันนิษฐานและกรอบคุณลักษณะ: การให้เหตุผล เรื่อง สัดส่วน มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและเชื่อมโยงแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง สัดส่วน อย่างเป็นลำดับขั้น และ 2) เป็นแนวทางการวัดผลในวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้ระเบียบวิธีของแผนที่ภาวะสันนิษฐานในการสร้างโครงสร้างคุณลักษณะหลักและกรอบคุณลักษณะเรียงตามลำดับขั้น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนเกรด 6 – 9 จำนวน 1,140 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินการให้เหตุผล เรื่อง สัดส่วน เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 รูปแบบ รูปแบบ 20 ข้อ โดยข้อ 1-10 จะเหมือนกัน และข้อที่ 11-20 จะแตกต่างกัน เนื่องจาก มีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องการ หากนำมาสร้างเป็นข้อสอบทั้งหมดจะทำให้ให้นักเรียนใช้เวลาในการสอบมากเกินไป แต่จะยังคงมีรูปแบบที่สอดคล้องกันทั้ง 6 รูปแบบ ให้คะแนนแบบ 2 ค่า (0=ตอบผิด, 1=ตอบถูก) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Rasch model ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง สัดส่วน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 1) การคูณด้วยเลขหนึ่งหลัก 2) อัตราส่วนต่อหน่วย 3) การคูณด้วยตัวเลขสองหลัก 4) รูปทั่วไป และ 5) สมการ ตามลำดับ 2) ขั้นตอนในการใช้ระเบียบวิธีของแผนที่ภาวะสันนิษฐานในการสร้างโครงสร้างคุณลักษณะหลักและกรอบคุณลักษณะเรียงตามลำดับขั้น ได้แก่ 1) การเชื่อมโยงแผนที่ภาวะสันนิษฐาน ได้จากการที่ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) พัฒนารอบคุณลักษณะในการวินิจฉัย ผู้วิจัยสร้างกรอบคุณลักษณะและพยายามจัดส่วนที่จะทำให้เกิดความสับสนในการข้อคำถามเพื่อลวงเอาความรู้ ของนักเรียนออกมา แล้วนำคุณลักษณะเหล่านั้นมาจัดเรียงลำดับ 3) การเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณลักษณะ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ Rasch model และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way Anova) และ 4) การยืนยันแผนที่ภาวะสันนิษฐาน โดยผู้วิจัยตรวจสอบความสอดคล้องกันระหว่างแผนที่ภาวะสันนิษฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ หากไม่สอดคล้องกันผู้วิจัยต้องหาสาเหตุเพื่อปรับโครงสร้างของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

Saikang et al. (2024) ได้พัฒนาและตรวจสอบความตรงของแผนที่ภาวะสันนิษฐานเพื่อประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในสาระจำนวนและพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 125 คน ในจังหวัดขอนแก่น ดยประยุกต์ใช้แนวคิดการสร้างมาตรวัด (construct modeling approach) ของ Wilson ผ่านกระบวนการ 4 building blocks ตามระเบียบวิธีวิจัยแบบ design-based research แผนที่ภาวะสันนิษฐานที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 มิติ ได้แก่ มิติกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Procedures: MAP) และมิติโครงสร้างผลการเรียนรู้ (Structure of Learning Outcome: SLO) แต่ละมิติจำแนกเป็น 5 ระดับ พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนเชิงวินิจฉัยที่ชัดเจน ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบจำนวน 20 ข้อ ใช้การให้คะแนนแบบหลายค่า (polytomous scoring) และวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Multi-dimensional Random Coefficient Multinomial Logit Model (MRCMLM) ผ่านโปรแกรม ACER ConQuest 5.0

ผลการวิจัยพบว่าแบบสอบมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานการประเมินทางการศึกษาและจิตวิทยา ทั้งในด้านความตรง (validity) จาก 3 แหล่งหลักฐาน คือ ความตรงเชิงเนื้อหาที่พิจารณาจาก Wright map กระบวนการตอบสนองของผู้เรียนผ่านเทคนิคคิดออกเสียง (think-aloud) และโครงสร้างภายในจากการเปรียบเทียบแบบจำลองมิติเดียวกับหลายมิติ นอกจากนี้ยังมีความเที่ยง (reliability) ที่ยอมรับได้ โดยค่า EAP/PV ของมิติ MAP และ SLO เท่ากับ 0.62 และ 0.57 ตามลำดับ และความสอดคล้องของข้อสอบ (item fit) มีค่า INFIT MNSQ อยู่ในช่วง 0.80–1.16 (MAP) และ 0.93–1.08 (SLO) ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ 0.75–1.33

แผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นแผนภาพแสดงลำดับขั้นความรู้และทักษะที่ต้องการวัด โดยระบุระดับความสามารถของนักเรียนตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุด รวมถึงมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในแต่ละระดับทำหน้าที่เชื่อมโยงการประเมินเข้ากับการวินิจฉัยและการสอน การสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานต้องกำหนดจำนวนระดับที่เหมาะสม หากน้อยเกินไปจะได้สารสนเทศไม่ละเอียดพอ หากมากเกินไปจะยากต่อการสร้างข้อคำถามที่ดึงการตอบสนองจริงออกมา ประโยชน์สำคัญคือช่วยพัฒนาเครื่องมือวัด สนับสนุนความตรงเชิงโครงสร้าง และเป็นฐานในการบรรยายระดับความสามารถ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานในการวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเรื่องสัดส่วน เพื่อให้การวินิจฉัยมีประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่สามารถระบุทั้งความรู้ ความมั่นใจ และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้อย่างครอบคลุม ซึ่งนำไปสู่แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในตอนถัดไป

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

แบบสอบวินิจฉัยสองระดับและสามระดับ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ (two-tier diagnostic tests)

การใช้แบบสอบวินิจฉัยเพื่อประเมินมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในความรู้หลัก (domain-specific knowledge) ของนักเรียนมีมากกว่า 3 ทศวรรษในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (science education) โดยผู้ริเริ่มได้แก่ Treagust (1988) ซึ่งได้พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ ในการระบุมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียนซึ่งมีผู้นำไปใช้อย่างกว้างขวางในบริบทเนื้อหาต่าง ๆ ถึงแม้ว่าแบบสอบวินิจฉัยสองระดับจะให้ข้อมูลมากกว่าวิธีเดิม ได้แก่ แบบสอบถามปลายปิด (close-ended questionnaires) ที่จำกัดความคิดเห็นแม้เพิ่มข้อคำถามปลายเปิดแล้ว แต่พบว่าผู้ตอบไม่ตอบหรือแสดงเหตุผลในช่องว่างที่เติมให้ และแบบทดสอบปรนัยมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถแสดงเหตุผลในการตอบ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามสำหรับข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ คือ เมื่อนักเรียนตอบผิดจะไม่สามารถแยกความแตกต่างของนักเรียนที่ขาดความรู้ (lack of knowledge) และนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) หรือเมื่อนักเรียนตอบถูกจะไม่สามารถแยก

ความแตกต่างของนักเรียนที่ตอบถูกจากความเข้าใจ (knowledge) หรือตอบถูกจากการเดา (lucky guess) (Hasan et al., 1999) แบบสอบวินิจฉัยสองระดับประกอบด้วย ระดับแรก (first tier) ของแบบสอบ คือ ส่วนเนื้อหาในการตอบ (content) ระดับที่ 2 (second tier) คือ ส่วนเหตุผลของการตอบ (reasons) โดยส่วนใหญ่รูปแบบข้อสอบในระดับที่ 1 เป็นปรนัยหลายตัวเลือกและในระดับที่ 2 เป็นปรนัยหลายตัวเลือกและอาจมีการเพิ่มตัวเลือกตอบปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม ส่วนการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) หาค่าความยาก (item difficulty) อำนาจจำแนก (item discrimination) และความเที่ยงแบบหาความสอดคล้องภายใน (internal consistency) ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (cronbach's alpha method)

3.2 แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (three-tier diagnostic tests)

เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยสองระดับจึงมีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ โดยมีการเพิ่มระดับที่ 3 (third tier) ในแบบสอบวินิจฉัย ได้แก่ ความมั่นใจการตอบ (confidence tier) เป็นการแสดงความมั่นใจในการตอบของนักเรียนซึ่งวัดในรูปแบบการให้คะแนน 0, 1 คือ มั่นใจและไม่มั่นใจ ใช้มาตรวัดประมาณค่า (rating scale) แบบ Likert's scale ซึ่งใช้ 4 ระดับ 6 ระดับ หรือดัดแปลง Likert's scale 6 ระดับเป็นมาตรวัดแบบช่วง (interval scale) จาก 0% ถึง 100% และจำแนกระดับความรู้ของนักเรียนเป็นกลุ่มโดยใช้ดัชนีการตอบสนองที่แน่นอน (certainty of response index)

ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ สรุปได้ดังนี้ (McClary & Bretz, 2012 อ้างถึงใน ศุภามณ จันทรสกุล, 2561; Arslan et al., 2012; Caleon & Subramaniam, 2009; Kirbulut & Geban, 2014)

ขั้นที่ 1 กำหนดขอบเขตของมโนทัศน์ ทำได้โดยการทบทวนเอกสาร ตำรา ผลงานวิจัย และสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ แล้วสร้างขอบเขตเนื้อหา (content area) ความรู้ที่ควรมี และข้อคำถามนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity)

ขั้นที่ 2 สำนวความคิดความเข้าใจมโนทัศน์และมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (conceptions and misconception) โดยสร้างข้อคำถามปลายเปิด หรือแบบทดสอบจากการทบทวนเอกสารในขั้นที่ 1 แล้วนำไปเก็บข้อมูล ใช้การสังเกตจากการเรียนการสอนในห้องเรียน การสัมภาษณ์ และการให้คิดออกเสียง (think aloud) และนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างในขั้นตอนนี้ไม่รวมในการศึกษานำร่องและในการศึกษาหลัก จากนั้นรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแนวความคิดและมโนทัศน์คลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 3 สร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยนำข้อมูลที่รวบรวมได้ในขั้นที่ 1 และ 2 มาสร้างแบบสอบวินิจฉัย นำมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่รวบรวมได้ในข้อ 2 มาสร้างตารางรายการมโนทัศน์คลาดเคลื่อนและระบุกลุ่มตัวเลือกตอบที่เป็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแล้วสร้างแบบสอบวินิจฉัยสองระดับแรกที่ระบุความรู้และเหตุผล ส่วนระดับที่สามเป็นระดับความมั่นใจ โดยใช้การเลือกตอบมั่นใจ (1), ไม่มั่นใจ (0) หรือ likert's scale ตัวอย่าง likert's scale 6 ระดับ โดยระดับ 1 (เดา) ระดับ 2 (ไม่มั่นใจมาก) ระดับ 3 (ไม่มั่นใจ) ระดับ 4 (ค่อนข้างมั่นใจ) ระดับ 5 (มั่นใจมาก) ระดับ 6 (มั่นใจมากที่สุด) เป็นต้น นำแบบสอบที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

ขั้นที่ 4 นำแบบสอบวินิจฉัยไปศึกษานำร่องกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาหลัก

ขั้นที่ 5 ปรับปรุงแบบสอบวินิจฉัยเพื่อให้ได้แบบสอบวินิจฉัยที่มีคุณภาพ การหาคุณภาพของแบบสอบโดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) หาค่าความยาก (item difficulty) อำนาจจำแนก (item discrimination) โดยหาความสัมพันธ์แบบ point biserial coefficients ตรวจสอบความเที่ยงแบบหาความสอดคล้องภายใน (internal consistency) วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (cronbach's alpha) การตรวจสอบความตรง (validity) ของแบบทดสอบ ได้แก่ การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) และความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity)

รูปแบบการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่เป็นไปได้และการให้คะแนน มีรายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 การจำแนกประเภทนักเรียนตามความเป็นไปได้ทั้งหมดในการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	รูปแบบการให้คะแนน	ระดับความรู้
ถูก	ถูก	มั่นใจ	1 1 1	มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)
ถูก	ผิด	มั่นใจ	1 0 1	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)
ผิด	ถูก	มั่นใจ	0 1 1	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)

ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	รูปแบบ การให้คะแนน	ระดับความรู้
ผิด	ผิด	มั่นใจ	0 0 1	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)
ถูก	ถูก	ไม่มั่นใจ	1 1 0	เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence)
ถูก	ผิด	ไม่มั่นใจ	1 0 0	ขาดความรู้ (lack of knowledge)
ผิด	ถูก	ไม่มั่นใจ	0 1 0	ขาดความรู้ (lack of knowledge)
ผิด	ผิด	ไม่มั่นใจ	0 0 0	ขาดความรู้ (lack of knowledge)

รูปแบบการตอบดังกล่าวข้างต้นสามารถจัดกลุ่มระดับความรู้ของนักเรียนเป็นกลุ่มมีรายละเอียด ดังนี้

Arslan et al. (2012) ได้แบ่งกลุ่มระดับความรู้ของนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1. มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) นักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาสามารถแสดงเหตุผล และมีความมั่นใจในการตอบ มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [1 1 1] ตามลำดับ

2. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) นักเรียนมีความรู้หรือมีแนวคิดที่ถูกต้อง แต่ความจริงไม่มีความรู้หรือมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [1 0 1] ตามลำดับ

3. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) นักเรียนไม่มีแนวคิดที่ถูกต้อง แต่ความจริงมีหรืออีกนัยหนึ่ง คือ มีแนวคิดถูกต้องแต่แสดงคำตอบผิด มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [0 1 1] ตามลำดับ ทั้งมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวกและมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบแสดงถึงความคลาดเคลื่อนของการประเมิน (errors of assessment) ดังนั้น ถ้าต้องการให้ความตรงของแบบสอบสูงขึ้นต้องลดให้น้อยที่สุด และมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบควรมีน้อยกว่า 10%

การคำนวณร้อยละมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวกและมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ พิจารณาคะแนนในระดับที่ 1, 2 และ 3

4. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) นักเรียนไม่มีความรู้ในเนื้อหา ไม่สามารถแสดงเหตุผล และมีความมั่นใจในการตอบ มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [0 0 1] ตามลำดับ

5. เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) นักเรียนพอมีความรู้แต่ไม่มั่นใจในการตอบ หรือไม่รู้แต่เดาคำตอบได้ถูก ซึ่งถ้าเดาคำตอบถูกในส่วนแรกมักจะตอบถูกในส่วนแสดงเหตุผลไปด้วย เนื่องจากข้อสอบทั้งสองส่วนมักมีความเกี่ยวข้องกัน มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 1 0] ตามลำดับ

6. ขาดความรู้ (lack of knowledge) นักเรียนไม่มีความรู้ในระดับใดระดับหนึ่งหรือทั้งสองระดับ และไม่มั่นใจในการตอบ มีรูปแบบในการตอบ 3 รูปแบบ ดังนี้

ขาดความรู้อย่างแท้จริง มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [0 0 0] ตามลำดับ

ขาดความรู้ในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผล มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [0 1 0] และถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 0 0] ตามลำดับ

ศุภามณ จันทรสกุล (2561) ได้แบ่งกลุ่มระดับความรู้ของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งแตกต่างกับ Arslan et al. (2012) คือ การรวมกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) กับมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) เข้าด้วยกัน ดังนี้

1. กลุ่มที่มีความรู้สมบูรณ์และมั่นใจ มีรูปแบบในการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [1 1 1] ตามลำดับ

2. กลุ่มที่มีความรู้เพียงบางส่วน มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 2 รูปแบบ โดยตอบ ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [1 0 1] ตามลำดับ และตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [0 1 1] ตามลำดับ

3. กลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [0 0 1] ตามลำดับ

4. กลุ่มที่มีความรู้สมบูรณ์แต่ไม่มั่นใจ มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 1 0] ตามลำดับ

5. กลุ่มที่พร้อมความรู้ มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 3 รูปแบบ โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [0 0 0] ตามลำดับ โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และ ไม่มั่นใจ [0 1 0] และตอบ ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 0 0] ตามลำดับ

มนัสสิริ อินทร์สวาท (2554) ได้แบ่งกลุ่มระดับความรู้ของนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ซึ่งแตกต่างกับ Arslan et al. (2012) และศุภามณ จันทรสกุล (2561) คือ การรวมกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) และมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) เข้าด้วยกัน ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่ถูกต้อง มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [1 1 1] ตามลำดับ

2. มโนทัศน์คลาดเคลื่อน มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 3 รูปแบบ โดยตอบ ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [1 0 1] ตามลำดับ โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [0 1 1] ตามลำดับ และตอบ ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [0 0 1] ตามลำดับ

3. เดาคำตอบถูก มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 1 0] ตามลำดับ

4. ขาดความรู้ มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 3 รูปแบบ โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [0 0 0] ตามลำดับ โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และ ไม่มั่นใจ [0 1 0] และตอบ ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 0 0] ตามลำดับ

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ได้แบ่งกลุ่มระดับความรู้ของนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ Arslan et al. (2012) มีรายละเอียดดังนี้

1. มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [1 1 1] ตามลำดับ

2. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [1 0 1] ตามลำดับ

3. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [0 1 1] ตามลำดับ

4. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [0 0 1] ตามลำดับ

5. เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 1 0] ตามลำดับ

6. ขาดความรู้ (lack of knowledge) มีรูปแบบในการตอบ 3 รูปแบบ ดังนี้

ขาดความรู้อย่างแท้จริง มีรูปแบบการตอบในแบบสอกระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [0 0 0] ตามลำดับ

ขาดความรู้ในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผล มีรูปแบบการตอบในแบบสอระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [0 1 0] และถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 0 0] ตามลำดับ

3.3. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจัย

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้แบบสอบมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้วินิจัยผู้เรียนได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ผู้วิจัยพิจารณาคุณภาพของแบบสอบใน 3 ด้าน ได้แก่ ความตรง (validity) ความเที่ยง (reliability) และคุณภาพรายข้อ (item analysis) ซึ่งการตรวจสอบในแต่ละด้านอาศัยทั้งทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) มีรายละเอียดดังนี้

ความตรงเป็นคุณสมบัติที่แสดงว่าแบบสอบสามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้จริง ถือเป็นคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของแบบสอบ เพราะหากแบบสอบไม่สามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้ผลที่ได้ก็จะไม่มีความหมาย ผู้วิจัยพิจารณาความตรงของแบบสอบวินิจัยใน 3 ลักษณะ ได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความตรงเชิงทฤษฎี

1. ความตรงตามเนื้อหา (content validity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดในการวัดเนื้อหาได้ครอบคลุมและเป็นตัวแทนที่ดีของเนื้อหาทั้งหมดที่ต้องการวัด การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาทำได้โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้หรือนิยามเชิงปฏิบัติการ ค่าดัชนีที่ใช้ในการประเมินความตรงเชิงเนื้อหา คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ซึ่งคำนวณจากผลรวมของคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญให้หารด้วยจำนวนผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณาให้คะแนนแต่ละข้อดังนี้ +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์ 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์ และ -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่ามีความตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ได้ ส่วนข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ควรได้รับการปรับปรุงหรือตัดทิ้ง (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

2. ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion-related validity) หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่นำผลจากการวัดของแบบสอบไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่ต้องการเพื่อใช้ในการพยากรณ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความตรงตามสภาพ (concurrent validity) และความตรงเชิงพยากรณ์ (predictive Validity)

2.1 ความตรงตามสภาพ (concurrent validity) หมายถึง ความตรงที่นำผลการวัดของแบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในสภาพปัจจุบัน เช่น คะแนนของแบบสอบวินิจฉัยนำไปหาความสัมพันธ์กับคะแนนวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ถ้ามีความสัมพันธ์กันสูงแสดงว่ามีความตรงตามสภาพสูง โดยค่าสถิติที่ใช้ในการประเมินความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากแบบสอบกับผลการสัมภาษณ์ด้วยวิธีคิดออกเสียง ประกอบด้วย ค่าร้อยละความสอดคล้อง (percent agreement) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556; Ericsson & Simon, 1993; Pesman & Eryilmaz, 2010)

2.2 ความตรงเชิงพยากรณ์ (predictive validity) หมายถึง ความตรงที่ได้จากการนำผลการวัดของแบบสอบที่สร้างขึ้นไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในอนาคต เพื่อนำผลการสอบไปพยากรณ์ผลความสำเร็จในอนาคต (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556; Ericsson & Simon, 1993; Pesman & Eryilmaz, 2010)

3. ความตรงเชิงทฤษฎี (construct validity) หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือทฤษฎีต่าง ๆ ของโครงสร้างนั้น หรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะของโครงสร้างของแบบสอบมาตรฐาน สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) วิธีวิเคราะห์เมทริกซ์พหุลักษณะ-พหุวิธี (Multitrait-Multimethod; MTMM) และวิธีการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มที่ทราบผล (comparing the scores of know groups) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

ในการตรวจสอบความตรงตามสภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับนี้ ผู้วิจัยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) เป็นเกณฑ์ภายนอก เทคนิคการคิดออกเสียงเป็นเทคนิคที่ให้นักเรียนพูดกระบวนการคิดของตนออกมามีดัง ๆ ในขณะที่กำลังตอบข้อสอบ ทำให้ผู้วิจัยสามารถทราบได้ว่านักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างไรในการตอบคำถาม มีความเข้าใจถูกต้องหรือมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนในลักษณะใด ผู้วิจัยจะเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยจากเทคนิคการคิดออกเสียง โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม หากผลการวินิจฉัยจากทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกันสูง แสดงว่าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับมีความตรงตามสภาพดี (Ericsson & Simon, 1993; Pesman & Eryilmaz, 2010) โดยค่าสถิติที่ใช้ในการประเมินความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากแบบสอบกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ประกอบด้วย ค่าร้อยละความสอดคล้อง (percent agreement) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's Kappa)

ความเที่ยง (reliability) เป็นคุณสมบัติที่แสดงความคงเส้นคงวาในการวัดของแบบสอบ หมายความว่าหากนำแบบสอบไปใช้วัดผู้สอบกลุ่มเดียวกันหลายครั้งในสภาพการณ์ที่ใกล้เคียงกัน ผลที่ได้ควรสอดคล้องกัน ความเที่ยงเป็นคุณสมบัติที่ส่งเสริมความน่าเชื่อถือของแบบสอบ และ

เป็นเงื่อนไขจำเป็น (necessary condition) ของความตรง การพิจารณาความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยสามารถทำได้ตามทฤษฎีการทดสอบ 2 แนวทาง ได้แก่ ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งให้สารสนเทศที่เสริมกัน

1. การหาความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) การพิจารณาความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมสามารถทำได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1.1 การหาความเที่ยงแบบความคงที่ (measure of stability) เป็นความคงเส้นคงวาของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาต่างกัน โดยวิธีสอบซ้ำด้วยเครื่องมือฉบับเดิม (test-retest method) แล้วนำผลการวัดทั้งสองครั้งมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient)

1.2 การหาความเที่ยงแบบความเท่าเทียมกัน (measure of equivalence) เป็นความสอดคล้องกันของคะแนนจากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน โดยใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (parallel test) แล้วนำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสองฉบับมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

1.3 การหาความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (measure of internal consistency) เป็นความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อหรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้อ โดยวัดกับกลุ่มตัวอย่างเพียงครั้งเดียวแล้วนำผลการวัดมาคำนวณ มีหลายวิธี ได้แก่ 1) วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (split-half method) โดยแบ่งข้อสอบเป็น 2 ฉบับย่อย แล้วคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และปรับเป็นค่าความเที่ยงของแบบสอบทั้งฉบับด้วยสูตร Spearman-Brown 2) วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ใช้ในกรณีที่เครื่องมือมีการตรวจให้คะแนนแบบ 2 ค่า คือ 0 และ 1 โดยตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน มีสูตรการคำนวณ 2 แบบ คือ KR-20 และ KR-21 (สูตร KR-21 มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าข้อสอบทุกข้อมีความยากเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ส่วนกรณีที่ข้อสอบมีความยากแตกต่างกันควรใช้สูตร KR-20) 3) วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ใช้ในกรณีที่การให้คะแนนเป็นแบบมาตราประมาณค่าหรือข้อสอบอัตนัย และยังใช้ได้กับแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบ 2 ค่า และ 4) วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยต์ (Hoyt's analysis of variance) ที่ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของคะแนนสามารถใช้กับแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบ 2 ค่า แบบมาตราประมาณค่า หรือแบบอัตนัย โดยให้ผลเท่ากับวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 โดยทั่วไปมีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหาความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมโดยใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ด้วยสูตร KR-20 ซึ่งเหมาะสำหรับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่มีการให้คะแนนแบบ 2 ค่า โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ three-tier composite scoring คือ ผู้เรียนจะได้คะแนน 1 ก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับเนื้อหา (content tier) ระดับเหตุผล

(reasoning tier) และระดับความมั่นใจ (confidence tier) มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 1] ส่วนรูปแบบอื่นให้ 0 คะแนน มีเกณฑ์การพิจารณาความสัมพันธ์ความเที่ยง KR-20 ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Arslan et al., 2012; Kirbulut & Geban, 2014)

2. การหาความเที่ยงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) การพิจารณาความเที่ยงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบอาศัยการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจากรูปแบบการตอบ และคำนวณค่าความเที่ยงจากความแม่นยำของการประมาณค่าดังกล่าว ซึ่งมีวิธีการประมาณค่าความสามารถที่นิยมใช้ 3 วิธี ดังนี้

2.1 วิธีการประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood Estimation (MLE) เป็นวิธีการประมาณค่าแบบดั้งเดิมตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยหาค่าความสามารถ (θ) ที่ทำให้ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (likelihood function) ของรูปแบบการตอบของผู้สอบสูงสุด ใช้กระบวนการทำซ้ำ (iterative algorithm) ในการคำนวณ ข้อดีของวิธีนี้คือไม่ต้องสมมติการแจกแจงก่อน (prior distribution) ของความสามารถ ทำให้ผลที่ได้สะท้อนข้อมูลจริงโดยตรง แต่มีข้อจำกัดสำคัญ คือไม่สามารถประมาณค่าได้ในกรณีที่ผู้สอบตอบถูกหรือผิดทุกข้อ และผลการประมาณค่าไม่เสถียรเมื่อผู้สอบมีคะแนนสุดขีด

2.2 วิธีการประมาณค่าแบบ Expected A Posteriori (EAP) เป็นวิธีการประมาณค่าแบบเบส์ (Bayesian estimation) โดยใช้ค่าคาดหวัง (expected value) ของการแจกแจงภายหลัง (posterior distribution) ของความสามารถผู้สอบ ซึ่งคำนวณจากการรวมข้อมูลของการแจกแจงก่อน (prior distribution) ของความสามารถ ที่โดยทั่วไปกำหนดเป็นการแจกแจงปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 กับฟังก์ชันความน่าจะเป็น (likelihood) ที่ได้จากการตอบของผู้สอบ ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถประมาณค่าได้ทุกกรณี แม้ในกรณีที่ผู้สอบตอบถูกหรือผิดทุกข้อ คำนวณได้รวดเร็วโดยไม่ต้องใช้กระบวนการทำซ้ำ และให้ผลที่มีเสถียรภาพสูง วิธี EAP เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดในงานวิจัยทางการศึกษา และเป็นวิธีการประมาณค่าค่ามาตรฐาน (default) ในโปรแกรมวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ เช่น IRTPRO

2.3 วิธีการประมาณค่าแบบ Maximum A Posteriori (MAP) เป็นวิธีการประมาณค่าแบบเบส์เช่นกัน แต่ใช้จุดสูงสุด (mode) ของการแจกแจงภายหลังแทนค่าคาดหวัง สามารถประมาณค่าได้ทุกกรณีเช่นเดียวกับ EAP แต่การใช้งานในงานวิจัยน้อยกว่า EAP

ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบสะท้อนความสอดคล้องของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบทั้งฉบับ มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 และตีความได้ในลักษณะเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยทั่วไปมีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยหาความเที่ยงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบโดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบ EAP (Expected A Posteriori) ผ่านโปรแกรม IRTPRO เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถประมาณค่าได้ทุกกรณี ให้ผลที่มีเสถียรภาพสูง และเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในงานวิจัยทางการศึกษาที่ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ มีเกณฑ์การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงแบบ EAP ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Bock & Mislevy, 1982; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563)

การพิจารณาความเที่ยงทั้งสองแนวทางร่วมกัน ช่วยให้ผู้วิจัยมั่นใจว่าแบบสอบให้ผลที่คงเส้นคงวา ทั้งในมิติของคะแนนรวมตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และในมิติของการประมาณค่าความสามารถผู้สอบรายบุคคลตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเป็นการพิจารณาคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบทำขึ้น เนื่องจากแบบสอบจะมีคุณภาพได้ต้องประกอบด้วยข้อสอบที่มีคุณภาพ การวิเคราะห์รายข้อจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยทราบว่าข้อสอบแต่ละข้อมีความเหมาะสมในด้านความยากสามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถต่างกันได้ และให้สารสนเทศที่ถูกต้องในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบหรือไม่ ผลของการวิเคราะห์ใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพดีเข้าฉบับที่จะนำไปใช้จริง รวมถึงปรับปรุงหรือตัดข้อสอบที่มีคุณภาพต่ำออก เพื่อให้แบบสอบที่ได้มีคุณภาพและพร้อมนำไปใช้วินิจฉัยผู้เรียน การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อสามารถทำได้ตามทฤษฎีการทดสอบ 2 แนวทาง ได้แก่ ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

1. การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT)

การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมพิจารณาจาก 3 ค่า ดังนี้

1.1 ค่าความยาก (item difficulty: p) หมายถึง สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบข้อนั้นถูก คำนวณจากจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อนั้นถูกหารด้วยจำนวนผู้สอบทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ค่าที่ใกล้ 0 แสดงว่าข้อสอบยาก ค่าที่ใกล้ 1 แสดงว่าข้อสอบง่าย ข้อสอบที่ดีควรมีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.80 และข้อสอบที่มีค่าความยากใกล้ 0.50 จะมีอำนาจจำแนกสูงสุดในเชิงทฤษฎี (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Hopkins & Antes, 1990)

1.2 ค่าอำนาจจำแนก (item discrimination: D) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการแยกผู้สอบที่มีความสามารถสูงออกจากผู้สอบที่มีความสามารถต่ำ คำนวณโดยใช้เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% โดยเรียงคะแนนรวมของผู้สอบจากมากไปน้อย แล้วแบ่งผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุดร้อยละ 27 เป็นกลุ่มสูง และผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำสุดร้อยละ 27 เป็นกลุ่มต่ำ จากนั้นนำสัดส่วนของผู้สอบกลุ่มสูงที่ตอบข้อนั้นถูกมาลบด้วยสัดส่วนของผู้สอบกลุ่มต่ำที่ตอบข้อนั้นถูก ค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 ค่าที่ใกล้ +1 แสดงว่าข้อสอบมีอำนาจจำแนกดี ค่าใกล้ 0 แสดงว่าข้อสอบไม่สามารถจำแนกผู้สอบได้ และค่าที่ติดลบแสดงว่าข้อสอบมีปัญหา (ผู้สอบที่มีความสามารถต่ำตอบถูก

มากกว่าผู้สอบที่มีความสามารถสูง) ข้อสอบที่ดีควรมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Hopkins & Antes, 1990; Wiersma & Jurs, 1990)

1.3 การวิเคราะห์ตัวลวง (distractor analysis) หมายถึง การพิจารณาว่าตัวเลือกที่ผิด (distractor) ของข้อสอบปรนัยหลายตัวเลือกมีคุณภาพเพียงพอหรือไม่ ตัวลวงที่ดีควรมีผู้สอบเลือกในสัดส่วนที่เหมาะสม และผู้สอบที่มีความสามารถต่ำควรเลือกตัวลวงมากกว่าผู้สอบที่มีความสามารถสูง การวิเคราะห์ตัวลวงเป็นเครื่องมือสำคัญในการระบุข้อผิดพลาดเคลื่อนของผู้เรียน เพราะตัวลวงที่ถูกเลือกโดยผู้เรียนจำนวนมากอาจสะท้อนถึงข้อผิดพลาดเคลื่อนที่พบบ่อยในเนื้อหา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยพิจารณาจากค่า 2 ค่า ได้แก่ ค่าความยาก (item difficulty: p) และค่าอำนาจจำแนก (item discrimination: D) สำหรับค่าความยากใช้เกณฑ์การพิจารณาในช่วง 0.20 ถึง 0.80 ส่วนค่าอำนาจจำแนกใช้เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% โดยมีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 ค่าจะถูกคัดเลือกเข้าฉบับที่นำไปใช้จริง ส่วนข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งจะถูกตัดออกหรือปรับปรุงแก้ไข (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, 2563; Hopkins & Antes, 1990)

2. การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT)

การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบอาศัยโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของผู้สอบกับความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูก โมเดลที่นิยมใช้สำหรับข้อสอบแบบให้คะแนน 2 ค่า (dichotomous) มี 3 รูปแบบ ได้แก่ โมเดล 1 พารามิเตอร์ (1PLM) ที่พิจารณาเฉพาะค่าความยาก โมเดล 2 พารามิเตอร์ (2PLM) ที่พิจารณาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก และโมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PLM) ที่พิจารณาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าการเดา ในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้โมเดล 3 พารามิเตอร์ (Three-Parameter Logistic Model: 3PLM) ซึ่งเหมาะสมสำหรับข้อสอบแบบปรนัยหลายตัวเลือกที่อาจมีการเดา โมเดล 3 พารามิเตอร์พิจารณาคุณภาพรายข้อจากค่าพารามิเตอร์ 3 ค่า ดังนี้

2.1 ค่าอำนาจจำแนก (item discrimination parameter: a) แสดงความสามารถของข้อสอบในการแยกผู้สอบที่มีความสามารถต่างกัน ค่า a สูงแสดงว่าข้อสอบมีอำนาจจำแนกดี ความน่าจะเป็นในการตอบถูกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อความสามารถผู้สอบเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปมีเกณฑ์การพิจารณาในช่วง 0.50 ถึง 2.50

2.2 ค่าความยาก (item difficulty parameter: b) แสดงระดับความยากของข้อสอบ บนมาตรฐานความสามารถเดียวกับผู้สอบ มีหน่วยเป็น logit ค่า b สูงแสดงว่าข้อสอบยาก ค่า b ต่ำแสดงว่าข้อสอบง่าย โดยทั่วไปมีเกณฑ์การพิจารณาในช่วง -2.50 ถึง +2.50

2.3 ค่าการเดา (pseudo-guessing parameter: c หรือ g) แสดงความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความสามารถต่ำมากจะตอบข้อนั้นถูกโดยการเดา มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ค่า c สูงแสดงว่าข้อสอบมีโอกาที่ผู้สอบจะตอบถูกโดยการเดาสูง ข้อสอบที่ดีควรมีค่า c ไม่เกิน 0.30

การวิเคราะห์ตามโมเดล 3 พารามิเตอร์มีข้อดีหลายประการ คือ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบไม่ขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้สอบ (item parameter invariance) และค่าประมาณความสามารถของผู้สอบไม่ขึ้นอยู่กับชุดข้อสอบที่ใช้ (ability parameter invariance) ซึ่งเป็นจุดแข็งที่สำคัญของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ทำให้สามารถนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบและประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง รวมถึงสามารถใช้พัฒนาคลังข้อสอบและการทดสอบแบบปรับเหมาะ (computerized adaptive testing) ได้

นอกจากการพิจารณาค่าพารามิเตอร์รายข้อแล้ว ในการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบยังมีการพิจารณาฟังก์ชันสารสนเทศ (information function) ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญที่บ่งชี้ว่าข้อสอบหรือแบบสอบให้สารสนเทศ (information) ในการประมาณค่าความสามารถของผู้เรียนได้ดีในช่วงความสามารถใด ฟังก์ชันสารสนเทศแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ดังนี้

2.4 ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information Function: IIF) แสดงปริมาณสารสนเทศที่ข้อสอบแต่ละข้อให้ในการประมาณค่าความสามารถของผู้เรียน ณ ระดับความสามารถต่าง ๆ กราฟของฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบมีลักษณะเป็นรูปประฆัง โดยจุดสูงสุดของกราฟอยู่ที่ระดับความสามารถที่เท่ากับค่าความยากของข้อสอบนั้น ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงและค่าการเดาต่ำจะให้สารสนเทศสูง และข้อสอบที่ดีควรให้สารสนเทศสูงในช่วงความสามารถที่ต้องการวัด

2.5 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information Function: TIF) เป็นผลรวมของฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทุกข้อในแบบสอบ ซึ่งแสดงปริมาณสารสนเทศรวมที่แบบสอบให้ในการประมาณค่าความสามารถของผู้เรียน ณ ระดับความสามารถต่าง ๆ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่สูงในช่วงความสามารถใดบ่งชี้ว่าแบบสอบสามารถวัดผู้เรียนในช่วงความสามารถนั้นได้แม่นยำ และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (standard error of measurement) ต่ำ การพิจารณาฟังก์ชันสารสนเทศจึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้วิจัยทราบว่าแบบสอบเหมาะสมสำหรับผู้เรียนกลุ่มใด ครอบคลุมช่วงความสามารถที่ต้องการวัดหรือไม่ และข้อสอบใดควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติมเพื่อให้แบบสอบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบโดยใช้โมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PLM) ผ่านโปรแกรม IRTPRO พิจารณาค่าอำนาจจำแนก (a) ที่อยู่ในช่วง 0.50 ถึง 2.50 ค่าความยาก (b) ที่อยู่ในช่วง -2.50 ถึง +2.50 และค่าการเดา (c) ที่ไม่เกิน 0.30 พร้อมทั้งวิเคราะห์ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (IIF) และฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เพื่อ

พิจารณาว่าแบบสอบแต่ละฉบับสามารถวัดผู้เรียนในช่วงความสามารถได้ได้แม่นยำ (Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563)

โดยสรุป ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ในแต่ละระยะของการวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาเครื่องมือ ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ของแบบสอบโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

ระยะที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การศึกษานำร่อง (pilot study) กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 คน ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบใน 2 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) โดยพิจารณาค่าความยาก (p) ในช่วง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ด้วยเทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และ 2) ความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ three-tier composite scoring ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

ตอนที่ 2 การศึกษาหลัก (main study) กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 630 คน ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบใน 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความตรงตามสภาพ (concurrent validity) โดยเปรียบเทียบผลการวินิจัยจากแบบสอบกับผลที่ได้จากเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) 2) คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ด้วยโมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PLM) ผ่านโปรแกรม IRTPRO โดยพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (a) ในช่วง 0.50 ถึง 2.50 ค่าความยาก (b) ในช่วง -2.50 ถึง +2.50 และค่าการเดา (c) ไม่เกิน 0.30 พร้อมทั้งวิเคราะห์ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (IIF) และฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) และ 3) ความเที่ยงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงแบบ EAP (Expected A Posteriori) ผ่านโปรแกรม IRTPRO ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบในแต่ละระยะ ครอบคลุมทั้งความตรง ความเที่ยง และคุณภาพรายข้อ โดยใช้ทั้งทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเพื่อให้ได้แบบสอบที่มีคุณภาพและพร้อมนำไปใช้วินิจัยความบกพร่องของผู้เรียนในระยะที่ 3 ต่อไป

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มนัสสิริ อินทร์สวาท (2554) ได้เปรียบเทียบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยแบบสามระดับ สำหรับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ

1) เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์คลาดเคลื่อน ในวิชาคณิตศาสตร์ เมื่อใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน และ 2) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของการวินิจฉัยแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์เมื่อใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 72 คน เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วย

1) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ จำนวน 2 ฉบับ ได้แก่ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 1 มีระดับความมั่นใจ 2 ระดับ ได้แก่ มั่นใจและไม่มั่นใจ และ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบที่ 2 มีระดับความมั่นใจ 3 ระดับ ได้แก่ มั่นใจ ไม่แน่ใจและไม่มั่นใจ 2) แบบคิดออกเสียงสำหรับวินิจฉัยมโนทัศน์คลาดเคลื่อน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าสถิติพื้นฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์วี ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค และค่าสัมประสิทธิ์ซีของฟิชเชอร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสำหรับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์เมื่อใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน พบว่า 1.1) ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 1 มีระดับความมั่นใจ 2 ระดับ ประกอบด้วย มีผลการวินิจฉัย 8 ลักษณะ (มโนทัศน์ที่ถูกต้อง 1 ลักษณะ ความคลาดเคลื่อนของมโนทัศน์ 3 ลักษณะ การเดาคำตอบถูกต้อง 1 ลักษณะ และการขาดความรู้ 3 ลักษณะ) ผลการวินิจฉัยภาพรวม พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ถูกต้อง นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนนักเรียนที่มีการเดาคำตอบถูกต้อง และนักเรียนที่ขาดความรู้ เท่ากับ 55.56%, 27.78%, 0.00% และ 33.33% ตามลำดับ 1.2) ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 2 มีระดับความมั่นใจ 3 ระดับ ประกอบด้วย มีผลการวินิจฉัย 12 ลักษณะ (มโนทัศน์ที่ถูกต้อง 1 ลักษณะ ความคลาดเคลื่อนของมโนทัศน์ 3 ลักษณะ การเดาคำตอบถูกต้อง 2 ลักษณะ และการขาดความรู้ 8 ลักษณะ) ผลการวินิจฉัยโดยภาพรวม พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ถูกต้อง นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนนักเรียนที่มีการเดาคำตอบถูกต้อง และนักเรียนที่ขาดความรู้ เท่ากับ 63.89%, 13.89%, 2.78% และ 30.56% ตามลำดับ 2) ผลการเปรียบเทียบคุณภาพในการวินิจฉัยของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์เมื่อใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน สรุปได้ดังนี้ 2.1) คุณภาพความเที่ยง มีค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 1 ($\alpha = .956$) และแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 2 ($\alpha = .949$) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2.2) ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับแต่ละฉบับเทียบกับเกณฑ์ภายนอก คือ การวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง มีช่วงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์วีของแบบสอบวินิจฉัย สามระดับ แบบที่ 2 (ในช่วง .555 - .854) มีช่วงมากกว่า แบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบที่ 1 (ในช่วง .516 - .777) 2.3) ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างคำตอบของนักเรียนในระดับเนื้อหาและเหตุผล กับคำตอบ

ในระดับความมั่นใจ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 1 ($r = .717$) และแบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบที่ 2 ($r = .745$) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2.4) ร้อยละของผลการวินิจฉัยมโนทัศน์คลาตเคลื่อนภาพรวมที่ตรงกันเปรียบเทียบกับ การวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง มีค่าร้อยละของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับของแบบที่ 1 (66.67%) และแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 2 (58.33%) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2.5) สรุปคุณภาพโดยภาพรวม (พิจารณาความเที่ยงและความตรง) ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 1 และแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบที่ 2 มีคุณภาพในการวินิจฉัยได้ไม่แตกต่างกัน

ศุภามณ จันทร์สกุล (2561) ได้เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยพุทธิปัญญาโดยใช้แผนที่ ตัวแปรเชิงทฤษฎีและแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในกระบวนการพยาบาล ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาวิธีการวินิจฉัยพุทธิปัญญาและรายงานการให้ผลย้อนกลับการวินิจฉัยในการพัฒนา ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนตามวิธีของแผนที่ภาวะสันนิษฐานและแบบสอบวินิจฉัย สามระดับ 2) ตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยพุทธิปัญญาทั้งสองวิธี เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเกณฑ์ เทคนิคการคิดออกเสียง และ 3) เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์และมโนทัศน์คลาตเคลื่อนที่ได้ จากทั้งสองวิธี กลุ่มตัวอย่างเป็น นักศึกษาพยาบาลชั้นปี 2 หรือ 3 ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง ขนาดของตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 1,329 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างในตอนที่ 1 จำนวน 233 คน กลุ่มตัวอย่างในตอนที่ 3 จำนวน 305 คน กลุ่มตัวอย่างในตอนที่ 5 จำนวน 102 คน และกลุ่มตัวอย่าง ในตอนที่ 6 จำนวน 689 คน การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 6 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 การสำรวจ กระบวนการคิดของนักศึกษาพยาบาล ตอนที่ 2 การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยพุทธิปัญญาทั้งสองวิธี ตอนที่ 3 การทดลองใช้และปรับปรุงวิธีการวินิจฉัยพุทธิปัญญาทั้งสองวิธี ตอนที่ 4 การสร้างรายงาน การให้ผลย้อนกลับการวินิจฉัยของวิธีการทั้งสอง ตอนที่ 5 การตรวจสอบคุณภาพความตรงเชิงวินิจฉัย โดยเปรียบเทียบวิธีการทั้งสองกับวิธีเกณฑ์ คือ เทคนิคการคิดออกเสียง และตอนที่ 6 การเปรียบเทียบ ผลการวินิจฉัยพุทธิปัญญาจากวิธีการทั้งสองวิธี เครื่องมือวิจัยในตอนที่ 1 เป็นแบบทดสอบอัตนัยตอบ โจทย์สถานการณ์ผู้ป่วย และในตอนที่ 3, 5, 6 เป็นแบบสอบวินิจฉัย 2 ชุด ประกอบด้วย ชุดที่ 1 แบบ สอบวินิจฉัยที่พัฒนาจากแผนที่ภาวะสันนิษฐาน และชุดที่ 2 แบบทดสอบวินิจฉัยสามระดับ สถิติวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบพิจารณาจากค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ ได้แก่ INFT MNSQ, OUTFIT MNSQ, t-statistic, SE และค่าความเที่ยงแบบ EAP เปรียบเทียบวิธีวินิจฉัยแต่ละวิธีกับ เทคนิคการคิดออกเสียงด้วย Wilcoxon signed-rank test และเปรียบเทียบสัดส่วนการจำแนกกลุ่ม มโนทัศน์และมโนทัศน์คลาตเคลื่อนตัว McNemar-Bowker test ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนา วิธีการวินิจฉัยพุทธิปัญญาและรายงานการให้ผลย้อนกลับตามแผนที่ตัวแปรเชิงทฤษฎีและแบบสอบ วินิจฉัยสามระดับ มีดังนี้ การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยพุทธิปัญญาตามแผนที่ตัวแปรโดยนำข้อมูลสำรวจ

กระบวนการคิดมาสร้างแผนที่ตัวแปร ออกแบบข้อสอบปรนัยหลายตัวเลือกแบบเรียงอันดับ ทำตัวเลือกให้เลือกมั่นใจ/ไม่มั่นใจ ให้คะแนน 3 ค่า คือ 0, 1, 2 คะแนน โมเดลการวัดเป็นราสช์ โมเดลแบบการแบ่งเชิงจัดอันดับ แล้วสร้างรายงานการให้ผลย้อนกลับ ส่วนการพัฒนาแบบสอบ วินิจฉัยสามระดับโดยระบุความรู้ที่ควรมี สร้างผังข้อสอบคู่ขนานกับแบบสอบวินิจฉัยตามแผนที่ตัวแปร นำผลสำรวจกระบวนการคิดมโนทัศน์และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่ได้มาสร้างแบบสอบวินิจฉัยสาม ระดับ รูปแบบข้อสอบในระดับที่ 1 และ 2 เป็นปรนัยหลายตัวเลือก ส่วนระดับที่ 3 ให้เลือกมั่นใจ/ไม่ มั่นใจ ให้คะแนนทั้ง 3 ระดับแบบ 2 ค่า คือ 0, 1 คะแนน และโมเดลการวัดเป็นราสช์โมเดลแบบ ทวิภาค แล้วสร้างรายงานการให้ผลย้อนกลับการจำแนกนักเรียนของวิธีการทั้งสองจำแนกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีความรู้สมบูรณ์และมั่นใจ (CUC) กลุ่มที่มีความรู้สมบูรณ์แต่ไม่มั่นใจ (CULC) กลุ่มที่มี ความรู้เพียงบางส่วน (IU) กลุ่มที่พร่องความรู้ (LK) และกลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน(MC) 2) คุณภาพของวิธีการวินิจฉัยพุทธิปัญญาทั้งสองวิธี มีคุณภาพแบบทดสอบผ่านเกณฑ์โดยมีค่า MNSQ อยู่ ในช่วง 0.70 ถึง 1.13, t statistic อยู่ในช่วง -1.9 ถึง 1.7, SE อยู่ในช่วง -0.039 ถึง 0.349, ค่าความ เทียงแบบ EAP ของแบบสอบวินิจฉัยตามแผนที่ภาวะสันนิษฐานและแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เท่ากับ 0.635 และ 0.684 ตามลำดับ การตรวจสอบความตรงเชิงวินิจฉัยเมื่อเปรียบเทียบกับสองวิธีกับ เกณฑ์ คือ เทคนิคการคิดออกเสียง พบว่า แบบสอบวินิจฉัยตามแผนที่ตัวแปรและแบบทดสอบวินิจฉัย สามระดับ ให้ผลการวินิจฉัยไม่แตกต่างกับวิธีเกณฑ์ ($Z=1.000$, $\text{sig}=.317$ และ $Z=1.701$, $\text{sig}=.089$ ตามลำดับ) และ 3) เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการ วินิจฉัยทั้งสองวิธี พบว่า สัดส่วนการจำแนกกลุ่มมโนทัศน์และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียนใน เรื่องกระบวนการพยาบาลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (McNemar -Bowker test = 294.405, $\text{sig}=.000$)

Gurmu (2012) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องมือวินิจฉัยในวิชาเคมี มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษามโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนเกรด 12 จำนวน 258 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบเลือกตอบ ขั้นตอนในการพัฒนา เครื่องมือ 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเกรด 12 ระบุน ขอบเขตของเรื่องที่จะศึกษา 2) สร้างข้อคำถามปลายเปิดจำนวน 8 ข้อ จากนั้นนำไปทดสอบกับ นักเรียน 48 คน ใน 24 โรงเรียน 3) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบเลือกตอบจำนวน 13 ข้อ นำไปทดลองกับนักเรียนจำนวน 56 คน จาก 28 โรงเรียน คำนวณค่าความเที่ยงได้ค่า 0.61, 0.65 และ 0.78 สำหรับแบบสอบในระดับที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ จากนั้นนำไปสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนตอบถูกในระดับที่ 1 เฉลี่ยร้อยละ 41 นักเรียนตอบถูกในระดับที่ 2 เฉลี่ย ร้อยละ 35 และตอบถูกในระดับที่ 3 เฉลี่ยร้อยละ 30 ค่าความเที่ยงของแบบสอบในระดับที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.61, 0.65 และ 0.78 ตามลำดับ ค่าความยากเฉลี่ยของแบบสอบในระดับที่ 1, 2 และ 3 มีค่า

0.41, 0.35 และ 0.33 ตามลำดับ ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบสอบในระดับที่ 1, 2 และ 3 มีค่า 0.28, 0.32 และ 0.36ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนน two-tier scores กับระดับความมั่นใจ confidence tiers มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .45 สรุปได้ว่าคะแนนในระดับที่ 1 รวมกับระดับที่ 2 (two-tier scores) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับระดับความมั่นใจของนักเรียน

Kirbulut and Geban (2014) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับประเมิน มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่องสถานะของสสาร มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่อง สถานะของสสาร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียน เกรด 10 จำนวน 102 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในประเทศตุรกี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่องสถานะของสสาร ประกอบด้วย 8 หัวข้อย่อย ได้แก่ 1) กฎแก๊ส ของบอย 2) กฎแก๊สของชาร์ล 3) กฎแก๊สของเกย์ลูสแซก 4) กฎทรงมวล 5) การระเหย 6) การควบแน่น 7) การเดือด 8) ความดันไอ โดยระดับที่ 1 เป็นแบบสอบเลือกตอบ 3 - 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นเหตุผลของคำตอบในระดับที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบเลือกตอบ 4 - 8 ตัวเลือก และตัวเลือก สุดท้ายจะเว้นให้นักเรียนได้แสดงเหตุผลถ้าเหตุผลในตัวเลือกที่กำหนดให้ไม่ตรงกับตนเอง ระดับที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจในคำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา และ 2 มีขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้ 1) กำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่จะศึกษาโดยพิจารณาจากหลักสูตรวิชาเคมีและหนังสือแบบเรียน กำหนดวัตถุประสงค์โดยผู้เชี่ยวชาญการสอนเคมี 4 คนและครูผู้สอน 1 คน 2) ศึกษาโมทัศน์ คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3) สัมภาษณ์นักเรียน 12 คน โดยใช้แบบสอบ ปลายเปิดจำนวน 13 ข้อ 4) นำผลการสัมภาษณ์และการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสร้าง แบบสอบวินิจฉัยสองระดับ โดยระดับที่ 1 เป็นแบบสอบเลือกตอบจำนวน 13 ข้อ ระดับที่ 2 เป็นแบบสอบเขียนตอบแสดงเหตุผลของคำตอบระดับแรกนำแบบสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 54 คน 5) นำผลจากการทดลองใช้มาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยสามระดับแบบเลือกตอบจำนวน 19 ข้อ และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนเกรด 10 จำนวน 195 คน การให้คะแนนแบ่งเป็น score1 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 ตอบถูกได้ 1 คะแนน score2 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 กับคะแนนในระดับที่ 2 ถ้าตอบถูกทั้ง 2 ระดับได้ 1 คะแนน score3 คือ คะแนนจากระดับที่ 1 2 และ 3 ถ้าตอบถูกทั้ง 2 ระดับและระดับที่ 3 ตอบมั่นใจ จะได้ 1 คะแนน confidence tiers คือ คะแนนจากระดับที่ 3 ระดับเดียว ถ้าตอบมั่นใจได้ 1 คะแนน misconception 1 คือ การมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน ในแบบสอบระดับแรก ถ้าตอบตัวเลือกที่เป็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ 1 คะแนน misconception2 คือ การมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในแบบสอบระดับแรก และระดับที่สอง ถ้าตอบตัวเลือกที่เป็นมโนทัศน์ คลาดเคลื่อนทั้งสองระดับได้ 1 คะแนน misconception3 การมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในแบบสอบ ทั้งสามระดับ ถ้าตอบตัวเลือกที่เป็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทั้งสองระดับและระดับที่สามตอบมั่นใจ ได้ 1 คะแนน การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ค่าสถิติบรรยายของคะแนนรวม (score3) 2) วิเคราะห์

ร้อยละของ misconception-false positive, misconception-false negatives และ lack of knowledge 3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรวมระดับที่ 1 กับ 2 (score2) กับคะแนนระดับที่ 3 (confidence tiers) ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่อง สถานะของสสาร มีค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมเท่ากับ 7.96 (SD=4.30 มีค่าความยากเฉลี่ย 0.42 ค่าความเบ้เป็นบวก (skewness) มีค่า 0.02 ค่าความโด่งเป็นลบ (kurtosis) มีค่า -0.66 และค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (Cronbach's alpha) มีค่า .83 2) ร้อยละเฉลี่ยของ misconception-false negatives มีค่า 3.8 และ ร้อยละเฉลี่ยของ misconception-false positives มีค่า 8.9 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10 แสดงว่าแบบสอบที่สร้างขึ้นมีความตรง (Hestenes & Halloun, 1995 อ้างถึงใน Kirbulut & Geban, 2014) นอกจากนี้พบว่าค่าเฉลี่ยของร้อยละการขาดความรู้ (lack of knowledge) มีค่า 25.2 และ 3) คะแนน score 2 กับ confidence tiers มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .57

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของแบบสอบสองระดับที่ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างนักเรียนที่ขาดความรู้กับนักเรียนที่มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนหรือแยกนักเรียนที่เข้าใจจริงกับนักเรียนที่เดาถูก โครงสร้างประกอบด้วยสามระดับ ได้แก่ ระดับที่หนึ่งวัดความรู้เนื้อหา ระดับที่สองวัดเหตุผลของคำตอบ และระดับที่สามวัดความมั่นใจในการตอบ รูปแบบการตอบทั้ง 8 แบบสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้แก่ กลุ่มมีความรู้แท้จริง กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน กลุ่มเดาถูก และกลุ่มขาดความรู้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องยืนยันว่าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับมีคุณภาพด้านความตรงและความเที่ยงที่ยอมรับได้ สามารถวินิจฉัยมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้สอดคล้องกับเทคนิคการคิดออกเสียง

ในการวิจัยครั้งนี้จึงนำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับมาประยุกต์ใช้กับเนื้อหา เรื่อง จำนวนเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยจะแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) 2) มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) 3) มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) 4) มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) มีการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับด้วยการตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับและคุณภาพรายข้อ คุณภาพทั้งฉบับพิจารณาจากความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แบบตรงตามสภาพโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียงและพิจารณาจากค่าร้อยละความสอดคล้องและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) และความเที่ยงโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 คุณภาพรายข้อพิจารณาจากค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก (เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27%) การตรวจสอบคุณภาพอย่างเป็นระบบนี้จะช่วยให้ได้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่มีคุณภาพ ทั้งนี้สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนเต็ม จะกล่าวถึงในตอนถัดไป

ตอนที่ 4 สารและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4.1 คุณภาพนักเรียน

คุณภาพนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561a)

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนจริง ความสัมพันธ์ของจำนวนจริง สมบัติของจำนวนจริงและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
3. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
5. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพหุนาม การแยกตัวประกอบของพหุนาม สมการกำลังสอง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
6. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคู่อันดับ กราฟของความสัมพันธ์ และฟังก์ชันกำลังสองและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
7. มีความรู้ความเข้าใจทางเรขาคณิตและใช้เครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิต ตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
8. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ
9. มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
10. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนาน รูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ รูปสามเหลี่ยมคล้าย ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
11. มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการแปลงทง เรขาคณิต และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง
12. มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

13. มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลม และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

14. มีความรู้ความเข้าใจทางสถิติในการนำเสนอข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผนภาพจุด แผนภาพต้น-ใบ ฮิสโทแกรม ค่ากลางของข้อมูล และแผนภาพกล่อง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

15. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความน่าจะเป็น และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

4.2 สาระการเรียนรู้

ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561a) ได้กำหนดสาระพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับนักเรียนทุกคนไว้ 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ สาระสำคัญ ดังนี้

1. จำนวนและพีชคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหเกี่ยวกับจำนวนการใช้จำนวนในชีวิตจริง แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์ นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

2. การวัดและเรขาคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิต การนิยามภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิต ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

3. สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับการตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับ ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ หลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น การแจกแจงของตัวแปรสุ่ม การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

4.3 สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง

สาระ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561a) มีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวนระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ตาราง 3 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 จำแนกตามชั้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	1. เข้าใจจำนวนตรรกยะและความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะ และใช้สมบัติของจำนวนตรรกยะในการแก้ ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง 2. เข้าใจและใช้สมบัติของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มบวกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	จำนวนตรรกยะ - จำนวนเต็ม - สมบัติของจำนวนเต็ม - ทศนิยมและเศษส่วน - จำนวนตรรกยะและสมบัติของจำนวนตรรกยะ - เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มบวก - การนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนเต็มจำนวนตรรกยะ และเลขยกกำลังไปใช้ในการแก้ปัญหา
	3. เข้าใจและประยุกต์ใช้อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	อัตราส่วน - อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน - สัดส่วน - การนำความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละไปใช้ในการแก้ปัญหา

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.2	1. เข้าใจและใช้สมบัติของเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแก้ปัญหาในชีวิตจริง	จำนวนตรรกยะ - เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม - การนำความรู้เกี่ยวกับเลขยกกำลังไปใช้ในการแก้ปัญหา
	2. เข้าใจจำนวนจริงและความสัมพันธ์ของจำนวนจริง และใช้สมบัติของจำนวนจริงในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	จำนวนจริง - จำนวนอตรรกยะ - จำนวนจริง - รากที่สองและรากที่สามของจำนวนตรรกยะ - การนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนจริงไปใช้
ม.3	-	-

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ พังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

ตาราง 4 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.2 จำแนกตามชั้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	-	-
ม.2	1. เข้าใจหลักการดำเนินการของพหุนาม และใช้ พหุนามในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	พหุนาม - พหุนาม - การบวก การลบ และการคูณของพหุนาม - การหารพหุนามด้วยเอกนามที่มีผลหารเป็นพหุนาม
	2. เข้าใจและใช้การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	การแยกตัวประกอบของพหุนาม - การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสองโดยใช้

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		• สมบัติการแจกแจง • กำลังสองสมบูรณ์ • ผลต่างของกำลังสอง
ม.3	1. เข้าใจและใช้การแยกตัวประกอบของพหุนามที่มีดีกรีสูงกว่าสองในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	การแยกตัวประกอบของพหุนาม - การแยกตัวประกอบของพหุนามดีกรีสูงกว่าสอง
	2. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันกำลังสองในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	ฟังก์ชันกำลังสอง - กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง - การนำความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันกำลังสองไปใช้ในการแก้ปัญหา
มาตรฐาน ค 1.3 ใช้เงิน สมการ และอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้		
ตาราง 5 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.3 จำแนกตามชั้น		
ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	1. เข้าใจและใช้สมบัติของการเท่ากันและสมบัติของจำนวน เพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหาโดยใช้ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว - สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว - การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว - การนำความรู้เกี่ยวกับการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวไปใช้ในชีวิตประจำวัน
	2. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับกราฟในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	สมการเชิงเส้นสองตัวแปร - กราฟของความสัมพันธ์เชิงเส้น
	3. เข้าใจและใช้ ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงเส้นในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	- สมการเชิงเส้นสองตัวแปร - การนำความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงเส้นสองตัวแปรและกราฟของความสัมพันธ์เชิงเส้นไปใช้ในชีวิตจริง
ม.2	-	-

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.3	1. เข้าใจและใช้สมบัติของการไม่เท่ากัน เพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว	อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว - อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว - การแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว - การนำความรู้เกี่ยวกับการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวไปใช้ในการแก้ปัญหา
	2. ประยุกต์ใช้สมการกำลังสองตัวแปรเดียวในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	สมการกำลังสองตัวแปรเดียว - สมการกำลังสองตัวแปรเดียว - การแก้สมการกำลังสองตัวแปรเดียว - การนำความรู้เกี่ยวกับการแก้สมการกำลังสองตัวแปรเดียวไปใช้ในการแก้ปัญหา
	3. ประยุกต์ใช้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	ระบบสมการ - ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร - การแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร - การนำความรู้เกี่ยวกับการแก้ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรไปใช้ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเน ขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้

ตาราง 6 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มาตรฐาน ค 2.1 จำแนกตามชั้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	-	-
ม.2	1. ประยุกต์ใช้เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง	พื้นที่ผิว

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
		- การหาพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอก - การนำความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา
	2. ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาในชีวิตจริง	ปริมาตร - การหาปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอก - การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของปริซึมและทรงกระบอกไปใช้ในการแก้ปัญหา
ม.3	1. ประยุกต์ใช้เรื่องพื้นที่ผิวของพีระมิดกรวย และทรงกลมในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	พื้นที่ผิว - การหาพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม - การนำความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลม ไปใช้ในการแก้ปัญหา
	2. ประยุกต์ใช้เรื่องปริมาตรของพีระมิดกรวย และทรงกลมในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ปริมาตร - การหาปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม - การนำความรู้เกี่ยวกับปริมาตรของพีระมิด กรวย และทรงกลม ไปใช้ในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตาราง 7 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มาตรฐาน ค 2.2 จำแนกตามชั้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	1. ใช้ความรู้ทางเรขาคณิตและเครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือ โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่นๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิตตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง	การสร้างทางเรขาคณิต - การสร้างพื้นฐานทางเรขาคณิต - การสร้างรูปเรขาคณิตสองมิติ โดยใช้การสร้างพื้นฐานทางเรขาคณิต - การนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างพื้นฐานทางเรขาคณิตไปใช้ในชีวิตจริง
	2. เข้าใจและใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ	มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต - หน้าตัดของรูปเรขาคณิตสามมิติ - ภาพได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง ด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์
ม.2	1. ใช้ความรู้ทางเรขาคณิตและเครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือ โปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่นๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิตตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง	การสร้างทางเรขาคณิต - การนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างทางเรขาคณิตไปใช้ในชีวิตจริง
	2. นำความรู้เกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนานและรูปสามเหลี่ยมไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	เส้นขนาน - สมบัติเกี่ยวกับเส้นขนานและรูปสามเหลี่ยม

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	3. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิตในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	การแปลงทางเรขาคณิต - การเลื่อนขนาน - การสะท้อน - การหมุน - การนำความรู้เกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิตไปใช้ในการแก้ปัญหา
	4. เข้าใจและใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ความเท่ากันทุกประการ - ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม - การนำความรู้เกี่ยวกับความเท่ากันทุกประการไปใช้ในการแก้ปัญหา
	5. เข้าใจและใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ทฤษฎีบทพีทาโกรัส - ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ - การนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับไปใช้ในชีวิตจริง
ม.3	1. เข้าใจและใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมที่คล้ายกันในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	ความคล้าย - รูปสามเหลี่ยมที่คล้ายกัน - การนำความรู้เกี่ยวกับความคล้ายไปใช้ในการแก้ปัญหา
	2. เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนตรีโกณมิติในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	อัตราส่วนตรีโกณมิติ - อัตราส่วนตรีโกณมิติ - การนำค่าอัตราส่วนตรีโกณมิติ 30 องศา 45 องศา และ 60 องศา ไปใช้ในการแก้ปัญหา
	3. เข้าใจและใช้ทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลมในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	วงกลม - วงกลม คอร์ด และเส้นสัมผัส - ทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลม

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติและใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา

ตาราง 8 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มาตรฐาน ค 3.1 จำแนกตามชั้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	1. เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม	สถิติ - การตั้งคำถามทางสถิติ - การเก็บรวบรวมข้อมูล - การนำเสนอข้อมูล ● แผนภูมิรูปภาพ ● แผนภูมิแท่ง ● กราฟเส้น ● แผนภูมิรูปวงกลม - การแปลความหมายข้อมูล - การนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริง
ม.2	1. เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภาพจุด แผนภาพต้นไม้ - ใบอิสโทแกรม และค่ากลางของข้อมูล แปลความหมายผลลัพธ์ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม	สถิติ - การนำเสนอข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ● แผนภาพจุด ● แผนภาพต้นไม้-ใบ ● อิสโทแกรม ● ค่ากลางของข้อมูล - การแปลความหมายผลลัพธ์ - การนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริง
ม.3	1. เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนภาพกล่องและแปลความหมาย	สถิติ - ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ● แผนภาพกล่อง - การแปลความหมายผลลัพธ์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	ผลลัพธ์ รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริง โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม	- การนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ตาราง 9 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มาตรฐาน ค 3.2 จำแนกตามชั้น

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ม.1	-	-
ม.2	-	-
ม.3	1. เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่มและนำผลที่ได้ไปหาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์	ความน่าจะเป็น - เหตุการณ์จากการทดลองสุ่ม - ความน่าจะเป็น - การนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้ในชีวิตจริง

4.4 โครงสร้างเวลาเรียน เรื่อง จำนวนเต็ม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้แนะนำเวลาเรียนที่อิงตามโครงสร้างเวลาเรียนของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คือ 60 ชั่วโมง/ภาคเรียน โดยรายวิชาพื้นฐาน คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

ตาราง 10 โครงสร้างเวลาเรียนในรายวิชาพื้นฐาน คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1

หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
จำนวนเต็ม	17
การสร้างทางเรขาคณิต	11
เลขยกกำลัง	9
ทศนิยมและเศษส่วน	17

หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
รูปภาคณิตสองมิติและสามมิติ	6
รวม	60

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แนะนำเวลาเรียนในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง จำนวนเต็ม มากถึง 17 ชั่วโมง สะท้อนให้เห็นว่า หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง จำนวนเต็ม เป็นเนื้อหาที่มีความสำคัญและเป็นพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ ในหน่วยการเรียนรู้ต่าง ๆ เนื่องจาก ศึกษาวงโครงสร้างให้เรียนเป็นเรื่องแรกของการเรียนในชั้นมัธยมศึกษา และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561b) ได้แนะนำโครงสร้างเวลาเรียนและกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง จำนวนเต็ม ดังนี้

ตาราง 11 โครงสร้างเวลาเรียนและจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง จำนวนเต็ม

เนื้อหา	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	จุดประสงค์การเรียนรู้
1. จำนวนเต็ม	2	- นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจำนวนเต็มได้
2. การบวกจำนวนเต็ม	3	- นักเรียนจะสามารถหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของจำนวนเต็มได้
3. การลบจำนวนเต็ม	3	
4. การคูณจำนวนเต็ม	3	- นักเรียนจะสามารถนำความรู้เรื่องจำนวนเต็มไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
5. การหารจำนวนเต็ม	3	
6. สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	3	
รวม	17	

4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยา ช่อนคำ (2551) ได้ศึกษาการสร้างแบบสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษตรัง เขต 1 จำนวน 5 โรงเรียน นักเรียน 614 คน เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบทดสอบสำรวจชนิดเติมคำตอบและให้แสดงวิธีทำในแบบทดสอบ จำนวนสามฉบับ ฉบับที่หนึ่งวัดทักษะการคิดคำนวณ จำนวน 40 ข้อ ฉบับที่สองวัดทักษะการให้เหตุผล จำนวน 20 ข้อ และฉบับที่สามวัดทักษะการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ นำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

จำนวน 193 คน 2) แบบสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือก 4 ตัวเลือก จำนวน 3 ฉบับ โดยฉบับที่หนึ่ง มี 30 ข้อ ฉบับที่สองมี 10 ข้อ และฉบับที่สามมี 16 ข้อ ตรวจสอบ ความตรงเชิงเนื้อหาโดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน โดยแบบสอบวินิจฉัยทั้ง 3 ฉบับ มีค่าความยากของแบบทดสอบตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.80 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.56 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรไบนอมียลมีค่าแต่ละฉบับ คือ 0.8711, 0.6269 และ 0.6767 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานแต่ละฉบับมีค่า ± 2.3564 , ± 1.4373 และ ± 1.8610 ตามลำดับ ส่วนด้านคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบทั้งสามฉบับหาโดยใช้วิธีของแกลสส์มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 15, 4 และ 7 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์จุดบกพร่องที่นักเรียนตอบผิดในการทดสอบวินิจฉัยทั้งสามฉบับ พบว่า แบบทดสอบฉบับที่หนึ่งวัดทักษะการคิดคำนวณ พบจุดบกพร่อง 12 เรื่อง คือ การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม, การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็มเศษส่วนและทศนิยม, การเขียนเศษส่วนในรูปทศนิยมและเขียนทศนิยมซ้ำในรูปเศษส่วน, การเปรียบเทียบเศษส่วนและทศนิยม, การเขียนยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มแทนจำนวนที่กำหนด, การใช้เลขยกกำลังในการเขียนแสดงจำนวนในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ได้, การคูณและหารเลขยกกำลังที่มีฐานเดียวกันและเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม, จำนวนจริง จำนวนตรรกยะ จำนวนอตรรกยะ, สาเหตุของการเปลี่ยนจำนวนและระบุมารากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง, รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง, ประมาณค่าที่เหมาะสมในการคิดคำนวณ และการหา ห.ร.ม. และ ค.ร.น. ของจำนวนนับ แบบทดสอบฉบับที่สองวัดทักษะการให้เหตุผล พบจุดบกพร่อง 4 เรื่อง คือ การบอกผลที่เกิดขึ้นจากการบวก ลบ คูณ หาร และการยกกำลังของจำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยมพร้อมทั้งบอกความสัมพันธ์ของดำเนินการ, การบอกผลที่เกิดขึ้นจากการหารากของจำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยมพร้อมทั้งบอกความสัมพันธ์ของการดำเนินการ, การนำความรู้และสมบัติเกี่ยวกับจำนวนเต็มไปใช้การคำนวณ และการบอกความเกี่ยวข้องระหว่างจำนวนเต็มจำนวนตรรกยะและจำนวนอตรรกยะ ส่วนแบบทดสอบฉบับที่สามวัดทักษะการแก้ปัญหา พบจุดบกพร่อง 5 เรื่อง คือ การคำนวณเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละในสถานการณ์ต่าง ๆ, การคำนวณเกี่ยวกับเศษส่วนและทศนิยมไปใช้แก้โจทย์ปัญหา การคำนวณรากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบและนำไปใช้แก้ปัญหา, การคำนวณเกี่ยวกับ ห.ร.ม.และ ค.ร.น. แก้ปัญหาและการประมาณค่าในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ไข่มุก เลื่องสุนทร (2552) ได้ศึกษามโนทัศน์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชนบุรี เขต 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 402 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง จำนวน ที่เป็นแบบอัตนัยจำนวน 18 ข้อ และแบบสัมภาษณ์มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่องจำนวน แบบมีโครงสร้าง ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล มีการหา

ค่ามัธยฐานเลขคณิต (Arithmetic Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ซึ่งผลการวิจัย มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเรื่อง จำนวน โดยเรียงลำดับจากควมถี่มากไปน้อย คือ 1) ด้านการบิดเบือน ทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสมบัติมากที่สุด ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากการที่ครูเน้นการสอนแบบ ความจำมากกว่าการทำความเข้าใจ ทำให้นักเรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง เช่น เนื้อหาที่ทดสอบอยู่ในเรื่องเลขยกกำลัง เป็นเนื้อหาที่ต้องใช้ความรู้การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนเต็มมาใช้ในเรื่องนี้ ซึ่งนักเรียนขาดความเข้าใจในพื้นฐานที่สำคัญ หรือมีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อนย่อมส่งผลทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในด้านการบิดเบือนทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสมบัติไปด้วย 2) ด้านขาดการตรวจสอบในระหว่างการแก้ปัญหา 3) ด้านข้อผิดพลาด ในเทคนิคการทำ นักเรียนขาดความระมัดระวังในการคิดคำนวณ 4) ด้านการใช้ข้อมูลผิด นักเรียน ทำผิดพลาดโดยหาคำตอบในสิ่งที่ไม่ต้องการมากที่สุด 5) ด้านการตีความด้านภาษา นักเรียนตีความ จากประโยคภาษามาเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

พรพรรณ โตโฆชนพันธุ์ (2565) ได้ศึกษาการสร้างแบบสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน โดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับ ชั้น ที่ศึกษามโนทัศน์คลาดเคลื่อนจำนวน 15 มโนทัศน์ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก คือ จำนวนเต็ม สมบัติของจำนวนเต็ม และทศนิยมและเศษส่วน มีจำนวนทั้งหมด 44 ข้อ โดยในหนึ่งข้อคำถาม ประกอบด้วย 4 ชั้น คือ ชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) 2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัย หลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น จำนวนทั้งหมด 44 ข้อ พบว่า ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีค่าตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.00 ค่าความยากในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล คือ 0.32 ถึง 0.75 และ 0.26 ถึง 0.71 ส่วนค่าอำนาจจำแนกในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล คือ 0.21 ถึง 0.64 และ 0.21 ถึง 0.69 และค่าความ เชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร ลิวิงสตัน (Livingston) เท่ากับ 0.98 3) ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิด และวิเคราะห์มโนทัศน์คลาดเคลื่อน พบว่า ทั้ง 3 เนื้อหาหลักมีจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มใกล้เคียง กัน คือ กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด (M) รองลงมาคือ กลุ่มนักเรียนขาดความรู้ (LK) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) และกลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) ตามลำดับ โดยมโนทัศน์ที่นักเรียนคลาดเคลื่อนมากและเด่นชัด มีจำนวน 8 มโนทัศน์ ได้แก่ 1) ความหมายของ จำนวนเต็ม 2) ความหมายของค่าสัมบูรณ์ 3) ค่าของทศนิยม 4) หลักการหาผลลัพธ์ของการลบ ทศนิยม 5) ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่นำหลักการหารทศนิยมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ 6) ความหมายของเศษเกิน 7) การอ่านค่าของเศษส่วน และ 8) การเปรียบเทียบเศษส่วน

Schnepper and McCoy (2013) ได้ศึกษาการวิเคราะห์หมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจรูปแบบประเมินที่ใช้และระบุข้อผิดพลาด จุดอ่อนของนักเรียน กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนที่เข้าร่วมจำนวน 38 คน เป็นนักเรียนชายและหญิงเท่ากัน คือ 19 คน โดยเป็นชาวสเปนจำนวน 7 คน ชาวอเมริกันเชื้อสายแอฟริกาจำนวน 25 คน ชาวผิวขาวจำนวน 6 คน โดยวิเคราะห์นักเรียนที่เข้าร่วมทุกคน และคัดเลือกนักเรียนจำนวน 5 คน เพื่อสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เข้าร่วมจะได้รับการสอนเนื้อหาก่อนแล้วจึงสอบย่อยซึ่งเป็นการประเมินแบบสั้น ๆ แล้วผู้วิจัยวินิจฉัยและวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของนักเรียน เมื่อนักเรียนเกิดข้อผิดพลาดก็จะได้รับการสอนใหม่อีกครั้ง และในตอนท้ายจะมีการให้นักเรียนทดสอบอีกครั้งเพื่อเป็นการประเมินวัดความรู้ของนักเรียนในด้านกระบวนการคิดและหมโนทัศน์ โดยผู้วิจัยได้แบ่งประเภทของข้อผิดพลาดเป็น 5 ประเภท จากการพบข้อผิดพลาดที่ไม่ซ้ำกัน 143 แบบ จากทั้งหมด 265 แบบ พบว่า ร้อยละข้อผิดพลาดที่พบมากไปหาน้อย ได้แก่ คำตอบที่ไม่สมบูรณ์, การใช้ข้อมูลที่ผิด, ข้อผิดพลาดทางเทคนิค, ข้อผิดพลาดที่เกิดจากหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนก่อนหน้านี้ และการบิดเบือนในตัวนิยาม ตามลำดับ ซึ่งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาจากทั้งทางครูผู้สอนและตัวนักเรียนเอง ข้อมูลจากงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางให้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปปรับปรุงในการเรียนการสอนเพื่อให้แก้ไขหมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนแต่ละคนดีขึ้น

Yang and Lin (2015) ได้ศึกษาการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนอายุ 10 ถึง 11 ปี โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญเรื่อง ความรู้สึกเชิงจำนวน (number sense) ว่าเป็นเรื่องที่สำคัญในการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ จึงต้องการระบุหมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องความรู้สึกเชิงจำนวนว่าคืออะไร เพื่อเป็นข้อมูลให้ครูผู้สอนได้ทราบและนำไปช่วยแก้ไขหมโนทัศน์ที่ถูกต้องให้กับนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ช่วงอายุ 10 ถึง 11 ปี) จำนวน 195 คน ที่อยู่ในเขตเมืองโชนภาคใต้ของประเทศไต้หวัน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มาจากครอบครัวชนชั้นกลาง ซึ่งมีผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้นที่เกี่ยวกับความรู้สึกเชิงจำนวนใน 5 องค์ประกอบ จำนวน 40 ข้อ โดยมีการทำแบบทดสอบบนเว็บไซต์ ในระดับเนื้อหาจะมีคำตอบให้เลือก 4 ตัวเลือก ในระดับเหตุผลจะมีตัวเลือกให้เลือกตอบตามตัวเลือกในระดับเนื้อหาเพื่อให้นักเรียนได้เลือกเหตุผลที่ตรงกับคำตอบในระดับเนื้อหา ส่วนระดับความมั่นใจในระดับเนื้อหาและเหตุผล เป็นมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ท 4 ระดับ คือ 3 หมายถึง มั่นใจมาก 2 หมายถึง มั่นใจ 1 หมายถึง ไม่มั่นใจ และ 0 หมายถึง เดาเนื้อหาของคำถามจะประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ (F1-F5) คือ F1 คือ นักเรียนเข้าใจความหมายของจำนวนและการดำเนินการในระดับพื้นฐาน F2 คือนักเรียนสามารถรับรู้ขนาดของจำนวนได้ F3 คือ นักเรียน

สามารถใช้จำนวนต่าง ๆ แสดงการแทนจำนวนและการดำเนินการได้ F4 คือ นักเรียนสามารถจำแนกรับรู้ผลลัพธ์ที่เกิดจากการดำเนินการของจำนวนได้ F5 คือ นักเรียนสามารถตัดสินใจในการหาผลลัพธ์ได้อย่างสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ในการคำนวณ แบบสอบวินิจัยสี่ลำดับขั้นนี้จะแตกต่างกับแบบสอบวินิจัยในวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอาจเลือกเหตุผลเดียวกันเพื่ออธิบายคำตอบที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบในระดับเนื้อหาแล้วจะแสดงเหตุผลให้นักเรียนเลือกโดยแต่ละเนื้อหาจะมีตัวเลือกของเหตุผลอย่างน้อย 2 ตัวเลือก จึงทำให้ตัวเลือกในระดับเหตุผลจะมีอย่างน้อย 8 ตัวเลือก รูปแบบนี้จะเป็นการที่นักเรียนสามารถพิจารณาเหตุผลที่เกี่ยวข้องไม่กี่เหตุผลแทนที่จะเห็นตัวเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด ซึ่งทำให้น่าจะได้ผลการวิเคราะห์ที่ให้ความหมายมากกว่า ผลการวิจัยพบว่า 1) จากผลการทดสอบ t-test เพื่อหาความแตกต่างระหว่างคะแนนความมั่นใจในระดับเนื้อหาและเหตุผล พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจในการตอบระดับเนื้อหาสูงกว่าระดับเหตุผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจในการตอบระดับเนื้อหาสูงกว่าระดับเหตุผลในทุกองค์ประกอบ (F1-F5) 2) นักเรียน 68% มีแนวโน้มที่มีความมั่นใจในระดับเนื้อหาเท่ากับระดับเหตุผล 34% ที่นักเรียนมีความมั่นใจในระดับเนื้อหามากกว่าระดับเหตุผล และ 8% ที่นักเรียนมีความมั่นใจในระดับเนื้อหาน้อยกว่าระดับเหตุผล 3) นักเรียนที่ตอบคำตอบถูกต้องในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผล มีค่าเฉลี่ยความมั่นใจสูงกว่านักเรียนที่ตอบผิดในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผล และ 4) มี 16 มโนทัศน์ที่นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนโดยส่วนใหญ่จะมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในระดับที่สูง (นักเรียนที่ตอบคำตอบไม่ถูกต้องและมีค่าระดับความมั่นใจที่มากกว่า 1.8 จากคะแนนเต็ม ซึ่งงานวิจัยนี้จะพบว่า แบบสอบวินิจัยแบบสี่ลำดับขั้นสามารถระบุมโนทัศน์คลาดเคลื่อนซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนและสามารถนำมาใช้ในการศึกษาทางคณิตศาสตร์ได้

Question 4/ The test contains 40 questions

Question 4

Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$?

☐ 0.1280 ☐ 1.28 ☐ 12.8 ☐ 1280

Submit

114s Remaining

Question 4/ The test contains 40 questions

Question 4

Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$?

Your choice is: 12.8

Confidence Rating

☐ Just Guessing ☐ Unconfident ☐ Confident ☐ Very Confident

Submit

84s Remaining

Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$?

Your choice is: 0.1280

My Reason for the Choice

☐ There are four decimals altogether, so the result should be four digits after the decimal point.

☐ 7.84 and 4.96 are small, so the sum would be small as well

68s Remaining

Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$?

Your choice is: 1.28

My Reason for the Choice

☐ There is one integer in both of 7.84 and 4.96, so the answer would have one integer.

☐ There are two decimals in both of 7.84 and 4.96, so the answer would have two decimals.

68s Remaining

Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$?

Your choice is: 12.8

My Reason for the Choice

☐ By calculation

$$\begin{array}{r} 7.84 \\ +4.96 \\ \hline 12.80 \end{array}$$

☐ 7.84 is about 8; 4.96 is about 5; the sum is about 13. The closest one is 12.8

☐ 7.84 and 4.96 have two decimals, so the sum of them is 12.80 and "0" could be eliminated

68s Remaining

Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$?

Your choice is: 1280

My Reason for the Choice

☐ They are all the same numbers to be added, so the answer is still 1280.

☐ The decimal point has no influence on the answer, so it is still 1280

68s Remaining

Question 4/ The test contains 40 questions

Question 4

Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$?

Your choice is: 12.8

Confidence Rating for your Reason

☐ Just Guessing ☐ Unconfident ☐ Confident ☐ Very Confident

Submit

44s Remaining

ภาพ 6 ตัวอย่างคำถามในแบบสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ระดับ เรื่อง ความรู้สึกเชิงจำนวน

ที่มา: Yang and Lin, 2015

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 กำหนดสาระพื้นฐานสามสาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น โดยเนื้อหาเรื่อง จำนวนเต็มจัดอยู่ในสาระที่ 1 มาตรฐาน ค 1.1 ซึ่งมุ่งให้นักเรียนเข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน และการดำเนินการของจำนวน เรื่องจำนวนเต็มถูกกำหนดให้มีเวลาเรียนมากถึง 17 ชั่วโมงจากทั้งหมด 60 ชั่วโมงต่อภาคเรียน สะท้อนให้เห็นความสำคัญของเนื้อหาพื้นฐานสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา เนื้อหาครอบคลุมความหมายของจำนวนเต็ม การบวก การลบ การคูณ การหาร และสมบัติของจำนวนเต็ม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า นักเรียนมักมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในหลายประเด็น เช่น ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับความหมายของจำนวนเต็มและค่าสัมบูรณ์ การดำเนินการบวก ลบ คูณ หารจำนวนเต็มลบ รวมถึงการนำสมบัติของจำนวนเต็มไปใช้ในการคำนวณไม่ถูกต้อง ข้อค้นพบเหล่านี้เป็นข้อมูลสำคัญที่ผู้วิจัยนำมาบูรณาการกับแนวคิดทฤษฎีทั้งหมดเพื่อกำหนดเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยในตอนถัดไป

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในตอนที่ 1 ถึงตอนที่ 4 ผู้วิจัยได้สังเคราะห์แนวคิดเพื่อกำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่องจำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

การวินิจฉัยทางการศึกษาเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนในด้านความรู้ ทักษะ และความเข้าใจ เพื่อให้ผู้สอนสามารถวางแผนการสอนซ่อมเสริมได้อย่างตรงจุด (ศิริเดช สุชีวะ, 2538; พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2545) อย่างไรก็ตามการวินิจฉัยทางการศึกษาจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อมีกรอบทฤษฎีที่ชัดเจนเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือวัด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แนวคิดแผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct map) ของ Wilson (2005, 2023) ซึ่งเป็นกรอบในการพัฒนาเครื่องมือวัดที่ประกอบด้วยคำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบในแต่ละระดับอย่างชัดเจน โดยในพ.ศ. 2566 Wilson ได้เปลี่ยนคำศัพท์จาก "ระดับ (level)" เป็น "จุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint)" เพื่อสะท้อนว่าระดับความสามารถของนักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงขึ้นลงได้ตามพัฒนาการการเรียนรู้ (Wilson, 2023)

แผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นองค์ประกอบหนึ่งในกรอบ Four Building Blocks ซึ่งประกอบด้วย 1) แผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct map) 2) การออกแบบข้อคำถาม (item design) 3) พื้นที่ผลลัพธ์ (outcome space) และ 4) โมเดลการวัด (measurement model) (Wilson, 2005; Wilson et al., 2011) ผู้วิจัยประยุกต์ใช้กรอบดังกล่าวในการพัฒนาเครื่องมือวัด โดยเริ่มจากการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานในเนื้อหาเรื่องจำนวนเต็มทั้ง 6 เรื่องย่อย ได้แก่

จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม การคูณจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ซึ่งเป็นเนื้อหาสำคัญตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่กำหนดเวลาเรียนถึง 17 ชั่วโมง แสดงให้เห็นความสำคัญของเนื้อหาพื้นฐานพื้นฐานของการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

ผู้วิจัยเลือกใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (three-tier diagnostic test) เป็นเครื่องมือในการวินิจฉัย โดยอาศัยแนวคิดของ Treagust (1988) ที่พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยจากระดับเดียวเป็นสองระดับ และต่อมา Caleon & Subramaniam (2009) Pesman & Eryilmaz (2010) และ Arslan et al. (2012) ได้พัฒนาเป็นสามระดับ ประกอบด้วย ระดับที่ 1 เนื้อหา ระดับที่ 2 เหตุผล และระดับที่ 3 ความมั่นใจ ซึ่งช่วยให้สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มตามรูปแบบการตอบ ได้แก่ 1) กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) [1,1,1] 2) กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) [1,0,1] 3) กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) [0,1,1] 4) กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) [0,0,1] 5) กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess/lack of confidence: LG/LC) [1,1,0] และ 6) กลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) [1,0,0], [0,1,0] หรือ [0,0,0] (Arslan et al., 2012; Caleon & Subramaniam, 2009; Pesman & Eryilmaz, 2010)

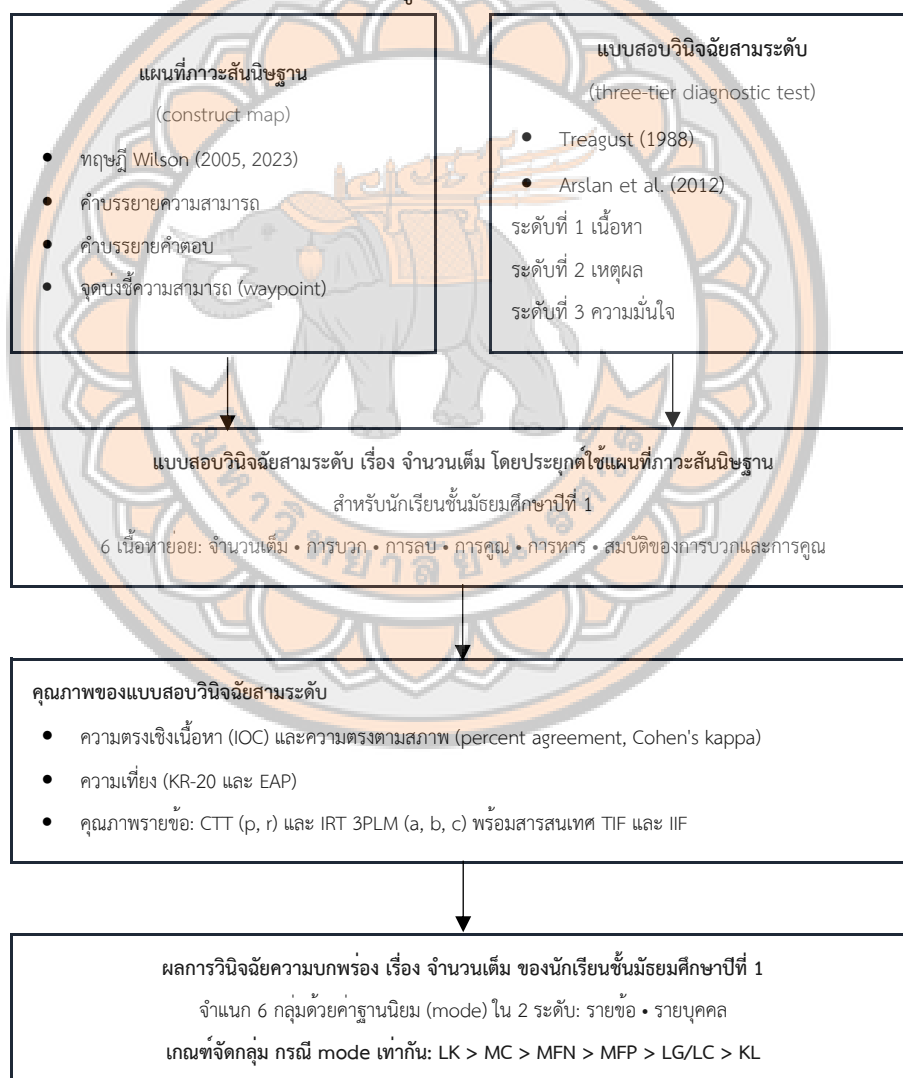
การประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานร่วมกับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเสริมจุดเด่นของเครื่องมือทั้งสอง โดยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับจำแนกนักเรียนได้ตามรูปแบบการตอบในขณะที่แผนที่ภาวะสันนิษฐานให้คำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบของแต่ละกลุ่ม ทำให้ผู้สอนทราบทั้งกลุ่มของนักเรียนและความหมายเชิงพัฒนาการของกลุ่มนั้น (Carney et al., 2022; Perie, 2008)

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบที่พัฒนาขึ้นพิจารณาทั้งในแง่ความตรง (validity) และความเที่ยง (reliability) โดยความตรงเชิงเนื้อหาตรวจสอบจากค่า IOC (Item-Objective Congruence) ความตรงตามสภาพตรวจสอบจากค่าร้อยละความสอดคล้องและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) เปรียบเทียบกับเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) ความเที่ยงตรวจสอบด้วยวิธี KR-20 และคุณภาพรายข้อตรวจสอบทั้งทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) โมเดล 3 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยาก (b) และค่าการเดา (c) พร้อมทั้งสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information Function: TIF) และสารสนเทศรายข้อ (Item Information Function: IIF) เพื่อยืนยันว่าแบบสอบเหมาะสมกับช่วงความสามารถของนักเรียน

กลุ่มเป้าหมาย (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556; Hambleton & Swaminathan, 1985)

เมื่อแบบสอบมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ ผู้วิจัยนำไปวินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียน โดยใช้ค่าฐานนิยม (mode) ในการจัดกลุ่มทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ การวินิจฉัยรายข้อ การวินิจฉัยรายบุคคล การวินิจฉัยรายห้อง และการวินิจฉัยรายโรงเรียน กรณีที่ค่าฐานนิยมเท่ากันใช้เกณฑ์จัดนักเรียนเข้ากลุ่มที่ต้องได้รับการดูแลมากที่สุดก่อน เรียงลำดับ ดังนี้ $LK > MC > MFN > MFP > LG/LC > KL$ ซึ่งเป็นการเน้นการดูแลมากกว่าการมองข้าม สอดคล้องกับหลักการของการประเมินเพื่อช่วยเหลือนักเรียน (Wilson, 2005, 2023)

จากการสังเคราะห์แนวคิดทั้งหมด ผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพ 7



ภาพ 7 กรอบแนวคิดในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้กรอบการวิจัยและพัฒนา (research and development: R&D) ในการสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ และใช้ผลที่ได้ในการวินิจัยความบกพร่องของนักเรียน โดยมีการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ กล่าวคือ ข้อมูลเชิงคุณภาพได้จากเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) เพื่อพัฒนาตัวเลือกของแบบสอบให้สะท้อนคำตอบและเหตุผลที่นักเรียนตอบจริง และจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณได้จากการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ การวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบและของแบบสอบ การวิเคราะห์ความเที่ยง รวมถึงการวินิจัยและจำแนกนักเรียนเข้าสู่กลุ่มการวินิจัยตามแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ระยะที่ 2 การหาคุณภาพแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ระยะที่ 3 การวินิจัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

โดยรายละเอียดของการดำเนินงานในแต่ละระยะ มีดังนี้

ในการพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับครั้งนี้ ผู้วิจัยยึดรูปแบบการจำแนกนักเรียนเป็น 6 กลุ่มการวินิจัยตามแนวคิดของ Arslan et al. (2012) ที่พัฒนาต่อยอดจากแบบสอบวินิจัยสามระดับของ Caleon & Subramaniam (2009) และ Pesman & Eryilmaz (2010) เนื่องจากรูปแบบ 6 กลุ่มดังกล่าวสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างนักเรียนที่มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนกับนักเรียนที่ขาดความรู้ได้อย่างชัดเจน รวมทั้งสามารถระบุนักเรียนที่ตอบถูกโดยบังเอิญ (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจในคำตอบที่ถูกต้องซึ่งเป็นข้อจำกัดของแบบสอบวินิจัยแบบดั้งเดิม

กลุ่มการวินิจัยทั้ง 6 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน

(misconception) กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess or lack of confidence) และกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) โดยผู้วิจัยได้ดัดแปลงรูปแบบดังกล่าวให้เหมาะสมกับบริบทของงานวิจัยนี้ ใน 4 ประเด็น ดังนี้ 1) ปรับชื่อกลุ่มจาก "scientific knowledge" ในงานของ Arslan และคณะ (2012) ที่ศึกษาในบริบทวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับภาวะโลกร้อนและปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็น "knowledge (KL)" เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ที่ศึกษา เรื่องจำนวนเต็ม 2) บูรณาการการจำแนก 6 กลุ่มเข้ากับแผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct map) ตามแนวคิดของ Wilson (2023) ซึ่งเป็นการพัฒนาต่อยอดจากงานของ Arslan et al. (2012) ที่ใช้รูปแบบ 6 กลุ่มเป็นเครื่องมือจำแนกผู้เรียนเท่านั้น แต่ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยกำหนดให้กลุ่มการวินิจฉัยทั้ง 6 กลุ่มเป็นจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) บนแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรียงลำดับจากกลุ่มที่มีระดับความสามารถต่ำที่สุด (LK) ไปยังสูงที่สุด (KL) ทำให้สามารถระบุตำแหน่งของผู้เรียนบนเส้นทางการพัฒนาการ และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนรายบุคคลได้อย่างเป็นระบบ 3) เพิ่มเกณฑ์การตัดสินกรณีฐานนิยมเท่ากัน (tie-break) สำหรับการจำแนกนักเรียนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักโดยผู้วิจัยได้พัฒนาเกณฑ์ดังกล่าวโดยยึดหลักการให้ลำดับความสำคัญแก่กลุ่มที่ต้องการการดูแลเร่งด่วน เรียงลำดับจาก $LK > MC > MFN > MFP > LG/LC > KL$ เพื่อให้ผลการวินิจฉัยสะท้อนความบกพร่องที่สำคัญที่สุดของผู้เรียน และเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการสอนซ่อมเสริม และ 4) ใช้เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน เพื่อรวบรวมคำตอบและเหตุผลจริงของผู้เรียนไทย แล้วนำมาใช้สร้างตัวเลือกในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) และระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) ซึ่งแตกต่างจาก Arslan และคณะ (2012) ที่ใช้การทบทวนวรรณกรรมเป็นหลัก การใช้ think aloud นี้สอดคล้องกับ Treagust (1988) และ Caleon & Subramaniam (2010) ที่เน้นว่าตัวเลือกของแบบสอบวินิจฉัยควรมาจากคำตอบและเหตุผลที่ผู้เรียนตอบจริง จึงจะสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้อย่างแม่นยำ ทั้งนี้ยังช่วยให้ตัวเลือกสะท้อนวิธีคิดของนักเรียนไทยในบริบทเฉพาะของงานวิจัยนี้ด้วย

ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

การสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน มีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ ที่จัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จำนวน 40 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จำนวน 30 คน สำหรับการคิดออกเสียง (think aloud) และกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 คน สำหรับการตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา

สำหรับกลุ่มที่ใช้ในการคิดออกเสียง จำนวน 30 คน ผู้วิจัยได้คัดเลือกโดยจำแนกตามระดับความสามารถทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ดังนี้ กลุ่มเก่ง คือ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไป จำนวน 10 คน กลุ่มปานกลาง คือ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 2.50–3.49 จำนวน 10 คน และกลุ่มอ่อน คือ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่า 2.50 จำนวน 10 คน

กลุ่มเป้าหมายทั้งหมดได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงต้องใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงต่อนักเรียน 1 คน ซึ่งเป็นการใช้เวลาและต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงเลือกโรงเรียนที่ยินดีให้ความร่วมมือและสละเวลาการจัดการเรียนการสอนเพื่อใช้ในการทดสอบและประเมินนักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง จำนวนเต็ม ซึ่งใช้เป็นโครงสร้างในการออกแบบสอบต่อไป ประกอบด้วย 1) แบบบันทึกข้อมูลการสัมภาษณ์นักเรียน และ 2) แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กำหนดเนื้อหาโดยการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระจำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้ จำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

2. สังเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐาน จำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวน

เต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม เพื่อกำหนดคำบรรยายระดับความรู้ แบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) จากนั้นนำข้อมูลที่สังเคราะห์ได้มาเขียนคำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) ที่อธิบายว่านักเรียนในแต่ละระดับมีความรู้ความเข้าใจอย่างไร รู้อะไรบ้าง และทำอะไรได้บ้าง รวมทั้งเขียนคำบรรยายคำตอบ (response descriptors) ที่ระบุลักษณะของคำตอบที่คาดหวังสำหรับแต่ละระดับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาข้อสอบให้สอดคล้องกับแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

3. นำแผนที่ภาวะสันนิษฐานพร้อมคำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

3.1 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา อย่างน้อย 5 ปี และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ

3.2 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดทำหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ

3.3 เป็นผู้มีความรู้ระดับปริญญาเอกในสาขาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ศึกษา

4. ปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภาวะสันนิษฐาน คำบรรยายความสามารถ และคำบรรยายคำตอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจัดทำแผนที่ภาวะสันนิษฐานฉบับสมบูรณ์ จำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

5. นำคำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) ในระดับมีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) ของแผนที่ภาวะสันนิษฐานที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาวิเคราะห์เป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (behavioral objectives) สำหรับแต่ละเรื่องย่อย เนื่องจากคำบรรยายความสามารถของกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริงแสดงถึงความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ในเนื้อหานั้น ๆ จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานอ้างอิงในการกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และการพัฒนาข้อสอบวินิจฉัย เนื่องจากจุดประสงค์ที่ได้จะครอบคลุมความสามารถทั้งหมดที่นักเรียนควรมี ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อสอบที่วัดได้ทั้งความรู้ที่ถูกต้องและความบกพร่องของนักเรียน โดยจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละข้อจะระบุพฤติกรรมที่สังเกตได้และวัดได้อย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของนักเรียนตามคำบรรยายความสามารถในแผนที่ภาวะ

สันนิษฐาน ทั้งนี้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เขียนขึ้นจะมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อสอบวินิจัยในชั้นตอนถัดไป

6. สร้างผังการออกข้อสอบ (test blueprint) ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและแผนที่ภาวะสันนิษฐาน โดยกำหนดให้ออกข้อสอบจุดประสงค์ละ 5 ข้อ ทั้ง 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

7. สร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ทั้ง 6 เรื่อง จากนั้นนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) ซึ่งจะทำให้ได้แนวทางในการสร้างตัวเลือกในแบบสอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) และระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier)

8. สร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ทั้ง 6 เรื่อง โดยออกข้อสอบจุดประสงค์ละ 5 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) แสดงคำตอบเป็นปรนัยหลายตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) แสดงเหตุผลเป็นปรนัยหลายตัวเลือก และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) แสดงความมั่นใจในการตอบ ให้เลือกตอบมั่นใจ หรือไม่มั่นใจ

9. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนในแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน และเกณฑ์การวินิจัยจำแนกกลุ่มนักเรียนตามแบบแผนการตอบ โดยข้อสอบทั้งสามระดับให้คะแนน 2 ค่า (dichotomous) การจำแนกกลุ่มนักเรียนตามรูปแบบการตอบในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) แสดงคำตอบ ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) แสดงเหตุผลตัวเลือก และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) แสดงความมั่นใจในการตอบ จำแนกกลุ่มนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

- 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีรูปแบบการตอบ [1 1 1]
- 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีรูปแบบการตอบ [1 0 1]
- 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) มีรูปแบบการตอบ [0 1 1]
- 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) มีรูปแบบการตอบ [0 0 1]
- 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) มีรูปแบบการตอบ [1 1 0]

6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) มีรูปแบบในการตอบ 3 รูปแบบ คือ [0 0 0], [0 1 0] และ [1 0 0]

10. นำแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานที่ปรับปรุงแล้ว ไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

10.1 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา อย่างน้อย 5 ปี และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ

10.2 เป็นผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดทำหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ

10.3 เป็นผู้มีความรู้ระดับปริญญาเอกในสาขาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ศึกษาหรือ

10.4 เป็นผู้มีความรู้ระดับปริญญาเอกในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลทางการศึกษา

11. ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และจัดพิมพ์แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

12. นำแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาหลัก เพื่อตรวจสอบความเข้าใจภาษาและความชัดเจนของข้อคำถาม โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

12.1 ตรวจสอบว่านักเรียนสามารถอ่านและเข้าใจข้อคำถาม ตัวเลือกคำตอบและตัวเลือกเหตุผลได้ถูกต้องตรงตามเจตนาของผู้วิจัย

12.2 ตรวจสอบความเหมาะสมของระดับภาษาที่ใช้ในแบบสอบว่าเหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของนักเรียน

12.3 ตรวจสอบความชัดเจนของคำสั่ง รูปแบบการตอบ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบสอบ

12.4 สอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหาหรืออุปสรรคที่พบในระหว่างการทำแบบสอบ

ในการทดลองใช้ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบสอบวินิจัยสามระดับทุกเรื่อง พร้อมทั้งสังเกตพฤติกรรมการตอบของนักเรียนและบันทึกข้อสังเกต เมื่อนักเรียนทำแบบสอบเสร็จแล้ว ผู้วิจัย

สัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับข้อคำถามที่นักเรียนมีปัญหาในการทำความเข้าใจ คำศัพท์ หรือข้อความที่ไม่ชัดเจน รวมถึงข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบสอบ จากนั้นนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขข้อคำถาม ตัวเลือก และภาษาที่ใช้ในแบบสอบให้มีความชัดเจนและเหมาะสมยิ่งขึ้น เพื่อนำไปใช้ในระยยะที่ 2 ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ผลการพิจารณาแผนที่ภาวะสันนิษฐาน คำบรรยายความสามารถ และ คำบรรยายคำตอบ เรื่อง จำนวนเต็ม อาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญตัดสินความสอดคล้องของ ข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence: IOC) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถือว่ามีความตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้

สูตรดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC)

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

โดย	IOC	คือ	ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
	$\sum R$	คือ	ผลรวมของคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนให้
	N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
เกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ			
+1	หมายถึง	แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	
-1	หมายถึง	แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์	

ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่ามีความตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้ ส่วนข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ควรได้รับการปรับปรุงหรือตัดทิ้ง (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

2. การวิเคราะห์ผลการทดลองใช้แบบสอบกับนักเรียน 10 คน ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) จากข้อมูลการสัมภาษณ์และข้อสังเกตของผู้วิจัย เพื่อระบุประเด็นปัญหา

ด้านภาษา ความชัดเจนของข้อความ และความเหมาะสมของตัวเลือก แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาในขั้นตอนถัดไป

ระยะที่ 2 การหาคุณภาพแบบสอบถามวิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

การหาคุณภาพแบบสอบถามวิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เป็นการสะท้อนถึงการวิจัยที่ถูกต้องจึงต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามข้อ และการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามทั้งฉบับ เพื่อปรับปรุง แก้ไข และยืนยันคุณภาพของแบบสอบถามที่จะนำไปใช้จริงกับนักเรียน ซึ่งจะทำให้การวิจัยมีประสิทธิภาพ แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษานำร่อง (pilot study)

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ ที่จัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จำนวน 90 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายในระยะที่ 1 โดยแบ่งตามระดับความสามารถของนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มเก่ง คือ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไป จำนวน 30 คน กลุ่มปานกลาง คือ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 2.50-3.49 จำนวน 30 คน และกลุ่มอ่อน คือ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่า 2.50 จำนวน 30 คน

กลุ่มเป้าหมายได้จากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกนักเรียนครอบคลุมทุกระดับความสามารถเพื่อให้สามารถวิเคราะห์คุณภาพรายข้อและอำนาจจำแนกของข้อสอบได้อย่างชัดเจน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามวิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากระยะที่ 1 จำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวก และการคูณจำนวนเต็ม

2. แบบบันทึกผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. นำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานที่ได้จากระยะที่ 1 ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 90 คน (กลุ่มเก่ง 30 คน กลุ่มปานกลาง 30 คน และกลุ่มอ่อน 30 คน) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT)

2. วิเคราะห์คุณภาพรายข้อ ดังนี้

2.1 ค่าความยาก (item difficulty: p) มีเกณฑ์การพิจารณาอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Hopkins & Antes, 1990)

2.2 ค่าอำนาจจำแนก (item discrimination: D) โดยใช้เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Hopkins & Antes, 1990; Wiersma & Jurs, 1990)

3. คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 ประการ คือ มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งจะถูกตัดออกหรือปรับปรุงแก้ไข

4. สัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 30 คน (กลุ่มเก่ง 10 คน กลุ่มปานกลาง 10 คน และกลุ่มอ่อน 10 คน) จากกลุ่มตัวอย่างในข้อ 1 ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) เพื่อตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion-related validity) แบบความตรงตามสภาพ (concurrent validity) โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์และอธิบายวิธีการพูดถึงกระบวนการคิดในการทำแบบสอบให้กับนักเรียนฟังจนเข้าใจ

4.2 ให้นักเรียนทำแบบสอบวินิจฉัยพร้อมพูดกระบวนการคิดออกมาดัง ๆ ขณะตอบข้อสอบ ผู้วิจัยบันทึกผลการวินิจฉัยลงในแบบบันทึกผลการวินิจฉัย

4.3 เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลการวินิจฉัยจากเทคนิคการคิดออกเสียง โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มตามแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

5. ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบตามผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อและผลจากเทคนิคการคิดออกเสียง เพื่อให้ได้แบบสอบที่มีคุณภาพสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาหลัก

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ได้แก่ ค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, 2563; Hopkins & Antes, 1990)

สูตรค่าความยาก (item difficulty: p)

$$p = \frac{R}{N}$$

โดย p แทน ค่าความยาก
R แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก
N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

สูตรค่าอำนาจจำแนก (item discrimination: D)

โดยใช้เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% เรียงคะแนนรวมของนักเรียนจากมากไปน้อย แล้วแบ่งกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดร้อยละ 27 เป็นกลุ่มสูง และกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดร้อยละ 27 เป็นกลุ่มต่ำ

$$D = P_H - P_L$$

โดย D แทน ค่าอำนาจจำแนก
 P_H แทน สัดส่วนนักเรียนกลุ่มสูง (27% บน) ที่ตอบข้อนั้นถูก
 P_L แทน สัดส่วนนักเรียนกลุ่มต่ำ (27% ล่าง) ที่ตอบข้อนั้นถูก

2. การวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ (concurrent validity) ของการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเกณฑ์ภายนอก คือ การวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) โดยพิจารณาจาก (Ericsson & Simon, 1993; Pesman & Eryilmaz, 2010)

2.1 ค่าสัดส่วนของความสอดคล้อง (percent agreement) มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ซึ่งอยู่ในระดับสอดคล้องดี (Pesman & Eryilmaz, 2010)

สูตรการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa)

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

โดย P_o แทน ความน่าจะเป็นที่ความสอดคล้องของค่าสังเกต
 P_e แทน ความน่าจะเป็นที่ความสอดคล้องของค่าคาดหวัง

3. คำร้อยละของผลการวินิจฉัยมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนภาพรวมที่ตรงกัน โดยพิจารณาจากคำร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยอยู่ในกลุ่มมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) และมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) ในแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่มีผลการวินิจฉัยตรงกับการวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง (Pesman & Eryilmaz, 2010)

ตอนที่ 2 การศึกษาหลัก (main study)

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ ที่จัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนในสังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ ที่จัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) ซึ่งมีขั้นตอนในการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. สุ่มโรงเรียนโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยสุ่มโรงเรียนในแต่ละภูมิภาค จำแนกภูมิภาคตามคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ออกเป็น 6 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ สุ่มภูมิภาคละ 1 โรงเรียน รวมทั้งสิ้น 6 โรงเรียน ได้แก่ 1) โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยพะเยา 2) โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายมัธยมศึกษา (ศึกษาศาสตร์) 3) โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) 4) โรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญ มหาวิทยาลัย

บุรพา 5) โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) และ 6) โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ (ฝ่ายมัธยมศึกษา)

2. สุ่มห้องเรียนจากโรงเรียนที่สุ่มได้ในขั้นตอนที่หนึ่ง โรงเรียนละ 3 ห้อง โดยใช้วิธีการสุ่ม อย่างง่าย (simple random sampling) ห้องละ 35 คน คิดเป็น 630 คน

เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 2 ดำเนินการผ่านระบบแบบสอบถามวินิจฉัยสาม ระดับบนเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> ซึ่งนักเรียนสามารถทำแบบสอบถามได้ทั้งใน และนอกเวลาเรียนผ่านคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต จึงอาจได้รับข้อมูลที่สมบูรณ์ไม่ครบ ตามจำนวนที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ Nulty (2008) ชี้ว่าการเก็บข้อมูลผ่านระบบออนไลน์มักได้รับอัตราการ ตอบกลับต่ำกว่าการเก็บข้อมูลแบบกระดาษ โดยมีอัตราการตอบกลับเฉลี่ยเพียงร้อยละ 33 ซึ่งเป็น ลักษณะธรรมชาติของการเก็บข้อมูลแบบออนไลน์ ประกอบกับแบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม ครอบคลุมเนื้อหาย่อย 6 เนื้อหา โดยแต่ละข้อนักเรียนต้องตอบให้ครบทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับเนื้อหา ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ ซึ่งต้องใช้เวลาและความตั้งใจสูง จึงมีความเป็นไปได้ ที่นักเรียนบางส่วนอาจตอบไม่ครบทุกข้อ หรือไม่เข้าทำแบบสอบถามจนเสร็จสมบูรณ์ ส่งผลให้ข้อมูลที่ นำไปวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถามตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) อาจมีจำนวนไม่เพียงพอ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 2 ออกเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ของการนำข้อมูลไปใช้ที่แตกต่างกัน ส่วนแรกเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักจำนวน 630 คน จาก 6 โรงเรียน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) เพื่อให้ได้ กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรครอบคลุมทั้ง 6 ภูมิภาค สำหรับนำไปใช้ในการวินิจฉัย ความบกพร่องของนักเรียนในระยะที่ 3 ส่วนที่สองเป็นข้อมูลเพิ่มเติมจาก 9 โรงเรียน ซึ่งผู้วิจัย ใช้การเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกโรงเรียนสาธิตในสังกัดมหาวิทยาลัย ในกำกับของรัฐที่มีลักษณะประชากรใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมายหลักและยินดีให้ความร่วมมือ ในการเก็บข้อมูล ทั้งนี้ ข้อมูลส่วนที่สองมีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อเพิ่มจำนวนผู้ตอบให้เพียงพอ ต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ซึ่งต้องอาศัยขนาด กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่เพื่อให้การประมาณค่ามีเสถียรภาพ จึงเหมาะสมที่จะใช้การเลือกแบบเจาะจง เพื่อความสะดวกและความรวดเร็วในการได้มาซึ่งข้อมูล โดยไม่กระทบต่อความเป็นตัวแทนของ กลุ่มเป้าหมายหลักที่ใช้ในการวินิจฉัย

เมื่อรวมกลุ่มเป้าหมายหลักจำนวน 630 คน กับข้อมูลเพิ่มเติมจาก 9 โรงเรียน จำนวน 945 คน ทำให้มีจำนวนนักเรียนที่เข้าร่วมการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 2 ทั้งสิ้น 1,575 คน จาก 15 โรงเรียน โดยข้อมูลทั้งหมด 1,575 คน ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถามตามทฤษฎี การตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ การพิจารณาค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (IIF) และของแบบสอบ (TIF) รวมถึงการตรวจสอบความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในด้วยค่าสัมประสิทธิ์ KR-

20 และค่าความเที่ยงแบบ EAP ส่วนการวินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียนในระยะที่ 3 ใช้เฉพาะกลุ่มเป้าหมายหลักจำนวน 630 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอนเท่านั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากตอนที่ 1 ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยจำนวน 6 เรื่อง ผ่านเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/>
2. คู่มือการใช้งานระบบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

การสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับบนเว็บไซต์

นำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากตอนที่ 1 มาพัฒนาเป็นระบบแบบสอบวินิจฉัยบนเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ออกแบบและพัฒนาระบบเว็บไซต์แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยใช้ภาษา HTML, CSS และ JavaScript สำหรับส่วนแสดงผล (front-end) และใช้ Google Apps Script สำหรับระบบจัดเก็บข้อมูล (back-end) โดยบันทึกคำตอบลงใน Google Sheets อัตโนมัติ

แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

คำชี้แจง

แบบสอบวินิจัยสามระดับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องจำนวนเต็ม ไม่มีผลต่อคะแนนในวิชาคณิตศาสตร์

โครงสร้างข้อสอบ: แต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ

- ระดับเนื้อหา - เลือกคำตอบที่ถูกต้อง
- ระดับเหตุผล - เลือกเหตุผลที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุด
- ระดับความมั่นใจ - เลือกระดับความมั่นใจตามความรู้ที่จริง (ไม่มีถูก/ผิด)

ข้อควรปฏิบัติ: ตอบด้วยตนเอง ไม่เปิดหนังสือ ตอบตามความรู้สึกจริง และตอบให้ครบทุกข้อ

หลังทำเสร็จ: ระบบจะแสดงผลการวินิจฉัยทันที สามารถกลับมาดูผลได้ภายหลังโดยใช้ E-mail ที่ลงทะเบียนไว้

1 จำนวนเต็ม 18 ข้อ	2 การบวกจำนวนเต็ม 15 ข้อ
3 การลบจำนวนเต็ม 15 ข้อ	4 การคูณจำนวนเต็ม 15 ข้อ
5 การหารจำนวนเต็ม 15 ข้อ	6 สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม 22 ข้อ

ผลการวินิจฉัย

กรณ E-mail ที่ใช้ทำแบบสอบ (@gmail) ผลการวินิจฉัย

สำหรับอาจารย์

เข้าสู่ระบบ Dashboard
ลงทะเบียนอาจารย์

คู่มือการใช้งาน

รวมเอกสาร

ผู้จัดทำ

นางสาวณัฐกิต์ กรักญะพัชร
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิชาพัฒนศาสตร์และการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ภาพ 8 หน้าหลักของระบบแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

2. นำข้อสอบจากระยะที่ 1 ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วมาบรรจุลงในระบบเว็บไซต์ ประกอบด้วยเนื้อหาย่อยจำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม โดยข้อสอบแต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง โดยตัวเลือกประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้องและตัวลวงที่สร้างจากมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่พบบ่อยในเรื่องจำนวนเต็ม

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกเหตุผลที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุด โดยตัวเลือกประกอบด้วยเหตุผลที่ถูกต้องและเหตุผลที่สะท้อนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนซึ่งได้จากการศึกษาในระยาะที่ 1

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) ให้นักเรียนเลือกระดับความมั่นใจในการตอบ โดยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ มั่นใจ และไม่มั่นใจ เพื่อใช้จำแนกนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนออกจากนักเรียนที่ขาดความรู้

Figure 9 displays three sample questions from the three-tier diagnostic assessment for integer addition and subtraction. Each question is presented in a separate box with a different background color (pink, orange, and yellow). Each box contains a header with the title 'แบบสอววินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม' and a sub-header 'จำนวนเต็ม'.

Question 1 (Pink Box): This question asks for the result of $15 + (-8)$. The options are: a. 8, b. -8, c. 23, d. -23. Below the options, there are three sub-questions (1.1, 1.2, 1.3) asking for the correct answer and the reason for the correct answer.

Question 2 (Orange Box): This question asks for the result of $15 + (-8)$. The options are: a. 8, b. -8, c. 23, d. -23. Below the options, there are three sub-questions (1.1, 1.2, 1.3) asking for the correct answer and the reason for the correct answer.

Question 3 (Yellow Box): This question asks for the result of $15 + (-8)$. The options are: a. 8, b. -8, c. 23, d. -23. Below the options, there are three sub-questions (1.1, 1.2, 1.3) asking for the correct answer and the reason for the correct answer.

ภาพ 9 ตัวอย่างหน้าแบบสอววินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม และการลบจำนวนเต็ม

3. พัฒนาระบบให้คะแนนและวินิจฉัยอัตโนมัติ โดยการให้คะแนนในแต่ละระดับเป็นแบบ 2 ค่า (dichotomous) คือ ถูกต้อง (1) ไม่ถูกต้อง (0) มั่นใจ (1) และไม่มั่นใจ (0) ระบบจะนำผลการตอบทั้ง 3 ระดับมาจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มตามแผนที่ภาวะสันนิษฐาน ได้แก่ 1) มีความรู้

อย่างแท้จริง (knowledge) มีรูปแบบการตอบ [1 1 1] 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีรูปแบบการตอบ [1 0 1] 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) มีรูปแบบการตอบ [0 1 1] 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) มีรูปแบบการตอบ [0 0 1] 5) เดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess/lack of confidence) มีรูปแบบการตอบ [1 1 0] และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) มีรูปแบบในการตอบ 3 รูปแบบ คือ [0 0 0], [0 1 0] และ [1 0 0]

ทั้งนี้ ในระบบเว็บไซต์และในการรายงานผลการวินิจฉัย ผู้วิจัยใช้ตัวย่อแทนชื่อกลุ่มการวินิจฉัยทั้ง 6 กลุ่ม เพื่อความกระชับในการนำเสนอข้อมูล ดังนี้

ตาราง 12 ตัวย่อแทนชื่อกลุ่มการวินิจฉัยและรูปแบบการตอบทั้ง 6 กลุ่ม

กลุ่มการวินิจฉัย	ตัวย่อ	รูปแบบการตอบ
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	KL	[1, 1, 1]
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)	MFP	[1, 0, 1]
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)	MFN	[0, 1, 1]
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	MC	[0, 0, 1]
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	LG/LC	[1, 1, 0]
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	LK	[0, 0, 0], [0, 1, 0], [1, 0, 0]

4. พัฒนาระบบจำแนกนักเรียนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักรายบุคคล โดยระบบจะจำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มจากทุกข้อในเนื้อหาหอย่นั้น แล้วหาค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นได้รับ กลุ่มที่ได้รับบ่อยที่สุดจะเป็นกลุ่มการวินิจฉัยหลักของนักเรียนในเนื้อหาหอย่นั้น ในกรณี

ที่นักเรียนคนใดมีจำนวนข้อที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไปเท่ากัน ระบบใช้เกณฑ์จัดลำดับความสำคัญในการจัดกลุ่ม โดยจัดนักเรียนเข้ากลุ่มที่ต้องได้รับการดูแลและแก้ไขมากที่สุดก่อน เรียงลำดับจากกลุ่มที่ต้องดูแลมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังนี้

ลำดับที่ 1 ขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) เพราะนักเรียนยังไม่มีความรู้พื้นฐาน จำเป็นต้องได้รับการเสริมความรู้ก่อนเป็นอันดับแรก

ลำดับที่ 2 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) เพราะนักเรียนมีความเข้าใจผิดทั้งเนื้อหาและเหตุผล และยังมีมั่นใจในความเข้าใจผิดนั้น จึงต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

ลำดับที่ 3 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) เพราะนักเรียนมีกระบวนการคิดถูกแต่ประยุกต์ใช้ผิด และยังมีมั่นใจ จึงต้องได้รับการตรวจสอบและแก้ไข

ลำดับที่ 4 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) เพราะนักเรียนตอบถูกแต่เหตุผลผิด และยังมีมั่นใจ แสดงว่าไม่ได้เข้าใจจริง ต้องได้รับการตรวจสอบความเข้าใจ

ลำดับที่ 5 เดาคำตอบถูก (lucky guess: LG) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence: LC) เพราะนักเรียนตอบถูกทั้งเนื้อหาและเหตุผลแต่ไม่มั่นใจ อาจเดาถูกหรือมีความรู้แต่ขาดความมั่นใจ ต้องได้รับการเสริมความมั่นใจ

ลำดับที่ 6 มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) เพราะนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องครบทั้ง 2 ระดับและมีความมั่นใจในการตอบ ไม่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข

หลักการจัดลำดับข้างต้นมีเหตุผลสำคัญ คือ ในบริบทของการวินิจฉัยเพื่อช่วยเหลือนักเรียน หากนักเรียนคนใดมีโอกาสเท่ากันที่จะอยู่ในกลุ่มที่มีปัญหาและกลุ่มที่ไม่มีปัญหา ผู้วิจัยเลือกจัดนักเรียนเข้ากลุ่มที่ต้องได้รับการดูแลมากกว่า เพื่อให้มั่นใจว่านักเรียนทุกคนที่อาจมีปัญหาก็ได้รับการช่วยเหลืออย่างทั่วถึง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบสอบวินิจฉัยที่มุ่งค้นหาความบกพร่องของนักเรียนเพื่อนำไปสู่การแก้ไขและพัฒนา

← กลับหน้าหลัก


ผลการวินิจฉัย
 แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

ข้อมูลนักเรียน

ชื่อ-นามสกุล: **ด.ช.ทดสอบ ระบบ** E-mail: โรงเรียน: **ทดลองเรียน**

ห้อง / เลขที่: **ม.1/1 / 29**

จำนวนเต็ม
การบวก
การลบ
การคูณ
การหาร
สมบัติ

☒ **ผลการวินิจฉัย เรื่อง จำนวนเต็ม**

ข้อ	ระดับที่ 1 (เนื้อหา)	ระดับที่ 2 (เหตุผล)	ระดับที่ 3 (ความมั่นใจ)	กลุ่ม
1	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
2	✓	✓	มั่นใจ	KL
3	✓	X	ไม่มั่นใจ	LK
4	X	X	มั่นใจ	MC
5	X	✓	มั่นใจ	MFN
6	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
7	X	✓	มั่นใจ	MFN
8	X	X	มั่นใจ	MC
9	X	X	มั่นใจ	MC
10	✓	X	มั่นใจ	MFP
11	✓	✓	ไม่มั่นใจ	LG/LC
12	X	X	มั่นใจ	MC
13	X	✓	ไม่มั่นใจ	LK
14	✓	X	มั่นใจ	MFP
15	X	X	มั่นใจ	MC
16	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
17	X	✓	มั่นใจ	MFN
18	X	✓	มั่นใจ	MFN

ภาพ 10 หน้าผลการวินิจฉัยรายบุคคลรายข้อ

5. พัฒนาระบบแสดงผลการวินิจฉัยรายบุคคลทันทีบนหน้าจอหลังจากนักเรียนส่งคำตอบ โดยระบบจะแสดงผลการวินิจฉัยรายข้อพร้อมสรุปกลุ่มการวินิจฉัยหลักที่นักเรียนได้รับ และนำคำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) ของกลุ่มที่นักเรียนถูกจัดเข้าไปอธิบายผลการวินิจฉัยในภาพรวม เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจว่าตนเองมีลักษณะความรู้ความเข้าใจอย่างไร นอกจากนี้ ระบบยังวิเคราะห์ผลการตอบรายข้อเพื่อสร้างข้อเสนอแนะเฉพาะบุคคลตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก ดังนี้

ด้านความรู้ ระบบจะตรวจสอบว่านักเรียนตอบระดับที่ 1 (ระดับเนื้อหา) ผิดในจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมใดบ้าง หากมีจุดประสงค์ใดที่นักเรียนตอบระดับที่ 1 ผิดตั้งแต่ 2 ข้อขึ้นไป ระบบจะแสดงข้อเสนอแนะว่า "นักเรียนควรทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับ..." ตามด้วยรายการจุดประสงค์ที่ต้องทบทวน โดยเชื่อมจุดประสงค์สุดท้ายด้วยคำว่า "และ" ตัวอย่างเช่น "นักเรียนควรทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับการหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ การหาผลบวกของจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ และการหาผลบวกและจัดการกับตัวทศ"

ด้านเหตุผล ระบบจะตรวจสอบว่านักเรียนตอบระดับที่ 2 (ระดับเหตุผล) ผิดในจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมใดบ้าง หากมีจุดประสงค์ใดที่นักเรียนตอบระดับที่ 2 ผิดตั้งแต่ 2 ข้อขึ้นไป ระบบจะแสดงข้อเสนอแนะว่า "นักเรียนควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับ..." ตามด้วยรายการจุดประสงค์ที่ต้องทำความเข้าใจ โดยเชื่อมจุดประสงค์สุดท้ายด้วยคำว่า "และ" ตัวอย่างเช่น "นักเรียนควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวก และการหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็ม"

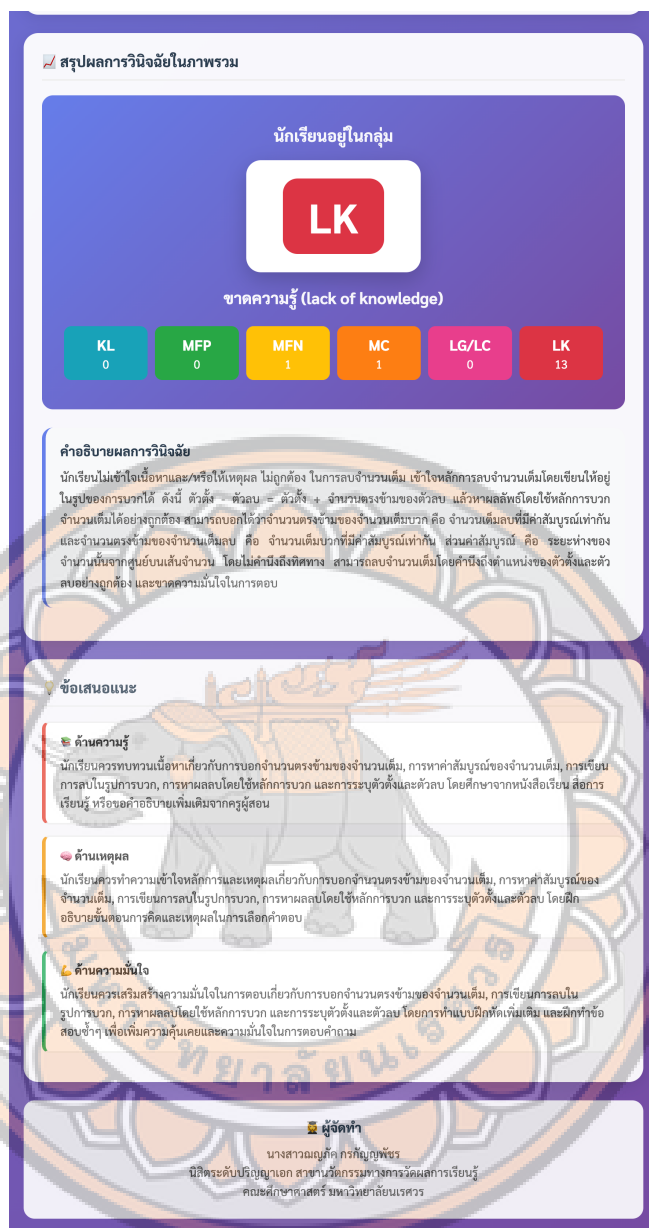
ด้านความมั่นใจ ระบบจะตรวจสอบว่านักเรียนตอบระดับที่ 3 (ระดับความมั่นใจ) ว่าไม่มั่นใจในจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมใดบ้าง หากมีจุดประสงค์ใดที่นักเรียนตอบว่าไม่มั่นใจตั้งแต่ 2 ข้อขึ้นไป ระบบจะแสดงข้อเสนอแนะว่า "นักเรียนควรทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเกี่ยวกับ..." ตามด้วยรายการจุดประสงค์ที่ต้องเสริมความมั่นใจ โดยเชื่อมจุดประสงค์สุดท้ายด้วยคำว่า "และ" ตัวอย่างเช่น "นักเรียนควรทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการหาผลคูณของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และการระบุว่าผลคูณเป็นจำนวนเต็มชนิดใด"

ทั้งนี้ ข้อเสนอแนะทั้ง 3 ด้านดังกล่าวจะแสดงเฉพาะในกรณีที่นักเรียนเข้าเงื่อนไขในแต่ละด้านเท่านั้น โดยจะแสดงควบคู่กับคำบรรยายความสามารถของกลุ่มที่นักเรียนถูกจัดเข้า ไม่ว่าจะเป็นนักเรียนจะอยู่ในกลุ่มใด (KL, MFP, MFN, MC, LG/LC หรือ LK) นอกจากนี้ สำหรับนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (KL) ระบบยังจำแนกการให้ข้อเสนอแนะออกเป็น 2 กรณีย่อย ดังนี้ กรณีที่ 1 หากนักเรียนตอบถูกเป็นส่วนใหญ่แต่ยังไม่ครบทุกข้อ มีอย่างน้อย 1 จุดประสงค์ที่ตอบไม่ถูกต้องหรือไม่มั่นใจ 1 ข้อ ไม่ว่าจะเป็นด้านเนื้อหา ด้านเหตุผล หรือด้านความมั่นใจ และไม่มีจุดประสงค์ใดที่เข้าเงื่อนไขข้อเสนอแนะรายด้าน (ไม่มีจุดประสงค์ใดที่ตอบผิดหรือไม่มั่นใจตั้งแต่ 2 ข้อขึ้นไป)

ระบบจะแสดงข้อเสนอแนะว่า "นักเรียนมีความเข้าใจเรื่อง (ชื่อเนื้อหาย่อย) อยู่ในเกณฑ์ดี สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ทั้งด้านเนื้อหาและเหตุผล อย่างไรก็ตามยังมีบางส่วนที่ตอบคลาดเคลื่อนหรือยังไม่มั่นใจอยู่บ้าง นักเรียนสามารถดูได้จากตารางผลการวินิจฉัยรายข้อด้านบนว่ามีข้อใดที่ยังตอบไม่ถูกต้องหรือไม่มั่นใจ แล้วทบทวนเฉพาะจุดนั้นอีกครั้งเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และฝึกอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบเพื่อเสริมความมั่นใจ" และ กรณีที่ 2 หากนักเรียนตอบถูกต้องครบทุกข้อและมั่นใจในทุกคำตอบ ไม่มีจุดประสงค์ใดที่ตอบไม่ถูกต้องหรือไม่มั่นใจ ระบบจะแสดงข้อเสนอแนะว่า "นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเรื่อง (ชื่อเนื้อหาย่อย) อย่างสมบูรณ์สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งด้านเนื้อหาและเหตุผล และมีความมั่นใจในคำตอบ แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในหลักการและแนวคิดของเนื้อหาอย่างถ่องแท้ นักเรียนสามารถต่อยอดความรู้โดยศึกษาเนื้อหาในระดับที่สูงขึ้น เช่น โจทย์ปัญหาประยุกต์ที่ซับซ้อนมากขึ้น หรือนำความรู้ไปเชื่อมโยงกับเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องอื่น ๆ นอกจากนี้ นักเรียนยังสามารถช่วยเหลือเพื่อนที่ยังไม่เข้าใจ โดยการอธิบายหลักการและเหตุผลให้เพื่อนฟัง ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจของนักเรียนให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น"

ระบบจะส่งรายงานผลการวินิจฉัยทั้งหมดไปยังอีเมลของนักเรียนโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ นักเรียนสามารถเก็บผลการวินิจฉัยไว้ทบทวนได้





ภาพ 11 หน้าสรุปผลการวินิจฉัยรายบุคคลในภาพรวม

6. พัฒนาระบบ Teacher Dashboard สำหรับอาจารย์ผู้รับผิดชอบการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยอาจารย์สามารถลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบ ดูผลการวินิจฉัยของนักเรียนรายบุคคล กรองข้อมูลตามโรงเรียน ห้องเรียน หัวข้อ และกลุ่มการวินิจฉัย รวมทั้งส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ Excel เพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติม

← กลับหน้าหลัก

Dashboard

แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

ผู้วิจัย (ดูได้ทุกโรงเรียน) ออกจากระบบ

สรุปภาพรวม

รวม	KL	MFP	MFN	MC	LG/LC	LK
3922	3493	0	0	23	2	404

โรงเรียน: ทั้งหมด ห้อง: ทั้งหมด

หัวข้อ: ทั้งหมด กลุ่ม: ทั้งหมด

การส่งออกข้อมูล ดาวน์โหลด Excel

รายชื่อนักเรียน (3922)

#	ชื่อ-นามสกุล	โรงเรียน	ห้อง	หัวข้อ	กลุ่ม	ดู
1				จำนวนเต็ม	KL	
2				จำนวนเต็ม	KL	
3				จำนวนเต็ม	KL	
4				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
5				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
6				การลบจำนวนเต็ม	KL	
7				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
8				การลบจำนวนเต็ม	KL	

ผู้จัดทำ
นางสาวณณภัท กรกัญญพัชร
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาพ 12 หน้าผลการวินิจัยสำหรับอาจารย์

ก่อนนำระบบแบบสอบวินิจัยสามระดับออนไลน์ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการศึกษาหลัก ผู้วิจัยได้ปรับปรุงและตรวจสอบความพร้อมของระบบ โดยปรับส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (user interface) ให้แสดงผลได้ถูกต้องบนอุปกรณ์ทุกขนาดหน้าจอ ทั้งคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต และ

สมาร์ทโฟน ปรับล้อยค่านหน้าจอให้สื่อความหมายชัดเจนยิ่งขึ้น และตรวจสอบความถูกต้องของระบบ การให้คะแนนอัตโนมัติทั้งสามระดับให้ตรงกับเฉลย รวมทั้งระบบการจำแนกกลุ่มนักเรียนตามรูปแบบการตอบทั้ง 6 รูปแบบ ตามแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

การจัดทำคู่มือการใช้งานระบบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

การจัดทำคู่มือการใช้งานระบบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม เพื่อใช้ประกอบการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาหลัก โดยคู่มือแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. คู่มือสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย 1) การเข้าสู่หน้าหลักของเว็บไซต์ 2) การกรอกข้อมูลนักเรียน ได้แก่ คำนำหน้าชื่อ ชื่อ-นามสกุล E-mail โรงเรียน ห้องเรียน และเลขที่ 3) การทำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) เลือกคำตอบที่ถูกต้อง ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) เลือกเหตุผลที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุด และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) เลือกระดับความมั่นใจ และ 4) การดูผลการวินิจฉัย ซึ่งประกอบด้วยตารางแสดงผลรายชื่อ สรุปลุ่มที่นักเรียนอยู่ในภาพรวม และข้อเสนอแนะในการพัฒนาเฉพาะบุคคล

2. คู่มือสำหรับอาจารย์ ประกอบด้วย 1) การลงทะเบียนอาจารย์เข้าใช้งานระบบ โดยกรอกข้อมูลคำนำหน้า ชื่อ-นามสกุล E-mail โรงเรียน และเบอร์โทรศัพท์ แล้วรอการอนุมัติจากผู้วิจัย 2) การใช้งาน Teacher Dashboard เพื่อดูผลการวินิจฉัยของนักเรียน กรองข้อมูล และส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ Excel และ 3) คู่มือการใช้งานระบบแบบสอบวินิจฉัย เรื่อง จำนวนเต็ม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. นำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานบนเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายจำนวน 1,680 คน

2. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลไปยังผู้บริหารสถานศึกษา เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย จากนั้นโทรศัพท์ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอเก็บรวบรวมข้อมูล และสอบถามรายชื่อและเบอร์โทรศัพท์ของอาจารย์ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบเก็บข้อมูลนักเรียน

3. ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการทำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ผ่านเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> ให้กับอาจารย์ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบเก็บข้อมูลนักเรียนทราบ

4. การดำเนินการทดสอบ ในขั้นตอนการทดสอบนักเรียนทำแบบสอบผ่านเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> โดยใช้คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สมาร์โฟนหรือแท็บเล็ต ได้ทั้งในและนอกเวลาเรียน เข้าสู่ระบบและกรอกข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ ชื่อ-นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน และโรงเรียน ทำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม ครบทั้ง 6 เรื่อง โดยในข้อสอบแต่ละข้อ นักเรียนต้องตอบ 3 ระดับ คือ ระดับเนื้อหา ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ ระบบบันทึกคำตอบ และจัดเก็บข้อมูลใน Google Sheets อัตโนมัติผ่าน Google Apps Script ระบบแสดงผลการวินิจฉัยทันทีบนหน้าจอพร้อมคำแนะนำเฉพาะบุคคล และส่งรายงานผลทางอีเมลของนักเรียน โดยผู้วิจัยและอาจารย์ผู้รับผิดชอบการเก็บรวบรวมข้อมูลเข้าสู่ข้อมูลรวมผ่าน Teacher Dashboard

5. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) หาคุณภาพด้านความยากและอำนาจจำแนก เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบ ดังนี้ ค่าความยากอยู่ในช่วง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556; Hopkins & Antes, 1990)

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) ด้วยโปรแกรม IRT Pro แบบ 3 พารามิเตอร์ (3-Parameter Logistic Model: 3PLM) ได้แก่

6.1 ค่าอำนาจจำแนก (discrimination parameter: a) มีเกณฑ์การพิจารณาอยู่ในช่วง 0.50 ถึง 2.50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001)

6.2 ค่าความยาก (difficulty parameter: b) มีเกณฑ์การพิจารณาอยู่ในช่วง -2.50 ถึง +2.50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001)

6.3 ค่าความน่าจะเป็นในการเดา (guessing parameter: c) มีเกณฑ์การพิจารณาไม่เกิน 0.30 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001)

6.4 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (item information function: IIF) เป็นการพิจารณาความแม่นยำในการวัดของข้อสอบรายข้อ ที่ระดับความสามารถ (θ) ต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาคุณภาพรายข้อ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001)

6.5 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function: TIF) เป็นการพิจารณาความแม่นยำในการวัดของแบบสอบทั้งฉบับ ที่ระดับความสามารถ (θ) ต่าง ๆ จำแนกตามเนื้อหาย่อย 6 เรื่อง เพื่อพิจารณาว่าแบบสอบเหมาะสมในการวัดผู้เรียนที่มีระดับความสามารถใด (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001)

7. ตรวจสอบความเที่ยง (reliability) ด้วยวิธีดังนี้

7.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 แบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency) โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ three-tier composite scoring คือ นักเรียนจะได้คะแนน 1 ก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) ถูก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) ถูก และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) ตอบว่ามั่นใจ มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 1] ส่วนรูปแบบอื่นให้ 0 คะแนน เพื่อตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ของข้อคำถาม มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Arslan et al., 2012; Kirbulut & Geban, 2014)

7.2 ค่าความเที่ยงแบบ EAP (expected a posteriori) เป็นการประมาณค่าความเที่ยงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งอาศัยการกระจายภายหลัง (posterior distribution) ของความสามารถ มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) หาคุณภาพด้านความยากและอำนาจจำแนก เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบ ดังนี้ ค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.20-0.80 และมีอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556; Hopkins & Antes, 1990)

สูตรค่าความยาก (item difficulty: p)

$$p = \frac{R}{N}$$

โดย	p	แทน	ค่าความยาก
	R	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

สูตรค่าอำนาจจำแนก (item discrimination: D)

โดยใช้เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% เรียงคะแนนรวมของนักเรียนจากมากไปน้อย แล้วแบ่งกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดร้อยละ 27 เป็นกลุ่มสูง และกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำสุดร้อยละ 27 เป็นกลุ่มต่ำ

$$D = P_H - P_L$$

โดย	D แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	P_H แทน	สัดส่วนนักเรียนกลุ่มสูง (27% บน) ที่ตอบข้อนั้นถูก
	P_L แทน	สัดส่วนนักเรียนกลุ่มต่ำ (27% ล่าง) ที่ตอบข้อนั้นถูก

2. การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ (3PLM) ด้วยโปรแกรม IRT Pro ได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ในช่วง 0.50-2.50 ค่าความยาก (b) อยู่ในช่วง -2.50 ถึง +2.50 และค่าความน่าจะเป็นในการเดา (c) ไม่เกิน 0.30 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001)

สูตรโมเดล 3 พารามิเตอร์

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

โดย	$P_i(\theta)$ แทน	ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบมีความสามารถ θ จะตอบข้อ i ถูก
	a_i แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบข้อที่ i
	b_i แทน	ค่าความยากของข้อสอบข้อที่ i
	c_i แทน	ค่าความน่าจะเป็นในการเดาของข้อสอบข้อที่ i
	θ แทน	ค่าความสามารถของผู้สอบ
	D แทน	ค่าคงที่ปรับมาตรา = 1.702
	e แทน	ค่าคงที่ฐานลอการิทึมธรรมชาติ ≈ 2.718

3. การวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (item information function: IIF) เพื่อพิจารณาความแม่นยำในการวัดของข้อสอบรายข้อ ที่ระดับความสามารถ (θ) ต่าง ๆ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001)

สูตรค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (item information function: IIF)

$$I_i(\theta) = \frac{D^2 a_i^2 (1 - c_i)}{[c_i + e^{Da_i(\theta - b_i)}][1 + e^{-Da_i(\theta - b_i)}]^2}$$

โดย	$I_i(\theta)$ แทน	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบข้อที่ i ที่ระดับความสามารถ θ
	a_i แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบข้อที่ i
	b_i แทน	ค่าความยากของข้อสอบข้อที่ i
	c_i แทน	ค่าความน่าจะเป็นในการเดาของข้อสอบข้อที่ i
	θ แทน	ค่าความสามารถของผู้สอบ
	D แทน	ค่าคงที่ปรับมาตรา = 1.702
	e แทน	ค่าคงที่ฐานลอการิทึมธรรมชาติ ≈ 2.718

4. การวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function: TIF) เป็นผลรวมของค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทุกข้อในแบบสอบ เพื่อพิจารณาความแม่นยำในการวัดของแบบสอบทั้งฉบับที่ระดับความสามารถ (θ) ต่าง ๆ จำแนกตามเนื้อหาย่อย 6 เรื่อง เพื่อพิจารณาว่าแบบสอบเหมาะสมในการวัดผู้เรียนที่มีระดับความสามารถใด (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001)

สูตรค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function: TIF)

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^n I_i(\theta)$$

โดย	$I(\theta)$ แทน	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่ระดับความสามารถ θ
	$I_i(\theta)$ แทน	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบข้อที่ i
	n แทน	จำนวนข้อสอบในแบบสอบ

5. การวิเคราะห์ความเที่ยง (reliability) ของแบบสอบ ด้วยวิธีดังนี้

5.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 แบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency) โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ three-tier composite scoring คือ นักเรียนจะได้

คะแนน 1 ก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) ถูก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) ถูก และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) ตอบว่ามั่นใจ มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 1] ส่วนรูปแบบอื่นให้ 0 คะแนน เพื่อตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ของข้อคำถาม มีเกณฑ์การพิจารณา ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Arslan et al., 2012; Kirbulut & Geban, 2014)

สูตรค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right)$$

โดย	r_{tt}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง
	n	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของคนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนที่ตอบผิดในแต่ละข้อ
	s^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

5.2 ค่าความเที่ยงแบบ EAP (expected a posteriori) เป็นการประยุกต์ค่าความเที่ยงของแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบให้มีรูปแบบที่คล้ายกับความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบมาร์จิ้นัลแมกซ์ิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum Likelihood: MML) มีเกณฑ์การพิจารณาดังแต่ 0.70 ขึ้นไป (Mislevy, Beaton, Kaplan, & Sheehan, 1992)

สูตรค่าความเที่ยงแบบ EAP

$$\rho_{MML} = \frac{\sigma_{EAP}^2}{\sigma^2}$$

โดย	ρ_{MML}	แทน	ค่าความเที่ยงแบบ EAP
	σ_{EAP}^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของค่าประมาณ EAP
	σ^2	แทน	ความแปรปรวนของความสามารถ

ระยะที่ 3 การวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

การวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม เป็นการนำข้อมูลผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 630 คน ที่ได้จากการศึกษาหลัก (main study) ในระยะที่ 2 มาวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยเพื่อจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามแผนที่ภาวะสันนิษฐาน สรุปผลการวินิจฉัยในภาพรวม และรายงานผลการวินิจฉัยเป็นรายบุคคล มีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิต สังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ ที่จัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

กลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มเป้าหมายหลักเดียวกับการศึกษาหลัก (main study) ในระยะที่ 2 ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน จาก 6 โรงเรียน ครอบคลุมทั้ง 6 ภูมิภาค ซึ่งได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) ตามที่ได้กล่าวรายละเอียดไว้แล้ว ในระยะที่ 2

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน จำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม บนเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/>

แบบสอบวินิจัยสามระดับ

เรื่อง จำนวนเต็ม

คำชี้แจง

แบบสอบวินิจัยสามระดับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจัยความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องจำนวนเต็ม ไม่มีผลต่อคะแนนในวิชาคณิตศาสตร์

โครงสร้างข้อสอบ: แต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ

- ระดับเนื้อหา - เลือกคำตอบที่ถูกต้อง
- ระดับเหตุผล - เลือกเหตุผลที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุด
- ระดับความมั่นใจ - เลือกระดับความมั่นใจตามความรู้ที่จริง (ไม่มีถูก/ผิด)

ข้อควรปฏิบัติ: ตอบด้วยตนเอง ไม่เปิดหนังสือ ตอบตามความรู้ที่จริง และตอบให้ครบทุกข้อ

หลังทำเสร็จ: ระบบจะแสดงผลการวินิจัยทันที สามารถกลับมาดูผลได้ภายหลังโดยใช้ E-mail ที่ลงทะเบียนไว้

1

จำนวนเต็ม

18 ข้อ

2

การบวกจำนวนเต็ม

15 ข้อ

3

การลบจำนวนเต็ม

15 ข้อ

4

การคูณจำนวนเต็ม

15 ข้อ

5

การหารจำนวนเต็ม

15 ข้อ

6

สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

22 ข้อ

ผลการวินิจัย

กรอก E-mail ที่ใช้ทำแบบสอบ (@gmail)

[ผลการวินิจัย](#)

สำหรับอาจารย์

[เข้าสู่ระบบ Dashboard](#) [ลงทะเบียนอาจารย์](#)

คู่มือการใช้งาน

[รายละเอียด](#)

ผู้จัดทำ

นางสาวณญภัค กรักญะพัชร

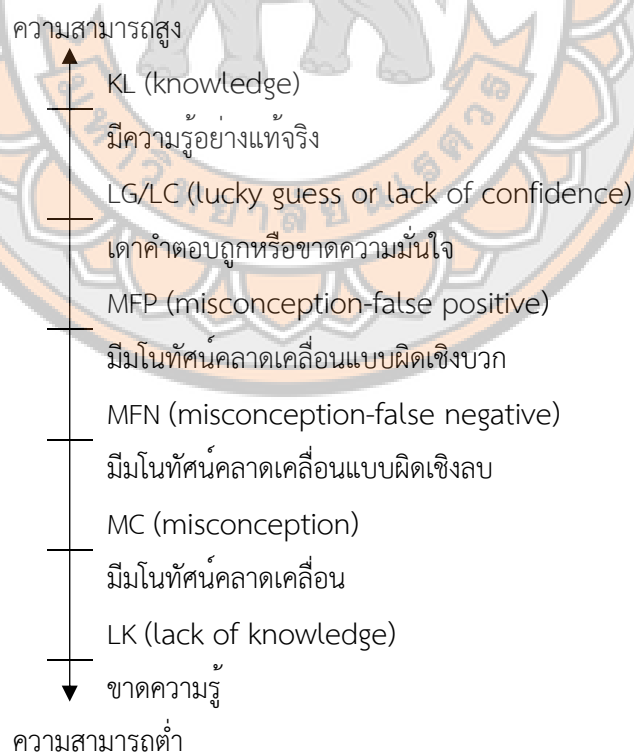
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ภาพ 13 หน้าหลักของระบบแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

แนวทางการกำหนดจุดตัดเพื่อวินิจฉัยความบกพร่อง

ผู้วิจัยจำแนกนักเรียนเป็น 6 กลุ่มการวินิจฉัยตามรูปแบบการตอบ ดังนี้ 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) คือ นักเรียนที่ตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหาถูก ตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผลถูก และระดับที่ 3 มั่นใจ [1, 1, 1] 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) คือ นักเรียนที่ตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหาถูก ตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผลผิด และระดับที่ 3 มั่นใจ [1, 0, 1] 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) คือ นักเรียนที่ตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหาผิด ตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผลถูก และระดับที่ 3 มั่นใจ [0, 1, 1] 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) คือ นักเรียนที่ตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหาผิด ตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผลผิด และระดับที่ 3 มั่นใจ [0, 0, 1] 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess: LG) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence: LC) คือ นักเรียนที่ตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหาถูก ตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผลถูก และระดับที่ 3 ไม่มั่นใจ [1, 1, 0] และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) คือ นักเรียนที่ตอบระดับที่ 1 และ/หรือระดับที่ 2 ผิด และระดับที่ 3 ไม่มั่นใจ ซึ่งมีรูปแบบการตอบได้ 3 แบบ ได้แก่ [1, 0, 0] [0, 1, 0] และ [0, 0, 0] (Arslan et al., 2012) ซึ่งกลุ่มทั้ง 6 นี้ คือ จุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) บนแผนที่ภาวะสันนิษฐาน (Wilson, 2023)



ภาพ 14 ตำแหน่งจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) เรื่อง จำนวนเต็ม

แบ่งการวินิจฉัยเป็น 2 ระดับ ดังนี้

1. การวินิจฉัยรายข้อ

นำผลการตอบของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละข้อมาจัดเข้ากลุ่มการวินิจฉัย 6 กลุ่ม จากนั้นหาค่าฐานนิยม (mode) ของแต่ละข้อ ซึ่งคือกลุ่มที่มีนักเรียนมากที่สุดในข้อนั้น เพื่อสะท้อนว่าข้อสอบข้อนี้นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มใด

2. การวินิจฉัยรายบุคคล

จำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักซึ่งเป็นจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) บนแผนที่ภาวะสันนิษฐานของแต่ละเนื้อหาย่อย โดยพิจารณาจากค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นถูกจัดเข้าจากทุกข้อในเนื้อหาย่อยนั้น กล่าวคือ กลุ่มที่นักเรียนถูกจัดเข้ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มการวินิจฉัยหลักของนักเรียนในเนื้อหาย่อยนั้น

หลักการตัดสินกรณีฐานนิยมเท่ากัน (tie-break) หากนักเรียนมีฐานนิยมเท่ากันมากกว่า 1 กลุ่ม ผู้วิจัยใช้เกณฑ์จัดเข้ากลุ่มที่ต้องการการดูแลก่อน เพื่อให้การวินิจฉัยสะท้อนความบกพร่องที่สำคัญที่สุด เรียงลำดับตามจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) โดยจุดบ่งชี้ความสามารถบนแผนที่ภาวะสันนิษฐาน ไม่ใช่ระดับตายตัวแบบขั้นบันได แต่เป็นจุดที่ระบุได้บนเส้นทางการพัฒนาของนักเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถเคลื่อนขึ้นหรือลงระหว่างจุดเหล่านี้ได้ตามผลของการจัดการเรียนรู้และการสอนซ่อมเสริม (Wilson, 2023)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม ดำเนินการดังนี้

1. จำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มในแต่ละข้อ ตามรูปแบบการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ (Arslan et al., 2012) ได้แก่ 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 1] 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีรูปแบบการตอบ [1, 0, 1] 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) มีรูปแบบการตอบ [0, 1, 1] 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) มีรูปแบบการตอบ [0, 0, 1] 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 0] และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) มีรูปแบบการตอบ [0, 0, 0], [0, 1, 0] หรือ [1, 0, 0]

2. วิเคราะห์ผลการวินิจฉัยเป็นรายข้อ โดยหาค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มการวินิจฉัยทั้ง 6 กลุ่ม ในแต่ละข้อของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ จำแนกตามเนื้อหาย่อยทั้ง 6 เรื่อง ได้แก่ จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม การคูณจำนวนเต็ม การหาร

จำนวนเต็ม และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม พร้อมหาค่าฐานนิยม (mode) ของแต่ละข้อ ซึ่งหมายถึงกลุ่มที่มีจำนวนนักเรียนมากที่สุดในข้อนั้น

ภาพ 15 ตัวอย่างหน้าแบบสอวินิจัยสามระดับ เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

3. จำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มการวินิจัยหลักซึ่งเป็นจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) บนแผนที่ภาวะสันนิษฐานของแต่ละเนื้อหาย่อย โดยพิจารณาจากค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นถูกจัดเข้าจากทุกข้อในเนื้อหาย่อยนั้น กล่าวคือ กลุ่มที่นักเรียนถูกจัดเข้ามากที่สุดจะเป็นกลุ่มการวินิจัยหลักของนักเรียนในเนื้อหาย่อยนั้น กรณีที่มีกลุ่มที่ได้จำนวนเท่ากัน ใช้เกณฑ์จัดนักเรียนเข้ากลุ่มที่ต้องได้รับการดูแลก่อนเป็นอันดับแรก โดยเรียงลำดับจากกลุ่มที่มีระดับความสามารถต่ำที่สุดไปยังสูงที่สุดตามตำแหน่งจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) ดังนี้

ลำดับที่ 1 ขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) เพราะนักเรียนยังไม่มีความรู้พื้นฐาน จำเป็นต้องได้รับการเสริมความรู้ก่อนเป็นอันดับแรก

ลำดับที่ 2 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) เพราะนักเรียนมีความเข้าใจผิดทั้งเนื้อหาและเหตุผล และยังมั่นใจในความเข้าใจผิดนั้น จึงต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

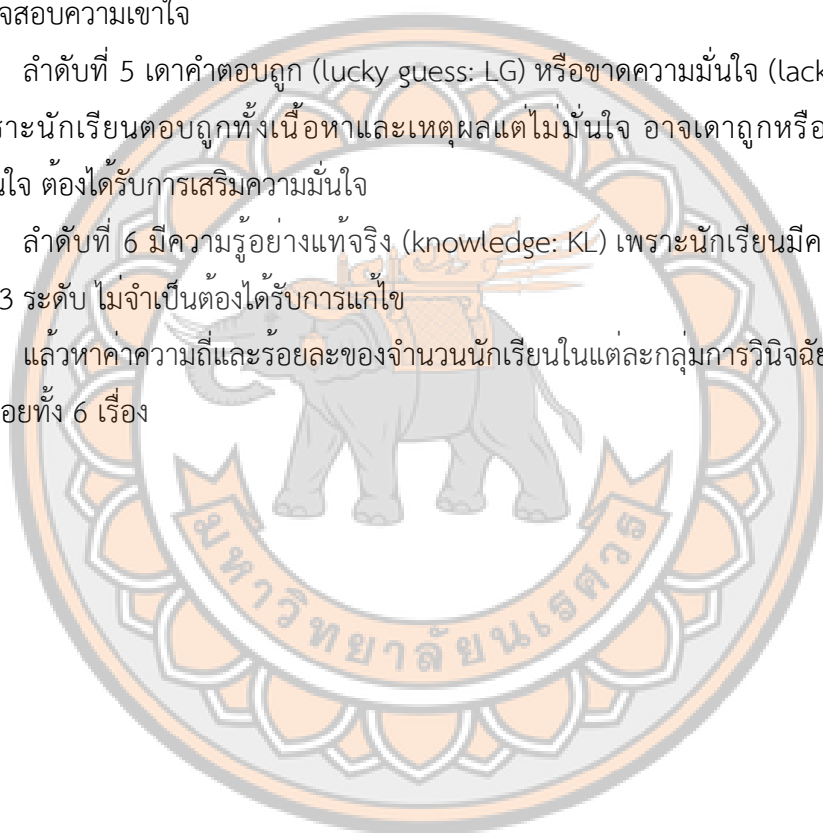
ลำดับที่ 3 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) เพราะนักเรียนมีกระบวนการคิดถูกแต่ประยุกต์ใช้ผิด และยังมั่นใจ จึงต้องได้รับการตรวจสอบและแก้ไข

ลำดับที่ 4 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) เพราะนักเรียนตอบถูกแต่เหตุผลผิด และยังมั่นใจ แสดงว่าไม่ได้เข้าใจจริง ต้องได้รับการตรวจสอบความเข้าใจ

ลำดับที่ 5 เดาคำตอบถูก (lucky guess: LG) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence: LC) เพราะนักเรียนตอบถูกทั้งเนื้อหาและเหตุผลแต่ไม่มั่นใจ อาจเดาถูกหรือมีความรู้แต่ขาดความมั่นใจ ต้องได้รับการเสริมความมั่นใจ

ลำดับที่ 6 มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) เพราะนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องครบทั้ง 3 ระดับ ไม่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข

แล้วหาค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มการวินิจฉัยหลัก จำแนกตามเนื้อหาย่อยทั้ง 6 เรื่อง



← กลับหน้าหลัก

ผลการวินิจฉัย

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

ข้อมูลนักเรียน

ชื่อ-นามสกุล: ค.ช.ทดสอบ ระบบ E-mail: โรงเรียน: ทดลองเรียน

ห้อง / เลขที่: ม.1/1 / 29

จำนวนเต็ม
การบวก
การลบ
การคูณ
การหาร
สมบัติ

☐ ผลการวินิจฉัย เรื่อง จำนวนเต็ม

ข้อ	ระดับที่ 1 (เนื้อหา)	ระดับที่ 2 (เหตุผล)	ระดับที่ 3 (ความมั่นใจ)	กลุ่ม
1	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
2	✓	✓	มั่นใจ	KL
3	✓	X	ไม่มั่นใจ	LK
4	X	X	มั่นใจ	MC
5	X	✓	มั่นใจ	MFN
6	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
7	X	✓	มั่นใจ	MFN
8	X	X	มั่นใจ	MC
9	X	X	มั่นใจ	MC
10	✓	X	มั่นใจ	MFN
11	✓	✓	ไม่มั่นใจ	LG/LC
12	X	X	มั่นใจ	MC
13	X	✓	ไม่มั่นใจ	LK
14	✓	X	มั่นใจ	MFN
15	X	X	มั่นใจ	MC
16	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
17	X	✓	มั่นใจ	MFN
18	X	✓	มั่นใจ	MFN

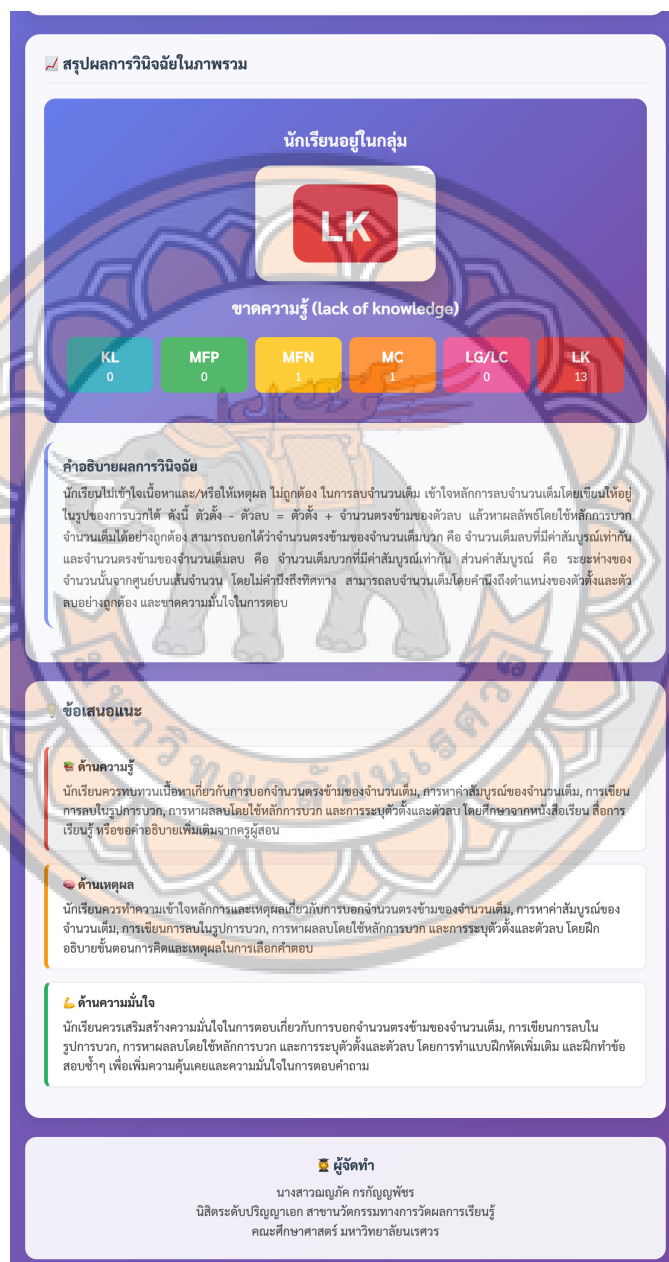
ภาพ 16 หน้าผลการวินิจฉัยรายบุคคลรายข้อ

4. สรุปผลการวินิจฉัยในภาพรวม โดยนำผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลักจากทั้ง 6 เนื้อหาย่อย มาเปรียบเทียบกัน

5. รายงานผลการวินิจฉัยเป็นรายบุคคลผ่านระบบเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> โดยระบบแสดงผลการวินิจฉัยทันทีหลังจากนักเรียนส่งคำตอบ ประกอบด้วย

1) ตารางแสดงผลรายข้อ แสดงผลการตอบในแต่ละระดับ (ถูก/ผิด มั่นใจ/ไม่มั่นใจ) และกลุ่ม

การวินิจฉัยของแต่ละข้อ 2) สรุปกลุ่มที่นักเรียนอยู่ในภาพรวมพร้อมคำอธิบายความหมายของกลุ่ม
3) จำนวนและร้อยละของข้อสอบในแต่ละกลุ่มการวินิจฉัย และ 4) ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเฉพาะ
บุคคลใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านเหตุผล และด้านความมั่นใจ นอกจากนี้ระบบยังส่งรายงาน
ผลการวินิจฉัยไปยังอีเมลของนักเรียนโดยอัตโนมัติ



ภาพ 17 หน้าสรุปผลการวินิจฉัยรายบุคคลในภาพรวม

6. รายงานผลการวินิจฉัยภาพรวมผ่าน Teacher Dashboard สำหรับอาจารย์ผู้รับผิดชอบ โดยแสดงจำนวนนักเรียนทั้งหมดแยกตามกลุ่มการวินิจฉัย สามารถกรองข้อมูลตามโรงเรียน ห้องเรียน หัวข้อ และกลุ่ม ดูผลการวินิจฉัยรายบุคคล และส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ Excel เพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติม

← กลับหน้าหลัก

Dashboard

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

ผู้วิจัย (ดูได้ทุกโรงเรียน) [ออกจากระบบ](#)

สรุปภาพรวม

รวม	KL	MFP	MFN	MC	LG/LC	LK
3922	3493	0	0	23	2	404

โรงเรียน: ทั้งหมด ห้อง: ทั้งหมด

หัวข้อ: ทั้งหมด กลุ่ม: ทั้งหมด

[กรองข้อมูล](#) [ดาวน์โหลด Excel](#)

รายชื่อนักเรียน (3922)

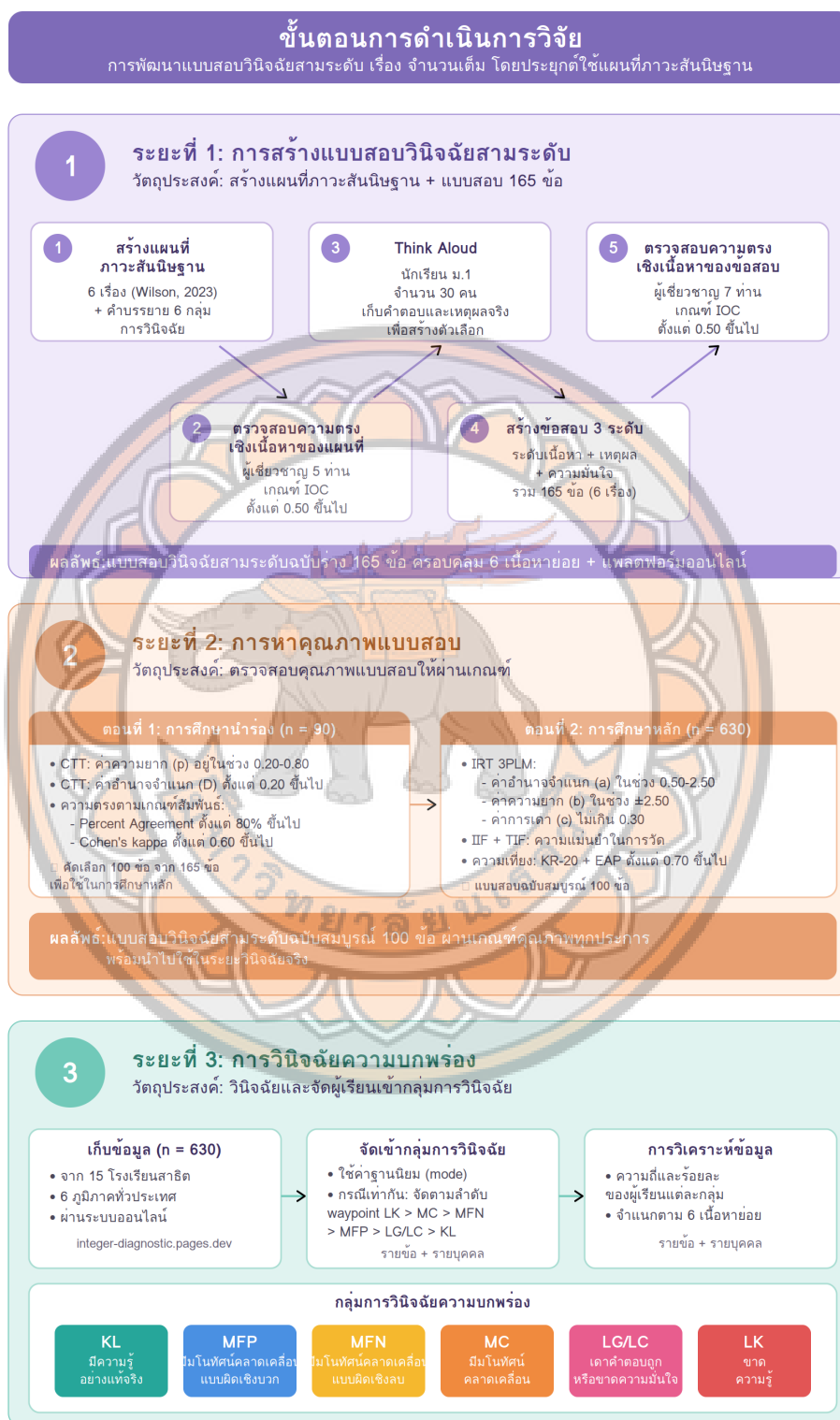
#	หัวข้อ	กลุ่ม	ดู
1	จำนวนเต็ม	KL	ดู
2	จำนวนเต็ม	KL	ดู
3	จำนวนเต็ม	KL	ดู
4	การบวกจำนวนเต็ม	KL	ดู
5	การบวกจำนวนเต็ม	KL	ดู
6	การลบจำนวนเต็ม	KL	ดู
7	การบวกจำนวนเต็ม	KL	ดู
8	การลบจำนวนเต็ม	KL	ดู

ผู้จัดทำ

นางสาวณญภัค กรักญญพัชร
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมการวัดผลการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาพ 18 หน้าผลการวินิจฉัยสำหรับอาจารย์

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



ภาพ 19 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ตอนที่ 2 ผลการหาคุณภาพแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ตอนที่ 3 ผลการวินิจัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตอนที่ 1 ผลการสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผลการสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน มีรายละเอียดดังนี้

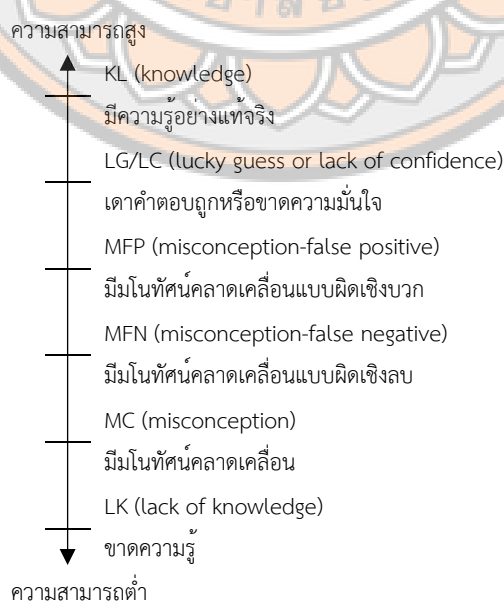
จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระจำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เนื้อหาและสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานตามแนวคิดของ Wilson (2023) จำนวน 6 เรื่อง ดังนี้ 1) แผนที่ภาวะสันนิษฐานเรื่องจำนวนเต็ม 2) แผนที่ภาวะสันนิษฐานเรื่องการบวกจำนวนเต็ม 3) แผนที่ภาวะสันนิษฐานเรื่องการลบจำนวนเต็ม 4) แผนที่ภาวะสันนิษฐานเรื่องการคูณจำนวนเต็ม 5) แผนที่ภาวะสันนิษฐานเรื่องการหารจำนวนเต็ม และ 6) แผนที่ภาวะสันนิษฐานเรื่องสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

1.1 การกำหนดจุดบ่งชี้ความสามารถและการจำแนกกลุ่มผู้เรียน

ในการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 แผนที่ ผู้วิจัยกำหนดให้แต่ละแผนที่ประกอบด้วยจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) ตามแนวคิดของ Wilson (2023) จำนวน 6 จุด โดยรูปแบบการตอบของแบบสอบวินิจัยสามระดับประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ การจำแนกนักเรียนทั้ง 6 กลุ่ม อ้างอิงตามรูปแบบการตอบแบบสอบวินิจัยสามระดับของ Arslan et al. (2012) และผู้วิจัยจัดเรียงกลุ่มดังกล่าวเป็นจุดบ่งชี้ความสามารถจากจุดสูงสุดไปยังจุดต่ำสุดตามระดับความสามารถ ดังนี้ 1) กลุ่มมีความรู้

แท้จริง (knowledge: KL) ซึ่งมีรูปแบบการตอบ [1, 1, 1] ได้แก่ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ 2) กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess or lack of confidence: LG/LC) ซึ่งมีรูปแบบการตอบ [1, 1, 0] ได้แก่ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และไม่มั่นใจในการตอบ 3) กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) ซึ่งมีรูปแบบการตอบ [1, 0, 1] ได้แก่ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบผิดในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ 4) กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) ซึ่งมีรูปแบบการตอบ [0, 1, 1] ได้แก่ ตอบผิดในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ 5) กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) ซึ่งมีรูปแบบการตอบ [0, 0, 1] ได้แก่ ตอบผิดในระดับเนื้อหา ตอบผิดในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ และ 6) จุดต่ำสุด คือ กลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) ซึ่งมีรูปแบบการตอบ [1, 0, 0] [0, 1, 0] หรือ [0, 0, 0] ได้แก่ ตอบถูกในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผลเพียงระดับเดียว หรือตอบผิดทั้งสองระดับ และไม่มั่นใจในการตอบ โดยจุดบ่งชี้ความสามารถทั้ง 6 จุดนี้ใช้ลำดับเดียวกันในแผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 เรื่อง

แต่ละจุดบ่งชี้ความสามารถมีคำบรรยายความสามารถ (performance descriptor) ที่อธิบายว่าผู้เรียนในจุดนั้นสามารถทำอะไรได้ในเนื้อหานั้น ๆ และคำบรรยายคำตอบ (response descriptor) ที่อธิบายรูปแบบการตอบของผู้เรียนในแต่ละระดับของแบบสอบ โดยจุดบ่งชี้ความสามารถดังกล่าวไม่ใช่ระดับตายตัวแบบขั้นบันได แต่เป็นจุดที่ระบุได้บนเส้นทางการพัฒนาการของนักเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถเคลื่อนขึ้นหรือลงระหว่างจุดเหล่านี้ได้ตามผลของการจัดการเรียนรู้และการสอนซ่อมเสริม (Wilson, 2023) แสดงดังภาพ 20



ภาพ 20 ตำแหน่งจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) เรื่อง จำนวนเต็ม

1.2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผลการพิจารณาความถูกต้องของแผนที่ภาวะสันนิษฐานจำนวน 6 เรื่อง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (IOC) พบว่า แผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 เรื่อง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปทุกแผนที่ แสดงว่าแผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 แผนที่ มีความตรงเชิงเนื้อหา ดังแสดงในตาราง 13 ถึง 18

ตาราง 13 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม

รูปแบบการวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ และให้เหตุผลในการระบุ จำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูปเศษส่วน ที่หารลงตัว และทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบนเส้นจำนวนกับค่าของจำนวน สามารถเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มาก ค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้นจำนวนแสดงถึงผลต่างของจำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจในการตอบ	1.00
แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลถูกต้อง ในการระบุ จำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็ม		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มาก	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	บวก จำนวนเต็มลบ และ ศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และ ทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวน สามารถ เปรียบเทียบและ เรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจ ในการตอบ		ค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้าย ของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสอง จำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวา มากกว่าจะมีค่ามากกว่า และ ระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจ ในการตอบ	
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และ อาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง ใน การระบุ จำนวน และ เปรียบเทียบจำนวนเต็ม บวก จำนวนเต็มลบ และ ศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวและ ทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวน สามารถ เปรียบเทียบและ เรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความไม่มั่นใจในการ ตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และการให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่า จำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจาก ศูนย์มากค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวนเต็ม ลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่ง น้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสอง จำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวา มากกว่าจะมีค่ามากกว่า และ ระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยมีความไม่ มั่นใจในการตอบ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการ ระบุ จำแนก และ เปรียบเทียบจำนวนเต็ม บวก จำนวนเต็มลบ และ ศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และ ทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวน สามารถ เปรียบเทียบและ เรียงลำดับจำนวนเต็มได้ แต่ขาดความมั่นใจ ในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าจำนวน ที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวน เต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มาก ค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้าย ของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสอง จำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวา มากกว่าจะมีค่ามากกว่า และ ระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยขาด ความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive) 1 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง เพียงบางส่วนหรือ ไม่ ถูกต้อง ในการระบุ จำแนก และเปรียบเทียบจำนวน เต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนใน รูปเศษส่วน ที่หารลงตัว และทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของ ตำแหน่งบนเส้นจำนวนกับ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือ ไม่ถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็ม บวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่า ยิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของ ศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสอง จำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวา มากกว่าจะมีค่ามากกว่า และ ระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ค่าของจำนวน สามารถ เปรียบเทียบและ เรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจในการ ตอบ		จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจ ในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการระบุ จำแนก และ เปรียบเทียบจำนวนเต็ม บวก จำนวนเต็มลบ และ ศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และ ทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวน สามารถ เปรียบเทียบและ เรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจ ในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าจำนวน ที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวน เต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มาก ค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้าย ของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่ง อยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสอง จำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวา มากกว่าจะมีค่ามากกว่า และ ระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจ ในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative) 0 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่ มีความรู้ความเข้าใจ แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ในการ ระบุ จำแนก และ เปรียบเทียบจำนวนเต็ม	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าจำนวน ที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวน เต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มาก ค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้าย ของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	บวก จำนวนเต็มลบ และ ศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วน ที่หารลงตัวและ ทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวนได้และ มีความมั่นใจในการตอบ		ยังอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสอง จำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวา มากกว่าจะมีค่ามากกว่า และ ระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจ ในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ในการระบุ จำแนก และ เปรียบเทียบจำนวนเต็ม บวก จำนวนเต็มลบ และ ศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และ ทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวนได้และมีความมั่นใจ ในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าจำนวนที่ อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวน เต็มบวก ยังอยู่ห่างจากศูนย์มาก ค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้าย ของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่ง อยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสอง จำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวา มากกว่าจะมีค่ามากกว่า และ ระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจ ในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception) 0 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่ มีความรู้ความเข้าใจ และ ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ใน การระบุ จำแนก และ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง และให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็ม บวก ยังอยู่ห่างจากศูนย์มากค่า	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	เปรียบเทียบจำนวนเต็ม บวก จำนวนเต็มลบ และ ศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวและ ทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวน สามารถ เปรียบเทียบและ เรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจ ในการตอบ		ยิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของ ศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อ เปรียบเทียบจำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวามากกว่าจะมี ค่ามากกว่า และระยะห่าง ระหว่างจุดบนเส้นจำนวนแสดงถึง ผลต่างของจำนวนทั้งสอง โดยมี ความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการระบุ จำแนก และ เปรียบเทียบจำนวนเต็ม บวก จำนวนเต็มลบ และ ศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และ ทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวน สามารถ เปรียบเทียบและ เรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจในการ ตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่าง จากศูนย์มากค่ายิ่งมาก จำนวนที่ อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวน เต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มาก ค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบ จำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจ ในการตอบ	

รูปแบบการวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ หรือมีความรู้ความเข้าใจเพียงบางส่วน หรือไม่มีความรู้ความเข้าใจ และอาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ในการระบุจำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูปเศษส่วนที่หารลงตัวและทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบนเส้นจำนวนกับค่าของจำนวน สามารถเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความไม่มั่นใจในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบและ/หรือการให้เหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือจำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือจำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้นจำนวนแสดงถึงผลต่างของจำนวนทั้งสอง โดยมีความไม่มั่นใจ ในการตอบ	1.00
แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และ/หรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการระบุจำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูปเศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วน		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือจำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือจำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ไม่เท่ากับศูนย์และทศนิยม ซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจ ความสัมพันธ์ของตำแหน่ง บนเส้นจำนวนกับค่าของ จำนวน สามารถ เปรียบเทียบและ เรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และขาดความมั่นใจ ในการตอบ		จำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของ จำนวนทั้งสอง โดยขาดความ มั่นใจในการตอบ	

จากตาราง 13 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าแผนที่
ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 รูปแบบ มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยมีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด
($IOC \geq 0.50$) ทุกรูปแบบ และผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมบางประการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมา
ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตาราง 14 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ในการ บวกจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และจำนวนเต็มลบ กับจำนวนเต็มลบ สามารถ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการ บวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก ให้ นำมาบวกกันตามปกติจากหลัก หน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และ จัดการตัวทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลักและตำแหน่งจัดการกับตัวทศได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการตอบ		- การบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ให้นำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มบวกมากกว่าผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบมากกว่าผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลถูกต้องในการบวกจำนวนเต็มเข้าใจหลักการบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มลบ สามารถบวกจำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลักและตำแหน่งจัดการกับตัวทศได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการบวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก ให้นำมาบวกกันตามปกติจากหลักหน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัวทศได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ให้นำ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้า ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน เต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และ อาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง ใน การบวกจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และจำนวนเต็มลบ กับจำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทดได้อย่าง	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และการให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่า การบวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก ให้นำมา บวกกันตามปกติจากหลักหน่วย ไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	เหมาะสม และมีความไม่ มั่นใจในการตอบ		ของจำนวนเต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่า สัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบ มากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์	
			- การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยมีความไม่มั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการ บวกจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และจำนวนเต็มลบ กับจำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทศได้อย่าง เหมาะสม แต่ขาดความ มั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการบวก จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก ให้ นำมาบวกกันตามปกติ จากหลักหน่วยไปยังหลัก ที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทศได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก - การบวกจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้า ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน เต็มบวกมากกว่า	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบมากกว่าผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากันผลลัพธ์เป็นศูนย์	
			- การบวกจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ	
			โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) 1 0 1	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ใน การบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มลบ สามารถบวกจำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลักและตำแหน่งจัดการกับตัวทศได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ว่าการบวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก ให้นำมาบวกกันตามปกติจากหลักหน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัวทศได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ให้นำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มบวกมากกว่าผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่า	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			สัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบ มากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการในการบวกจำนวน เต็ม เข้าใจหลักการบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มบวก จำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ และ จำนวนเต็มลบกับจำนวน เต็มลบ สามารถบวก จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทดได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการ ตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ว่าการบวก จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก ให้นำ มาบวกกันตามปกติ จากหลักหน่วยไปยังหลัก ที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก - การบวกจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้า ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน เต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative) 0 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่ มีความรู้ความเข้าใจ แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ในการ บวกจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และจำนวนเต็มลบ กับจำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทดได้อย่าง เหมาะสม และมีความ มั่นใจในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการบวก จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ การบวกจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก ให้นำมา บวกกันตามปกติจากหลักหน่วย ไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์ ของจำนวนเต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่า สัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบ มากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ในการบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวกจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และจำนวนเต็มลบ กับจำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทศได้อย่าง เหมาะสม และมีความ มั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการบวก จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก ให้ นำมาบวกกันตามปกติ จากหลักหน่วยไปยังหลัก ที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทศได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก - การบวกจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้า ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน เต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception) 0 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่ มีความรู้ความเข้าใจ และ ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ใน การบวกจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และจำนวนเต็มลบ กับจำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทดได้อย่าง เหมาะสม และมีความ มั่นใจในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง และให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าการบวกจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ การบวกจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก ให้นำมา บวกกันตามปกติจากหลักหน่วย ไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์ ของจำนวนเต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่า สัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบ มากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวกจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และจำนวนเต็มลบ กับจำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทศได้อย่าง เหมาะสม และมีความ มั่นใจในการตอบ	IOC	ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	IOC
			ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการ บวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก ให้ นำมาบวกกันตามปกติ จากหลักหน่วยไปยังหลัก ที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทศได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก - การบวกจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้า ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน เต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ หรือมีความรู้ความเข้าใจ เพียงบางส่วน หรือไม่มี ความรู้ความเข้าใจ และ อาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ในการบวก จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ บวกจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มบวก จำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็มลบกับ จำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทดได้อย่าง เหมาะสม และมีความไม่ มั่นใจในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบและ/หรือ การให้เหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่งที่ ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าการบวกจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ การบวกจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก ให้นำมา บวกกันตามปกติจากหลักหน่วย ไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์ ของจำนวนเต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่า สัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบ มากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยมีความไม่มั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และ/หรือให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ในการบวก จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ บวกจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มบวก จำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็มลบกับ จำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทศได้อย่าง เหมาะสม และขาดความ มั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าการบวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก ให้ นำมาบวกกันตามปกติ จากหลักหน่วยไปยังหลัก ที่สูงขึ้น และจัดการตัว ทศได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก - การบวกจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้า ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน เต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม บวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็ม ลบ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	

จากตาราง 14 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าแผนที่
ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 รูปแบบ มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยมีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด
($IOC \geq 0.50$) ทุกรูปแบบ และผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมบางประการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมา
ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตาราง 15 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ในการลบ จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ ลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้ อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัว ตั้ง + จำนวนตรงข้ามของ ตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดย	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการลบ จำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัว ลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ใช้หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน		- การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$	
	ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้งและตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการตอบ		- การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$	
			- การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$	
			- การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$	
			- การลบจำนวนเต็มต้องคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง	
			- จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน	
			- ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $ 5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			จำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $ -3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวน เต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูป ของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวน ตรงข้ามของตัวลบ แล้วหา ผลลัพธ์โดยใช้หลักการบวก จำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวน ตรงข้ามของจำนวนเต็ม บวก คือ จำนวนเต็มลบที่มี ค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการลบ จำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัว ลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัว ตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่า มากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	และมีความมั่นใจในการ ตอบ		จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวน บวก เช่น $ 5 = 5$ และ ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน ลบ คือ จำนวนบวก เช่น $ -3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และ อาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง ใน การลบจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการลบจำนวนเต็มโดย เขียนให้อยู่ในรูปของการ บวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์ โดยใช้หลักการบวกจำนวน เต็มได้อย่างถูกต้อง	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และการให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวน ตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยน เฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรง ข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4$ $= 7 + (-4)$	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	สามารถบอกได้ว่าจำนวน ตรงข้ามของจำนวนเต็ม บวก คือ จำนวนเต็มลบที่มี ค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		- การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3$ $= -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2)$ $= 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9)$ $= -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่ จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็ม ลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม ลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์ บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึง ทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการลบ จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ ลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้ อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัว ตั้ง + จำนวนตรงข้ามของ ตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดย ใช้หลักการบวกจำนวนเต็ม ได้อย่างถูกต้อง สามารถ บอกได้ว่าจำนวนตรงข้าม ของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง แต่ ขาดความมั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการลบ จำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะ ตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้าม เท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัว ตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่า มากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวน บวก เช่น $ 5 = 5$ และ ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน ลบ คือ จำนวนบวก เช่น $ -3 = 3$ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive) 1 0 1	นักเรียนมีความรูความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ใน การลบจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการลบจำนวนเต็มโดย เขียนให้อยู่ในรูปของการ บวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์ โดยใช้หลักการบวกจำนวน เต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวน ตรงข้ามของจำนวนเต็ม	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ว่าการ ลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบโดยเปลี่ยนเฉพาะตัว ลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 =$ $7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3$ $= -5 + (-3)$	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	บวก คือ จำนวนเต็มลบที่มี ค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		- การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2)$ $= 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9)$ $= -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่ จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็ม ลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม ลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์ บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึง ทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวน		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการลบ จำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ IOC	คำบรรยายคำตอบ IOC
เติมโดยเขียนให้อยู่ในรูป ของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวน ตรงข้ามของตัวลบ แล้วหา ผลลัพธ์โดยใช้หลักการบวก จำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวน ตรงข้ามของจำนวนเต็ม บวก คือ จำนวนเต็มลบที่มี ค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการ ตอบ	ของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัว ลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัว ตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่า มากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) 0 1 1	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่มีความรู้ความเข้าใจ แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์ โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวน	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้งดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	เต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการตอบ		- การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต่อง ค่าหนึ่งถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์ โดยใช้หลักการบวกจำนวน เต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวน ตรงข้ามของจำนวนเต็ม บวก คือ จำนวนเต็มลบที่มี ค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะทางของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการ ตอบ		- การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัว ตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่า มากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะทางของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวน บวก เช่น $ 5 = 5$ และ ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน ลบ คือ จำนวนบวก เช่น $ -3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception) 0 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่ มีความรู้ความเข้าใจ และ ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ใน การลบจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการลบจำนวนเต็มโดย เขียนให้อยู่ในรูปของการ บวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์ โดยใช้หลักการบวกจำนวน เต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวน ตรงข้ามของจำนวนเต็ม บวก คือ จำนวนเต็มลบที่มี ค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง และให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือ ไม่ถูกต้อง ว่าการลบจำนวน เต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัว ลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้ เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4$ $= 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3$ $= -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2)$ $= 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9)$ $= -4 + 9$	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		- การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่ จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็ม ลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม ลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์ บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึง ทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวน เต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูป ของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวน ตรงข้ามของตัวลบ แล้วหา ผลลัพธ์โดยใช้หลักการบวก จำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการ ลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัว ลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	สามารถบอกได้ว่าจำนวน ตรงข้ามของจำนวนเต็ม บวก คือ จำนวนเต็มลบที่มี ค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการ ตอบ		- การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัว ตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่า มากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวน บวก เช่น $5 = 5$ และ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน ลบ คือ จำนวนบวก เช่น $ -3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ หรือมีความรู้ความเข้าใจ เพียงบางส่วน หรือไม่มี ความรู้ความเข้าใจ และ อาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ในการลบ จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ ลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้ อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัว ตั้ง + จำนวนตรงข้ามของ ตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดย ใช้หลักการบวกจำนวนเต็ม ได้อย่างถูกต้อง สามารถ บอกได้ว่าจำนวนตรงข้าม ของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบและ/หรือ การให้เหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่งที่ ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าการลบจำนวน เต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัว ลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้ เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4$ $= 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3$ $= -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2)$ $= 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9)$ $= -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่ จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		- จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็ม ลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม ลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์ บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึง ทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $ 5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $ -3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และ/หรือให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ในการลบ จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ ลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้ อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนั้น ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัว ตั้ง + จำนวนตรงข้ามของ ตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดย ใช้หลักการบวกจำนวนเต็ม ได้อย่างถูกต้อง สามารถ บอกได้ว่าจำนวนตรงข้าม ของจำนวนเต็มบวก คือ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวน ตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยน เฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรง ข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็ม บวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบอย่างถูกต้อง และขาดความมั่นใจในการ ตอบ		- การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัว ตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่า มากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของ จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้น จากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวน บวก เช่น $5 = 5$ และ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			ค่าสัมบูรณ์ของจำนวน ลบ คือ จำนวนบวก เช่น $ -3 = 3$ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	

จากตาราง 15 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าแผนที่ภาวะ
สันนิษฐานทั้ง 6 รูปแบบ มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยมีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด
(IOC ≥ 0.50) ทุกรูปแบบ และผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมบางประการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมา
ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตาราง 16 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ในการคูณ จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ คูณจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก การคูณกัน ของจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และการคูณ จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทด	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการ คูณจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณ จำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่ง ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสองจำนวนนั้น	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	ได้อย่างเหมาะสม และมี ความมั่นใจในการตอบ	1.00	- การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็น จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับ ผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจในการตอบ	1.00
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และ การคูณ จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทศได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจ ในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการคูณ จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณจำนวนนับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผลคูณ เป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวน เต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์ เท่ากับผลคูณของค่า สัมบูรณ์ของสองจำนวน นั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจในการตอบ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และ อาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และ การคูณ จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทดได้อย่างเหมาะสม และมีความไม่มั่นใจ ในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และการให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่า การคูณจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณ จำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่ง ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสองจำนวนนั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็น จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับ ผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความไม่มั่นใจ ในการตอบ	1.00
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการ คูณจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการคูณจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก การคูณกันของจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ และ การคูณจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ คูณจำนวนเต็มได้ถูกต้อง		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการคูณ จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณจำนวนนับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทดได้อย่าง เหมาะสม แต่ขาดความ มั่นใจในการตอบ		ลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวน เต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์ เท่ากับผลคูณของค่า สัมบูรณ์ของสองจำนวน นั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อนแบบ ผิดเชิงบวก (misconception- false positive) 1 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และการคูณ จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทดได้อย่างเหมาะสม	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณ จำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่ง ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสองจำนวนนั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็น จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	และมีความมั่นใจในการ ตอบ		ผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และการคูณ จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทศได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการ ตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการคูณ จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณจำนวนนับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวน เต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์ เท่ากับผลคูณของค่า สัมบูรณ์ของสองจำนวน นั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception-)	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่ มีความรู้ความเข้าใจ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
false negative) 0 1 1	แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และการคูณจำนวน เต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ โดยสามารถคูณจำนวนเต็ม ได้ถูกต้องตามหลักและ ตำแหน่ง จัดการกับตัวทด ได้อย่างเหมาะสม และมี ความมั่นใจในการตอบ		ถูกต้อง ว่าการคูณจำนวนเต็มมี หลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณ จำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่ง ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสองจำนวนนั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็น จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับ ผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และ การคูณ จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการคูณ จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณจำนวนนับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวน	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทดได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการ ตอบ		เต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์ เท่ากับผลคูณของค่า สัมบูรณ์ของสองจำนวน นั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มิมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception) 0 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่ มีความรู้ความเข้าใจ และ ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และ การคูณ จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทดได้อย่างเหมาะสม	1.00	ประกอบด้วยคำตอบถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง และให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณ จำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่ง ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสองจำนวนนั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็น จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับ	1.00

รูปแบบ การวิจัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	และมีความมั่นใจในการ ตอบ		ผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และการคูณ จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม หลักและตำแหน่ง จัดการ กับตัวทศได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการ ตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการ คูณจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณจำนวนนับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวน เต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์ เท่ากับผลคูณของค่า สัมบูรณ์ของสองจำนวน นั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0,	นักเรียนอาจมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ หรือมีความรู้ความเข้าใจ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบและ/หรือ การให้เหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่งที่ ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
0 1 0, 0 0 0	เพียงบางส่วน หรือไม่มี ความรู้ความเข้าใจ และ อาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ในการคูณ จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ คูณจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก การคูณกัน ของจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ และ การคูณจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ คูณจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทศได้อย่าง เหมาะสม และมีความไม่ มั่นใจในการตอบ		หรือไม่ถูกต้อง ว่าการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณ จำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่ง ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มลบที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสองจำนวนนั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผลคูณเป็น จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับ ผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความไม่มั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และ/หรือให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ในการคูณ จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ คูณจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก การคูณกัน ของจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และ การ คูณจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ คูณจำนวนเต็มได้ถูกต้อง		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าการคูณจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวก คือ การคูณจำนวนนับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก - การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณเป็นจำนวน	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทดได้อย่าง เหมาะสม และขาดความ มั่นใจในการตอบ		เต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์ เท่ากับผลคูณของค่า สัมบูรณ์ของสองจำนวน นั้น - การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ ได้ผล คูณเป็นจำนวนเต็มบวก ที่มีค่าเท่ากับผลคูณของ ค่าสัมบูรณ์ของสอง จำนวนนั้น โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	

จากตาราง 16 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าแผนที่
ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 รูปแบบ มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยมีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด
($IOC \geq 0.50$) ทุกรูปแบบ และผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมบางประการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมา
ปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตาราง 17 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ในการ หารจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการหารจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก การหารจำนวนเต็มบวกกับ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการ หารจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	จำนวนเต็มลบ และ การหารจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ โดย สามารถคำนวณที่ถูกต้อง ตามขั้นตอน มีการใช้หลัก ทางคณิตศาสตร์ในการ คำนวณ และพิจารณา เครื่องหมายของผลหาร ได้อย่างถูกต้อง และมี ความมั่นใจในการตอบ		วิธีเดียวกับการหารจำนวนนับ ด้วยจำนวนนับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็ม บวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้ง หารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ - ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วย ค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้อง ไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการ หารจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการหารจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก การหารจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และ การ หารจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการหาร จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็น จำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้วิธีเดียวกับการหาร จำนวนนับด้วยจำนวน นับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	อาหารจำนวนเต็มได้ถูกต้องตามขั้นตอน มีการใช้หลักทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ และพิจารณาเครื่องหมายของผลหารได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการตอบ		- ถ้าตัวตั้งหรือตัวหารตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้องไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ และอาจให้เหตุผลที่ถูกต้องในการหารจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการหารจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก การหารจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และการหารจำนวนเต็มลบด้วย	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และการให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการหารจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้วิธีเดียวกับการหารจำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่งได้ผลหารเป็นจำนวนเต็มบวก	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	จำนวนเต็มลบ โดย สามารถคำนวณที่ถูกต้อง ตามขั้นตอน มีการใช้หลัก ทางคณิตศาสตร์ในการ คำนวณ และพิจารณา เครื่องหมายของผลหาร ได้อย่างถูกต้อง และมี ความไม่มั่นใจในการตอบ		- ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็ม บวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้ง หารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ - ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วย ค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้อง ไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความไม่มั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการ หารจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการหารจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก การหารจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และ การ หารจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ หารจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามขั้นตอน มีการใช้หลัก ทางคณิตศาสตร์ในการ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการหาร จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็น จำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้วิธีเดียวกับการหาร จำนวนนับด้วยจำนวน นับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวน เต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่ง	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	คำนวณ และพิจารณา เครื่องหมายของผลหารได้ อย่างถูกต้อง แต่ขาดความ มั่นใจในการตอบ		เป็นจำนวนเต็มบวก ให้ นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้ง หารด้วยค่าสัมบูรณ์ของ ตัวหาร แล้วตอบเป็น จำนวนเต็มลบ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็น จำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำค่าสัมบูรณ์ของ ตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้อง ไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive) 1 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ในการหารจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการหารจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การหารจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ และ การหารจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ คำนวณที่ถูกต้องตาม	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าการหารจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้ วิธีเดียวกับการหารจำนวนนับ ด้วยจำนวนนับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็ม	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ขั้นตอน มีการใช้หลักทาง คณิตศาสตร์ในการคำนวณ และพิจารณาเครื่องหมาย ของผลหารได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการ ตอบ		บวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้ง หารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ - ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วย ค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้อง ไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการหารจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการหารจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การหารจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ และ การหารจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ หารจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามขั้นตอน มีการใช้หลัก ทางคณิตศาสตร์ในการ คำนวณ และพิจารณา เครื่องหมายของผลหารได้		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการหาร จำนวนเต็ม มีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็น จำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้วิธีเดียวกับการหาร จำนวนนับด้วยจำนวน นับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวน เต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่ง เป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของ ตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	อย่างถูกต้อง และมีความ มั่นใจในการตอบ		ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มลบ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็น จำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำค่าสัมบูรณ์ของ ตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้อง ไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative) 0 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่ มีความรู้ความเข้าใจ แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ในการ หารจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการหารจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก การหารจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และ การ หารจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ คำนวณที่ถูกต้องตาม ขั้นตอน มีการใช้หลักทาง คณิตศาสตร์ในการคำนวณ และพิจารณาเครื่องหมาย	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการหารจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้ วิธีเดียวกับการหารจำนวนนับ ด้วยจำนวนนับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้ง หารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ของผลหารได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		- ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วย ค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้อง ไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ในการ หารจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการหารจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก การหารจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และ การ หารจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ หารจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามขั้นตอน มีการใช้หลัก ทางคณิตศาสตร์ในการ คำนวณ และพิจารณา เครื่องหมายของผลหารได้ อย่างถูกต้องและมีความ มั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการหาร จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็น จำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้วิธีเดียวกับการหาร จำนวนนับด้วยจำนวน นับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวน เต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่ง เป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของ ตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มลบ	

รูปแบบ การวิจัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			- ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้องไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มิมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception) 0 0 1	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเพียงบางส่วนหรือไม่มีความรู้ความเข้าใจและให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ในการหารจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการหารจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก การหารจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และ การหารจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ โดยสามารถคำนวณที่ถูกต้องตามขั้นตอน มีการใช้หลักทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณและพิจารณาเครื่องหมาย	1.00	ประกอบด้วยคำตอบถูกต้องเพียงบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ว่าการหารจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มบวกทั้งคู่ให้ใช้วิธีเดียวกับการหารจำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่งได้ผลหารเป็นจำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหารตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มบวกให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	ของผลหารได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		- ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วย ค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้อง ไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการหารจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการหารจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การหารจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ และ การหารจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ หารจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามขั้นตอน มีการใช้หลัก ทางคณิตศาสตร์ในการ คำนวณ และพิจารณา เครื่องหมายของผลหารได้ อย่างถูกต้อง และมีความ มั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการ หารจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็น จำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้วิธีเดียวกับการหาร จำนวนนับด้วยจำนวน นับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวน เต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่ง เป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของ ตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มลบ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			- ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้องไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ หรือมีความรู้ความเข้าใจเพียงบางส่วน หรือไม่มีความรู้ความเข้าใจ และอาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ในการหารจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการหารจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก การหารจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และ การหารจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ โดยสามารถคำนวณที่ถูกต้องตามขั้นตอน มีการใช้หลักทาง	1.00	ประกอบด้วยคำตอบและ/หรือ การให้เหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่งที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าการหารจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้วิธีเดียวกับการหารจำนวนนับ ด้วยจำนวนนับ ซึ่งได้ผลหารเป็นจำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหารตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	คณิตศาสตร์ในการคำนวณ และพิจารณาเครื่องหมาย ของผลหารได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		- ถ้าตัวตั้งและตัวหาร เป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำ ค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วย ค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้อง ไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1 โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และ/หรือให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ในการหาร จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการ หารจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก การหาร จำนวนเต็มบวกกับจำนวน เต็มลบ และ การหาร จำนวนเต็มลบด้วยจำนวน เต็มลบ โดยสามารถหาร จำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม ขั้นตอน มีการใช้หลักทาง คณิตศาสตร์ในการคำนวณ และพิจารณาเครื่องหมาย ของผลหารได้อย่างถูกต้อง และขาดความมั่นใจในการ ตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าการหารจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็น จำนวนเต็มบวกทั้งคู่ ให้ใช้วิธีเดียวกับการหาร จำนวนนับด้วยจำนวน นับ ซึ่งได้ผลหารเป็น จำนวนเต็มบวก - ถ้าตัวตั้งหรือตัวหาร ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวน เต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่ง เป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของ ตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ ของตัวหาร แล้วตอบ เป็นจำนวนเต็มลบ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			- ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งหารด้วยค่าสัมบูรณ์ของตัวหาร แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มบวก - ในการหาร ตัวหารต้องไม่เป็น 0 - จำนวนเดียวกันหารกัน ได้ผลลัพธ์เป็น 1	
			โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	

จากตาราง 17 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าแผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 รูปแบบ มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยมีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($IOC \geq 0.50$) ทุกรูปแบบ ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมบางประการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตาราง 18 ค่า IOC ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ในการนำสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับที่ สมบัติ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	การเปลี่ยนหมู่ สมบัติการ แจกแจง และสมบัติของ หนึ่งและศูนย์ ไปใช้ในการ คำนวณได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		- $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c$ $= a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c$ $= a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c)$ $= (a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการนำเสนอสมบัติของการ บวกและการคูณจำนวน เต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับ ที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจกแจง และ สมบัติของหนึ่งและศูนย์ ไป ใช้ในการคำนวณ และมีความ มั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าสมบัติ ของการบวกและการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c =$ $a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c =$ $a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) =$ $(a \times b) + (a \times c)$	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			- $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$	
			โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ และอาจให้เหตุผลที่ถูกต้องในการนำเสนอสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจกแจง และสมบัติของหนึ่งและศูนย์ไปใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง และมีความไม่มั่นใจในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และการให้เหตุผลที่ถูกต้องว่าสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a , b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ - $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c = a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c = a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) = (a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$	1.00
			โดยมีความไม่มั่นใจในการตอบ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และ ให้เหตุผลถูกต้อง ในการนำ สมบัติของการบวกและการ คูณจำนวนเต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับที่ สมบัติ การเปลี่ยนหมู่ สมบัติการ แจกแจง และสมบัติของ หนึ่งและศูนย์ ไปใช้ในการ คำนวณได้อย่างถูกต้อง แต่ ขาดความมั่นใจในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าสมบัติ ของการบวกและการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c =$ $a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c =$ $a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) =$ $(a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive) 1 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ในการนำสมบัติของการ บวกและการคูณจำนวน เต็ม ได้แก่ สมบัติการ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าสมบัติของการ บวกและการคูณจำนวนเต็มมี หลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็น จำนวนเต็มใด ๆ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	สลับที่ สมบัติการเปลี่ยน หมู่ สมบัติการแจกแจง และสมบัติของหนึ่งและ ศูนย์ ไปใช้ในการคำนวณ ได้อย่างถูกต้อง และมี ความมั่นใจในการตอบ		- $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c$ $= a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c$ $= a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c)$ $= (a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการนำสมบัติของการ บวกและการคูณจำนวน เต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับ ที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจกแจง และ สมบัติของหนึ่งและศูนย์ ไป ใช้ในการคำนวณได้อย่าง ถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าสมบัติ ของการบวกและการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c =$ $a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c =$ $a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) =$ $(a \times b) + (a \times c)$	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			- $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$	
			โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative) 0 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือ ไม่มีความรู้ความเข้าใจ แต่ ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ในการ นำสมบัติของการบวกและ การคูณจำนวนเต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับที่ สมบัติ การเปลี่ยนหมู่ สมบัติการ แจกแจง และสมบัติของ หนึ่งและศูนย์ ไปใช้ในการ คำนวณได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าสมบัติ ของการบวกและการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ - $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c = a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c = a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) = (a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$	1.00
			โดยมีความมั่นใจในการตอบ	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ในการ นำเสนอของการบวกและ การคูณจำนวนเต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับที่ สมบัติ การเปลี่ยนหมู่ สมบัติการ แจกแจง และสมบัติของ หนึ่งและศูนย์ ไปใช้ในการ คำนวณได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการ ตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าสมบัติ ของการบวกและการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a , b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c =$ $a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c =$ $a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) =$ $(a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception) 0 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วนหรือ ไม่มีความรู้ความเข้าใจ และให้เหตุผลที่ถูกต้อง เพียงบางส่วนหรือไม่ ถูกต้อง ในการนำเสนอ ของการบวกและการคูณ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง และให้ เหตุผลที่ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าสมบัติของ การบวกและการคูณจำนวนเต็ม มีหลัก ดังนี้ เมื่อ a , b และ c เป็น จำนวนเต็มใด ๆ	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
	จำนวนเต็ม ได้แก่ สมบัติ การสลับที่ สมบัติการ เปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจก แจง และสมบัติของหนึ่ง และศูนย์ ไปใช้ในการ คำนวณได้อย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการ ตอบ		- $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c$ $= a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c$ $= a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c)$ $= (a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการนำเสนอสมบัติของการ บวกและการคูณจำนวน เต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับ ที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจกแจง และ สมบัติของหนึ่งและศูนย์ ไป ใช้ในการคำนวณได้อย่าง ถูกต้อง และมีความมั่นใจ ในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าสมบัติ ของการบวกและการคูณจำนวน เต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c =$ $a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c =$ $a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) =$ $(a \times b) + (a \times c)$	

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			- $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$	
			โดยมีความมั่นใจในการตอบ	
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนอาจมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ หรือมีความรู้ความเข้าใจเพียงบางส่วน หรือไม่มีความรู้ความเข้าใจ และอาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ในการนำสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจกแจง และสมบัติของหนึ่งและศูนย์ ไปใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง และมีความไม่มั่นใจในการตอบ	1.00	ประกอบด้วยคำตอบและ/หรือการให้เหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่งที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม มีหลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c = a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c = a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) = (a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0	1.00

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	IOC	คำบรรยายคำตอบ	IOC
			- ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ โดยมีความไม่มั่นใจในการตอบ	
แก้ไขตาม ข้อเสนอแนะของ ผู้เชี่ยวชาญ	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และ/หรือให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ในการนำเสนอสมบัติ ของการบวกและการคูณ จำนวนเต็ม ได้แก่ สมบัติ การสลับที่ สมบัติการ เปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจก แจง และสมบัติของหนึ่ง และศูนย์ ไปใช้ในการ คำนวณได้อย่างถูกต้อง และขาดความมั่นใจ ในการตอบ		ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าสมบัติของการบวกและการคูณ จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มใด ๆ - $a + b = b + a$ และ $a \times b = b \times a$ - $(a + b) + c =$ $a + (b + c)$ และ $(a \times b) \times c =$ $a \times (b \times c)$ - $a \times (b + c) =$ $(a \times b) + (a \times c)$ - $a \times 1 = 1 \times a$ - $a + 0 = 0 + a$ - $a \times 0 = 0 \times a$ - $0 \div a = 0$ เมื่อ a ไม่เท่ากับ 0 - ถ้า $a \times b = 0$ แล้ว $a = 0$ หรือ $b = 0$ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ	

จากตาราง 18 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าแผนที่ภาวะ
สันนิษฐานทั้ง 6 รูปแบบ มีความถูกต้องและเหมาะสม โดยมีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($IOC \geq$

0.50) ทุกรูปแบบ ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมบางประการ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

โดยสรุป แผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct map) เรื่อง จำนวนเต็ม ตามแนวคิดของ Wilson (2005, 2023) ประกอบด้วยจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) ที่เรียงจากความสามารถน้อยที่สุดไปมากที่สุด แต่ละจุดบ่งชี้ความสามารถมีคำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) อธิบายความรู้ความเข้าใจของนักเรียน และคำบรรยายคำตอบ (response descriptors) อธิบายลักษณะการตอบที่สะท้อนความเข้าใจนั้น ทั้งนี้ จุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) สะท้อนว่าความสามารถของนักเรียนไม่คงที่ แต่สามารถเลื่อนขึ้นหรือลงระหว่างจุดบ่งชี้ความสามารถได้ตามพัฒนาการการเรียนรู้ (Wilson, 2023)

รูปแบบการวินิจฉัยทั้ง 6 กลุ่มได้มาจากการแปลงคำบรรยายคำตอบของแต่ละจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) ให้อยู่ในรูปการตอบสามระดับ คือ ระดับเนื้อหา (content tier) ระดับเหตุผล (reasoning tier) และระดับความมั่นใจ (confidence tier) โดยใช้ 1 แทนการตอบถูกหรือมั่นใจ และ 0 แทนการตอบผิดหรือไม่มั่นใจ เมื่อเรียงจุดบ่งชี้ความสามารถจากต่ำไปสูง ได้ดังนี้ กลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge: LK) มีรูปแบบ [0, 0, 0] [0, 1, 0] หรือ [1, 0, 0] กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception: MC) [0, 0, 1] กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative: MFN) [0, 1, 1] กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive: MFP) [1, 0, 1] กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess/lack of confidence: LG/LC) [1, 1, 0] และกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge: KL) [1, 1, 1] ตามลำดับ ด้วยวิธีนี้รูปแบบการตอบของนักเรียนในแต่ละข้อจึงเชื่อมโยงกับจุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) โดยตรง ทำให้จำแนกกลุ่มการวินิจฉัยได้อย่างมีหลักเกณฑ์

1.3 ผลการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและผังการออกข้อสอบ

ผู้วิจัยนำคำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) ในระดับมีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) ของแผนที่ภาวะสันนิษฐานที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาวิเคราะห์เพื่อเขียนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (behavioral objectives) สำหรับแต่ละเนื้อหาย่อย ทั้งนี้ แผนที่ภาวะสันนิษฐานแต่ละเรื่องมีการจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) ซึ่งในการเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยเลือกใช้คำบรรยายความสามารถของกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริงเป็นฐานในการวิเคราะห์ เนื่องจากแสดงถึงความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ในเนื้อหา นั้น ๆ จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานอ้างอิงในการกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและการพัฒนาข้อสอบวินิจฉัย เนื่องจากจุดประสงค์ที่ได้จะครอบคลุมความสามารถทั้งหมดที่นักเรียนควรมี ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อสอบที่วัดได้ทั้งความรู้ที่ถูกต้องและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม แต่ละข้อระบุพฤติกรรมที่สังเกตได้และวัดได้อย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถของนักเรียนตามคำบรรยายความสามารถในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผลการวิเคราะห์ได้จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมรวมทั้งสิ้น 32 ข้อ จาก 6 เรื่อง โดยเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็มและเรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม มีจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องละ 6 จุดประสงค์ ส่วนเนื้อหาย่อยเรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนเต็มมีจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเนื้อหาละ 5 จุดประสงค์ ในการกำหนดจำนวนข้อสอบ ผู้วิจัยกำหนดให้ออกข้อสอบจุดประสงค์ละ 5 ข้อ ยกเว้นจุดประสงค์ข้อที่ 6 ของเนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ซึ่งเป็นจุดประสงค์เกี่ยวกับการเลือกใช้สมบัติที่เหมาะสมในการคำนวณ ผู้วิจัยกำหนดให้ออกข้อสอบ 10 ข้อ เพื่อให้ครอบคลุมสมบัติทุกสมบัติที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สมบัติการสลับที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจกแจง และสมบัติของหนึ่งและศูนย์ รวมข้อสอบทั้งสิ้น 165 ข้อ ดังนี้

ตาราง 19 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจากคำบรรยายความสามารถระดับมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) ของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง จำนวนเต็ม และผังการออกข้อสอบ

เนื้อหา	คำบรรยายความสามารถ ระดับมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวน (ข้อ)
1. จำนวนเต็ม	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ และให้เหตุผลในการระบุ จำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์รวมถึงจำนวนในรูปเศษส่วนที่หารลงตัวและทศนิยมซ้ำ ศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบนเส้นจำนวนกับค่าของจำนวน สามารถเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจในการตอบ	1. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าจำนวนใดเป็นจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ หรือศูนย์ได้ (ข้อที่ 1-5)	5
		2. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเศษส่วนนั้นเป็นจำนวนเต็มชนิดใด เมื่อกำหนดเศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์มาให้ได้ (ข้อที่ 6-10)	5
		3. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าทศนิยมนั้นเป็นจำนวนเต็มชนิดใดเมื่อกำหนดทศนิยมซ้ำศูนย์มาให้ได้ (ข้อที่ 11-15)	5
		4. นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งของจำนวนเต็มบนเส้นจำนวนได้ (ข้อที่ 16-20)	5
		5. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจำนวนเต็มโดยใช้เครื่องหมาย $>$, $<$ หรือ $=$ ได้ (ข้อที่ 21-25)	5
		6. นักเรียนสามารถเรียงลำดับจำนวนเต็มจาก	5

เนื้อหา	คำบรรยายความสามารถ ระดับมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวน (ข้อ)
		น้อยไปมาก หรือจากมากไป น้อยได้ (ข้อที่ 26-30)	
	รวม		30
2. การบวก จำนวนเต็ม	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ อย่างสมบูรณ์ และให้เหตุผลที่ ถูกต้อง ในการบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบ และจำนวนเต็มลบกับ จำนวนเต็มลบ สามารถบวก จำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลัก และตำแหน่ง จัดการกับตัวทด ได้อย่างเหมาะสม และมีความ มั่นใจในการตอบ	1. นักเรียนสามารถหา ผลบวกของจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวกได้ (ข้อที่ 1-5) 2. นักเรียนสามารถหา ผลบวกของจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 6-10) 3. นักเรียนสามารถหา ผลบวกของจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 11-15) 4. นักเรียนสามารถหา ผลบวกและจัดตำแหน่งหลัก ของจำนวนได้ (ข้อที่ 16-20) 5. นักเรียนสามารถหา ผลบวกและจัดการกับตัวทด ได้ (ข้อที่ 21-25)	5 5 5 5 5
	รวม		25
3. การลบจำนวนเต็ม	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ อย่างสมบูรณ์ และให้เหตุผล ที่ถูกต้อง ในการลบจำนวน	1. นักเรียนสามารถบอก จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มที่กำหนดได้ (ข้อที่ 1-5)	5

เนื้อหา	คำบรรยายความสามารถ ระดับมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวน (ข้อ)
	เต็ม เข้าใจหลักการลบ	2. นักเรียนสามารถหา	5
	จำนวนเต็มโดยเขียนให้อยู่ ในรูปของการบวกได้ ดังนี้	ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็ม ที่กำหนดได้ (ข้อที่ 6-10)	
	ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง +	3. นักเรียนสามารถเขียน	5
	จำนวนตรงข้ามของตัวลบ	การลบจำนวนเต็มให้อยู่ใน	
	แล้วหาผลลัพธ์โดยใช้หลักการ	รูปของการบวกได้ถูกต้อง	
	บวกจำนวนเต็มได้อย่าง	ตามหลักการ “ตัวตั้ง - ตัวลบ	
	ถูกต้อง สามารถบอกได้ว่า	= ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม	
	จำนวนตรงข้ามของจำนวน	ของตัวลบ” (ข้อที่ 11-15)	
	เต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบ	4. นักเรียนสามารถหาผลลบ	5
	ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ	จำนวนเต็มได้ถูกต้อง โดยใช้	
	จำนวนตรงข้ามของจำนวน	หลักการบวกจำนวนเต็ม	
	เต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวก	(ข้อที่ 16-20)	
	ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่า	5. นักเรียนสามารถระบุตัวตั้ง	5
	สัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของ	และตัวลบในโจทย์ได้ถูกต้อง	
	จำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้น	และดำเนินการลบโดย	
	จำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง	คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง	
	สามารถลบจำนวนเต็มโดย	และตัวลบอย่างเหมาะสม (ข้อ	
	คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง	ที่ 21-25)	
	และตัวลบอย่างถูกต้อง และมี		
	ความมั่นใจในการตอบ		
	รวม		25
4. การคูณ จำนวนเต็ม	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ อย่างสมบูรณ์ และให้เหตุผลที่ ถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณจำนวนเต็ม	1. นักเรียนสามารถหา ผลคูณของจำนวนเต็มบวก ด้วยจำนวนเต็มบวกได้ (ข้อที่ 1-5)	5

เนื้อหา	คำบรรยายความสามารถ ระดับมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวน (ข้อ)
	บอกด้วยจำนวนเต็มบวก	2. นักเรียนสามารถหา	5
	การคูณกันของจำนวนเต็ม	ผลคูณของจำนวนเต็มบวกกับ	
	บวกกับจำนวนเต็มลบ และ	จำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 6-10)	
	การคูณจำนวนเต็มลบด้วย	3. นักเรียนสามารถหาผลคูณ	5
	จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ	ของจำนวนเต็มลบด้วยจำนวน	
	คูณจำนวนเต็มได้ถูกต้อง	เต็มลบได้ (ข้อที่ 11-15)	
	ตามหลักและตำแหน่ง จัดการ	4. นักเรียนสามารถหา	5
	กับตัวทศได้อย่างเหมาะสม	ผลคูณของโจทย์ที่เกี่ยวข้อง	
	และมีความมั่นใจในการตอบ	กับศูนย์หรือจำนวนเต็ม	
		เดียวกันหารกันได้	
		(ข้อที่ 16-20)	
		5. นักเรียนสามารถระบุได้ว่า	5
		ผลคูณเป็นจำนวนเต็มชนิดใด	
		ได้ (ข้อที่ 21-25)	
รวม			25
5. การหาร จำนวนเต็ม	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ	1. นักเรียนสามารถหา	5
	อย่างสมบูรณ์ และให้เหตุผล	ผลหารของจำนวนเต็มบวก	
	ที่ถูกต้อง ในการหารจำนวน	ด้วยจำนวนเต็มบวกได้	
	เต็ม เข้าใจหลักการหาร	(ข้อที่ 1-5)	
	จำนวนเต็มบวกด้วยจำนวน	2. นักเรียนสามารถหา	5
	เต็มบวก การหารจำนวนเต็ม	ผลหารของจำนวนเต็มบวก	
	บวกกับจำนวนเต็มลบ และ	กับจำนวนเต็มลบได้	
	การหารจำนวนเต็มลบด้วย	(ข้อที่ 6-10)	
	จำนวนเต็มลบ โดยสามารถ	3. นักเรียนสามารถหา	5
	หารจำนวนเต็มได้ถูกต้องตาม	ผลหารของจำนวนเต็มลบด้วย	
	ขั้นตอน มีการใช้หลักทาง	จำนวนเต็มลบได้	
	คณิตศาสตร์ในการคำนวณ	(ข้อที่ 11-15)	

เนื้อหา	คำบรรยายความสามารถ ระดับมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวน (ข้อ)
	และพิจารณาเครื่องหมายของ ผลหารได้อย่างถูกต้อง และมี ความมั่นใจในการตอบ	4. นักเรียนสามารถหา ผลหารของโจทย์ที่เกี่ยวข้อง กับศูนย์หรือจำนวนเต็ม เดียวกันหารกันได้ (ข้อที่ 16-20)	5
		5. นักเรียนสามารถระบุได้ว่า ผลหารเป็นจำนวนเต็มชนิดใด และเข้าใจได้ (ข้อที่ 21-25)	5
	รวม		25
6. สมบัติของ การบวกและการคูณ จำนวนเต็ม	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ อย่างสมบูรณ์ และให้เหตุผล ที่ถูกต้อง ในการนำสมบัติของ การบวกและการคูณจำนวน เต็ม ได้แก่ สมบัติการสลับที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ สมบัติ การแจกแจง และสมบัติของ หนึ่งและศูนย์ ไปใช้ในการ คำนวณได้อย่างถูกต้อง และมี ความมั่นใจในการตอบ	1. นักเรียนสามารถใช้สมบัติ การสลับที่ในการคำนวณได้ (ข้อที่ 1-5) 2. นักเรียนสามารถใช้สมบัติ การเปลี่ยนหมู่ในการคำนวณ ได้ (ข้อที่ 6-10) 3. นักเรียนสามารถใช้สมบัติ การแจกแจงในการคำนวณได้ (ข้อที่ 11-15) 4. นักเรียนสามารถใช้สมบัติ ของหนึ่งในการคำนวณได้ (ข้อที่ 16-20) 5. นักเรียนสามารถใช้สมบัติ ของศูนย์ในการคำนวณได้ (ข้อที่ 21-25)	5 5 5 5

เนื้อหา	คำบรรยายความสามารถ ระดับมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวน (ข้อ)
		6. นักเรียนสามารถเลือกใช้ สมบัติที่เหมาะสมในการ คำนวณได้ (ข้อที่ 25-35)	10
รวม			35

1.4 ผลการสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและการทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

ผู้วิจัยนำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้จากการวิเคราะห์คำบรรยายความสามารถกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มาสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาเรื่อง จำนวนเต็ม แบ่งเป็นเนื้อหาย่อยจำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม โดยสร้างข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้ง 32 ข้อ รวมข้อสอบทั้งสิ้น 165 ข้อ ข้อสอบแต่ละข้อ ประกอบด้วยคำถาม 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา แสดงคำตอบ เป็นปรนัยหลายตัวเลือก เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในเนื้อหานั้น ๆ ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล แสดงเหตุผล เป็นปรนัยหลายตัวเลือก เพื่อให้ นักเรียนเลือกเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบในระดับที่ 1 โดยตัวเลือกเหตุผลได้มาจากการวิเคราะห์คำบรรยายคำตอบ (response descriptors) ในแผนที่ภาวะสันนิษฐาน ร่วมกับผล การทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) กับนักเรียนจำนวน 30 คน ซึ่งทำให้ได้เหตุผล ที่สะท้อนทั้งความเข้าใจที่ถูกต้องและมโนทัศน์คลาดเคลื่อนของนักเรียน และระดับที่ 3 แสดงความ มั่นใจในการตอบ ให้นักเรียนเลือกตอบว่ามั่นใจหรือไม่มั่นใจในคำตอบของตน เพื่อใช้ประกอบการ จำแนกกลุ่มนักเรียนตามรูปแบบการวินิจฉัยทั้ง 6 กลุ่ม

จากการสัมภาษณ์นักเรียน 30 คน ครอบคลุมข้อสอบทั้ง 165 ข้อ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูล จากนั้นนำคำตอบและเหตุผลที่นักเรียนแต่ละคนใช้ในการตอบมาใช้ในการสร้างตัวเลือกของแบบสอบ วินิจฉัยในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา และระดับที่ 2 ระดับเหตุผล โดยจำแนกเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยรวบรวมคำตอบจากนักเรียนในแต่ละข้อ โดยคำตอบ ที่ถูกต้องจะนำไปใช้เป็นตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูก (เฉลย) ในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ส่วนคำตอบ คลาดเคลื่อนจะนำไปใช้เป็นตัวเลือก ทำให้ตัวเลือกในแบบสอบมาจากคำตอบจริงของนักเรียน ไม่ใช่จาก การคาดเดาของผู้วิจัย

ส่วนที่ 2 เหตุผลของนักเรียน ผู้วิจัยบันทึกเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการตอบแต่ละข้อจากการคิดออกเสียง นำมาวิเคราะห์เหตุผล โดยเหตุผลที่ถูกต้องจะนำไปใช้เป็นตัวเลือกเหตุผลที่เป็นคำตอบถูก (เฉลย) ในระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ส่วนเหตุผลคลาดเคลื่อนจะนำไปใช้เป็นตัวลวง ทำให้ตัวเลือกเหตุผลในแบบสอบสะท้อนวิธีคิดที่นักเรียนใช้จริง

ตาราง 20 ตัวอย่างข้อมูลจากการสัมภาษณ์ที่นำมาใช้ในการสร้างตัวเลือกในแบบสอบวินิจฉัยในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา และระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจฉัย
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง จำนวนเต็ม	
1. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าจำนวนใดเป็นจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ หรือศูนย์ได้ (ข้อ 1-5)	
ข้อที่ 1 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 1 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
จากจำนวน 5, 0, 3, -8 จำนวนใดเป็นจำนวนเต็มลบ	จากจำนวน 5, 0, 3, -8 จำนวนใด
	เป็นจำนวนเต็มลบ
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. 5
“-8 ครับ เพราะมีเครื่องหมายลบอยู่ข้างหน้า แสดงว่ามันน้อยกว่าศูนย์ครับ”	ข. 0
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 3
“ตอบ -8 ค่ะ เพราะเห็นว่าเครื่องหมายลบ	ง. -8
ส่วน 5 กับ 3 ไม่มีเครื่องหมายอะไรค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	
“หนูว่า 0 ค่ะ เพราะ 0 มันไม่มีค่าเลย ก็ต้องเป็น	เฉลย ง
จำนวนเต็มลบค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“หนูตอบ 5 ค่ะ เพราะจำนวนเต็มลบหนูว่าก็คือ	
จำนวนที่มากกว่า	
ศูนย์ค่ะ”	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “จำนวนเต็มลบก็คือจำนวนที่มีค่าน้อยกว่าศูนย์ครับ แล้วก็มีเครื่องหมายลบนำหน้า ก็ -8 ตัวเดียวเลยครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนที่มีค่าน้อยกว่าศูนย์ และมีเครื่องหมายลบนำหน้า ข. จำนวนที่ไม่มีเครื่องหมายลบข้างหน้า ไม่ใช่จำนวนเต็มลบ ค. ศูนย์ไม่มีค่าจึงต้องเป็นจำนวนเต็มลบ ง. จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนที่มีค่ามากกว่าศูนย์ เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มกลาง “หนูดูจากเครื่องหมายคะ ตัวที่ไม่มีเครื่องหมายลบก็ไม่ใช่จำนวนเต็มลบ ก็เลยเหลือ -8 ค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “หนูว่าศูนย์ไม่มีค่าคะ มันว่างเปล่า ก็ต้องเป็นจำนวนเต็มลบคะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “จำนวนเต็มลบก็คือจำนวนที่มีค่ามากกว่าศูนย์คะ หนูคิดว่า 5 มากกว่า 0 ก็เลยเป็นจำนวนเต็มลบคะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง จำนวนเต็ม 2. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเศษส่วนนั้นเป็นจำนวนเต็มชนิดใด เมื่อกำหนดเศษส่วนที่หารลงตัว โดยที่ตัวส่วน ไม่เท่ากับศูนย์มาได้ (ข้อ 6-10)	
ข้อที่ 6 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา 8/4 เป็นจำนวนเต็มชนิดใด คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 6 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา 8/4 เป็นจำนวนเต็มชนิดใด คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มสูง “เป็นจำนวนเต็มบวกครับ เพราะ 8หาร 4 ได้ 2 หารลงตัวพอดีครับ”	ก. จำนวนเต็มบวก ข. จำนวนเต็มลบ
นักเรียนกลุ่มกลาง “ตอบจำนวนเต็มบวกค่ะ เพราะ 8หาร 4 ได้ 2 ค่ะ”	ค. ศูนย์ ง. ไม่ใช่จำนวนเต็ม
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “หนูว่าไม่ใช่จำนวนเต็มค่ะ เพราะมันเขียนเป็น เศษส่วนอยู่ค่ะ”	เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “เป็นจำนวนเต็มลบค่ะ เพราะตัวเศษมากกว่าตัวส่วน ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “8หาร 4 ได้ 2 ครบ หารลงตัว ผลลัพธ์เป็นจำนวน เต็มบวกครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. $8 \div 4 = 2$ หารลงตัว ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มบวก ข. ตัวเศษมากกว่าตัวส่วนจึงเป็นศูนย์
นักเรียนกลุ่มกลาง “ตัวเศษมากกว่าตัวส่วนค่ะ ก็เลยเป็นศูนย์ค่ะ หนูไม่ ค่อยแน่ใจค่ะ”	ค. เขียนในรูปเศษส่วนอยู่ จึงไม่ใช่จำนวน เต็ม

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “มันเขียนเป็นเศษส่วนอยู่ค่ะ จำนวนเต็มต้องเป็นตัวเลขเดี่ยว ๆ ค่ะ”	ง. ตัวเศษมากกว่าตัวส่วนจึงเป็นจำนวนเต็มลบ เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “ตัวเศษมากกว่าตัวส่วนค่ะ ก็เลยเป็นจำนวนเต็มลบค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง จำนวนเต็ม 3. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าทศนิยมนั้นเป็นจำนวนเต็มชนิดใด เมื่อกำหนดทศนิยมซ้ำศูนย์มาให้ได้ (ข้อ 11-15)	
ข้อที่ 11 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา 5.0 เป็นจำนวนเต็มชนิดใด คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 11 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา 5.0 เป็นจำนวนเต็มชนิดใด คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง “จำนวนเต็มบวก มีค่าเท่ากับ 5 ครึ่ง เพราะหลังจุดทศนิยมเป็นศูนย์หมด ก็มีค่าเท่ากับ 5 ครึ่ง”	ก. จำนวนเต็มบวก มีค่าเท่ากับ 5 ข. จำนวนเต็มบวก มีค่าเท่ากับ 50 ค. ศูนย์
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “จำนวนเต็มบวก มีค่า 50 ค่ะ เอา 0 หลังจุดมาต่อท้าย 5 ก็ได้ 50 ค่ะ”	ง. ไม่ใช่จำนวนเต็ม เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “เป็นศูนย์ค่ะ เพราะมีศูนย์อยู่ค่ะ”	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มต่ำ “ไม่ใช่จำนวนเต็มค่ะ เพราะทศนิยมทุกตัวไม่ใช่จำนวนเต็มค่ะ มันมีจุดค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “5.0 หลังจุดทศนิยมเป็นศูนย์ ก็มีค่าเท่ากับ 5 ครึ่ง เป็นจำนวนเต็มบวกครึ่ง”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. ทศนิยมทุกตัวไม่ใช่จำนวนเต็ม ข. 5.0 หลังจุดทศนิยมเป็นศูนย์ มีค่าเท่ากับ 5
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “เอา 0 หลังจุดทศนิยมมาต่อท้าย 5 ก็ได้ 50 ค่ะ”	ค. ต้องนำ 0 หลังจุดทศนิยมมาต่อท้าย 5 ได้ 50
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “มีศูนย์อยู่ค่ะ ก็เลยได้ศูนย์ค่ะ”	ง. มีศูนย์จึงได้ศูนย์ เฉลย ข
นักเรียนกลุ่มต่ำ “ทศนิยมทุกตัวไม่ใช่จำนวนเต็มค่ะ อะไรที่มีจุดทศนิยมก็ไม่ใช่จำนวนเต็มค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง จำนวนเต็ม 4. นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งของจำนวนเต็มบนเส้นจำนวนได้ (ข้อ 16-20)	
ข้อที่ 16 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา บนเส้นจำนวน 5, -2, -5 และ -10 จำนวนใดอยู่ทางขวาของ 0	ข้อที่ 16 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา บนเส้นจำนวน จำนวนใดอยู่ทางขวาของ 0
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มสูง “5 ครับ เพราะจำนวนเต็มบวกอยู่ทางขวาของ 0 บนเส้นจำนวนครับ”	ก. 5 ข. -2
นักเรียนกลุ่มกลาง “-2 ค่ะ เพราะจำนวนที่มีค่าน้อยกว่าจะอยู่ทางขวาค่ะ”	ค. -5 ง. -10
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “-5 ค่ะ เพราะจำนวนเต็มลบอยู่ทางขวาของ 0 เสมอค่ะ”	ฉ. 5 จ. -5
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “-10 ค่ะ เพราะจำนวนที่มีค่าสมบูรณ์มากจะอยู่ทางขวาค่ะ”	ฉ. 5 จ. -5
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “จำนวนเต็มบวกทุกจำนวนอยู่ทางขวาของ 0 บนเส้นจำนวนครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. จำนวนเต็มบวกทุกจำนวนอยู่ทางขวาของ 0 บนเส้นจำนวน ข. จำนวนที่มีค่าน้อยกว่าจะอยู่ทางขวา
นักเรียนกลุ่มกลาง “จำนวนที่มีค่าน้อยกว่าจะอยู่ทางขวาค่ะ”	ค. จำนวนเต็มลบอยู่ทางขวาของ 0 เสมอ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
	ง. จำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากจะอยู่ทางขวา
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	
“จำนวนเต็มลบอยู่ทางขวาของ 0 เสมอค่ะ”	เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“จำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากจะอยู่ทางขวาค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง จำนวนเต็ม	
5. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจำนวนเต็ม โดยใช้เครื่องหมาย $>$, $<$ หรือ $=$ ได้ (ข้อ 21-25)	
ข้อที่ 21 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 21 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
-8 มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า -3	เครื่องหมายใดเติมลงในช่องว่างได้ถูกต้อง
	-8 -3
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. $>$
“น้อยกว่าครับ -8 น้อยกว่า -3 เพราะ -8 อยู่ทางซ้าย	
ของ -3 บนเส้นจำนวนครับ”	ข. $=$
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1)	ค. $<$
“มากกว่าค่ะ เพราะ 8 มากกว่า 3 ดังนั้น -8 ก็เลย	
มากกว่า -3 ค่ะ”	ง. $\geq$
	เฉลย ค
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2)	
“จำนวนลบที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจะมีค่ามากกว่า	
ค่ะ ก็เลยตอบ $>$ ค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“เท่ากับค่ะ เพราะ -8 กับ -3 เป็นจำนวนลบเหมือนกัน ก็มีค่าเท่ากันค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จึงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “-8 อยู่ทางซ้ายของ -3 บนเส้นจำนวน จึงมีค่าน้อยกว่าครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. $8 > 3$ ดังนั้น $-8 > -3$ ข. จำนวนลบที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจะมีค่ามากกว่า
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “8 มากกว่า 3 ดังนั้น -8 มากกว่า -3 ค่ะ”	ค. -8 อยู่ทางซ้ายของ -3 บนเส้นจำนวน จึงมีค่าน้อยกว่า
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “จำนวนลบที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจะมีค่ามากกว่าค่ะ”	ง. -8 และ -3 เป็นจำนวนลบเหมือนกัน จึงมีค่าเท่ากัน
นักเรียนกลุ่มต่ำ “-8 และ -3 เป็นจำนวนลบเหมือนกัน ก็มีค่าเท่ากันค่ะ”	เฉลย ค
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง จำนวนเต็ม 6. นักเรียนสามารถเรียงลำดับจำนวนเต็มจากน้อยไปมากหรือจากมากไปน้อยได้ (ข้อ 26-30)	
ข้อที่ 26	
ข้อที่ 26 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา เรียงลำดับจำนวน -3, 5, -8, 0, 2, -1 จากน้อยไปมาก	ข้อที่ 26 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา จงเรียงลำดับจำนวน -3, 5, -8, 0, 2, -1 จากน้อยไปมาก

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. 5, 2, 0, -1, -3, -8
“-8, -3, -1, 0, 2, 5 ครับ จำนวนลบที่มีค่าสมบูรณ์มากที่สุด แล้วก็ไล่มาจนถึงจำนวนบวกครบ”	ข. -1, -3, -8, 0, 2, 5
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. -8, -3, -1, 0, 2, 5
“-1, -3, -8, 0, 2, 5 ค่ะ หนูเรียงจำนวนลบจากตัวเลขน้อยไปมากก่อน คือ 1, 3, 8 ก็ได้ -1, -3, -8 แล้วตามด้วย 0, 2, 5 ค่ะ”	ง. 0, -1, -3, -8, 2, 5
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ค
“5, 2, 0, -1, -3, -8 ค่ะ เพราะจำนวนลบมีค่ามากกว่าจำนวนบวกค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“0, -1, -3, -8, 2, 5 ค่ะ เพราะ 0 ไม่มีค่า ก็น้อยที่สุด จัดไว้แรกเลยค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. จำนวนลบที่มีค่าสมบูรณ์มากกว่า จะมีค่าน้อยกว่า และจำนวนลบทุกจำนวนน้อยกว่า 0 และจำนวนบวกครบ”
“จำนวนลบที่มีค่าสมบูรณ์มากกว่าจะมีค่าน้อยกว่า และจำนวนลบทุกจำนวนน้อยกว่า 0 และจำนวนบวกครบ”	ข. จำนวนลบที่มีค่าสมบูรณ์มากกว่า จะมีค่าน้อยกว่า และจำนวนลบทุกจำนวนน้อยกว่า 0 และจำนวนบวกครบ”

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มกลาง “เรียงจำนวนลบจากตัวเลขน้อยไปมาก คือ 1, 3, 8 จึงได้ -1, -3, -8 แล้วตามด้วย 0, 2, 5 ค่ะ”	ข. เรียงจำนวนลบจากตัวเลขน้อยไปมาก คือ 1, 3, 8 จึงได้ -1, -3, -8 แล้วตามด้วย 0, 2, 5 ค. จำนวนลบมีค่ามากกว่าจำนวนบวก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “จำนวนลบมีค่ามากกว่าจำนวนบวกค่ะ”	ง. 0 มีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากไม่มีค่า
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “0 ไม่มีค่าจึงน้อยที่สุดค่ะ”	เฉลย ก
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม 1. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวกได้ (ข้อ 1-5)	
ข้อที่ 3 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา 21 + 43 มีค่าเท่ากับเท่าใด	ข้อที่ 3 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา 21 + 43 มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา นักเรียนกลุ่มสูง “64 ครั้ง หลักหน่วย 1 + 3 ได้ 4 หลักสิบ 2 + 4 ได้ 6 ก็ 64 ครั้ง”	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ก. 10 ข. 54
นักเรียนกลุ่มกลาง “54 ครั้ง ผมบวกหลักสิบ 2 + 4 ได้ 5 แล้วหลัก หน่วย 1 + 3 ได้ 4 ก็ 54 ครั้ง”	ค. 64 ง. 74
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ค

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“74 ค่ะ หนูบวกหลักสิบ $2 + 4$ ได้ 7 แล้วหลักหน่วย $1 + 3$ ได้ 4 ก็ 74 ค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “10 ครับ ผมเอาตัวเลขทุกตัวมาบวกกันครับ $2 + 1 + 4 + 3$ ได้ 10 ครับ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “บวกทีละหลักครับ หลักหน่วย $1 + 3$ ได้ 4 หลักสิบ $2 + 4$ ได้ 6 เลยตอบ 64 ครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $2 + 1 + 4 + 3 = 10$ ข. บวกหลักสิบ $2 + 4 = 5$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 54
นักเรียนกลุ่มกลาง “ผมบวกหลักสิบ $2 + 4$ ได้ 5 หลักหน่วย $1 + 3$ ได้ 4 ก็ 54 ครับ”	ค. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $1 + 3 = 4$ และหลักสิบ $2 + 4 = 6$ ได้ 64
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “หนูบวกหลักสิบ $2 + 4$ ได้ 7 แล้วหลักหน่วย $1 + 3$ ได้ 4 เลยได้ 74 ค่ะ”	
ง. บวกหลักสิบ $2 + 4 = 7$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 74	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “ผมนำตัวเลขทุกตัวมาบวกกันครับ $2 + 1 + 4 + 3$ ได้ 10 ครับ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม	

เฉลย ค

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
2. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบได้ (ข้อ 6-10)	
ข้อที่ 7 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 7 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
10 + (-7) มีค่าเท่ากับเท่าใด	10 + (-7) มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. -17
“3 ครับ เอาค่าสัมบูรณ์มาลบกัน 10 ลบ 7 ได้ 3 แล้ว 10 มากกว่าและเป็นบวก คำตอบก็เป็น 3 ครับ”	ข. -3
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 3
“-3 ครับ ผมเอา 10 ลบ 7 ได้ 3 แต่มีเครื่องหมายลบ ในโจทย์ คำตอบก็ต้องเป็นลบครับ ก็ -3 ครับ”	ง. 17
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ค
“17 ค่ะ หนูเห็นเครื่องหมายบวก ก็เอา 10 + 7 ได้ 17 ค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“-17 ครับ ผมเอา 10 + 7 ได้ 17 แล้วมีเครื่องหมายลบก็เป็น -17 ครับ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ
จงอธิบายเหตุผล	ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจฉัย
“นำค่าสัมบูรณ์มาลบกันครับ $10 - 7$ ได้ 3 แล้ว 10 มากกว่าและเป็นบวก คำตอบจึงเป็น 3 ครับ”	ก. $10 + 7 = 17$ มีเครื่องหมายลบในโจทย์ คำตอบต้องเป็นลบ ได้ -17
นักเรียนกลุ่มกลาง	ข. $10 - 7 = 3$ มีเครื่องหมายลบในโจทย์ คำตอบต้องเป็นลบ ได้ -3
“ผมเอา 10 ลบ 7 ได้ 3 แต่เห็นลบในโจทย์ก็ต้องเป็น -3 ครับ”	ค. นำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน $10 - 7 = 3$ แล้ว 10 มากกว่าและเป็นบวก คำตอบจึงเป็น 3
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	ง. มีเครื่องหมายบวกในโจทย์ จึงนำ $10 + 7 = 17$
“หนูเห็นเครื่องหมายบวก ก็เอา $10 + 7$ ได้ 17 ค่ะ”	เฉลย ค
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“ผมเอา $10 + 7$ ได้ 17 แล้วมีเครื่องหมายลบก็เป็น -17 ครับ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม	
3. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบได้ (ข้อ 11-15)	
ข้อที่ 13 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 13 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
$(-12) + (-8)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	$(-12) + (-8)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. -20
“-20 ครับ นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $12 + 8$ ได้ 20 แล้วใส่ลบเพราะทั้งคู่ติดลบ ก็ -20 ครับ”	ข. -4
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 4
	ง. 20

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“-4 ค่ะ หนูเอา 12 ลบ 8 ได้ 4 แล้วใส่ลบเพราะมีลบในโจทย์ ก็ -4 ค่ะ”	เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “4 ครับ ผมเอา 12 ลบ 8 ได้ 4 ครับ เพราะการบวกก็คือการหาผลต่างครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “20 ค่ะ หนูว่าลบกับลบหักล้างกันได้บวกค่ะ เหมือนกับการคูณ ก็ $12 + 8$ ได้ 20 ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $12 + 8$ ได้ 20 แล้วใส่ลบ เพราะทั้งคู่ติดลบ ก็ -20 ครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $12 + 8 = 20$ แล้วใส่ลบเพราะทั้งคู่ติดลบ ได้ -20 ข. $12 - 8 = 4$ แล้วใส่ลบ เพราะมีเครื่องหมายลบในโจทย์ ได้ -4 ค. $12 - 8 = 4$ เพราะการบวก คือ การหาผลต่าง ง. ลบกับลบหักล้างกันได้บวก เหมือนกับการคูณ จึงได้ $12 + 8 = 20$
นักเรียนกลุ่มกลาง “หนูเอา 12 ลบ 8 ได้ 4 แล้วใส่ลบเพราะมีลบในโจทย์ ได้ -4 ค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “ผมเอา 12 ลบ 8 ได้ 4 เพราะการบวกก็คือการหาผลต่างครับ”	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์

แบบสอบวินิจัย

เฉลย ก

นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)

“ลบกับลบหักล้างกันได้บวกคะ
 เหมือนกับการคูณ $12 + 8$ ได้ 20 ค่ะ”

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

4. นักเรียนสามารถหาผลบวกและจัดตำแหน่งหลักของจำนวนได้ (ข้อ 16-20)

ข้อที่ 16 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

ข้อที่ 16 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

123 + 456 มีค่าเท่ากับเท่าใด

123 + 456 มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

นักเรียนกลุ่มสูง

ก. 21

“579 ครับ บวกทีละหลัก หลักหน่วย $3 + 6$ ได้ 9หลักสิบ $2 + 5$ ได้ 7 หลักร้อย $1 + 4$ ได้ 5 ก็ 579

ข. 479

ครับ”

ค. 569

นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1)

“479 ค่ะ หนুবวกหลักหน่วย $3 + 6$ ได้ 9

ง. 579

หลักสิบ $2 + 5$ ได้ 7 หลักร้อย $1 + 4$ ได้ 4

เฉลย ง

ก็ 479 ค่ะ”

นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2)

“569 ครับ ผมบวกหลักหน่วย $3 + 6$ ได้ 9หลักสิบ $2 + 5$ ได้ 6 หลักร้อย $1 + 4$ ได้ 5

ก็ 569 ครับ”

นักเรียนกลุ่มต่ำ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“21 ค่ะ หนูเอาตัวเลขทุกตัวมาบวกกันค่ะ $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$ ได้ 21 ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จึงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “บวกทีละหลักครับ หลักหน่วย $3 + 6 = 9$ หลักสิบ $2 + 5 = 7$ หลักร้อย $1 + 4 = 5$ ก็ 579 ครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $3 + 6 = 9$ หลักสิบ $2 + 5 = 7$ หลักร้อย $1 + 4 = 5$ ได้ 579 ข. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21$
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “หนูบวกหลักหน่วย $3 + 6 = 9$ หลักสิบ $2 + 5 = 7$ หลักร้อย $1 + 4 = 4$ ก็ 479 ค่ะ”	ค. บวกหลักหน่วย $3 + 6 = 9$ หลักสิบ $2 + 5 = 7$ หลักร้อย $1 + 4 = 4$ ได้ 479
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “ผมบวกหลักหน่วย $3 + 6 = 9$ หลักสิบ $2 + 5 = 6$ หลักร้อย $1 + 4 = 5$ ก็ 569 ครับ”	ง. บวกหลักหน่วย $3 + 6 = 9$ หลักสิบ $2 + 5 = 6$ หลักร้อย $1 + 4 = 5$ ได้ 569
นักเรียนกลุ่มต่ำ “หนูนำตัวเลขทุกตัวมาบวกกันค่ะ $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 = 21$ ค่ะ”	เฉลย ก
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม	
5. นักเรียนสามารถหาผลบวกและจัดการกับตัวทศได้ (ข้อ 21-25)	
ข้อที่ 25 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $268 + 175$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	ข้อที่ 25 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $268 + 175$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. 333
“443 ครับ 8 + 5 ได้ 13 เขียน 3 ทด 1 แล้ว 6 + 7 + 1 ได้ 14 เขียน 4 ทด 1 แล้ว 2 + 1 + 1 ได้ 4 ก็ 443 ครับ”	ข. 343
	ค. 433
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1)	ง. 443
“343 ค่ะ 8 + 5 ได้ 13 เขียน 3 ทด 1 แล้ว 6 + 7 + 1 ได้ 14 เขียน 4 แล้ว 2 + 1 ได้ 3 ก็ 343 ค่ะ”	เฉลย ง
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2)	
“433 ครับ ผมเอา 8 + 5 ได้ 13 เขียน 3 ทด 1 แล้ว 6 + 7 ได้ 13 เขียน 3 แล้ว 2 + 1 + 1 ได้ 4 ก็ 433 ครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ	
“333 ค่ะ หนูเอา 8 + 5 ได้ 13 เขียน 3 แล้ว 6 + 7 ได้ 13 เขียน 3 แล้ว 2 + 1 ได้ 3 ก็ 333 ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“ $8 + 5 = 13$ เขียน 3 ทด 1 แล้ว $6 + 7 + 1 = 14$ เขียน 4 ทด 1 แล้ว $2 + 1 + 1 = 4$ ก็ 443 ครับ”	ก. $8 + 5 = 13$ เขียน 3 แล้ว $6 + 7 = 13$ เขียน 3 แล้ว $2 + 1 = 3$ ได้ 333
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1)	
“343 ค่ะ $8 + 5$ ได้ 13 เขียน 3 ทด 1 แล้ว $6 + 7 + 1$ ได้ 14 เขียน 4 แล้ว $2 + 1$ ได้ 3 ก็ 343 ค่ะ”	ข. $8 + 5 = 13$ เขียน 3 ทด 1 แล้ว $6 + 7 = 13$ เขียน 3 แล้ว $2 + 1 + 1 = 4$ ได้ 433
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2)	
“ผมลืมหดจากหลักหน่วยไปหลักสิบครับ แต่ทดจากหลักสิบไปหลักร้อยได้ ก็ 433 ครับ”	ค. $8 + 5 = 13$ เขียน 3 ทด 1 แล้ว $6 + 7 + 1 = 14$ เขียน 4 ทด 1 แล้ว $2 + 1 + 1 = 4$ ได้ 443
นักเรียนกลุ่มต่ำ	
“333 ค่ะ หนูเอา $8 + 5$ ได้ 13 เขียน 3 แล้ว $6 + 7$ ได้ 13 เขียน 3 แล้ว $2 + 1$ ได้ 3 ก็ 333 ค่ะ”	ง. $8 + 5 = 13$ เขียน 3 ทด 1 แล้ว $6 + 7 + 1 = 14$ เขียน 4 แล้ว $2 + 1 = 3$ ได้ 343
เฉลย ค	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การลบจำนวนเต็ม	
1. นักเรียนสามารถบอกจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มที่กำหนดได้ (ข้อที่ 1-5)	
ข้อที่ 2 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 2 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
จำนวนตรงข้ามของ -5 คือจำนวนใด	จำนวนตรงข้ามของ -5 คือจำนวนใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	
“5 ครับ เพราะจำนวนตรงข้ามคือจำนวนที่บวกกัน แล้วได้ 0 ครับ $-5 + 5 = 0$ ครับ”	ก. -5 ข. $-1/5$

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มกลาง “-1/5 ค่ะ จำนวนตรงข้ามคือจำนวนที่คูณกันแล้ว ได้ 1 ค่ะ”	ค. 1/5 ง. 5
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “-5 ค่ะ จำนวนตรงข้ามก็คือตัวมันเองค่ะ”	เฉลย ง
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “1/5 ครับ จากเศษมาเป็นส่วน จากส่วนไปเป็นเศษ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “จำนวนตรงข้ามคือจำนวนที่บวกกันแล้วได้ 0 ครับ ดังนั้น $-5 + 5 = 0$ ครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. จำนวนตรงข้าม คือ จำนวนที่คูณกันแล้ว ได้ 1 ดังนั้น $-5 \times (-1/5) = 1$
นักเรียนกลุ่มกลาง “จำนวนตรงข้ามคือจำนวนที่คูณกันแล้วได้ 1 ค่ะ ดังนั้น $-5 \times (-1/5) = 1$ ค่ะ”	ข. จำนวนตรงข้าม คือ จำนวนที่บวกกัน แล้วได้ 0 ดังนั้น $-5 + 5 = 0$
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “จำนวนตรงข้ามก็คือตัวมันเองค่ะ”	ค. จำนวนตรงข้าม คือ ตัวมันเอง
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	ง. จำนวนตรงข้ามของจำนวนลบ คือ จำนวนลบเสมอ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“จำนวนตรงข้ามของจำนวนลบ คือ จำนวนลบเสมอ ครับ”	เฉลย ข
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การลบจำนวนเต็ม	
2. นักเรียนสามารถหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มที่กำหนดได้ (ข้อที่ 6-10)	
ข้อที่ 6 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 6 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
ค่าสัมบูรณ์ของ -8 หรือ $ -8 $ มีค่าเท่ากับเท่าใด	ค่าสัมบูรณ์ของ -8 หรือ $ -8 $ มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. -8
“8 ครับ ค่าสัมบูรณ์คือระยะห่างจาก 0 บนเส้น จำนวนครับ ซึ่งเป็นบวกเสมอ $ -8 = 8$ ครับ”	ข. $-1/8$
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. $1/8$
“-1/8 ค่ะ ค่าสัมบูรณ์คือส่วนกลับของจำนวนนั้น ค่ะ”	ง. 8
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ง
“-8 ครับ ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบก็คือจำนวนลบ เสมอครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“1/8 ค่ะ ค่าสัมบูรณ์คือการเปลี่ยนเครื่องหมาย -8 เป็น 1/8 ค่ะ หนูก็ไม่ค่อยแน่ใจค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “ค่าสัมบูรณ์คือระยะห่างจาก 0 บนเส้นจำนวน ซึ่ง เป็นบวกเสมอครับ ดังนั้น $-8 = 8$ ครับ” นักเรียนกลุ่มกลาง “ค่าสัมบูรณ์คือส่วนกลับของจำนวนนั้นค่ะ” นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบคือจำนวนลบเสมอครับ” นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “ค่าสัมบูรณ์คือการเปลี่ยนเครื่องหมาย -8 เป็น -1/8 ค่ะ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบ คือ จำนวนลบ เสมอ ข. ค่าสัมบูรณ์ คือ ส่วนกลับของจำนวนนั้น ค. ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างจาก 0 บน เส้นจำนวน ซึ่งเป็นบวกเสมอ ดังนั้น $-8 = 8$ ง. ค่าสัมบูรณ์ คือ การเปลี่ยนเครื่องหมาย - 8 เป็น -1/8 เฉลย ค
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การลบจำนวนเต็ม 3. นักเรียนสามารถเขียนการลบจำนวนเต็มให้อยู่ในรูปของการบวกได้ถูกต้อง ตามหลักการ “ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ” (ข้อที่ 11-15)	
ข้อที่ 14 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $(-8) - (-5)$ สามารถเขียนในรูปของการบวก ได้อย่างไร	ข้อที่ 14 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $(-8) - (-5)$ สามารถเขียนในรูปของการบวก ได้อย่างไร
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา นักเรียนกลุ่มสูง “$(-8) + 5$ ครับ การลบด้วยจำนวนลบเหมือนการ บวกด้วย จำนวนบวก ดังนั้น $(-8) - (-5) = (-8) + 5$ ครับ”	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ก. $(-8) + (-5)$ ข. $(-8) + 5$ ค. $8 + (-5)$

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “$(-8) + (-5)$ ค่ะ การลบด้วยลบก็คือการบวกด้วยลบ ค่ะ” เฉลย ข	ง. $8 + 5$
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “$8 + (-5)$ ครับ ผมนำเครื่องหมายลบออกจากตัวตั้ง ด้วยครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ “$8 + 5$ ค่ะ ลบกับลบได้บวก ก็เปลี่ยนทั้งคู่เป็นบวก ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “การลบด้วยจำนวนลบเหมือนการบวกด้วย จำนวนบวก ดังนั้น $(-8) - (-5) = (-8) + 5$ ครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. การลบด้วยลบ คือ การบวกด้วยลบ ข. การลบด้วยจำนวนลบเหมือนการบวก ด้วยจำนวนบวก ดังนั้น $(-8) - (-5) = (-8) + 5$ ค. นำเครื่องหมายลบออกจากตัวตั้งด้วย ง. ลบกับลบได้บวก จึงเปลี่ยนทั้งคู่เป็นบวก เฉลย ข
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “การลบด้วยลบก็คือการบวกด้วยลบค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “ผมนำเครื่องหมายลบออกจากตัวตั้งด้วยครับ”	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มต่ำ	
“ลบกับลบได้บวก ก็เปลี่ยนทั้งคู่เป็นบวกคะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การลบจำนวนเต็ม	
4. นักเรียนสามารถหาผลลบจำนวนเต็มได้ถูกต้อง โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็ม (ข้อที่ 16-20)	
ข้อที่ 20 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 20 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
(-12) – 7 มีค่าเท่ากับเท่าใด	(-12) – 7 มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	
	ก. -19
“-19 ครับ (-12) – 7 เหมือน (-12) + (-7) นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน 12 + 7 ได้ 19 แล้วใส่ลบ ก็ -19 ครับ”	ข. -5
	ค. 5
นักเรียนกลุ่มกลาง	
“-5 ค่ะ 12 – 7 ได้ 5 แล้วตัวตั้งเป็นลบจึงใส่ลบ ได้ -5 ค่ะ”	ง. 19
	เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	
“19 ค่ะ ลบกับลบได้บวกคะ ก็ 12 + 7 ได้ 19 ค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“5 ครับ 12 – 7 ได้ 5 ครับ การลบทำให้ได้บวก ครับ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจฉัย
นักเรียนกลุ่มสูง “$(-12) - 7$ เหมือน $(-12) + (-7)$ นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $12 + 7 = 19$ แล้วใส่ลบ ได้ -19 ครับ”	ก. $12 - 7 = 5$ แล้วตัวตั้งเป็นลบ จึงใส่ลบ ได้ -5 ข. ลบกับลบได้บวก ได้ $12 + 7 = 19$
นักเรียนกลุ่มกลาง “$12 - 7 = 5$ แล้วตัวตั้งเป็นลบจึงใส่ลบ ได้ -5 ค่ะ”	ค. $12 - 7 = 5$ การลบทำให้ได้บวก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “ลบกับลบได้บวก ก็ $12 + 7$ ได้ 19 ค่ะ”	ง. $(-12) - 7$ เหมือน $(-12) + (-7)$ คือ นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $12 + 7 = 19$ แล้วใส่ลบ ได้ -19
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “$12 - 7 = 5$ การลบทำให้ได้บวกครับ”	เฉลย ง
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การลบจำนวนเต็ม 5. นักเรียนสามารถระบุตัวตั้งและตัวลบในโจทย์ได้ถูกต้องและดำเนินการลบโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้งและตัวลบอย่างเหมาะสม (ข้อที่ 21-25)	
ข้อที่ 21 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ในการลบ $52 - 38$ ข้อใดกล่าวถูกต้อง คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 21 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ในการลบ $52 - 38$ ข้อใดกล่าวถูกต้อง คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง “ตัวตั้งคือ 52 และตัวลบคือ 38 ครับ เพราะตัวตั้งคือจำนวนที่อยู่หน้าเครื่องหมายลบ และตัวลบคือจำนวนที่อยู่หลังเครื่องหมายลบครับ”	ก. ตัวตั้ง คือ 38 และตัวลบ คือ 52 ข. ตัวตั้ง คือ 52 และตัวลบ คือ 38 ค. ตัวตั้ง คือ 52 และตัวลบ คือ -38
นักเรียนกลุ่มกลาง	ง. ตัวตั้งและตัวลบสลับกันได้

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“ตัวตั้งคือ 52 และตัวลบคือ -38 ค่ะ ตัวลบต้องเป็นจำนวนลบเสมอค่ะ”	เฉลย ข
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	
“ตัวตั้ง คือ 38 และตัวลบ คือ 52 ครับ ตัวตั้ง คือ จำนวนที่มากกว่าและตัวลบคือจำนวนที่น้อยกว่าครับ เอ๊ะ ผมสลับหรือเปล่า”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“ตัวตั้งและตัวลบสลับกันได้ค่ะ ผลลัพธ์เหมือนกันค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. ตัวตั้ง คือ จำนวนที่อยู่หน้าเครื่องหมายลบ และตัวลบ คือ จำนวนที่อยู่หลังเครื่องหมายลบครับ”
“ตัวตั้งคือจำนวนที่อยู่หน้าเครื่องหมายลบ และตัวลบ คือ จำนวนที่อยู่หลังเครื่องหมายลบครับ”	ข. ตัวตั้ง คือ จำนวนที่อยู่หน้าเครื่องหมายลบ และตัวลบ คือ จำนวนที่อยู่หลังเครื่องหมายลบ
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. ตัวตั้งและตัวลบสลับกันได้ ผลลัพธ์เหมือนกัน
“ตัวลบต้องเป็นจำนวนลบเสมอค่ะ”	ค. ตัวลบต้องเป็นจำนวนลบเสมอ
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	ง. ตัวตั้ง คือ จำนวนที่มากกว่า และตัวลบ คือ จำนวนที่น้อยกว่า
“ตัวตั้งคือจำนวนที่มากกว่า และตัวลบ คือ จำนวนที่น้อยกว่าครับ”	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	เฉลย ก
“ตัวตั้งและตัวลบสลับกันได้ ผลลัพธ์เหมือนกันค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม	
1. นักเรียนสามารถหาผลคูณของจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวกได้ (ข้อที่ 1-5)	
ข้อที่ 1 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 1 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
7 × 8 มีค่าเท่ากับเท่าใด	7 × 8 มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. 15
“56 ครั้ง ตามสูตรคูณ เจ็ดแปดห้าหก ครับ”	
	ข. 54
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 56
“54 ค่ะ ตามสูตรคูณ เจ็ดแปดห้าสี่ค่ะ”	
	ง. 78
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ค
“15 ครั้ง ผมเอา 7 + 8 ได้ 15 ครั้ง การคูณก็คือ	
การบวกครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“78 ค่ะ หนูเอา 7 กับ 8 มาเขียนต่อกันได้ 78 ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ
จงอธิบายเหตุผล	ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“ $7 \times 8 = 56$ ตามสูตรคูณ เจ็ดแปดห้าหกครับ”	ก. $7 \times 8 = 56$ ตามสูตรคูณ เจ็ดแปดห้าหก
นักเรียนกลุ่มกลาง	
“ $7 \times 8 = 54$ ตามสูตรคูณ เจ็ดแปดห้าสี่ค่ะ”	ข. $7 + 8 = 15$ การคูณ คือ การบวก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	ค. 7×8 คือ การนำ 7 กับ 8 มาเขียนต่อกัน ได้ 78
“ผมเอา $7 + 8 = 15$ การคูณก็คือการบวกครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	ง. $7 \times 8 = 54$ ตามสูตรคูณ เจ็ดแปดห้าสี่
“หนูเอา 7 กับ 8 มาเขียนต่อกันได้ 78 ค่ะ”	เฉลย ก
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม	
2. นักเรียนสามารถหาผลคูณของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 6-10)	
ข้อที่ 6 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 6 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
$5 \times (-4)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	$5 \times (-4)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. -20
“-20 ครับ บวกคูณลบได้ลบ ดังนั้น $5 \times 4 = 20$ แล้วใส่ลบ จะได้ -20 ครับ”	ข. -9
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 1
“20 ค่ะ $5 \times 4 = 20$ ค่ะ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมาย	ง. 20
คำตอบเป็นบวกเสมอค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ก

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“1 ครับ ผมเอา $5 + (-4) = 1$ ครับ การคูณก็คือการบวกครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“-9 ค่ะ หนูเอา $5 + 4 = 9$ แล้วมีเครื่องหมายลบในโจทย์จึงใส่ลบ ได้ -9 ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. บวกคูณลบได้ลบ ดังนั้น $5 \times 4 = 20$ แล้วใส่ลบ ได้ -20
“บวกคูณลบได้ลบ ดังนั้น $5 \times 4 = 20$ แล้วใส่ลบ ได้ -20 ครับ”	ข. $5 \times 4 = 20$ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมายคำตอบเป็นบวกเสมอ
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. $5 + (-4) = 1$ การคูณ คือ การบวก
“ $5 \times 4 = 20$ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมาย คำตอบเป็นบวกเสมอค่ะ”	ง. $5 + 4 = 9$ มีเครื่องหมายลบในโจทย์จึงใส่ลบ ได้ -9
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ก
“ผมเอา $5 + (-4) = 1$ การคูณก็คือการบวกครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“หนูเอา $5 + 4 = 9$ มีเครื่องหมายลบในโจทย์จึงใส่ลบ ได้ -9 ค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม	
3. นักเรียนสามารถหาผลคูณของจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 11-15)	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
ข้อที่ 11 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $(-4) \times (-5)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา นักเรียนกลุ่มสูง “20 ครับ ลบคูณลบได้บวก ดังนั้น $4 \times 5 = 20$ คำตอบเป็นบวกครับ”	ข้อที่ 11 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $(-4) \times (-5)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ก. -20 ข. -9
นักเรียนกลุ่มกลาง “-20 ค่ะ ลบทั้งคู่จึงได้ลบ $4 \times 5 = 20$ ใส่ลบ ก็ -20 ค่ะ”	ค. 1 ง. 20 เฉลย ง
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “-9 ครับ ผมเอา $(-4) + (-5) = -9$ ครับ การคูณก็คือ การบวกครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “1 ค่ะ หนูเอา $(-4) - (-5) = 1$ ค่ะ การคูณก็คือการ ลบค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “ลบคูณลบได้บวก ดังนั้น $4 \times 5 = 20$ คำตอบเป็น บวกครับ”	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. ลบคูณลบได้บวก ดังนั้น $4 \times 5 = 20$ คำตอบเป็นบวก

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มกลาง	ข. $(-4) + (-5) = -9$ การคูณ คือ การบวก
“ลบทั้งคู่จึงได้ลบ $4 \times 5 = 20$ ใส่ลบ ก็ -20 ค่ะ”	ค. $(-4) - (-5) = 1$ การคูณ คือ การลบ
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	ง. ลบทั้งคู่จึงได้ลบ $4 \times 5 = 20$ ใส่ลบ ได้ -20
“ผมเอา $(-4) + (-5) = -9$ การคูณก็คือการบวกครับ”	เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“หนูเอา $(-4) - (-5) = 1$ การคูณก็คือการลบค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม	
4. นักเรียนสามารถหาผลคูณและจัดการกับตัวทดได้ (ข้อที่ 16-20)	
ข้อที่ 18 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 18 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
36×8 มีค่าเท่ากับเท่าใด	36×8 มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. 244
“288 ครบ $8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4	
แล้ว $8 \times 3 = 24$ บวกทด 4 ได้ 28	ข. 248
รวมเป็น 288 ครบ”	ค. 288
นักเรียนกลุ่มกลาง	ง. 2448
“248 ครบ ผมเอา $8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4	
แล้ว $8 \times 3 = 24$ รวมเป็น 248 ครบ”	เฉลย ค
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“244 ค่ะ $8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4 แล้ว $8 \times 3 = 24$ บวกทด 0 ได้ 24 รวมเป็น 244 ค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “2448 ครับ ผมเอา $8 \times 6 = 48$ แล้ว $8 \times 3 = 24$ เขียนต่อกันเป็น 2448 ครับ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “$8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4 แล้ว $8 \times 3 = 24$ บวก ทด 4 ได้ 28 รวมเป็น 288 ครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. $8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4 แล้ว $8 \times 3 = 24$ บวกทด 4 ได้ 28 รวมเป็น 288
นักเรียนกลุ่มกลาง “$8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4 แล้ว $8 \times 3 = 24$ รวมเป็น 248 ครับ”	ข. $8 \times 6 = 48$ แล้ว $8 \times 3 = 24$ เขียนต่อกันเป็น 2448
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “$8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4 แล้ว $8 \times 3 = 24$ บวก ทด 0 ได้ 24 รวมเป็น 244 ค่ะ”	ค. $8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4 แล้ว $8 \times 3 = 24$ รวมเป็น 248
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “ผมเอา $8 \times 6 = 48$ แล้ว $8 \times 3 = 24$ เขียนต่อกัน เป็น 2448 ครับ”	ง. $8 \times 6 = 48$ เขียน 8 ทด 4 แล้ว $8 \times 3 = 24$ บวกทด 0 ได้ 24 รวม เป็น 244
	เฉลย ก

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม	
5. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าผลคูณเป็นจำนวนเต็มชนิดใดได้ (ข้อที่ 21-25)	
ข้อที่ 23 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 23 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
ผลคูณของ $5 \times (-6)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด	ผลคูณของ $5 \times (-6)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. จำนวนเต็มลบ เพราะบวกคูณลบได้ลบ
“จำนวนเต็มลบครับ เพราะบวกคูณลบได้ลบ	
มีจำนวนลบ 1 ตัว ซึ่งเป็นจำนวนคี่ ผลคูณจึงเป็นลบ	ข. จำนวนเต็มลบ เพราะ 5 น้อยกว่า 6
ครับ”	
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1)	ค. จำนวนเต็มบวก เพราะบวกคูณลบได้บวก
“จำนวนเต็มลบค่ะ เพราะ 5 น้อยกว่า 6 ตัวที่	
มากกว่าเป็นลบ ผลคูณจึงเป็นลบค่ะ”	ง. จำนวนเต็มบวก เพราะผลคูณเป็นบวกเสมอ
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2)	เฉลย ก
“จำนวนเต็มบวกครับ เพราะบวกคูณลบได้บวก	
เหมือนลบคูณลบครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ	
“จำนวนเต็มบวกค่ะ เพราะผลคูณเป็นบวกเสมอค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ
จงอธิบายเหตุผล	ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. บวกคูณลบได้บวก เหมือนลบคูณลบ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“บวกคุณลบได้ลบ มีจำนวนลบ 1 ตัว (จำนวนคี่) ผลคูณจึงเป็นลบครับ”	ข. 5 น้อยกว่า 6 ตัวที่มากกว่าเป็นลบ ผลคูณจึงเป็นลบ
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “5 น้อยกว่า 6 ตัวที่มากกว่าเป็นลบ ผลคูณจึงเป็นลบค่ะ”	ค. บวกคุณลบได้ลบ มีจำนวนลบ 1 ตัว (จำนวนคี่) ผลคูณจึงเป็นลบ ง. ผลคูณเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวคุณจะเป็นลบหรือบวก
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “บวกคุณลบได้บวก เหมือนลบคุณลบครับ”	เฉลย ค
นักเรียนกลุ่มต่ำ “ผลคูณเป็นบวกเสมอค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การหารจำนวนเต็ม	
1. นักเรียนสามารถหาผลหารของจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวกได้ (ข้อที่ 1-5)	
ข้อที่ 1 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $56 \div 8$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	ข้อที่ 1 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $56 \div 8$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. 6
“7 หาร 8 คุณเท่าไรได้ 56 ก็คือ $8 \times 7 = 56$ ดังนั้นคำตอบคือ 7 หาร”	ข. 7
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 48
“6 หาร $8 \times 6 = 48$ ดังนั้น $56 \div 8 = 6$ ค่ะ”	ง. 64
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ข

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“48 ครับ ผมเอา $56 - 8 = 48$ การหารก็คือการลบครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“64 ค่ะ หนูเอา $56 + 8 = 64$ การหารก็คือการบวกค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. 8 คูณเท่าไรได้ 56 คือ $8 \times 7 = 56$ ดังนั้นคำตอบ คือ 7
“8 คูณเท่าไรได้ 56 ก็คือ $8 \times 7 = 56$ ดังนั้น คำตอบคือ 7 ครับ”	ข. $56 - 8 = 48$ การหาร คือ การลบ
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. $56 + 8 = 64$ การหาร คือ การบวก
“ $8 \times 6 = 48$ ดังนั้น $56 \div 8 = 6$ ค่ะ”	ง. $8 \times 6 = 48$ ดังนั้น $56 \div 8 = 6$
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ก
“ผมเอา $56 - 8 = 48$ การหารก็คือการลบครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“หนูเอา $56 + 8 = 64$ การหารก็คือการบวกค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การหารจำนวนเต็ม	
2. นักเรียนสามารถหาผลหารของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 6-10)	
ข้อที่ 7 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 7 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
$45 \div (-9)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	$45 \div (-9)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. -5
“-5 ครั้ง บวกหารลบได้ลบ ดังนั้น $45 \div 9 = 5$ แล้ว ใส่ลบ ได้ -5 ครั้ง”	ข. 5
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 36
“5 ครั้ง $45 \div 9 = 5$ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมาย คำตอบเป็นบวกเสมอครับ”	ง. 54
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ก
“36 ค่ะ หนูเอา $45 - 9 = 36$ การหารก็คือการลบ ค่ะ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“54 ครับ ผมเอา $45 + 9 = 54$ การหารก็คือการ บวกครับ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. $45 \div 9 = 5$ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมาย คำตอบเป็นบวกเสมอ
“บวกหารลบได้ลบ ดังนั้น $45 \div 9 = 5$ แล้วใส่ลบ ได้ -5 ครั้ง”	ข. บวกหารลบได้ลบ ดังนั้น $45 \div 9 = 5$ แล้วใส่ลบ ได้ -5
นักเรียนกลุ่มกลาง	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“ $45 \div 9 = 5$ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมาย คำตอบเป็น บวกเสมอครับ”	ค. 45 ลบ 9 ได้ 36 การหาร คือ การลบ
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “หนูเอา 45 ลบ 9 ได้ 36 การหารก็คือการลบค่ะ”	ง. 45 บวก 9 ได้ 54 การหาร คือ การบวก เฉลย ข
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “ผมเอา 45 บวก 9 ได้ 54 การหารก็คือการบวก ครับ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การหารจำนวนเต็ม	
3. นักเรียนสามารถหาผลหารของจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 11-15)	
ข้อที่ 11 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $(-42) \div (-7)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	ข้อที่ 11 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $(-42) \div (-7)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง “6 ครับ ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $42 \div 7 = 6$ คำตอบเป็นบวกครับ”	ก. -49 ข. -6
นักเรียนกลุ่มกลาง “-6 ค่ะ ลบทั้งคู่ได้ลบ $42 \div 7 = 6$ ใส่ลบ ก็ -6 ค่ะ”	ค. 6 ง. 294
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “-49 ครับ ผมเอา $(-42) + (-7) = -49$ ครับ”	เฉลย ค
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“294 ค่ะ หนูเอา $42 \times 7 = 294$ การหารก็คือการคูณค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $42 \div 7 = 6$
“ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $42 \div 7 = 6$ คำตอบเป็นบวกครับ”	คำตอบเป็นบวก
นักเรียนกลุ่มกลาง	ข. ลบทั้งคู่ได้ลบ $42 \div 7 = 6$ ใส่ลบ ได้ -6
“ลบทั้งคู่ได้ลบ $42 \div 7 = 6$ ใส่ลบ ก็ -6 ค่ะ”	ค. $(-42) + (-7) = -49$ การหาร คือ การบวก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	ง. $42 \times 7 = 294$ การหาร คือ การคูณ
“ $(-42) + (-7) = -49$ การหารก็คือการบวกครับ”	เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“ $42 \times 7 = 294$ การหารก็คือการคูณค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง การหารจำนวนเต็ม	
5. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าผลหารเป็นจำนวนเต็มชนิดใดและเข้าใจได้ (ข้อที่ 21-25)	
ข้อที่ 25 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 25 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
ผลหารของ $(-64) \div 8 \div (-2)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด	ผลหารของ $(-64) \div 8 \div (-2)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. จำนวนเต็มลบ เพราะมีจำนวนลบอยู่ในโจทย์

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“จำนวนเต็มบวกครับ มีจำนวนลบ 2 ตัว (จำนวนคู่) ลบหารบวกได้ลบ แล้วลบหารลบได้บวก ผลหารจึง เป็นบวกครับ”	ข. จำนวนเต็มลบ เพราะจำนวนลบมากกว่า จำนวนบวก
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “จำนวนเต็มลบค่ะ มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลหาร จึงเป็นลบค่ะ”	ค. จำนวนเต็มบวก เพราะผลหารเป็นบวก เสมอ
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “จำนวนเต็มลบครับ จำนวนลบมากกว่าจำนวนบวก ผลหารจึงเป็นลบครับ”	ง. จำนวนเต็มบวก เพราะมีจำนวนลบ 2 ตัว (จำนวนคู่) เฉลี่ย ง
นักเรียนกลุ่มต่ำ “จำนวนเต็มบวกค่ะ ผลหารเป็นบวกเสมอค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง “มีจำนวนลบ 2 ตัว (จำนวนคู่) ลบหารบวกได้ลบ แล้วลบหารลบได้บวก ผลหารจึงเป็นบวกครับ”	ก. มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลหารจึงเป็นลบ ข. จำนวนลบมากกว่าจำนวนบวก ผลหารจึง เป็นลบ
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลหารจึงเป็นลบค่ะ”	ค. ผลหารเป็นบวกเสมอ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “จำนวนลบมากกว่าจำนวนบวก ผลหารจึงเป็นลบครับ”	ง. มีจำนวนลบ 2 ตัว (จำนวนคู่) ลบหาร บวกได้ลบ แล้วลบหารลบได้บวก ผลหาร จึงเป็นบวก
เฉลย ง	
นักเรียนกลุ่มต่ำ “ผลหารเป็นบวกเสมอค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	
1. นักเรียนสามารถใช้สมบัติการสลับที่ในการคำนวณได้ (ข้อที่ 1-5)	
ข้อที่ 1 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 1 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
$(-5) + 8$ มีค่าเท่ากับข้อใด	$(-5) + 8$ มีค่าเท่ากับข้อใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง “$8 + (-5)$ ครับ สมบัติการสลับที่ของการบวก $a + b$ $= b + a$ สลับตำแหน่งแล้วผลลัพธ์เท่ากันครับ”	ก. $8 + (-5)$ ข. $8 - (-5)$
นักเรียนกลุ่มกลาง “$8 - (-5)$ ค่ะ การบวกกับการลบเหมือนกัน สลับ เครื่องหมายได้ค่ะ”	ค. $(-5) - 8$ ง. $5 + (-8)$
เฉลย ก	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “$(-5) - 8$ ครับ ต้องสลับทั้งตำแหน่งและเครื่องหมาย ครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “$5 + (-8)$ ค่ะ ต้องเปลี่ยนเครื่องหมายของ	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
ตัวเลขทั้งสองตัวคะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ
จงอธิบายเหตุผล	ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. สมบัติการสลับที่ของการบวก $a + b = b + a$ สลับตำแหน่งแล้วผลลัพธ์เท่ากัน
“สมบัติการสลับที่ของการบวก $a + b = b + a$ สลับตำแหน่งแล้วผลลัพธ์เท่ากันครับ”	เท่ากัน
นักเรียนกลุ่มกลาง	ข. การบวกกับการลบเหมือนกัน สลับเครื่องหมายได้
“การบวกกับการลบเหมือนกัน สลับเครื่องหมายได้คะ”	เครื่องหมายได้
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	ค. ต้องสลับทั้งตำแหน่งและเครื่องหมาย
“ต้องสลับทั้งตำแหน่งและเครื่องหมายครับ”	ง. ต้องเปลี่ยนเครื่องหมายของตัวเลข ทั้งสองตัว
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	เฉลย ก
“ต้องเปลี่ยนเครื่องหมายของตัวเลขทั้งสองตัวคะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	
2. นักเรียนสามารถใช้สมบัติการเปลี่ยนหมู่ในการคำนวณได้ (ข้อที่ 6-10)	
ข้อที่ 8 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 8 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
$[(-4) + 6] + (-5)$ กับ $(-4) + [6 + (-5)]$ ได้ผลลัพธ์เท่ากันหรือไม่	$[(-4) + 6] + (-5)$ กับ $(-4) + [6 + (-5)]$ ได้ผลลัพธ์เท่ากันหรือไม่
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. ไม่เท่ากัน ได้ -3 และ 3

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
“เท่ากัน ได้ -3 ทั้งคู่ครับ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวก เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับตัวไหนก็ได้ ผลลัพธ์เท่ากันครับ”	ข. ไม่เท่ากัน เพราะวงเล็บต่างกัน ค. เท่ากัน ได้ -3 ทั้งคู่
นักเรียนกลุ่มกลาง “ไม่เท่ากันค่ะ ได้ -3 และ 3 ค่ะ สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยนค่ะ”	ง. เท่ากัน ได้ 3 ทั้งคู่ เฉลย ค
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “ไม่เท่ากันครับ เพราะวงเล็บต่างกันครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “เท่ากันค่ะ ได้ 3 ทั้งคู่ค่ะ $6 + (-5) = 6 + 5 = 11$ ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล นักเรียนกลุ่มสูง “สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวก เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับตัวไหนก็ได้ ผลลัพธ์เท่ากันครับ”	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ก. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวก เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับตัวไหนก็ได้ ผลลัพธ์เท่ากัน
นักเรียนกลุ่มกลาง “สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยนค่ะ”	ข. สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน ค. วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1) “วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกันครับ”	ง. $6 + (-5) = 6 + 5 = 11$ เฉลย ก
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2) “$6 + (-5) = 6 + 5 = 11$ ค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม 3. นักเรียนสามารถใช้สมบัติการแจกแจงในการคำนวณได้ (ข้อที่ 11-15)	
ข้อที่ 12 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $(-4) \times [6 + (-2)]$ มีค่าเท่ากับเท่าใด คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา นักเรียนกลุ่มสูง “-16 ครับ $(-4) \times 6 + (-4) \times (-2) = -24 + 8 = -16$ ครับ”	ข้อที่ 12 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา $(-4) \times [6 + (-2)]$ มีค่าเท่ากับเท่าใด คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ก. -26 ข. -16
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1) “-32 ค่ะ $(-4) \times 6 + (-4) \times 2 = -24 + (-8) = -32$ ค่ะ”	ค. 16 ง. 32 เฉลย ข
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2) “-26 ครับ $(-4) \times 6 + (-2) = -24 + (-2) = -26$”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ “32 ค่ะ $4 \times 6 + 4 \times 2 = 24 + 8 = 32$ ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
จงอธิบายเหตุผล	ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. $(-4) \times 6 + (-2) = -24 + (-2) = -32$
“ $(-4) \times 6 + (-4) \times (-2) = -24 + 8 = -16$ ครับ”	ข. $(-4) \times 6 + (-4) \times 2 = -24 + (-8) = -32$
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 1)	-32
“ $(-4) \times 6 + (-4) \times 2 = -24 + (-8) = -32$ ค่ะ”	ค. $4 \times 6 + 4 \times 2 = 24 + 8 = 32$
นักเรียนกลุ่มกลาง (คนที่ 2)	ง. $(-4) \times 6 + (-4) \times (-2) = -24 + 8 = -16$
“ $(-4) \times 6 + (-2) = -24 + (-2) = -26$ ครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ	เฉลย ง
“ $4 \times 6 + 4 \times 2 = 24 + 8 = 32$ ค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	
4. นักเรียนสามารถใช้สมบัติของหนึ่งในการคำนวณได้ (ข้อที่ 16-20)	
ข้อที่ 17 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 17 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
$1 \times (-25)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	$1 \times (-25)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. -25
“-25 ครับ สมบัติของหนึ่ง $1 \times a = a$ จำนวนใดๆ	
คูณหนึ่งได้ค่าเดิมครับ”	ข. -1
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 1
“25 ค่ะ หนึ่งคูณจำนวนลบทำให้เครื่องหมายหายไป	
ค่ะ”	ง. 25

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์

แบบสอบวินิจัย

เฉลย ก

นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)

“-1 ครับ บวกคูณลบได้ลบ ดังนั้น $1 \times (-25) = -1$

ครับ”

นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)

“1 ค่ะ คูณหนึ่งแล้วได้ 1 ค่ะ”

คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น

จงอธิบายเหตุผล

คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

นักเรียนกลุ่มสูง

“สมบัติของหนึ่ง $1 \times a = a$ จำนวนใด ๆ คูณหนึ่งได้ค่าเดิมครับ”

นักเรียนกลุ่มกลาง

“หนึ่งคูณจำนวนลบทำให้เครื่องหมายหายไปค่ะ”

นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)

“บวกคูณลบได้ลบ ดังนั้น $1 \times (-25) = -1$ ครับ”

นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)

“คูณหนึ่งแล้วได้ 1 ค่ะ”

คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ

ดังกล่าว

คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

ก. คูณหนึ่งแล้วได้ 1

ข. สมบัติของหนึ่ง $1 \times a = a$ จำนวนใดๆ คูณหนึ่งได้ค่าเดิม

ค. หนึ่งคูณจำนวนลบทำให้เครื่องหมายหายไป

ง. บวกคูณลบได้ลบ ดังนั้น $1 \times (-25) = -1$

เฉลย ข

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

5. นักเรียนสามารถใช้สมบัติของศูนย์ในการคำนวณได้ (ข้อที่ 21-25)

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจฉัย
ข้อที่ 22 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 22 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
$(-18) \times 0$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	$(-18) \times 0$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. -18
“0 ครับ สมบัติของศูนย์ในการคูณ $a \times 0 = 0$ จำนวนใดๆ คูณศูนย์ได้ศูนย์ครับ”	ข. 0
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 18
“-18 ค่ะ คูณศูนย์แล้วค่าไม่เปลี่ยน ได้จำนวนเดิมค่ะ”	ง. ไม่สามารถหาค่าได้
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	เฉลย ข
“18 ครับ คูณศูนย์แล้วเครื่องหมายหายไป เหลือแค่ 18 ครับ”	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“ไม่สามารถหาค่าได้ค่ะ จำนวนลบคูณศูนย์ไม่ได้ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. คูณศูนย์แล้วค่าไม่เปลี่ยน ได้จำนวนเดิม
“สมบัติของศูนย์ในการคูณ $a \times 0 = 0$ จำนวนใด ๆ คูณศูนย์ได้ศูนย์ครับ”	ข. สมบัติของศูนย์ในการคูณ $a \times 0 = 0$ จำนวนใดๆ คูณศูนย์ได้ศูนย์

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มกลาง	
“คุณศูนย์แล้วค่าไม่เปลี่ยน ได้จำนวนเดิมค่ะ”	ค. คุณศูนย์แล้วเครื่องหมายหายไป เหลือแค่ 18
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	
“คุณศูนย์แล้วเครื่องหมายหายไป เหลือแค่ 18 ครับ”	ง. จำนวนลบคุณศูนย์ไม่ได้
	เฉลย ข
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“จำนวนลบคุณศูนย์ไม่ได้ค่ะ”	
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	
6. นักเรียนสามารถเลือกใช้สมบัติที่เหมาะสมในการคำนวณได้ (ข้อที่ 26-35)	
ข้อที่ 33 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	ข้อที่ 33 คำถามระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
$(-7) \times 1 \times (-1) \times 1$ มีค่าเท่ากับเท่าใด	$(-7) \times 1 \times (-1) \times 1$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	คำตอบระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา
นักเรียนกลุ่มสูง	ก. -7
“7 ครับ $(-7) \times 1 = -7$ แล้ว $(-7) \times (-1) = 7$ แล้ว $7 \times 1 = 7$ ครับ”	ข. -1
นักเรียนกลุ่มกลาง	ค. 1
“-7 ค่ะ $(-7) \times 1 = -7$ แล้ว $(-7) \times (-1) = 7$ แล้ว $(-7) \times 1 = -7$ ค่ะ”	ง. 7
	เฉลย ง
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	
“1 ครับ มีหนึ่งหลายตัว คำตอบจึงเป็น 1 ครับ”	

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แบบสอบวินิจัย
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“-1 ค่ะ $(-7) \times 1 = -1$ แล้ว $(-1) \times (-1) = -1$ แล้ว $-1 \times -1 = -1$ ค่ะ”	
คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น	เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบ
จงอธิบายเหตุผล	ดังกล่าว
คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	คำตอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล
นักเรียนกลุ่มสูง	
ก. $(-7) \times 1 = -7$ แล้ว $(-7) \times (-1) = 7$ แล้ว $7 \times 1 = 7$	
ข. มีหนึ่งหลายตัว คำตอบจึงเป็น 1	
นักเรียนกลุ่มกลาง	
ค. $(-7) \times 1 = -7$ แล้ว $(-7) \times (-1) = 7$ แล้ว $(-7) \times 1 = -7$ ค่ะ”	
ง. $(-7) \times 1 = -1$ แล้ว $(-1) \times (-1) = -1$ แล้ว $-1 \times -1 = -1$	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 1)	
“มีหนึ่งหลายตัว คำตอบจึงเป็น 1 ครับ”	
เฉลย ก	
นักเรียนกลุ่มต่ำ (คนที่ 2)	
“$(-7) \times 1 = -1$ แล้ว $(-1) \times (-1) = -1$ แล้ว $-1 \times -1 = -1$ ค่ะ”	

ตัวอย่างข้อสอบแบบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็มโดยประยุกต์ใช้แผนที่
ภาวะสันนิษฐาน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง จำนวนเต็ม

1. นักเรียนสามารถระบุได้ว่าจำนวนใดเป็นจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ หรือศูนย์ได้

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

3.1 ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ 0

- ก. 0 เป็นจำนวนเต็มบวก เพราะไม่มีเครื่องหมายลบนำหน้า
- ข. 0 เป็นจำนวนเต็มลบ เพราะไม่มีค่า
- ค. 0 เป็นจำนวนเต็มที่ไม่ใช่ทั้งจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบ
- ง. 0 เป็นได้ทั้งจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบ เพราะอยู่ตรงกลาง

เฉลย ค

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. ถ้าไม่มีเครื่องหมายลบนำหน้า จึงต้องเป็นจำนวนเต็มบวก
- ข. 0 ไม่มีค่า วางเปล่า จึงต้องเป็นจำนวนเต็มลบ
- ค. 0 อยู่ตรงกลาง มองว่าเป็นจำนวนเต็มบวกหรือจำนวนเต็มลบก็ได้
- ง. 0 เป็นจำนวนที่อยู่ระหว่างจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบ บนเส้นจำนวนจึงไม่จัดเป็นทั้งจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบ

เฉลย ง

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ

3.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

- ก. มั่นใจ
- ข. ไม่มั่นใจ

ตัวอย่างข้อสอบ เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

6.1 $8 + (-5)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

- ก. -13
- ข. -3
- ค. 3
- ง. 13

เฉลย ค

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

6.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. นำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน $8 - 5 = 3$ แล้ว 8 มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า และเป็นบวก คำตอบจึงเป็น 3

ข. $8 + 5 = 13$ มีเครื่องหมายลบในโจทย์ คำตอบต้องเป็นลบ ได้ -13

ค. $8 - 5 = 3$ มีเครื่องหมายลบในโจทย์ คำตอบต้องเป็นลบ ได้ -3

ง. มีเครื่องหมายบวกในโจทย์ จึงนำ $8 + 5 = 13$

เฉลย ก

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ

6.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ตัวอย่างข้อสอบ เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

16.1 $7 - (-3)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. -10

ข. 4

ค. 7

ง. 10

เฉลย ง

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

16.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. ลบด้วยจำนวนลบเหมือนบวกด้วยจำนวนบวก ดังนั้น $7 - (-3) = 7 + 3 = 10$

ข. $7 - 3 = 4$ เพราะการลบ คือ การลบ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมายของตัวลบ

ค. ลบกับลบหักล้างกันเหลือแค่ 7

ง. $7 + 3 = 10$ มีเครื่องหมายลบเยอะจึงตอบลบ

เฉลย ก

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ

16.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ตัวอย่างข้อสอบ เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

11.1 $(-4) \times (-5)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. -20

ข. -9

ค. 1

ง. 20

เฉลย ง

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

11.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. ลบคูณลบได้บวก ดังนั้น $4 \times 5 = 20$ คำตอบเป็นบวก

ข. $(-4) + (-5) = -9$ การคูณ คือ การบวก

ค. $(-4) - (-5) = 1$ การคูณ คือ การลบ

ง. ลบทั้งคู่จึงได้ลบ $4 \times 5 = 20$ ใส่ลบ ได้ -20

เฉลย ก

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ

11.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

ตัวอย่างข้อสอบ เรื่อง การหารจำนวนเต็ม

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

9.1 $(-72) \div 8$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. -80

ข. -9

ค. 9

ง. 64

เฉลย ข

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

9.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

ก. $(-72) - 8$ ได้ -80 การหาร คือ การลบ

ข. $72 \div 8 = 9$ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมาย คำตอบเป็นบวกเสมอ

ค. $(-72) + 8 = -64$ การหาร คือ การบวก

ง. ลบหารบวกได้ลบ ดังนั้น $72 \div 8 = 9$ แล้วใส่ลบ ได้ -9

เฉลย ง

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ

9.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ตัวอย่างข้อสอบ เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา

8.1 $[(-4) + 6] + (-5)$ กับ $(-4) + [6 + (-5)]$ ได้ผลลัพธ์เท่ากันหรือไม่

- ก. ไม่เท่ากัน ได้ -3 และ 3
 ข. ไม่เท่ากัน เพราะวงเล็บต่างกัน
 ค. เท่ากัน ได้ -3 ทั้งคู่
 ง. เท่ากัน ได้ 3 ทั้งคู่

เฉลย ค

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล

8.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

- ก. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวก เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับตัวไหนก็ได้
 ผลลัพธ์เท่ากัน
 ข. สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน
 ค. วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน
 ง. $6 + (-5) = 6 + 5 = 11$

เฉลย ก

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ

8.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

- ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

1.5 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจัยสามระดับ

ผู้วิจัยนำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เขียนขึ้นมาสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน สร้างข้อสอบจุดประสงค์ละ 5 ข้อ แต่ละข้อ ประกอบด้วยคำถาม 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา แสดงคำตอบเป็นปรนัยหลายตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล แสดงเหตุผลเป็นปรนัยหลายตัวเลือก และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ แสดงความมั่นใจในการตอบ ให้เลือกตอบมั่นใจ หรือไม่มั่นใจ ได้แบบสอบวินิจัยสามระดับ จำนวน 6 เรื่อง จากนั้นนำแบบสอบวินิจัยสามระดับที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทั้งด้าน

เนื้อหาและด้านวัดและประเมินผล จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.86 ถึง 1.00 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปทุกข้อ แสดงว่าข้อสอบทุกข้อมีความตรงเชิงเนื้อหา ดังแสดงในภาคผนวก ข และได้้นำข้อคำถามมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและจัดสร้างเป็นแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ดังนี้

ตาราง 21 การปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
เรื่อง จำนวนเต็ม		
9	9.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ทั้งเศษและส่วนเป็นลบ ผลหารจึงเป็นลบด้วย ข. ต้องนำ -24 บวกกับ -8 จะได้ -32 ค. ลบหารลบได้บวก จึงได้ -24 ÷ (-8) = 3 ซึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก ง. เศษส่วนทุกตัวไม่ใช่จำนวนเต็ม ตอบ ค	9.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ทั้งตัวเศษและตัวส่วนเป็นลบ ผลหารจึงเป็นลบด้วย ข. ต้องนำ -24 บวกกับ -8 จะได้ -32 ค. ลบหารลบได้บวก จึงได้ -24 ÷ (-8) = 3 ซึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก ง. เศษส่วนทุกตัวไม่ใช่จำนวนเต็ม ตอบ ค
10	10.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. บวกหารลบได้บวก จึงได้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก ข. เศษส่วนทุกตัวไม่ใช่จำนวนเต็ม ค. เศษเป็นบวกผลหารจึงเป็นบวกเสมอ ง. เศษเป็นบวกแต่ส่วนเป็นลบ ผลหารจึงเป็นจำนวนเต็มลบ จึงได้ 35 ÷ (-7) = -5	10.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. บวกหารลบได้บวก จึงได้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก ข. เศษส่วนทุกตัวไม่ใช่จำนวนเต็ม ค. <u>ตัวเศษ</u>เป็นบวก ผลหารจึงเป็นจำนวนเต็มบวกเสมอ ง. <u>ตัวเศษ</u>เป็นบวกแต่<u>ตัวส่วน</u>เป็นลบ ผลหารจึงเป็นจำนวนเต็มลบ จึงได้ 35 ÷ (-7) = -5

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ตอบ ง	ตอบ ง
19	19.1 บนเส้นจำนวน ถ้าเดินจาก -2 ไปทางขวา 5 หน่วย จะถึงจำนวนใด ก. 7 ข. 3 ค. -3 ง. -7	19.1 บนเส้นจำนวน ถ้า <u>นับ</u> จาก -2 ไปทางขวา 5 หน่วย จะถึงจำนวนใด ก. 7 ข. 3 ค. -3 ง. -7
	ตอบ ข	ตอบ ข
	19.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จำนวนลบบวกกับจำนวนบวก จะได้จำนวนลบเสมอ ข. ต้องบวกค่าสัมบูรณ์ทั้งสองจำนวน $2 + 5 = 7$ ค. เดินไปทางขวา คือ การลบ ดังนั้น $-2 - 5 = -7$ ง. เดินไปทางขวา คือ การบวก ดังนั้น $-2 + 5 = 3$	19.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จำนวนลบบวกกับจำนวนบวก จะได้จำนวนลบเสมอ ข. ต้องบวกค่าสัมบูรณ์ทั้งสองจำนวน $2 + 5 = 7$ ค. <u>นับ</u> ไปทางขวา คือ การลบ ดังนั้น $-2 - 5 = -7$ ง. <u>นับ</u> ไปทางขวา คือ การบวก ดังนั้น $-2 + 5 = 3$
	ตอบ ง	ตอบ ง
22	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. 0 ไม่มีค่า จึงไม่สามารถเปรียบเทียบ กับจำนวนอื่นได้ ข. 0 มีค่ามากกว่าจำนวนเต็มลบ ทุกจำนวน ค. 0 ไม่มีค่า <u>มันว่างเปล่า</u> จึงน้อยกว่าจำนวนเต็มลบ	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. 0 ไม่มีค่า จึงไม่สามารถเปรียบเทียบ กับจำนวนอื่นได้ ข. 0 มีค่ามากกว่าจำนวนเต็มลบ ทุกจำนวน ค. 0 ไม่มีค่า จึงน้อยกว่าจำนวนเต็มลบ ง. 0 เท่ากับจำนวนเต็มลบทุกจำนวน

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ง. 0 เท่ากับจำนวนเต็มลบทุกจำนวน เพราะต่างก็ไม่มีค่า ตอบ ข	เพราะต่างก็ไม่มีค่า ตอบ ข
26	26.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จำนวนลบที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจะมีค่าน้อยกว่า และจำนวนลบทุกจำนวนน้อยกว่า 0 และจำนวนบวก ข. เรียงจำนวนลบจากตัวเลขน้อยไปมาก คือ 1, 3, 8 จึงได้ -1, -3, -8 แล้วตามด้วย 0, 2, 5 ค. จำนวนลบมีค่ามากกว่าจำนวนบวก ง. 0 มีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากไม่มีค่า ตอบ ก	26.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จำนวนลบที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจะมีค่าน้อยกว่า และจำนวนลบทุกจำนวนน้อยกว่า 0 และจำนวนบวก ข. เรียงจำนวนลบจากจำนวนน้อยไปมาก คือ 1, 3, 8 จึงได้ -1, -3, -8 แล้วตามด้วย 0, 2, 5 ค. จำนวนลบมีค่ามากกว่าจำนวนบวก ง. 0 มีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากไม่มีค่า ตอบ ก
28	28.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ในจำนวนเต็มลบ จำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจะมีค่าน้อยกว่า ข. เรียงจำนวนลบจากตัวเลขน้อยไปมาก คือ 1, 3, 7, 10 จึงได้ -1, -3, -7, -10 ค. ต้องเรียงตามลำดับตัวเลขโดยไม่สนใจเครื่องหมาย ง. จำนวนลบทุกจำนวนมีค่าเท่ากัน ตอบ ก	28.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ในจำนวนเต็มลบ จำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจะมีค่าน้อยกว่า ข. เรียงจำนวนลบจากจำนวนน้อยไปมาก คือ 1, 3, 7, 10 จึงได้ -1, -3, -7, -10 ค. ต้องเรียงตามลำดับจำนวนโดยไม่สนใจเครื่องหมาย ง. จำนวนลบทุกจำนวนมีค่าเท่ากัน ตอบ ก

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม		
3	3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $2 + 1 + 4 + 3 = 10$ ข. บวกหลักสิบ $2 + 4 = 5$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 54 ค. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $1 + 3 = 4$ และหลักสิบ $2 + 4 = 6$ ได้ 64 ง. บวกหลักสิบ $2 + 4 = 7$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 74 ตอบ ค	3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $2 + 1 + 4 + 3 = 10$ ข. บวกหลักสิบ $1 + 4 = 5$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 54 ค. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $1 + 3 = 4$ และหลักสิบ $2 + 4 = 6$ ได้ 64 ง. บวกหลักสิบ $3 + 4 = 7$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 74 ตอบ ค
14	14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $9 - 6 = 3$ แล้วใส่ลบ เพราะมีเครื่องหมายลบในโจทย์ ได้ -3 ข. ลบกับลบได้บวก เหมือนกับการคูณ จึงได้ $6 + 9 = 15$ ค. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $6 + 9 = 15$ แล้วใส่ลบ เพราะทั้งคู่ติดลบ ได้ -15 ง. $9 - 6 = 3$ เพราะการบวกก็คือ การหาผลต่าง ตอบ ค	14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $9 - 6 = 3$ แล้วใส่ลบ เพราะมีเครื่องหมายลบในโจทย์ ได้ -3 ข. ลบลบเป็นบวก เหมือนกับการคูณ จึงได้ $6 + 9 = 15$ ค. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $6 + 9 = 15$ แล้วใส่ลบ เพราะทั้งคู่ติดลบ ได้ -15 ง. $9 - 6 = 3$ เพราะการบวกก็คือ การหาผลต่าง ตอบ ค
21	21.1 $25 + 38$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 53 ข. 63 ค. 163 ง. 513	21.1 $25 + 38$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 53 ข. 63 ค. <u>153</u> ง. 513

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ตอบ ข 21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $5+8=13$ เขียน 3 ไ่วหลักหน่วย แล้ว $2+3=5$ ไ่วหลักสิบ ได้ 53 ข. $5+8=13$ เขียน 13 ไ่วเลย แล้ว $2+3=5$ เขียนไ่วข้างหน้า ได้ 163 ค. $5+8=13$ เขียน 3 ไ่วหลักหน่วย ทด 1 ไปหลักสิบ แล้ว $2+3+1=6$ ได้ 63 ง. บวกหลักสิบก่อน $2+3=5$ แล้วบวกหลักหน่วย $5+8=13$ เขียนต่อกัน ได้ 513 ตอบ ค	ตอบ ข 21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $5+8=13$ เขียน 3 ไ่วหลักหน่วย แล้ว $2+3=5$ ไ่วหลักสิบ ได้ 53 ข. $5+8=13$ เขียน 13 ไ่วเลย แล้ว $2+3=5$ เขียนไ่วตรงกลางได้ 153 ค. $5+8=13$ เขียน 3 ไ่วหลักหน่วย ทด 1 ไปหลักสิบ แล้ว $2+3+1=6$ ได้ 63 ง. บวกหลักสิบก่อน $2+3=5$ แล้วบวกหลักหน่วย $5+8=13$ เขียนต่อกัน ได้ 513 ตอบ ค
22	22.1 $47 + 36$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 73 ข. 83 ค. 113 ง. 713 ตอบ ข	22.1 $47 + 36$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 73 ข. 83 ค. <u>713</u> ง. <u>813</u> ตอบ ข
	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $7+6=13$ เขียน 3 ไ่วหลักหน่วย แล้ว $4+3=7$ ไ่วหลักสิบ ได้ 73 ข. $7+6=13$ เขียน 13 ไ่วเลย แล้ว $4+3=7$ บวกกับ 1 จาก 13 ได้ 8 จึงได้ 113 ค. บวกหลักสิบก่อน $4+3=7$ แล้วบวกหลักหน่วย $7+6=13$ เขียนต่อกันได้ 713	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $7+6=13$ เขียน 3 ไ่วหลักหน่วย แล้ว $4+3=7$ ไ่วหลักสิบ ได้ 73 ข. $7+6=13$ เขียน 13 ไ่ว แล้ว $4+3=7$ บวกกับ 1 จาก 13 ได้ 8 จึงได้ <u>813</u> ค. บวกหลักสิบก่อน $4+3=7$ แล้วบวกหลักหน่วย $7+6=13$ เขียนต่อกันได้ 713

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ง. $7+6=13$ เขียน 3 ไว้หลักหน่วย ทด 1 ไปหลักสิบ แล้ว $4+3+1=8$ ได้ 83 ตอบ ง	ง. $7+6=13$ เขียน 3 ไว้หลักหน่วย ทด 1 ไปหลักสิบ แล้ว $4+3+1=8$ ได้ 83 ตอบ ง
เรื่อง การลบจำนวนเต็ม		
7	7.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ค่าสัมบูรณ์ คือ ส่วนกลับของจำนวนนั้น ข. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนลบของมัน ค. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ 0 เสมอ ง. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ ตัวมันเอง <u>เพราะระยะห่างจาก 0 ของ 15 คือ 15</u> ตอบ ง	7.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ค่าสัมบูรณ์ คือ ส่วนกลับของจำนวนนั้น ข. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนลบของมัน ค. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ 0 เสมอ ง. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ ตัวมันเอง ตอบ ง
14	14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ลบกับลบได้บวก จึงเปลี่ยนทั้งคู่เป็นบวก ข. การลบด้วยจำนวนลบเหมือนการบวกด้วยจำนวนบวก ดังนั้น $(-8) - (-5) = (-8) + 5$ ค. การลบด้วยลบ คือ การบวกด้วยลบ ง. นำเครื่องหมายลบออกจากตัวตั้งด้วย ตอบ ข	14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ลบกับลบเป็นบวก จึงเปลี่ยนทั้งคู่เป็นบวก ข. การลบด้วยจำนวนลบเหมือนการบวกด้วยจำนวนบวก ดังนั้น $(-8) - (-5) = (-8) + 5$ ค. การลบด้วยจำนวนลบ คือ การบวกด้วยจำนวนลบ ง. นำเครื่องหมายลบออกจากตัวตั้งด้วย ตอบ ข
15	15.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ลบกับลบได้บวกแต่ต้องเปลี่ยนตัวตั้งเป็นลบ ข. การลบ คือ การเปลี่ยนทั้งตัวตั้งและตัวลบเป็นลบ	15.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ลบกับลบเป็นบวกแต่ต้องเปลี่ยนตัวตั้งเป็นลบ ข. การลบ คือ การเปลี่ยนทั้งตัวตั้งและตัวลบเป็นลบ

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ค. แคนำเครื่องหมายลบออกจากตัวลบ ง. การลบด้วยจำนวนลบเหมือนการบวกด้วยจำนวนบวก ดังนั้น $15 - (-9) = 15 + 9$ ตอบ ง	ค. แคนำเครื่องหมายลบออกจากตัวลบ ง. การลบด้วยจำนวนลบเหมือนการบวกด้วยจำนวนบวก ดังนั้น $15 - (-9) = 15 + 9$ ตอบ ง
16	16.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ลบด้วยจำนวนลบเหมือนบวกด้วยจำนวนบวก ดังนั้น $7 - (-3) = 7 + 3 = 10$ ข. $7 - 3 = 4$ เพราะการลบ คือการลบ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมายของตัวลบ ค. ลบกับลบหักล้างกันเหลือแค่ 7 ง. $7 + 3 = 10$ มีเครื่องหมายลบเยอะ จึงตอบลบ ตอบ ก	16.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ลบด้วยจำนวนลบเหมือนบวกด้วยจำนวนบวก ดังนั้น $7 - (-3) = 7 + 3 = 10$ ข. $7 - 3 = 4$ ไม่ต้องสนใจเครื่องหมายของตัวลบ ค. ลบกับลบหักล้างกัน จึงเหลือ 7 ง. $7 + 3 = 10$ มีเครื่องหมายลบเยอะ จึงตอบลบ ตอบ ก
17	17.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $5 - 3 = 2$ แล้วตัวตั้งเป็นลบ จึงใส่ลบ ได้ -2 ข. $(-5) - 3$ เหมือน $(-5) + (-3)$ คือนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $5 + 3 = 8$ แล้วใส่ลบ ได้ -8 ค. ลบกับลบได้บวก ได้ $5 + 3 = 8$ ง. $5 - 3 = 2$ การลบทำให้ได้บวก ตอบ ข	17.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $5 - 3 = 2$ แล้วตัวตั้งเป็นลบ จึงใส่ลบ ได้ -2 ข. $(-5) - 3$ เหมือน $(-5) + (-3)$ คือนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $5 + 3 = 8$ แล้วใส่ลบ ได้ -8 ค. ลบลบเป็นบวก ได้ $5 + 3 = 8$ ง. $5 - 3 = 2$ การลบทำให้ได้บวก ตอบ ข
20	20.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $12 - 7 = 5$ แล้วตัวตั้งเป็นลบ	20.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $12 - 7 = 5$ แล้วตัวตั้งเป็นลบ

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	จึงใส่ลบ ได้ -5 ข. ลบกับลบได้บวก ได้ $12 + 7 = 19$ ค. $12 - 7 = 5$ การลบทำให้ได้บวก ง. $(-12) - 7$ เหมือน $(-12) + (-7)$ คือ นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $12 + 7 = 19$ แล้ว ใส่ลบ ได้ -19 ตอบ ง	จึงใส่ลบ ได้ -5 ข. ลบลบเป็นบวก ได้ $12 + 7 = 19$ ค. $12 - 7 = 5$ การลบทำให้ได้บวก ง. $(-12) - 7$ เหมือน $(-12) + (-7)$ คือ นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $12 + 7 = 19$ แล้ว ใส่ลบ ได้ -19 ตอบ ง
เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม		
1	1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. $7 \times 8 = 56$ ตามสูตรคูณ เจ็ดแปดห้าหก ข. $7 + 8 = 15$ การคูณ คือ การบวก ค. 7×8 คือ การนำ 7 กับ 8 มาเขียนต่อกัน ได้ 78 ง. $7 \times 8 = 54$ ตามสูตรคูณ เจ็ดแปดห้าสี่ ตอบ ก	1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. $7 \times 8 = 56$ จากสูตรคูณ เจ็ดคูณแปดได้ห้าสิบหก ข. $7 + 8 = 15$ การคูณ คือ การบวก ค. 7×8 คือ การนำ 7 กับ 8 มาเขียนต่อกัน ได้ 78 ง. $7 \times 8 = 54$ จากสูตรคูณ เจ็ดคูณแปดได้ห้าสิบสี่ ตอบ ก
2	2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. $9 + 6 = 15$ การคูณ คือ การบวก ข. $9 \times 6 = 54$ ตามสูตรคูณ เก้าหกห้าสี่ ค. 9×6 คือ การนำ 9 กับ 6 มาเขียนต่อกัน ได้ 96 ง. $9 \times 6 = 56$ ตามสูตรคูณ เก้าหกห้าหก ตอบ ข	2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. $9 + 6 = 15$ การคูณ คือ การบวก ข. $9 \times 6 = 54$ จากสูตรคูณ เก้าคูณหกได้ห้าสิบสี่ ค. 9×6 คือ การนำ 9 กับ 6 มาเขียนต่อกัน ได้ 96 ง. $9 \times 6 = 56$ จากสูตรคูณ เก้าคูณหกได้ห้าสิบหก ตอบ ข
3	3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก	3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	คำตอบดังกล่าว ก. $12 + 5 = 17$ การคูณ คือ การบวก ข. 12×5 คือ การนำ 12 กับ 5 มาเขียนต่อกัน ได้ 125 ค. $12 \times 5 = 60$ คิดจาก $10 \times 5 = 50$ และ $2 \times 5 = 10$ รวม เป็น 60 ง. $12 \times 5 = 55$ คิดจาก $10 \times 5 = 50$ และ $2 \times 5 = 5$ รวมเป็น 55 ตอบ ค	คำตอบดังกล่าว ก. $12 + 5 = 17$ การคูณ คือ การบวก ข. 12×5 คือ การนำ 12 กับ 5 มาเขียนต่อกัน ได้ 125 ค. $12 \times 5 = 60$ คิดจาก $10 \times 5 = 50$ และ $2 \times 5 = 10$ รวม เป็น 60 ง. $12 \times 5 = 55$ คิดจาก $10 \times 5 = 50$ และ $1 \times 5 = 5$ รวมเป็น 55 ตอบ ค
21	21.1 ผลคูณของ $(-3) \times 4 \times (-2)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด ก. จำนวนเต็มลบ เพราะ มีจำนวนลบ อยู่ในโจทย์ ข. จำนวนเต็มบวก เพราะมีจำนวนลบ มากกว่าจำนวนบวก ค. จำนวนเต็มบวก เพราะมีจำนวนลบ 2 ตัว ซึ่งเป็นจำนวนคู่ ง. จำนวนเต็มบวก เพราะผลคูณเป็นบวกเสมอ ตอบ ค	21.1 ผลคูณของ $(-3) \times 4 \times (-2)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด ก. จำนวนเต็มลบ เพราะ มีจำนวนลบ อยู่ในโจทย์ ข. จำนวนเต็มบวก เพราะมีจำนวนลบ มากกว่าจำนวนบวก ค. จำนวนเต็มบวก เพราะมีจำนวนลบ 2 จำนวน ซึ่งเป็นจำนวนคู่ ง. จำนวนเต็มบวก เพราะผลคูณเป็นบวกเสมอ ตอบ ค
	21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. มีจำนวนลบ 2 ตัว (จำนวนคู่) ลบคูณลบ ได้บวก แล้วบวกคูณบวก ได้บวก ผลคูณจึงเป็นบวก ข. ผลคูณเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวคูณ จะเป็นลบหรือบวก ค. มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลคูณจึงเป็นลบ	21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. มีจำนวนลบ 2 จำนวน (จำนวนคู่) ลบคูณลบได้บวก แล้วบวกคูณบวกได้บวก ผลคูณจึงเป็นบวก ข. ผลคูณเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวคูณ จะเป็นลบหรือบวก ค. มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลคูณจึงเป็นลบ

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ง. นับจำนวนลบแล้วมี 2 ตัว ลบมากกว่าบวก ผลคูณจึงเป็นลบ ตอบ ก	ง. นับจำนวนลบแล้วมี 2 จำนวน ลบมากกว่าบวก ผลคูณจึงเป็นลบ ตอบ ก
22	22.1 ผลคูณของ $(-2) \times (-3) \times (-4)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด ก. จำนวนเต็มลบ เพราะมีจำนวนลบ 3 ตัว ซึ่งเป็นจำนวนคี่ ข. จำนวนเต็มลบ เพราะมีแต่จำนวนลบ ทั้งหมด ค. จำนวนเต็มบวก เพราะลบคูณลบ คูณลบได้บวก ง. จำนวนเต็มบวก เพราะผลคูณเป็นบวกเสมอ ตอบ ก	22.1 ผลคูณของ $(-2) \times (-3) \times (-4)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด ก. จำนวนเต็มลบ เพราะมีจำนวนลบ 3 จำนวน ซึ่งเป็นจำนวนคี่ ข. จำนวนเต็มลบ เพราะมีแต่จำนวนลบ ทั้งหมด ค. จำนวนเต็มบวก เพราะลบคูณลบ คูณลบได้บวก ง. จำนวนเต็มบวก เพราะผลคูณเป็นบวกเสมอ ตอบ ก
	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ลบคูณลบคูณลบ ลบทั้งหมดได้บวก ข. มีจำนวนลบ 3 ตัว (จำนวนคี่) ลบคูณลบได้บวก แล้วบวกคูณลบได้ลบ ผลคูณจึงเป็นลบ ค. ผลคูณเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวคูณจะเป็นลบกี่ตัว ง. มีแต่จำนวนลบทั้งหมด ลบหลายตัวก็ยังเป็นลบ ตอบ ข	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ลบคูณลบคูณลบ ลบทั้งหมดได้บวก ข. มีจำนวนลบ 3 จำนวน (จำนวนคี่) ลบคูณลบได้บวก แล้วบวกคูณลบได้ลบ ผลคูณจึงเป็นลบ ค. ผลคูณเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวคูณจะเป็นลบกี่ตัว ง. มีแต่จำนวนลบทั้งหมด ลบหลายตัวก็ยังเป็นลบ ตอบ ข
23	23.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. บวกคูณลบได้บวก เหมือนลบคูณลบ	23.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. บวกคูณลบได้บวก เหมือนลบคูณลบ

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ข. 5 น้อยกว่า 6 ตัวที่มากกว่าเป็นลบ ผลคูณจึงเป็นลบ ค. บวกคูณลบได้ลบ มีจำนวนลบ 1 ตัว (จำนวนคี่) ผลคูณจึงเป็นลบ ง. ผลคูณเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวคูณจะเป็นลบหรือบวก ตอบ ค	ข. 5 น้อยกว่า 6 <u>จำนวน</u>ที่มากกว่าเป็นลบ ผลคูณจึงเป็นลบ ค. บวกคูณลบได้ลบ มีจำนวนลบ 1 <u>จำนวน</u> (จำนวนคี่) ผลคูณจึงเป็นลบ ง. ผลคูณเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวคูณจะเป็นลบหรือบวก ตอบ ค
เรื่อง การหารจำนวนเต็ม		
1	1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. 8 คูณเท่าไรได้ 56 คือ $8 \times 7 = 56$ ดังนั้นคำตอบ คือ 7 ข. $56 - 8 = 48$ การหาร คือ การลบ ค. $56 + 8 = 64$ การหาร คือ การบวก ง. $8 \times 6 = 48$ ดังนั้น $56 \div 8 = 6$ ตอบ ก	1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. 8 คูณ<u>จำนวน</u>ใดได้ 56 คือ $8 \times 7 = 56$ ดังนั้นคำตอบ คือ 7 ข. $56 - 8 = 48$ การหาร คือ การลบ ค. $56 + 8 = 64$ การหาร คือ การบวก ง. $8 \times 6 = 48$ ดังนั้น $56 \div 8 = 6$ ตอบ ก
2	2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. $72 - 9 = 63$ การหาร คือ การลบ ข. 9 คูณเท่าไรได้ 72 คือ $9 \times 8 = 72$ ดังนั้นคำตอบ คือ 8 ค. $72 + 9 = 81$ การหาร คือ การบวก ง. $9 \times 7 = 72$ ดังนั้น $72 \div 9 = 7$ ตอบ ข	2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. $72 - 9 = 63$ การหาร คือ การลบ ข. 9 คูณ<u>จำนวน</u>ใดได้ 72 คือ $9 \times 8 = 72$ ดังนั้นคำตอบ คือ 8 ค. $72 + 9 = 81$ การหาร คือ การบวก ง. $9 \times 7 = 72$ ดังนั้น $72 \div 9 = 7$ ตอบ ข
5	5.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. 9 คูณเท่าไรได้ 81 คือ $9 \times 9 = 81$ ดังนั้นคำตอบ คือ 9 ข. $9 \times 8 = 72$ ดังนั้น $81 \div 9 = 8$	5.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. 9 คูณ<u>จำนวน</u>ใดได้ 81 คือ $9 \times 9 = 81$ ดังนั้นคำตอบ คือ 9 ข. $9 \times 8 = 72$ ดังนั้น $81 \div 9 = 8$

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ค. $81 - 9 = 72$ การหาร คือ การลบ ง. $81 + 9 = 90$ การหาร คือ การบวก ตอบ ก	ค. $81 - 9 = 72$ การหาร คือ การลบ ง. $81 + 9 = 90$ การหาร คือ การบวก ตอบ ก
11	11.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $42 \div 7 = 6$ คำตอบเป็นบวก ข. ลบทั้งคู่ได้ลบ $42 \div 7 = 6$ ใส่ลบ ได้ -6 ค. $(-42) + (-7) = -49$ การหาร คือ การ บวก ง. $42 \times 7 = 294$ การหาร คือ การคูณ ตอบ ก	11.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $42 \div 7 = 6$ คำตอบเป็นบวก ข. <u>เป็นจำนวนลบทั้งสองจำนวน</u> <u>คำตอบเป็นจำนวนลบ</u> $42 \div 7 = 6$ ใส่ลบ ได้ -6 ค. $(-42) + (-7) = -49$ การหาร คือ การ บวก ง. $42 \times 7 = 294$ การหาร คือ การคูณ ตอบ ก
13	13.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ลบทั้งคู่ได้ลบ $48 \div 8 = 6$ ใส่ลบ ได้ -6 ข. ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $48 \div 8 = 6$ คำตอบเป็นบวก ค. $(-48) + (-8) = -56$ การหาร คือ การบวก ง. $48 \times 8 = 384$ การหาร คือ การคูณ ตอบ ข	13.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. <u>เป็นจำนวนลบทั้งสองจำนวนคำตอบเป็น</u> <u>จำนวนลบ</u> $48 \div 8 = 6$ ใส่ลบ ได้ -6 ข. ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $48 \div 8 = 6$ คำตอบเป็นบวก ค. $(-48) + (-8) = -56$ การหาร คือ การบวก ง. $48 \times 8 = 384$ การหาร คือ การคูณ ตอบ ข
14	14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. ลบทั้งคู่ได้ลบ $56 \div 7 = 8$ ใส่ลบ ได้ -8 ข. $(-56) - (-7) = -49$ การหาร คือ การลบ ค. $56 \times 7 = 392$ การหาร คือ การคูณ	14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือก คำตอบดังกล่าว ก. <u>เป็นจำนวนลบทั้งสองจำนวน คำตอบเป็น</u> <u>จำนวนลบ</u> $56 \div 7 = 8$ ใส่ลบ ได้ -8 ข. $(-56) - (-7) = -49$ การหาร คือ การลบ

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ง. ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $56 \div 7 = 8$ คำตอบเป็นบวก ตอบ ง	ค. $56 \times 7 = 392$ การหาร คือ การคูณ ง. ลบหารลบได้บวก ดังนั้น $56 \div 7 = 8$ คำตอบเป็นบวก ตอบ ง
20	20.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $(-25) + (-25) = -50$ การหารก็คือการบวก ข. จำนวนลบเดียวกันหารกัน ก็ได้ -1 ค. จำนวนเดียวกันหารกัน ตัดกันหมด ได้ 0 ง. จำนวนเดียวกันหารกันได้ผลลัพธ์เป็น 1 เสมอ ไม่ว่าจะเป็นจำนวนบวกหรือลบ ตอบ ง	20.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $(-25) + (-25) = -50$ การหารก็คือการบวก ข. จำนวนลบเดียวกันหารกัน ได้ -1 ค. จำนวนเดียวกันหารกัน ตัดกันหมด ได้ 0 ง. จำนวนเดียวกันหารกันได้ผลลัพธ์เป็น 1 เสมอ ไม่ว่าจะเป็นจำนวนบวกหรือลบ ตอบ ง
21	21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ลบหารบวกได้บวก เหมือนลบคูณบวก ข. ตัวตั้งมีค่าสมบูรณ์มากกว่าตัวหาร ผลหารจึงเป็นลบ ค. ผลหารเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวตั้งหรือตัวหารจะเป็นลบ ง. ลบหารบวกได้ลบ มีจำนวนลบ 1 ตัว (จำนวนคี่) ผลหารจึงเป็นลบ ตอบ ง	21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ลบหารบวกได้บวก เหมือนลบคูณบวก ข. ตัวตั้งมีค่าสมบูรณ์มากกว่าตัวหาร ผลหารจึงเป็นลบ ค. ผลหารเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวตั้งหรือตัวหารจะเป็นลบ ง. ลบหารบวกได้ลบ มีจำนวนลบ <u>1 จำนวน</u> (จำนวนคี่) ผลหารจึงเป็นลบ ตอบ ง
22	22.1 ผลหารของ $(-48) \div (-6)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด ก. จำนวนเต็มลบ เพราะมีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ข. จำนวนเต็มลบ เพราะลบทั้งคู่จึงได้ลบ ค. จำนวนเต็มบวก เพราะลบหารลบได้บวก	22.1 ผลหารของ $(-48) \div (-6)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด ก. จำนวนเต็มลบ เพราะมีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ข. จำนวนเต็มลบ เพราะเป็นจำนวนลบทั้งสองจำนวน คำตอบเป็นจำนวนลบ

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ง. จำนวนเต็มบวก เพราะผลหารเป็นบวกเสมอ ตอบ ค	ค. จำนวนเต็มบวก เพราะลบหารลบได้บวก ง. จำนวนเต็มบวก เพราะผลหารเป็นบวกเสมอ ตอบ ค
	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลหารจึงเป็นลบ ข. ลบหารลบได้บวก มีจำนวนลบ 2 ตัว (จำนวนคู่) ผลหารจึงเป็นบวก ค. ลบทั้งคู่จึงได้ลบ ง. ผลหารเป็นบวกเสมอ ตอบ ข	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลหารจึงเป็นลบ ข. ลบหารลบได้บวก มีจำนวนลบ <u>2 จำนวน</u> (จำนวนคู่) ผลหารจึงเป็นบวก ค. <u>เป็นจำนวนลบทั้งสองจำนวน</u> คำตอบเป็น <u>จำนวนลบ</u> ง. ผลหารเป็นบวกเสมอ ตอบ ข
25	25.1 ผลหารของ $(-64) \div 8 \div (-2)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด ก. จำนวนเต็มลบ เพราะมีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ข. จำนวนเต็มลบ เพราะจำนวนลบมากกว่าจำนวนบวก ค. จำนวนเต็มบวก เพราะผลหารเป็นบวกเสมอ ง. จำนวนเต็มบวก เพราะมีจำนวนลบ 2 ตัว (จำนวนคู่) ตอบ ง	25.1 ผลหารของ $(-64) \div 8 \div (-2)$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด ก. จำนวนเต็มลบ เพราะมีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ข. จำนวนเต็มลบ เพราะจำนวนลบมากกว่าจำนวนบวก ค. จำนวนเต็มบวก เพราะผลหารเป็นบวกเสมอ ง. จำนวนเต็มบวก เพราะมีจำนวนลบ <u>2 จำนวน</u> (จำนวนคู่) ตอบ ง
	25.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลหารจึงเป็นลบ ข. จำนวนลบมากกว่าจำนวนบวก ผลหารจึงเป็นลบ	25.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. มีจำนวนลบอยู่ในโจทย์ ผลหารจึงเป็นลบ ข. จำนวนลบมากกว่าจำนวนบวก ผลหารจึงเป็นลบ

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
	ค. ผลหารเป็นบวกเสมอ ง. มีจำนวนลบ 2 ตัว (จำนวนคู่) ลบหารบวกได้ลบ แล้วลบหารลบได้บวก ผลหารจึงเป็นบวก ตอบ ง	ค. ผลหารเป็นบวกเสมอ ง. มีจำนวนลบ 2 <u>จำนวน</u> (จำนวนคู่) ลบหารบวกได้ลบ แล้วลบหารลบได้บวก ผลหารจึงเป็นบวก ตอบ ง
เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณ		
8	8.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวก เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับตัวไหนก็ได้ ผลลัพธ์เท่ากัน ข. สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน ค. วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน ง. $6 + (-5) = 6 + 5 = 11$ ตอบ ก	8.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวก เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับ<u>จำนวนใดก็ได้</u> ผลลัพธ์เท่ากัน ข. สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน ค. วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน ง. $6 + (-5) = 6 + 5 = 11$ ตอบ ก
9	9.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน ข. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการคูณ เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับตัวไหนก็ได้ ผลลัพธ์เท่ากัน ค. สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน ง. $(-3) \times (-10) = -30$ ตอบ ข	9.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน ข. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการ<u>บวก</u> เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับจำนวนใดก็ได้ ผลลัพธ์เท่ากัน ค. สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน ง. $(-3) \times (-10) = -30$ ตอบ ข
10	10.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน ข. $(-4) + (-6) = 10$ แล้ว $7 + 10 = 17$ ค. สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน	10.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน ข. $(-4) + (-6) = 10$ แล้ว $7 + 10 = 17$ ค. สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน

ข้อ	ข้อคำถามเดิม	ข้อคำถามที่ปรับปรุง
ง.	สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวก เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับตัวไหนก็ได้ ผลลัพธ์เท่ากัน	ง. สมบัติการเปลี่ยนหมู่ของการบวก เปลี่ยนวงเล็บไปจับคู่กับจำนวนใดก็ได้ ผลลัพธ์เท่ากัน
ตอบ ง		ตอบ ง

ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน มีความเห็นสอดคล้องกันว่าข้อสอบทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($IOC \geq 0.50$) โดยผู้วิจัยได้ปรับปรุงข้อคำถามจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังตาราง 21 ทำให้ได้แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ฉบับสมบูรณ์ จำนวน 6 เรื่อง พร้อมนำไปหาคุณภาพในระยะที่ 2 ต่อไป

1.6 ผลการทดลองใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผลการทดลองใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาริตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จำนวน 10 คน พบว่า นักเรียนสามารถเข้าใจคำสั่ง ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสมกับระดับวัย ตัวเล็กรมีความชัดเจน และนักเรียนสามารถทำแบบสอบได้ครบทุกข้อ อย่างไรก็ตาม พบว่า นักเรียนไม่สามารถทำแบบสอบทั้ง 6 เรื่อง เรื่องละ 25-35 ข้อ รวม 165 ข้อ ให้แล้วเสร็จในครั้งเดียวได้ เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการทำค่อนข้างนาน ส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้า จึงต้องให้นักเรียนทยอยทำเป็นเรื่อง โดยแต่ละเรื่องใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที ทั้งนี้ สาเหตุสำคัญมาจากการที่นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับรูปแบบของแบบสอบวินิจัยสามระดับ โดยเฉพาะคำถามระดับที่ 2 ระดับเหตุผล ซึ่งเป็นการให้เหตุผลประกอบคำตอบ และคำถามระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ ซึ่งเป็นการประเมินความมั่นใจในคำตอบที่นักเรียนต้องใช้เวลาในการอ่านทำความเข้าใจและตัดสินใจมากกว่าแบบสอบปกติ

1.7 ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

จากผลการทดลองใช้แบบสอบวินิจัยสามระดับในหัวข้อ 1.6 ที่พบว่า แบบสอบมีจำนวนทั้งสิ้น 165 ข้อ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถทำให้แล้วเสร็จทั้ง 6 เรื่องในครั้งเดียวได้ ต้องทยอยทำ ประกอบกับการเก็บข้อมูลในระยะที่ 2 ที่ต้องดำเนินการกับนักเรียนจำนวน 90 คน และระยะที่ 3 ที่ต้อง

ดำเนินการกับนักเรียนจำนวน 1,680 คน จากโรงเรียนสาธิตทั่วประเทศ ซึ่งหากใช้แบบสอบในรูปแบบกระดาษจะมีข้อจำกัดหลายประการทั้งในด้านการจัดส่ง การตรวจให้คะแนน และการวินิจฉัยผลที่ต้องจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มในทุกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งมีความซับซ้อนและใช้เวลามาก หากดำเนินการด้วยมือ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็มในรูปแบบเว็บไซต์ที่ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าทำแบบสอบแต่ละเรื่องแยกกันได้ตามความพร้อม และระบบสามารถดำเนินการให้คะแนนและวินิจฉัยผลได้โดยอัตโนมัติ

The figure displays six screenshots of the Integer Diagnostic System interface, arranged in a 3x2 grid. Each screenshot represents a different level of difficulty (Level 1 to Level 6) for the 'Integer Addition' topic. The interface includes a header with the system name, a student information section, and a series of multiple-choice questions with radio button options. The background features a large circular logo of Mahachulalongkornrajavidyalaya University.

ภาพ 21 แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 6 เรื่อง

1.8 ผลการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบและระบบเว็บไซต์

จากการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อในการศึกษานำร่องด้วยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) (รายละเอียดการวิเคราะห์นำเสนอในตอนท้ายที่ 2) ข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 27 ข้อ ถูกตัดออก คงเหลือข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ โดยคัดเลือกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมละ 3 ข้อ รวมทั้งสิ้น 100 ข้อ จากนั้นผู้วิจัยนำข้อสอบ 100 ข้อ ไปตรวจสอบความเข้าใจภาษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา จำนวน 10 คน ประกอบกับผลจากการสัมภาษณ์ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) พบว่า มีข้อสอบที่ต้องปรับปรุงภาษา จำนวน 31 ข้อ จาก 100 ข้อ ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับปรุงภาษาให้ชัดเจนและเข้าใจง่ายขึ้น ดังแสดงในตาราง 22

ตาราง 22 สรุปผลการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบวินิจฉัยสามระดับจากการศึกษานำร่อง

เนื้อหาข้อ	จำนวนข้อ ที่คัดเลือก	จำนวนข้อที่ปรับปรุง ภาษา	ข้อที่ปรับปรุง
จำนวนเต็ม	18	7	5, 6, 9, 12, 14, 16, 17
การบวกจำนวนเต็ม	15	3	1, 7, 8
การลบจำนวนเต็ม	15	4	5, 8, 9, 10
การคูณจำนวนเต็ม	15	5	1, 2, 13, 14, 15
การหารจำนวนเต็ม	15	9	1, 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, 15
สมบัติของการบวกและ การคูณจำนวนเต็ม	22	3	4, 5, 6
รวม	100	31	-

จากตาราง 22 ข้อสอบที่ปรับปรุงภาษามีจำนวน 31 ข้อ จาก 100 ข้อ โดยเนื้อหาข้อเรื่อง การหารจำนวนเต็มมีจำนวนข้อที่ปรับปรุงมากที่สุด คือ 9 ข้อ ลักษณะการปรับปรุงแก้ไขสามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1. ปรับคำศัพท์ให้ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์ เช่น ปรับจาก “เศษเป็นบวกแต่ส่วนเป็นลบ” เป็น “ตัวเศษเป็นบวกแต่ตัวส่วนเป็นลบ” (ข้อ 5, 6 เนื้อหาข้อจำนวนเต็ม) ปรับจาก “เรียงจำนวนลบจากตัวเลขน้อยไปมาก” เป็น “เรียงจำนวนลบจากจำนวนน้อยไปมาก” (ข้อ 16, 17 เนื้อหาข้อ

จำนวนเต็ม) และปรับจาก “คุณเท่าไรได้” เป็น “คุณจำนวนใดได้” ข้อ 1, 2, 3 เนื้อหาย่อยการหารจำนวนเต็ม)

2. ปรับตัวเลือกเหตุผลในระดับที่ 2 ให้กระชับและสะท้อนความบกพร่องได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่น ปรับจาก “ลบทั้งคู่จึงได้ลบ” เป็น “เป็นจำนวนลบทั้งสองจำนวน คำตอบเป็นจำนวนลบ” (ข้อ 7, 8, 9 เนื้อหาย่อยการหารจำนวนเต็ม) และปรับจาก “ลบลบเป็นบวก จึงได้ $6+9=15$ ” เป็น “ลบลบเป็นบวก เหมือนกับการคูณ จึงได้ $6+9=15$ ” (ข้อ 8 เนื้อหาย่อยการบวกจำนวนเต็ม) เพื่อให้ตัวเลือกที่สะท้อนความบกพร่องสื่อถึงความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนได้ตรงประเด็นยิ่งขึ้น

3. เพิ่มคำอธิบายในตัวเลือกให้ชัดเจนขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มเหตุผลเกี่ยวกับการนับจำนวนลบเป็นจำนวนคู่หรือคี่เพื่อตัดสินเครื่องหมายของผลคูณและผลหาร เช่น ปรับตัวเลือก ค. จาก “จำนวนเต็มบวก” เป็น “จำนวนเต็มบวก เพราะมีจำนวนลบ 2 จำนวน ซึ่งเป็นจำนวนคู่” และปรับเหตุผล ก. จาก “ลบคูณลบได้บวก แล้วบวกคูณบวกได้บวก” เป็น “มีจำนวนลบ 2 จำนวน (จำนวนคู่) ลบคูณลบได้บวก แล้วบวกคูณบวกได้บวก ผลคูณจึงเป็นบวก” (ข้อ 13 เนื้อหาย่อยการคูณจำนวนเต็ม) นอกจากนี้ยังเพิ่มคำอ่านสูตรคูณประกอบตัวเลือก เช่น ปรับจาก “ $7 \times 8 = 56$ ” เป็น “ $7 \times 8 = 56$ จากสูตรคูณ เจ็ดคูณแปดได้ห้าสิบหก” และปรับจาก “ $7 \times 8 = 54$ ” เป็น “ $7 \times 8 = 54$ จากสูตรคูณ เจ็ดคูณแปดได้ห้าสิบสี่” (ข้อ 1 เนื้อหาย่อยการคูณจำนวนเต็ม)

ดำเนินการปรับปรุงแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 100 ข้อ ให้ความพร้อมสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาหลัก (main study) ต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการหาคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผลการหาคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบใน 3 ด้าน โดยใช้ข้อมูลจากทั้งระยะการศึกษานำร่อง (pilot study) และระยะการศึกษาหลัก (main study) และนำเสนอผลจำแนกตามด้านคุณภาพ พร้อมระบุกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละด้าน มีรายละเอียดดังนี้ 1) ความตรง (validity) 2) ความเที่ยง (reliability) และ 3) คุณภาพรายข้อ (item quality) ตามลำดับ ทั้งนี้ การวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และการตรวจสอบความตรงตามสภาพดำเนินการในระยะเวลาการศึกษานำร่อง ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบและการตรวจสอบความเที่ยง ดำเนินการในระยะเวลาการศึกษาหลัก

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

การหาคุณภาพแบบสอบถามในตอนนี้ใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม จำแนกตามลักษณะการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) นักเรียนในระยะเวลาการศึกษานำร่อง จำนวน 90 คน สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) 2) นักเรียนกลุ่มทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง จำนวน 30 คน สำหรับการตรวจสอบความตรงตามสภาพ และ 3) นักเรียนในระยะเวลาการศึกษาหลัก จำนวน 630 คน สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) และการตรวจสอบความเที่ยง โดยรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มนำเสนอไว้ในหัวข้อย่อยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับกลุ่มตัวอย่างในระยะเวลาการศึกษาหลัก ผู้วิจัยเก็บข้อมูลผ่านเว็บไซต์ <https://integer-diagnostic.pages.dev/> กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ จำนวน 15 โรงเรียน ใน 6 ภูมิภาค รวมทั้งหมด 1,575 คน

การนำเสนอข้อมูลจำนวนนักเรียนในส่วนนี้รายงานเป็นรายภูมิภาค เนื่องจากโรงเรียน ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างไม่ประสงค์ให้เปิดเผยข้อมูลเป็นรายโรงเรียน โดยอนุญาตให้นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอข้อมูลจำแนกตามภูมิภาค ดังตาราง 23

ตาราง 23 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ส่งข้อมูลสมบูรณ์ จำแนกตามโรงเรียนและภูมิภาค

ภูมิภาค	จำนวน โรงเรียน	จำนวน เป้าหมาย (คน)	จำนวน ที่ตอบกลับ (คน)	ตอบครบ ทั้ง 6 เนื้อหา (คน)	ร้อยละ ข้อมูล สมบูรณ์
เหนือ	2	210	90	85	40.48
ตะวันออกเฉียงเหนือ	3	315	135	128	40.63
กลาง	3	315	132	124	39.37
ตะวันออก	1	105	44	42	40.00
ตะวันตก	2	210	88	84	40.00
ใต้	4	420	176	167	39.76
รวม	15	1,575	665	630	40.00

จากตาราง 23 จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 1,575 คน จากโรงเรียนสาธิต 15 โรงเรียน ใน 6 ภูมิภาค มีนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามวินิจัยอย่างน้อย 1 เนื้อหาย่อย จำนวน 665 คน ผู้วิจัย คัดเลือกเฉพาะนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามวินิจัยครบทั้ง 6 เนื้อหาย่อย จำนวน 630 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ของจำนวนเป้าหมาย ทั้งนี้ ภูมิภาคที่มีนักเรียนส่งข้อมูลสมบูรณ์มากที่สุด คือ ภาคใต้ จำนวน 167 คน จาก 4 โรงเรียน และภูมิภาคที่มีอัตราข้อมูลสมบูรณ์สูงที่สุด คือ ภาคเหนือ ร้อยละ 40.48 โดยอัตราการตอบกลับที่สมบูรณ์ในภาพรวมร้อยละ 40.00 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการวิจัยที่เก็บข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ ซึ่ง Nulty (2008) รายงานว่าอัตราการตอบกลับเฉลี่ยของแบบสำรวจออนไลน์อยู่ที่ประมาณร้อยละ 33 ดังนั้นอัตราการตอบกลับที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ จึงสูงกว่าค่าเฉลี่ยดังกล่าว

2.1 ผลการตรวจสอบความตรง (validity)

2.1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity)

ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือในระยะการสร้าง โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้วยค่าดัชนี ความสอดคล้อง (IOC) ผลพบว่า แผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 เรื่อง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 และ ข้อคำถามของแบบสอบทุกข้อ มีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($IOC \geq 0.50$) ดังรายละเอียดที่นำเสนอ ในตอนที่ 1 (ตาราง 13 ถึงตาราง 18 และภาคผนวก ข) แสดงว่าแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน มีความตรงเชิงเนื้อหาผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

2.1.2 ความตรงตามสภาพ (concurrent validity) ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจัยด้วยแบบสอบวินิจัยสามระดับกับผลการวินิจัยด้วย เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน จากโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มทดสอบนำร่องในระยะ ที่ 2 ทำแบบสอบวินิจัยสามระดับจำนวน 100 ข้อ ที่ผ่านการคัดเลือกคุณภาพรายข้อแล้ว โดยจำแนก นักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาด ความมั่นใจ (lack of confidence) และ ขาดความรู้ (lack of knowledge) วิเคราะห์จากค่าสัดส่วน ของความสอดคล้อง (percent agreement) มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป และค่า สัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ดังแสดงใน

ตาราง 24 นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาในแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ
ขณะนักเรียนคิดออกเสียงอีกด้วย

ตาราง 24 ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) จำแนกตามเนื้อหาย่อย (n = 30)

เนื้อหาย่อย	สอดคล้อง (คน)	ไม่สอดคล้อง (คน)	percent agreement (%)	Cohen's kappa	ระดับ ความสอดคล้อง
จำนวนเต็ม	28	2	93.33	0.83	สอดคล้องดีมาก
การบวกจำนวนเต็ม	27	3	90.00	0.73	สอดคล้องดี
การลบจำนวนเต็ม	26	4	86.67	0.76	สอดคล้องดี
การคูณจำนวนเต็ม	25	5	83.33	0.70	สอดคล้องดี
การหารจำนวนเต็ม	25	5	83.33	0.72	สอดคล้องดี
สมบัติของการบวก และ การคูณจำนวนเต็ม	24	6	80.00	0.69	สอดคล้องดี
ภาพรวม	155	25	86.11	0.74	สอดคล้องดี

จากตาราง 24 ผลการตรวจสอบความตรงตามสภาพ (concurrent validity) ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง พบว่า ค่าสัดส่วนของความสอดคล้อง (percent agreement) ในภาพรวมเท่ากับร้อยละ 86.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน ในภาพรวมเท่ากับ 0.74 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.60 อยู่ในระดับสอดคล้องดี เมื่อพิจารณาเป็นรายเนื้อหาย่อย พบว่า ทุกเนื้อหาย่อยมีค่าสัดส่วนของความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาผ่านเกณฑ์ 0.60 ทุกเนื้อหาย่อย แสดงว่าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่องจำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน มีความตรงตามสภาพ (concurrent validity) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกเนื้อหาย่อย

จากการสังเกตขณะนักเรียนคิดออกเสียง ไม่พบปัญหาด้านภาษาในแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่ส่งผลต่อการตอบข้อสอบ ปัญหาที่พบเป็นเพียงความบกพร่องของนักเรียนเองซึ่งเป็นลักษณะความบกพร่องที่แบบสอบวินิจฉัยสามระดับมุ่งตรวจสอบอยู่แล้ว

ตาราง 25 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม ($n = 30$)

แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)						รวม
	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	22	0	0	1	1	0	24
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	0	0	0	1	0	0	1
เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	0	0	0	0	1	0	1
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	0	0	0	0	0	4	4
รวม	22	0	0	2	2	4	30

จากตาราง 25 พบว่า ผลการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม มีผลวินิจฉัยตรงกับผลการวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง จำนวน 28 คน ได้แก่ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) จำนวน 22 คน กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน

(misconception) จำนวน 1 คน กลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) จำนวน 1 คน และกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) จำนวน 4 คน

ตาราง 26 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม ($n = 30$)

แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)						รวม
	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	22	0	0	2	1	0	25
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	0	0	0	2	0	0	2
เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	0	0	0	0	0	0	0
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	0	0	0	0	0	3	3
รวม	22	0	0	4	1	3	30

จากตาราง 26 พบว่า ผลการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม มีผลวินิจฉัยตรงกับผลการวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง จำนวน 27 คน ได้แก่ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) จำนวน 22 คน กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 2 คน และกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) จำนวน 3 คน

ตาราง 27 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม (n = 30)

แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)						รวม
	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	17	0	0	1	2	0	20
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	1	0	0	3	0	0	4
เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	0	0	0	0	1	0	1
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	0	0	0	0	0	5	5
รวม	18	0	0	4	3	5	30

จากตาราง 27 พบว่า ผลการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม มีผลวินิจฉัยตรงกับผลการวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง จำนวน 26 คน ได้แก่ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) จำนวน 17 คน กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 3 คน กลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) จำนวน 1 คน และกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) จำนวน 5 คน

ตาราง 28 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม ($n = 30$)

แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)						รวม
	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	17	0	0	0	4	0	21
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	0	0	0	3	0	1	4
เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	0	0	0	0	2	0	2
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	0	0	0	0	0	3	3

เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)							
แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	รวม
รวม	17	0	0	3	6	4	30

จากตาราง 28 พบว่า ผลการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม มีผลวินิจฉัยตรงกับผลการวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง จำนวน 25 คน ได้แก่ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) จำนวน 17 คน กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 3 คน กลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) จำนวน 2 คน และกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) จำนวน 3 คน

ตาราง 29 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม (n = 30)

เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)							
แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	รวม
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	16	0	0	0	3	0	19
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	1	0	0	0	1

เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)							
แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	รวม
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	1	0	0	3	0	1	5
เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	0	0	0	0	2	0	2
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	0	0	0	0	0	3	3
รวม	17	0	1	3	5	4	30

จากตาราง 29 พบว่า ผลการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม มีผลวินิจฉัยตรงกับผลการวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง จำนวน 25 คน ได้แก่ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) จำนวน 16 คน กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบ ผิดเชิงลบ (misconception-false negative) จำนวน 1 คน กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 3 คน กลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) จำนวน 2 คน และกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) จำนวน 3 คน

ตาราง 30 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ($n = 30$)

เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)							
แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	รวม
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	14	0	0	1	3	0	18
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน	0	0	0	0	0	0	0

เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)							
แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	รวม
แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)							
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบ ผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	1	0	0	3	0	0	4
เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	0	0	0	0	2	0	2
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	0	0	0	0	1	5	6
รวม	15	0	0	4	6	5	30

จากตาราง 30 พบว่า ผลการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม มีผลวินิจฉัยตรงกับผลการวินิจฉัยโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง จำนวน 24 คน ได้แก่ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) จำนวน 14 คน กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 3 คน กลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) จำนวน 2 คน และกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) จำนวน 5 คน

ตาราง 31 ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในภาพรวม
เรื่อง จำนวนเต็ม ($n = 30$)

แบบสอบวินิจฉัย สามระดับ	เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud)						รวม
	มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception)	เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความ มั่นใจ (lack of confidence)	ขาดความรู้ (lack of knowledge)	
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	108	0	0	5	14	0	127
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	0	0	0	0
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	1	0	0	0	1
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	3	0	0	15	0	2	20
เดาถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	0	0	0	0	8	0	8
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	0	0	0	0	1	23	24
รวม	113	0	2	26	15	24	180

จากตาราง 31 พบว่า ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง ภาพรวม เรื่อง จำนวนเต็ม นักเรียน 30 คน จากเนื้อหาละเอียด 6 เรื่อง จำนวน 180 คู่ การเปรียบเทียบมีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกันจำนวน 155 คู่ คิดเป็นร้อยละ 86.11 ของคู่เปรียบเทียบทั้งหมด

2.1.3 ผลการวิเคราะห์ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน

ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสามระดับตรงกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำแนกตามเนื้อหาย่อย ดังแสดงในตาราง 32 ถึง 37

ตาราง 32 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม

เนื้อหา ย่อย	กลุ่ม	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยแบบสอบ (คน)	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยเทคนิค การคิดออกเสียง (คน)	จำนวนที่ ผลวินิจฉัย ตรงกัน (คน)	ร้อยละ ที่ ตรงกัน
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)		0	0	0	-
จำนวน เต็ม	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	1	2	1	100.00

จากตาราง 32 พบว่า ในเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน

(misconception) จำนวน 1 คน จากทั้งหมด 1 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ไม่มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)

ตาราง 33 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

เนื้อหา ย่อย	กลุ่ม	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยแบบสอบ (คน)	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยเทคนิค การคิดออกเสียง (คน)	จำนวนที่ ผลวินิจฉัย ตรงกัน (คน)	ร้อยละ ที่ ตรงกัน
การบวก จำนวน เต็ม	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	2	4	2	100.00

จากตาราง 33 พบว่า ในเนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 2 คน จากทั้งหมด 2 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ไม่มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)

ตาราง 34 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

เนื้อหา ย่อย	กลุ่ม	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยแบบสอบ (คน)	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยเทคนิค การคิดออกเสียง (คน)	จำนวนที่ ผลวินิจฉัย ตรงกัน (คน)	ร้อยละ ที่ ตรงกัน
การลบ จำนวน เต็ม	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	4	4	3	75.00

จากตาราง 34 พบว่า ในเนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 3 คน จากทั้งหมด 4 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 ไม่มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)

ตาราง 35 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม

เนื้อหา ย่อย	กลุ่ม	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยแบบสอบ (คน)	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยเทคนิค การคิดออกเสียง (คน)	จำนวนที่ ผลวินิจฉัย ตรงกัน (คน)	ร้อยละ ที่ ตรงกัน
การคูณ จำนวน เต็ม	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	4	3	3	75.00

จากตาราง 35 พบว่า ในเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัย ที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 3 คน จากทั้งหมด 4 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 ไม่มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)

ตาราง 36 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม

เนื้อหา ย่อย	กลุ่ม	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยแบบสอบ (คน)	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยเทคนิค การคิดออกเสียง (คน)	จำนวนที่ ผลวินิจฉัย ตรงกัน (คน)	ร้อยละ ที่ ตรงกัน
การหาร จำนวน เต็ม	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	1	1	1	100.00
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	5	3	3	60.00

จากตาราง 36 พบว่า ในเนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) จำนวน 1 คน จากทั้งหมด 1 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 3 คน จากทั้งหมด 5 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 ไม่มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)

ตาราง 37 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

เนื้อหา ย่อย	กลุ่ม	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยแบบสอบ (คน)	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยเทคนิค การคิดออกเสียง (คน)	จำนวนที่ ผลวินิจฉัย ตรงกัน (คน)	ร้อยละ ที่ ตรงกัน
สมบัติของ การบวก และ การคูณ จำนวน เต็ม	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	0	0	0	-
	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	4	4	3	75.00

จากตาราง 37 พบว่า ในเนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 3 คน จากทั้งหมด 4 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00 ไม่มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)

ตาราง 38 ร้อยละของผลการวินิจฉัยที่ตรงกันระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับเทคนิคการคิดออกเสียงในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในภาพรวม เรื่อง จำนวนเต็ม

กลุ่ม	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยแบบสอบ (คน)	จำนวนที่ ถูกวินิจฉัย ด้วยเทคนิค การคิดออกเสียง (คน)	จำนวนที่ ผลวินิจฉัย ตรงกัน (คน)	ร้อยละ ที่ ตรงกัน
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	0	0	0	-
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	1	1	1	100.00
มโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	20	20	15	75.00
	21	21	16	76.19

จากตาราง 38 เมื่อพิจารณาภาพรวม เรื่อง จำนวนเต็ม ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับตรงกับผลการวินิจฉัยจากเทคนิคการคิดออกเสียง ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทั้งสามกลุ่มรวมกัน จำนวน 16 คน จากทั้งหมด 21 คน คิดเป็นร้อยละ 76.19 สามารถจำแนกได้ ดังนี้ ไม่มีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีนักเรียนที่มีผลวินิจฉัยตรงกันอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) จำนวน 1 คน จากทั้งหมด 1 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 และ มีนักเรียนที่มีผลวินิจฉัยตรงกันอยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) จำนวน 15 คน จากทั้งหมด 20 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00

2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (item quality)

ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบ โดยเริ่มจากการคัดกรองข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ในระยะการศึกษานำร่อง ($n = 90$) แล้วยืนยันคุณภาพของข้อสอบที่คัดเลือกไว้ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ในระยะการศึกษาหลัก ($n = 630$) พร้อมทั้งวิเคราะห์ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ($n = 90$)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 6 เรื่อง รวม 165 ข้อ โดยวิเคราะห์จากคะแนนระดับเนื้อหา พิจารณาจากค่าความยาก (p) มีเกณฑ์การพิจารณาอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้เทคนิคกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ 27% มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Wiersma & Jurs, 1990) ข้อสอบที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ทั้งสองตัวชี้วัดจะได้รับการพิจารณาคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาหลัก โดยมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้ คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก จากนั้นพิจารณาค่าอำนาจจำแนกเป็นสำคัญ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด 3 ลำดับแรกในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ยกเว้นจุดประสงค์ที่ 6 ของเนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ซึ่งมีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ จึงคัดเลือก 7 ข้อ เพื่อให้ครอบคลุมทุกสมบัติที่ต้องการวัด ทั้งนี้ เหตุผลที่คัดเลือกข้อสอบจุดประสงค์ละ 3 ข้อ เนื่องจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับมีจำนวนข้อสอบรวมทั้งสิ้น 165 ข้อ ซึ่งหากนำไปใช้ทั้งหมดจะทำให้นักเรียนต้องใช้เวลาในการทำข้อสอบเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้า จนเกิดความเบื่อหน่าย ซึ่งจะกระทบต่อความตั้งใจในการตอบข้อสอบและทำให้ผลการวินิจฉัยไม่สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน จากการทดสอบนำร่อง พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 90 คน ใช้เวลาในการทำแบบสอบวินิจฉัยครบทั้ง 6 เรื่องเป็นระยะเวลาเกือบ 1 สัปดาห์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพดีที่สุดในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อลดจำนวนข้อสอบให้เหลือจำนวนที่เหมาะสม โดยยังคงรักษาความครอบคลุมของเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมทุกข้อไว้อย่างครบถ้วน ดังแสดงในตาราง 39 ถึง 44

ตาราง 39 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม (n = 90)

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
1	1	0.53	0.46	ผ่าน	✓
	2	0.50	0.71	ผ่าน	✓
	3	0.11	0.08	ไม่ผ่าน	
	4	0.44	0.17	ไม่ผ่าน	
	5	0.50	0.67	ผ่าน	✓
2	6	0.54	0.67	ผ่าน	✓
	7	0.41	0.50	ผ่าน	
	8	0.34	0.42	ผ่าน	
	9	0.43	0.79	ผ่าน	✓
	10	0.48	0.67	ผ่าน	✓
3	11	0.48	0.71	ผ่าน	✓
	12	0.46	0.62	ผ่าน	✓
	13	0.40	0.83	ผ่าน	✓
	14	0.37	0.33	ผ่าน	
	15	0.46	0.54	ผ่าน	
4	16	0.40	0.71	ผ่าน	✓
	17	0.86	0.04	ไม่ผ่าน	
	18	0.48	0.71	ผ่าน	✓
	19	0.44	0.71	ผ่าน	✓
	20	0.44	0.46	ผ่าน	
5	21	0.48	0.62	ผ่าน	✓
	22	0.51	0.83	ผ่าน	✓
	23	0.84	0.04	ไม่ผ่าน	
	24	0.46	0.83	ผ่าน	✓
	25	0.40	0.46	ผ่าน	
6	26	0.39	0.67	ผ่าน	✓
	27	0.46	0.42	ผ่าน	

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
	28	0.43	0.75	ผ่าน	✓
	29	0.39	0.58	ผ่าน	✓
	30	0.17	0.12	ไม่ผ่าน	

จากตาราง 39 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 30 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ในเกณฑ์ 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 25 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 3 ($p = 0.11$, $D = 0.08$), ข้อที่ 4 ($p = 0.44$, $D = 0.17$), ข้อที่ 17 ($p = 0.86$, $D = 0.04$), ข้อที่ 23 ($p = 0.84$, $D = 0.04$) และ ข้อที่ 30 ($p = 0.17$, $D = 0.12$) ผู้วิจัย คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ จุดประสงค์ละ 3 ข้อโดยพิจารณาจากข้อที่มีค่าอำนาจ จำแนก สูงสุด รวมทั้งสิ้น 18 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 28 และ 29 ข้อสอบที่คัดเลือกมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.39–0.54 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.46–0.83

ตาราง 40 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม ($n = 90$)

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
1	1	0.50	0.42	ผ่าน	
	2	0.46	0.21	ผ่าน	
	3	0.47	0.54	ผ่าน	✓
	4	0.60	0.62	ผ่าน	✓
	5	0.43	0.79	ผ่าน	✓
2	6	0.52	0.67	ผ่าน	✓
	7	0.51	0.79	ผ่าน	✓
	8	0.10	0.17	ไม่ผ่าน	
	9	0.46	0.29	ผ่าน	
	10	0.42	0.67	ผ่าน	✓
3	11	0.12	0.12	ไม่ผ่าน	
	12	0.48	0.08	ไม่ผ่าน	

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
4	13	0.47	0.75	ผ่าน	✓
	14	0.48	0.67	ผ่าน	✓
	15	0.48	0.58	ผ่าน	✓
	16	0.90	0.08	ไม่ผ่าน	
	17	0.46	0.21	ผ่าน	
	18	0.51	0.71	ผ่าน	✓
5	19	0.49	0.75	ผ่าน	✓
	20	0.40	0.83	ผ่าน	✓
	21	0.44	0.58	ผ่าน	✓
	22	0.47	0.42	ผ่าน	✓
	23	0.12	0.25	ไม่ผ่าน	
	24	0.43	0.75	ผ่าน	✓
	25	0.47	0.37	ผ่าน	

จากตาราง 40 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม จำนวน 25 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ในเกณฑ์ 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 20 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 8 ($p = 0.10$, $D = 0.17$), ข้อที่ 11 ($p = 0.12$, $D = 0.12$), ข้อที่ 12 ($p = 0.48$, $D = 0.08$), ข้อที่ 16 ($p = 0.90$, $D = 0.08$) และข้อที่ 23 ($p = 0.12$, $D = 0.25$) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ จุดประสงค์ละ 3 ข้อ โดยพิจารณาจากข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 3, 4, 5, 6, 7, 10, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22 และ 24 ข้อสอบที่คัดเลือกมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.40–0.60 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.42–0.83

ตาราง 41 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม (n = 90)

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
1	1	0.52	0.71	ผ่าน	✓
	2	0.43	0.67	ผ่าน	✓
	3	0.41	0.33	ผ่าน	
	4	0.87	0.21	ไม่ผ่าน	
	5	0.49	0.62	ผ่าน	✓
2	6	0.44	0.58	ผ่าน	✓
	7	0.42	0.62	ผ่าน	✓
	8	0.11	0.12	ไม่ผ่าน	
	9	0.47	0.71	ผ่าน	✓
	10	0.41	0.25	ผ่าน	
3	11	0.39	0.50	ผ่าน	
	12	0.44	0.38	ผ่าน	
	13	0.42	0.54	ผ่าน	✓
	14	0.57	0.88	ผ่าน	✓
	15	0.48	0.67	ผ่าน	✓
4	16	0.40	0.62	ผ่าน	✓
	17	0.46	0.75	ผ่าน	✓
	18	0.49	0.17	ไม่ผ่าน	
	19	0.33	0.46	ผ่าน	
	20	0.44	0.75	ผ่าน	✓
5	21	0.38	0.67	ผ่าน	✓
	22	0.51	0.67	ผ่าน	✓
	23	0.57	0.46	ผ่าน	
	24	0.44	0.46	ผ่าน	
	25	0.42	0.92	ผ่าน	✓

จากตาราง 41 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม จำนวน 25 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ในเกณฑ์ 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 22 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 4 ($p = 0.87$, $D = 0.21$), ข้อที่ 8 ($p = 0.11$, $D = 0.12$) และข้อที่ 18 ($p = 0.49$, $D = 0.17$) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ จุดประสงค์ละ 3 ข้อ โดยพิจารณาจากข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22 และ 25 ข้อสอบที่คัดเลือกมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38–0.57 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.54–0.92

ตาราง 42 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม ($n = 90$)

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
1	1	0.47	0.83	ผ่าน	✓
	2	0.42	0.67	ผ่าน	✓
	3	0.53	0.79	ผ่าน	✓
	4	0.48	0.58	ผ่าน	
	5	0.37	0.29	ผ่าน	
2	6	0.52	0.62	ผ่าน	✓
	7	0.12	0.12	ไม่ผ่าน	
	8	0.53	0.62	ผ่าน	✓
	9	0.49	0.54	ผ่าน	
	10	0.51	0.62	ผ่าน	✓
3	11	0.47	0.71	ผ่าน	✓
	12	0.86	0.12	ไม่ผ่าน	
	13	0.39	0.71	ผ่าน	✓
	14	0.40	0.42	ผ่าน	
	15	0.44	0.71	ผ่าน	✓
4	16	0.41	0.62	ผ่าน	✓
	17	0.52	0.13	ไม่ผ่าน	
	18	0.46	0.54	ผ่าน	✓

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
5	19	0.06	0.08	ไม่ผ่าน	
	20	0.36	0.71	ผ่าน	✓
	21	0.49	0.71	ผ่าน	✓
	22	0.40	0.58	ผ่าน	✓
	23	0.42	0.67	ผ่าน	✓
	24	0.43	0.42	ผ่าน	
	25	0.41	0.54	ผ่าน	

จากตาราง 42 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม จำนวน 25 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ในเกณฑ์ 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 21 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 7 ($p = 0.12$, $D = 0.12$), ข้อที่ 12 ($p = 0.86$, $D = 0.12$), ข้อที่ 17 ($p = 0.52$, $D = 0.13$) และข้อที่ 19 ($p = 0.06$, $D = 0.08$) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ จุดประสงค์ละ 3 ข้อ โดยพิจารณาจากข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 20, 21, 22 และ 23 ข้อสอบที่คัดเลือกมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.36–0.53 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.54–0.83

ตาราง 43 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม ($n = 90$)

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
1	1	0.50	0.71	ผ่าน	✓
	2	0.42	0.71	ผ่าน	✓
	3	0.41	0.50	ผ่าน	
	4	0.87	0.12	ไม่ผ่าน	
	5	0.41	0.62	ผ่าน	✓
2	6	0.48	0.62	ผ่าน	✓
	7	0.50	0.71	ผ่าน	✓
	8	0.10	0.04	ไม่ผ่าน	
	9	0.48	0.42	ผ่าน	

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
3	10	0.44	0.67	ผ่าน	✓
	11	0.44	0.75	ผ่าน	✓
	12	0.61	0.08	ไม่ผ่าน	
	13	0.49	0.67	ผ่าน	✓
	14	0.50	0.79	ผ่าน	✓
4	15	0.33	0.58	ผ่าน	
	16	0.43	0.58	ผ่าน	
	17	0.08	0.17	ไม่ผ่าน	
	18	0.50	0.67	ผ่าน	✓
	19	0.47	0.71	ผ่าน	✓
5	20	0.44	0.83	ผ่าน	✓
	21	0.50	0.79	ผ่าน	✓
	22	0.48	0.71	ผ่าน	✓
	23	0.56	0.54	ผ่าน	
	24	0.43	0.46	ผ่าน	
	25	0.43	0.71	ผ่าน	✓

จากตาราง 43 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม จำนวน 25 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ในเกณฑ์ 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 21 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 4 ($p = 0.87$, $D = 0.12$), ข้อที่ 8 ($p = 0.10$, $D = 0.04$), ข้อที่ 12 ($p = 0.61$, $D = 0.08$) และข้อที่ 17 ($p = 0.08$, $D = 0.17$) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่าน เกณฑ์ จุดประสงค์ละ 3 ข้อ โดยพิจารณาจากข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด รวมทั้งสิ้น 15 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22 และ 25 ข้อสอบที่คัดเลือกมีค่าความยาก อยู่ระหว่าง 0.41–0.50 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.62–0.83

ตาราง 44 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณ
จำนวนเต็ม ($n = 90$)

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
1	1	0.40	0.67	ผ่าน	✓
	2	0.48	0.12	ไม่ผ่าน	
	3	0.46	0.42	ผ่าน	
	4	0.49	0.75	ผ่าน	✓
	5	0.48	0.71	ผ่าน	✓
2	6	0.40	0.38	ผ่าน	
	7	0.17	0.17	ไม่ผ่าน	
	8	0.39	0.62	ผ่าน	✓
	9	0.42	0.75	ผ่าน	✓
	10	0.40	0.75	ผ่าน	✓
3	11	0.49	0.17	ไม่ผ่าน	
	12	0.44	0.75	ผ่าน	✓
	13	0.40	0.75	ผ่าน	✓
	14	0.48	0.58	ผ่าน	✓
	15	0.44	0.38	ผ่าน	
4	16	0.40	0.33	ผ่าน	
	17	0.47	0.79	ผ่าน	✓
	18	0.80	0.08	ไม่ผ่าน	
	19	0.47	0.58	ผ่าน	✓
	20	0.48	0.62	ผ่าน	✓
5	21	0.51	0.58	ผ่าน	✓
	22	0.39	0.71	ผ่าน	✓
	23	0.43	0.46	ผ่าน	
	24	0.44	0.50	ผ่าน	✓
	25	0.44	0.29	ผ่าน	
6	26	0.42	0.62	ผ่าน	✓

จุดประสงค์ที่	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ผลการพิจารณา	คัดเลือก
	27	0.50	0.88	ผ่าน	✓
	28	0.42	0.67	ผ่าน	✓
	29	0.49	0.54	ผ่าน	✓
	30	0.38	0.58	ผ่าน	✓
	31	0.12	0.04	ไม่ผ่าน	
	32	0.43	0.04	ไม่ผ่าน	
	33	0.44	0.67	ผ่าน	✓
	34	0.48	0.50	ผ่าน	
	35	0.38	0.58	ผ่าน	✓

จากตาราง 44 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม จำนวน 35 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มี ค่าความยาก (p) อยู่ในเกณฑ์ 0.20–0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 29 ข้อ และข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 2 ($p = 0.48$, $D = 0.12$), ข้อที่ 7 ($p = 0.17$, $D = 0.17$), ข้อที่ 11 ($p = 0.49$, $D = 0.17$), ข้อที่ 18 ($p = 0.80$, $D = 0.08$), ข้อที่ 31 ($p = 0.12$, $D = 0.04$) และข้อที่ 32 ($p = 0.43$, $D = 0.04$) ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ จุดประสงค์ละ 3 ข้อ ยกเว้นจุดประสงค์ที่ 6 คัดเลือก 7 ข้อ เพื่อให้ครอบคลุมทุกสมบัติที่ต้องการวัด โดยพิจารณาจากข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด รวมทั้งสิ้น 22 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 33 และ 35 ข้อสอบที่คัดเลือกมีค่าความยาก อยู่ระหว่าง 0.38–0.51 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.50–0.88

โดยสรุป จากการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 6 เนื้อหาย่อย รวมทั้งสิ้น 165 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 138 ข้อ ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบจุดประสงค์ละ 3 ข้อ ยกเว้น จุดประสงค์ที่ 6 ของเนื้อหาย่อยที่ 6 เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม คัดเลือก 7 ข้อ โดยพิจารณาจากข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุด รวมทั้งสิ้น 100 ข้อ

ตาราง 45 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทั้ง 6 เรื่อง (n = 90)

เนื้อหาข้อ	ทั้งหมด (ข้อ)	ผ่านเกณฑ์ (ข้อ)	ไม่ผ่านเกณฑ์ (ข้อ)	คัดเลือก (ข้อ)	ร้อยละที่ผ่าน
จำนวนเต็ม	30	25	5	18	83.33
การบวกจำนวนเต็ม	25	20	5	15	80.00
การลบจำนวนเต็ม	25	22	3	15	88.00
การคูณจำนวนเต็ม	25	21	4	15	84.00
การหารจำนวนเต็ม	25	21	4	15	84.00
สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	35	29	6	22	82.86
รวม	165	138	27	100	83.64

จากตาราง 45 พบว่า แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 165 ข้อ มีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 138 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 83.64 ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมละ 3 ข้อ โดยพิจารณาจากข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์คุณภาพและมีค่าอำนาจจำแนกสูงสุดเป็นลำดับแรก รวมทั้งสิ้น 100 ข้อ เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาหลัก (main Study) ทั้งนี้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ 6 ของเนื้อหาข้อสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม คัดเลือกไว้ 7 ข้อ เนื่องจากมีข้อสอบจำนวน 10 ข้อ ซึ่งครอบคลุมสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

2.2.2 คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT 3PLM) (n = 630)

ผู้วิจัยนำข้อมูลผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ของนักเรียน 630 คน มาวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ (3PLM) ด้วยโปรแกรม IRTPRO โดยพิจารณาจากเกณฑ์ 3 ประการ ได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก (discrimination parameter: a) เกณฑ์ 0.50-2.50 ค่าความยาก (difficulty parameter: b) เกณฑ์ -2.50 ถึง +2.50 และค่าความน่าจะเป็นในการเดา (guessing parameter: c) เกณฑ์ไม่เกิน 0.30 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2563; Baker, 2001) ดังตาราง 46 ถึง 51

ตาราง 46 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม (n = 630)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (a)	ค่าความยาก (b)	ค่าการเดา (c)	ผลการพิจารณา	หมายเหตุ
1	2.20	-1.72	0.19	ผ่าน	-
2	1.91	-1.84	0.19	ผ่าน	-
3	1.69	-1.51	0.16	ผ่าน	-
4	2.05	-1.26	0.16	ผ่าน	-
5	1.69	-1.73	0.18	ผ่าน	-
6	1.85	-1.39	0.15	ผ่าน	-
7	1.44	-1.37	0.16	ผ่าน	-
8	2.18	-0.92	0.09	ผ่าน	-
9	1.67	-1.08	0.14	ผ่าน	-
10	1.69	-1.37	0.12	ผ่าน	-
11	1.83	-1.64	0.17	ผ่าน	-
12	1.47	-1.34	0.18	ผ่าน	-
13	1.38	-1.75	0.17	ผ่าน	-
14	1.54	-1.45	0.16	ผ่าน	-
15	1.86	-1.76	0.15	ผ่าน	-
16	1.50	-1.38	0.15	ผ่าน	-
17	1.49	-1.58	0.15	ผ่าน	-
18	1.79	-1.46	0.16	ผ่าน	-

หมายเหตุ: เกณฑ์ผ่าน: a = 0.50-2.50, b = -2.50 ถึง +2.50, c ≤ 0.30

จากตาราง 46 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 18 ข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 1.38-2.20 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -1.84 ถึง -0.92 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.09-0.19

ตาราง 47 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม (n = 630)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (a)	ค่าความยาก (b)	ค่าการเดา (c)	ผลการพิจารณา	หมายเหตุ
1	2.02	-1.74	0.17	ผ่าน	-
2	2.36	-1.55	0.15	ผ่าน	-
3	1.44	-2.04	0.20	ผ่าน	-
4	2.11	-1.72	0.15	ผ่าน	-
5	1.49	-1.87	0.16	ผ่าน	-
6	1.83	-1.32	0.18	ผ่าน	-
7	1.20	-2.18	0.18	ผ่าน	-
8	1.23	-1.92	0.20	ผ่าน	-
9	2.08	-1.34	0.15	ผ่าน	-
10	1.28	-1.70	0.19	ผ่าน	-
11	1.67	-1.62	0.18	ผ่าน	-
12	2.01	-1.52	0.19	ผ่าน	-
13	1.51	-1.63	0.16	ผ่าน	-
14	2.36	-1.31	0.20	ผ่าน	-
15	2.10	-1.22	0.18	ผ่าน	-

หมายเหตุ: เกณฑ์ผ่าน: a = 0.50-2.50, b = -2.50 ถึง +2.50, c ≤ 0.30

จากตาราง 47 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม จำนวน 15 ข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 1.20-2.36 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -2.18 ถึง -1.22 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.15-0.20

ตาราง 48 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม (n = 630)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (a)	ค่าความยาก (b)	ค่าการเดา (c)	ผลการพิจารณา	หมายเหตุ
1	1.66	-1.63	0.21	ผ่าน	-
2	1.41	-1.76	0.18	ผ่าน	-
3	1.81	-0.52	0.12	ผ่าน	-
4	2.42	-1.15	0.15	ผ่าน	-
5	1.83	-0.96	0.18	ผ่าน	-
6	1.95	-1.05	0.17	ผ่าน	-
7	1.61	-1.00	0.18	ผ่าน	-
8	1.40	-1.04	0.14	ผ่าน	-
9	2.50	-1.07	0.15	ผ่าน	-
10	2.15	-0.92	0.12	ผ่าน	-
11	1.52	-1.11	0.14	ผ่าน	-
12	1.57	-1.04	0.17	ผ่าน	-
13	1.97	-1.25	0.18	ผ่าน	-
14	2.31	-1.17	0.19	ผ่าน	-
15	2.19	-0.96	0.10	ผ่าน	-

หมายเหตุ: เกณฑ์ผ่าน: a = 0.50-2.50, b = -2.50 ถึง +2.50, c ≤ 0.30

จากตาราง 48 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม จำนวน 15 ข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 1.40-2.50 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -1.76 ถึง -0.52 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.10-0.21

ตาราง 49 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม (n = 630)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (a)	ค่าความยาก (b)	ค่าการเดา (c)	ผลการพิจารณา	หมายเหตุ
1	1.82	-1.93	0.18	ผ่าน	-
2	1.44	-1.95	0.19	ผ่าน	-
3	1.95	-1.86	0.19	ผ่าน	-
4	1.74	-1.98	0.19	ผ่าน	-
5	2.05	-1.70	0.18	ผ่าน	-
6	2.04	-1.64	0.21	ผ่าน	-
7	1.89	-1.31	0.19	ผ่าน	-
8	2.16	-1.19	0.11	ผ่าน	-
9	1.81	-1.83	0.16	ผ่าน	-
10	1.30	-1.77	0.20	ผ่าน	-
11	2.10	-1.66	0.16	ผ่าน	-
12	2.03	-1.46	0.13	ผ่าน	-
13	1.12	-0.98	0.16	ผ่าน	-
14	1.55	-0.86	0.12	ผ่าน	-
15	2.27	-1.34	0.18	ผ่าน	-

หมายเหตุ: เกณฑ์ผ่าน: a = 0.50-2.50, b = -2.50 ถึง +2.50, c ≤ 0.30

จากตาราง 49 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม จำนวน 15 ข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 1.12-2.27 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -1.98 ถึง -0.86 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.11-0.21

ตาราง 50 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม (n = 630)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (a)	ค่าความยาก (b)	ค่าการเดา (c)	ผลการพิจารณา	หมายเหตุ
1	2.48	-1.61	0.17	ผ่าน	-
2	1.49	-1.60	0.14	ผ่าน	-
3	2.16	-1.52	0.21	ผ่าน	-
4	1.77	-1.64	0.17	ผ่าน	-
5	2.27	-1.41	0.16	ผ่าน	-
6	1.53	-1.76	0.20	ผ่าน	-
7	1.60	-1.78	0.22	ผ่าน	-
8	2.36	-1.57	0.15	ผ่าน	-
9	0.98	-2.28	0.18	ผ่าน	-
10	1.58	-0.97	0.12	ผ่าน	-
11	2.21	-1.19	0.16	ผ่าน	-
12	2.22	-1.31	0.12	ผ่าน	-
13	2.07	-1.34	0.14	ผ่าน	-
14	2.11	-1.47	0.17	ผ่าน	-
15	1.61	-1.05	0.19	ผ่าน	-

หมายเหตุ: เกณฑ์ผ่าน: a = 0.50-2.50, b = -2.50 ถึง +2.50, c ≤ 0.30

จากตาราง 50 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม จำนวน 15 ข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 0.98-2.48 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -2.28 ถึง -0.97 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.11-0.22

ตาราง 51 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม (n = 630)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (a)	ค่าความยาก (b)	ค่าการเดา (c)	ผลการพิจารณา	หมายเหตุ
1	0.95	-0.90	0.19	ผ่าน	-
2	1.69	-0.70	0.16	ผ่าน	-
3	2.40	-0.59	0.27	ผ่าน	-
4	1.93	-0.44	0.10	ผ่าน	-
5	2.06	-0.08	0.16	ผ่าน	-
6	1.75	-0.22	0.14	ผ่าน	-
7	2.44	-0.45	0.14	ผ่าน	-
8	1.76	-0.50	0.15	ผ่าน	-
9	1.56	-0.32	0.22	ผ่าน	-
10	2.07	-0.44	0.17	ผ่าน	-
11	1.48	-0.55	0.16	ผ่าน	-
12	2.00	-0.38	0.22	ผ่าน	-
13	2.35	-0.51	0.11	ผ่าน	-
14	1.59	-0.65	0.17	ผ่าน	-
15	1.14	-0.53	0.15	ผ่าน	-
16	1.76	-0.55	0.14	ผ่าน	-
17	1.93	-0.43	0.12	ผ่าน	-
18	1.81	-0.39	0.12	ผ่าน	-
19	2.00	-0.47	0.15	ผ่าน	-
20	2.39	-0.20	0.14	ผ่าน	-
21	2.24	-0.53	0.16	ผ่าน	-
22	1.47	-0.42	0.17	ผ่าน	-

หมายเหตุ: เกณฑ์ผ่าน: a = 0.50-2.50, b = -2.50 ถึง +2.50, c ≤ 0.30

จากตาราง 51 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม จำนวน 22 ข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 0.95-2.44 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -0.90 ถึง -0.08 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.10-0.27

ตาราง 52 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ (IRT 3PLM) (n = 630)

เนื้อหาย่อย	จำนวนข้อทั้งหมด	ผ่านเกณฑ์ (ข้อ)	ไม่ผ่านเกณฑ์ (ข้อ)	ร้อยละที่ผ่าน
จำนวนเต็ม	18	18	0	100.00
การบวกจำนวนเต็ม	15	15	0	100.00
การลบจำนวนเต็ม	15	15	0	100.00
การคูณจำนวนเต็ม	15	15	0	100.00
การหารจำนวนเต็ม	15	15	0	100.00
สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	22	22	0	100.00
รวม	100	100	0	100.00

จากตาราง 52 ผลการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 พารามิเตอร์ พบว่า แบบสอบวินิจัยสามระดับจำนวน 100 ข้อ ผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ทุกข้อ คิดเป็นร้อยละ 100.00 โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 0.95-2.50 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -2.28 ถึง -0.08 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.09-0.27 แสดงว่าข้อสอบทั้ง 100 ข้อ มีคุณภาพเหมาะสมตามเกณฑ์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

2.2.3 ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (item information function: IIF)

ผู้วิจัยวิเคราะห์ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (item information function: IIF) รายข้อจากคะแนนระดับเนื้อหา ด้วยโมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PLM) พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อให้ค่าสารสนเทศสูงสุด ณ ระดับความสามารถที่ใกล้เคียงกับค่าความยาก (b) ของข้อนั้น และมีความสูงของฟังก์ชันสารสนเทศแปรผันตามค่าอำนาจจำแนก (a) ซึ่งสอดคล้องกับค่าพารามิเตอร์รายข้อ

ที่รายงานไว้ในตาราง 46 ถึง 51 ผลรวมของฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบทุกข้อในแต่ละเนื้อหาย่อย คือ ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) ซึ่งจะนำเสนอในหัวข้อความเที่ยงต่อไป โดยข้อสอบให้สารสนเทศสูงสุดในช่วงระดับความสามารถที่เป็นลบ สอดคล้องกับลักษณะของแบบสอบวินิจัยที่มุ่งจำแนกผู้เรียนซึ่งยังมีความเข้าใจไม่สมบูรณ์

2.3 ผลการตรวจสอบความเที่ยง (reliability)

การตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ยาวสันนิษฐาน ผู้วิจัยดำเนินการกับข้อมูลการศึกษาหลัก ($n = 630$) ใน 2 ลักษณะ ได้แก่ การหาความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 และการวิเคราะห์ความเที่ยงเชิงสารสนเทศตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (KR-20)

สำหรับการหาความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 ซึ่งเหมาะสำหรับแบบสอบที่มีการให้คะแนนแบบ 2 ค่า (dichotomous) คือ 1 กับ 0 โดยคำนวณจากคะแนนของนักเรียนที่มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) คือ ข้อที่ตอบถูกทั้งระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ มีรูปแบบการตอบ [1 1 1] นับเป็น 1 คะแนน ส่วนรูปแบบอื่นให้ 0 คะแนน มีเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (Arslan et al., 2012; Kirbulut & Geban, 2014) ดังตาราง 53

ตาราง 53 ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 ของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม จำแนกตามเนื้อหาย่อย ($n = 630$)

เนื้อหาย่อย	จำนวนข้อ	KR-20	การแปลผล
จำนวนเต็ม	18	0.78	มีความเที่ยงที่ยอมรับได้
การบวกจำนวนเต็ม	15	0.76	มีความเที่ยงที่ยอมรับได้
การลบจำนวนเต็ม	15	0.79	มีความเที่ยงที่ยอมรับได้
การคูณจำนวนเต็ม	15	0.79	มีความเที่ยงที่ยอมรับได้
การหารจำนวนเต็ม	15	0.78	มีความเที่ยงที่ยอมรับได้
สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	22	0.81	มีความเที่ยงที่ยอมรับได้

หมายเหตุ: เกณฑ์ $KR-20 \geq 0.70$ (Arslan et al., 2012; Kirbulut & Geban, 2014)

จากตาราง 53 ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม พบว่า ทุกเนื้อหาล้วนมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด โดยเนื้อหาล้วนที่มีค่าความเที่ยงสูงที่สุด คือ สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ($KR-20 = 0.81$) รองลงมา คือ การลบจำนวนเต็ม และการคูณจำนวนเต็ม ($KR-20 = 0.79$) จำนวนเต็ม และการหารจำนวนเต็ม ($KR-20 = 0.78$) และการบวกจำนวนเต็ม ($KR-20 = 0.76$) ตามลำดับ นั่นคือ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน มีความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

2.3.2 ความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (TIF / EAP reliability)

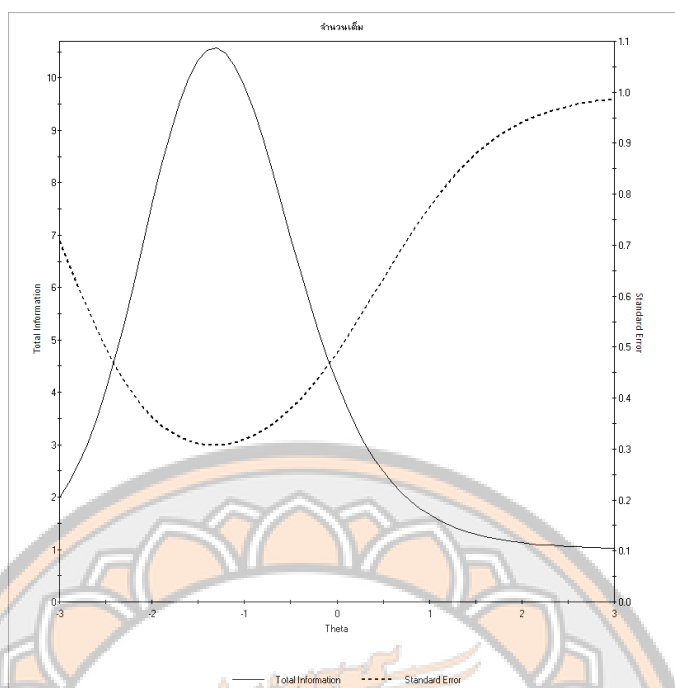
สำหรับการวิเคราะห์ความเที่ยงเชิงสารสนเทศ ผู้วิจัยวิเคราะห์ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function: TIF) ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จากคะแนนระดับเนื้อหาด้วยโมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PLM) โดยรายงานค่าสถิติ 4 ค่า ได้แก่ 1) ฟังก์ชันสารสนเทศของ แบบสอบ ซึ่งแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถ (θ) กับค่าสารสนเทศ 2) ค่าสารสนเทศสูงสุดและระดับความสามารถที่ให้ค่าสารสนเทศสูงสุด 3) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (standard error of measurement: SEM) ณ จุดที่ให้ค่าสารสนเทศสูงสุด และ 4) ค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (EAP reliability) โดยวิเคราะห์และนำเสนอแยกตามเนื้อหาล้วนทั้ง 6 เนื้อหา เกณฑ์การพิจารณา ค่าสารสนเทศที่สูงและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดที่ต่ำบ่งชี้ว่าแบบสอบวัดความสามารถได้แม่นยำ โดยพิจารณาตำแหน่งระดับความสามารถที่ให้ค่าสารสนเทศสูงสุดประกอบว่าสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายของการวินิจฉัยหรือไม่ ส่วนค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (EAP reliability) ดีความในลักษณะเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงทั่วไป กล่าวคือ ค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงความเที่ยงที่สูง ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าสถิติเชิงสารสนเทศข้างต้นเป็นข้อมูลประกอบที่สะท้อนคุณภาพการวัดในมุมมองของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ในขณะที่การตัดสินคุณภาพด้านความเที่ยงของแบบสอบยังคงพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 เป็นหลัก ดังตาราง 54

ตาราง 54 ค่าสารสนเทศสูงสุด ระดับความสามารถ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด และค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ จำแนกตามเนื้อหาย่อย

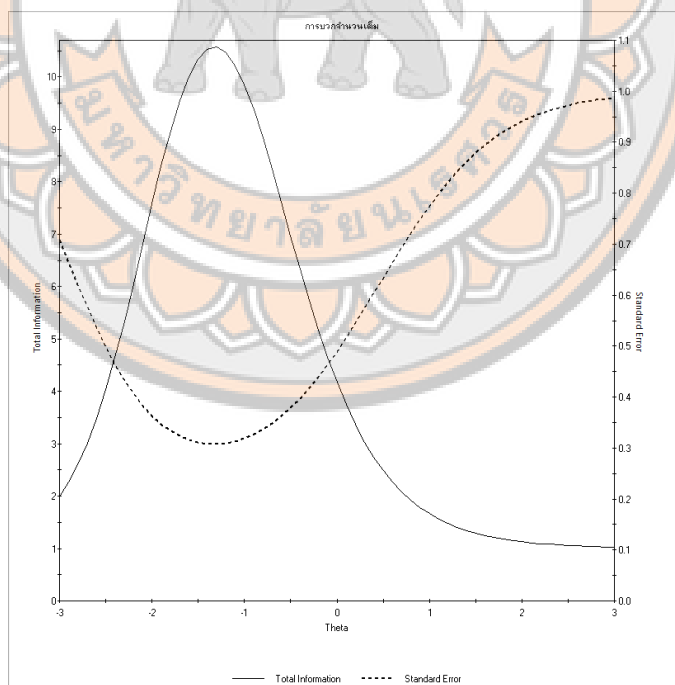
เนื้อหาย่อย	ค่าสารสนเทศ สูงสุด	ระดับ ความสามารถ (θ)	ค่าความ คลาดเคลื่อน มาตรฐาน (SEM)	ค่าความเที่ยง เชิงสารสนเทศ (EAP reliability)
จำนวนเต็ม	10.46	-1.2	0.31	0.67
การบวกจำนวนเต็ม	9.20	-1.2	0.33	0.60
การลบจำนวนเต็ม	10.57	-0.8	0.31	0.71
การคูณจำนวนเต็ม	9.32	-1.6	0.33	0.62
การหารจำนวนเต็ม	10.65	-1.2	0.31	0.63
สมบัติของการบวก และการคูณ จำนวนเต็ม	15.06	-0.4	0.26	0.83

หมายเหตุ: ค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (EAP reliability) ประมาณจากคะแนนระดับเนื้อหาด้วยวิธี expected a posteriori ตามโมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PLM)

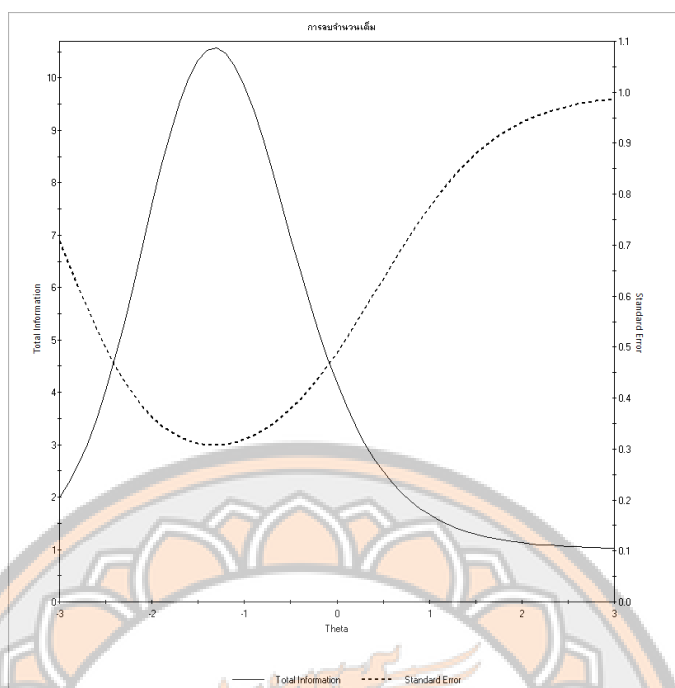
จากตาราง 54 พบว่า แบบสอบวินิจัยสามระดับทั้ง 6 เนื้อหาย่อยให้ค่าสารสนเทศสูงสุดในช่วงระดับความสามารถที่เป็นลบ (θ ระหว่าง -1.6 ถึง -0.4) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดต่ำ (ระหว่าง 0.26 ถึง 0.33) ณ จุดดังกล่าว และมีค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (EAP reliability) อยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.83 ทั้งนี้ เพื่อให้เห็นลักษณะการกระจายของค่าสารสนเทศตลอดช่วงระดับความสามารถของแต่ละเนื้อหาย่อย ผู้วิจัยนำเสนอกราฟฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบจำแนกตามเนื้อหาย่อย ดังภาพ 22 ถึง 27



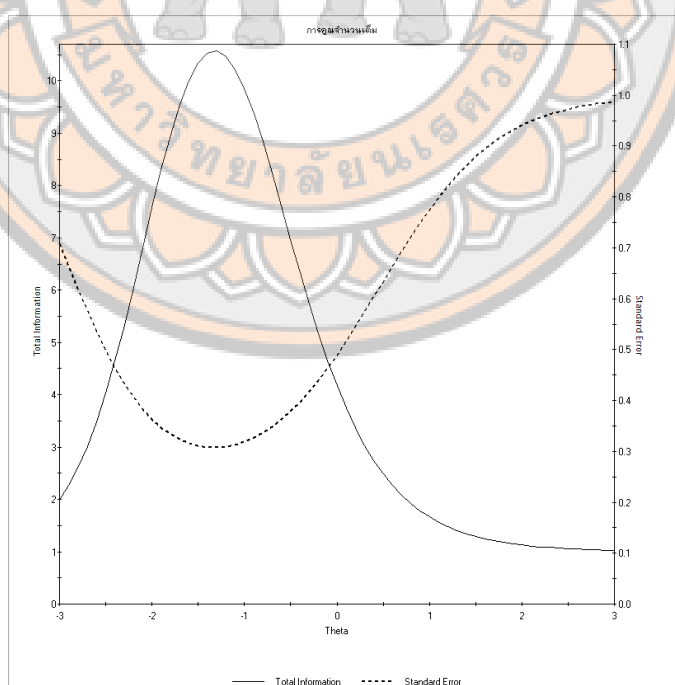
ภาพ 22 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม



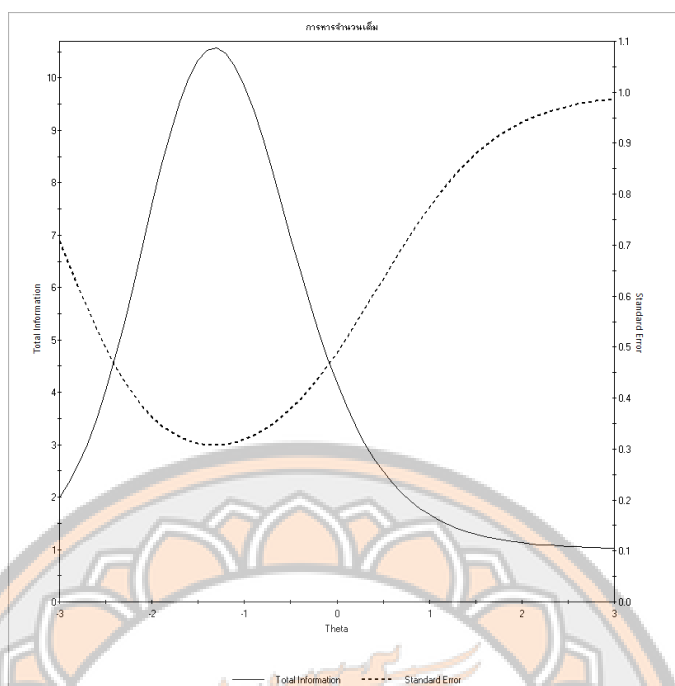
ภาพ 23 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม



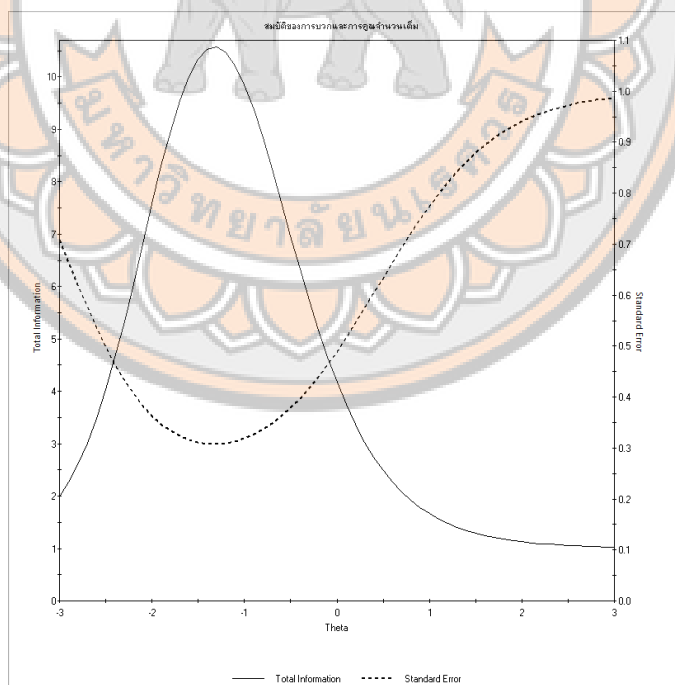
ภาพ 24 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การลบจำนวนเต็ม



ภาพ 25 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม



ภาพ 26 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง การหารจำนวนเต็ม



ภาพ 27 ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบวินิจัยสามระดับ
เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

จากภาพ 22 ถึงภาพ 27 พบว่า ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบทั้ง 6 เนื้อหาย่อย มีจุดสูงสุดอยู่ในช่วงระดับความสามารถที่เป็นลบ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยที่มุ่งจำแนกและระบุความบกพร่องของผู้เรียน กล่าวคือ แบบสอบให้สารสนเทศสูงสุดในกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักของการวินิจฉัยที่ต้องการระบุผู้เรียนซึ่งยังมีความเข้าใจไม่สมบูรณ์ แตกต่างจากแบบสอบเพื่อการจัดอันดับหรือคัดเลือกที่ออกแบบให้วัดได้แม่นยำครอบคลุมทุกระดับความสามารถ ทั้งนี้ เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณ จำนวนเต็ม ให้ค่าสารสนเทศสูงสุดเท่ากับ 15.06 เนื่องจากมีจำนวนข้อมากที่สุด คือ 22 ข้อ

ตอนที่ 3 ผลการวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผลการวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตสังกัดมหาวิทยาลัยในกำกับรัฐ จำนวน 630 คน โดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากระยะที่ 2 มาวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย จำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการตอบ ดังนี้

1. มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) หมายถึง นักเรียนที่มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 1] คือ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ
2. เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) หมายถึง นักเรียนที่มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 0] คือ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และไม่มั่นใจในการตอบ
3. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) หมายถึง นักเรียนที่มีรูปแบบการตอบ [1, 0, 1] คือ ตอบถูกในระดับเนื้อหา ตอบผิดในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ
4. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) หมายถึง นักเรียนที่มีรูปแบบการตอบ [0, 1, 1] คือ ตอบผิดในระดับเนื้อหา ตอบถูกในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ
5. มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) หมายถึง นักเรียนที่มีรูปแบบการตอบ [0, 0, 1] คือ ตอบผิดในระดับเนื้อหา ตอบผิดในระดับเหตุผล และมั่นใจในการตอบ
6. ขาดความรู้ (lack of knowledge) หมายถึง นักเรียนที่มีรูปแบบการตอบ [1, 0, 0] [0, 1, 0] หรือ [0, 0, 0] คือ ตอบถูกในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผลเพียงระดับเดียว หรือตอบผิดทั้งสองระดับ และไม่มั่นใจในการตอบ

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวินิจฉัยจำแนกตามเนื้อหาย่อย 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม โดยในแต่ละเนื้อหาย่อยรายงานผลการวินิจฉัยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ เป็นการแสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม การวินิจฉัยทั้ง 6 กลุ่ม ในแต่ละข้อของเนื้อหาย่อยนั้น พร้อมแสดงค่าฐานนิยม (mode) ของแต่ละข้อ ซึ่งหมายถึง กลุ่มที่มีจำนวนนักเรียนมากที่สุดในข้อนั้น เพื่อให้เห็นภาพว่าในแต่ละข้อนักเรียนส่วนใหญ่ ถูกจัดอยู่ในกลุ่มใด

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก เป็นการจำแนกนักเรียนแต่ละคน เข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักของเนื้อหาย่อยนั้น โดยพิจารณาจากค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นได้รับจากทุกข้อในเนื้อหาย่อย กล่าวคือ นักเรียนแต่ละคนจะถูกจัดเข้ากลุ่มที่มากที่สุดจากทุกข้อ เพื่อให้ได้ผลการวินิจฉัยภาพรวมของนักเรียนแต่ละคนในเนื้อหาย่อยนั้น

ในกรณีที่นักเรียนคนใดมีจำนวนข้อที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไปเท่ากัน ผู้วิจัยใช้เกณฑ์จัดลำดับความสำคัญในการจัดกลุ่ม โดยจัดนักเรียนเข้ากลุ่มที่ต้องได้รับการดูแลและแก้ไขมากที่สุดก่อน เรียงลำดับจากกลุ่มที่ต้องดูแลมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังนี้

ลำดับที่ 1 ขาดความรู้ (lack of knowledge) เพราะนักเรียนยังไม่มีความรู้พื้นฐาน จำเป็นต้องได้รับการเสริมความรู้ก่อนเป็นอันดับแรก

ลำดับที่ 2 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) เพราะนักเรียนมีความเข้าใจผิดทั้งเนื้อหาและเหตุผล และยังมั่นใจในความเข้าใจผิดนั้น จึงต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน

ลำดับที่ 3 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) เพราะนักเรียนมีกระบวนการคิดถูกแต่ประยุกต์ใช้ผิด และยังมั่นใจ จึงต้องได้รับการตรวจสอบและแก้ไข

ลำดับที่ 4 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) เพราะนักเรียนตอบถูกแต่เหตุผลผิด และยังมั่นใจ แสดงว่าไม่ได้เข้าใจจริง ต้องได้รับการตรวจสอบความเข้าใจ

ลำดับที่ 5 เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) เพราะนักเรียนตอบถูกทั้งเนื้อหาและเหตุผลแต่ไม่มั่นใจ อาจเดาถูกหรือมีความรู้แต่ขาดความมั่นใจ ต้องได้รับการเสริมความมั่นใจ

ลำดับที่ 6 มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) เพราะนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องครบทั้ง 3 ระดับ ไม่จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข

หลักการจัดลำดับข้างต้นมีเหตุผลสำคัญ คือ ในบริบทของการวินิจฉัยเพื่อช่วยเหลือนักเรียน หากนักเรียนคนใดมีโอกาสเท่ากันที่จะอยู่ในกลุ่มที่มีปัญหาและกลุ่มที่ไม่มีปัญหา ผู้วิจัยเลือกจัดนักเรียนเข้ากลุ่มที่ต้องได้รับการดูแลมากกว่า เพื่อให้มั่นใจว่านักเรียนทุกคนที่อาจมีปัญหาก็ได้รับการช่วยเหลืออย่างทั่วถึง ซึ่งเป็นการเน้นการดูแลมากกว่าการมองข้าม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบสอบวินิจฉัยที่มุ่งค้นหาจุดอ่อนของนักเรียนเพื่อนำไปสู่การแก้ไขและพัฒนา

เมื่อจำแนกนักเรียนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักในแต่ละเนื้อหาเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยเชื่อมโยงกลุ่มดังกล่าวเข้ากับคำบรรยายความสามารถ (performance descriptor) ของกลุ่มนั้นในแผนที่ภาวะสันนิษฐานของเนื้อหาย่อยนั้น เพื่อใช้เป็นกรอบในการตีความผลการวินิจฉัย เนื่องจากคำบรรยายความสามารถในแผนที่ภาวะสันนิษฐานแต่ละเรื่องได้อธิบายลักษณะความรู้ ความเข้าใจและความบกพร่องของนักเรียนในเนื้อหานั้นไว้โดยเฉพาะ การตีความจึงมีความจำเพาะกับเนื้อหาย่อยแต่ละเรื่อง และระบุได้ว่านักเรียนแต่ละคนอยู่ที่จุดบ่งชี้ความสามารถ (waypoint) ไตบนเส้นทางพัฒนาการ อันนำไปสู่แนวทางการสอนซ่อมเสริมที่สอดคล้องกับความบกพร่องของนักเรียน จุดบ่งชี้ความสามารถดังกล่าวไม่ใช่ระดับตายตัวแบบขั้นบันได หากแต่เป็นจุดที่ระบุได้บนเส้นทางพัฒนาการของนักเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถเคลื่อนขึ้นหรือลงระหว่างจุดเหล่านี้ได้ตามผลของการจัดการเรียนรู้และการสอนซ่อมเสริม (Wilson, 2023)

ผลการวินิจฉัยจำแนกตามเนื้อหาย่อย 6 เรื่อง มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการวินิจฉัยเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม

ผลการวินิจฉัยความบกพร่องเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ นำเสนอเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ

ตาราง 55 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630)

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบถูก หรือ ขาดความมั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของ กลุ่ม
1	206 (32.70)	145 (23.02)	16 (2.54)	12 (1.90)	54 (8.57)	197 (31.27)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
2	191 (30.32)	148 (23.49)	14 (2.22)	15 (2.38)	50 (7.94)	212 (33.65)	ขาดความรู้
3	195 (30.95)	140 (22.22)	27 (4.29)	13 (2.06)	63 (10.00)	192 (30.48)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
4	187 (29.68)	147 (23.33)	33 (5.24)	31 (4.92)	44 (6.98)	188 (29.84)	ขาดความรู้
5	200 (31.75)	135 (21.43)	20 (3.17)	17 (2.70)	60 (9.52)	198 (31.43)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
6	232 (36.83)	130 (20.63)	33 (5.24)	25 (3.97)	48 (7.62)	162 (25.71)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
7	202 (32.06)	129 (20.48)	48 (7.62)	23 (3.65)	50 (7.94)	178 (28.25)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
8	197 (31.27)	123 (19.52)	38 (6.03)	34 (5.40)	48 (7.62)	190 (30.16)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
9	178 (28.25)	127 (20.16)	43 (6.83)	34 (5.40)	50 (7.94)	198 (31.43)	ขาดความรู้
10	218 (34.60)	127 (20.16)	40 (6.35)	24 (3.81)	60 (9.52)	161 (25.56)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
11	225 (35.71)	139 (22.06)	28 (4.44)	13 (2.06)	55 (8.73)	170 (26.98)	มีความรู้อย่าง แท้จริง

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบถูก หรือ ขาดความมั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของ กลุ่ม
12	209 (33.17)	117 (18.57)	33 (5.24)	27 (4.29)	46 (7.30)	198 (31.43)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
13	194 (30.79)	133 (21.11)	22 (3.49)	19 (3.02)	66 (10.48)	196 (31.11)	ขาดความรู้
14	227 (36.03)	122 (19.37)	39 (6.19)	16 (2.54)	63 (10.00)	163 (25.87)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
15	207 (32.86)	136 (21.59)	23 (3.65)	15 (2.38)	61 (9.68)	188 (29.84)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
16	209 (33.17)	124 (19.68)	37 (5.87)	25 (3.97)	51 (8.10)	184 (29.21)	มีความรู้อย่าง แท้จริง
17	197 (31.27)	125 (19.84)	30 (4.76)	17 (2.70)	47 (7.46)	214 (33.97)	ขาดความรู้
18	240 (38.10)	117 (18.57)	26 (4.13)	20 (3.17)	59 (9.37)	168 (26.67)	มีความรู้อย่าง แท้จริง

จากตาราง 55 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม จำนวน 18 ข้อ เมื่อพิจารณาคำฐานนิยมของแต่ละข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง มีจำนวน 13 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 72.22 และกลุ่มขาดความรู้ มีจำนวน 5 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 27.78 เมื่อพิจารณาภาพรวมของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากทุกข้อรวมกัน พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนสูงสุด คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 32.75 รองลงมา คือ กลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 29.60 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 20.85 กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 8.60 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 4.85 และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 3.35 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก

ผลการจำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักของเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม โดยพิจารณาจากค่านิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นได้รับจากทุกข้อ ดังตาราง 56

ตาราง 56 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม (n = 630)

กลุ่มการวินิจฉัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	264	41.90
มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)	73	11.59
มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)	15	2.38
มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	2	0.32
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	2	0.32
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	274	43.49
รวม	630	100.00

จากตาราง 56 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 43.49 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 41.90 กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 11.59 กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 2.38 กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 0.32 และกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 0.32 ตามลำดับ

3.2 ผลการวินิจฉัยเนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

ผลการวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ นำเสนอเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ

ตาราง 57 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630)

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมีโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมีโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมีโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบ ถูก/ ขาดความ มั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของกลุ่ม
1	234 (37.14)	137 (21.75)	23 (3.65)	8 (1.27)	43 (6.83)	185 (29.37)	มีความรู้อย่างแท้จริง
2	214 (33.97)	129 (20.48)	28 (4.44)	12 (1.90)	54 (8.57)	193 (30.63)	มีความรู้อย่างแท้จริง
3	216 (34.29)	136 (21.59)	21 (3.33)	9 (1.43)	69 (10.95)	179 (28.41)	มีความรู้อย่างแท้จริง
4	190 (30.16)	137 (21.75)	23 (3.65)	13 (2.06)	63 (10.00)	204 (32.38)	ขาดความรู้
5	194 (30.79)	154 (24.44)	22 (3.49)	15 (2.38)	48 (7.62)	197 (31.27)	ขาดความรู้
6	219 (34.76)	112 (17.78)	32 (5.08)	22 (3.49)	50 (7.94)	195 (30.95)	มีความรู้อย่างแท้จริง
7	225 (35.71)	123 (19.52)	31 (4.92)	4 (0.63)	62 (9.84)	185 (29.37)	มีความรู้อย่างแท้จริง

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบ ถูก/ ขาดความ มั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของกลุ่ม
8	199 (31.59)	132 (20.95)	29 (4.60)	14 (2.22)	51 (8.10)	205 (32.54)	ขาดความรู้
9	200 (31.75)	137 (21.75)	37 (5.87)	12 (1.90)	52 (8.25)	192 (30.48)	มีความรู้อย่างแท้จริง
10	194 (30.79)	131 (20.79)	31 (4.92)	15 (2.38)	54 (8.57)	205 (32.54)	ขาดความรู้
11	197 (31.27)	140 (22.22)	24 (3.81)	14 (2.22)	57 (9.05)	198 (31.43)	ขาดความรู้
12	201 (31.90)	131 (20.79)	17 (2.70)	14 (2.22)	55 (8.73)	212 (33.65)	ขาดความรู้
13	192 (30.48)	134 (21.27)	35 (5.56)	10 (1.59)	61 (9.68)	198 (31.43)	ขาดความรู้
14	198 (31.43)	116 (18.41)	28 (4.44)	22 (3.49)	52 (8.25)	214 (33.97)	ขาดความรู้
15	220 (34.92)	127 (20.16)	31 (4.92)	28 (4.44)	48 (7.62)	176 (27.94)	มีความรู้อย่างแท้จริง

จากตาราง 57 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม จำนวน 15 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าฐานนิยมของแต่ละข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริง มีจำนวน 7 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46.67 และกลุ่มขาดความรู้ มีจำนวน 8 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 53.33 เมื่อพิจารณาภาพรวมของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากทุกข้อรวมกัน พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วน สูงสุด คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 32.73 รองลงมา คือ กลุ่มขาดความรู้ คิดเป็น ร้อยละ 31.09 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 20.91 กลุ่มเดาคำตอบถูก หรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 8.67 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 4.36 และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 2.24 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก

ผลการจำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักของเนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม โดยพิจารณาจากค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นได้รับจากทุกข้อ ดังตาราง 58

ตาราง 58 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม ($n = 630$)

กลุ่มการวินิจฉัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	264	41.90
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)	74	11.75
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)	12	1.90
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	1	0.16
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	4	0.63
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	275	43.65
รวม	630	100.00

จากตาราง 58 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 43.65 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 41.90 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 11.75 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 1.90 กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 0.63 และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 0.16 ตามลำดับ

3.3 ผลการวินิจฉัยเนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

ผลการวินิจฉัยความบกพร่องเนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการตอบแบบ สอบวินิจฉัยสามระดับ นำเสนอเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ

ตาราง 59 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630)

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่างแท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบ ถูก/ ขาดความ มั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของกลุ่ม
1	199 (31.59)	123 (19.52)	26 (4.13)	12 (1.90)	47 (7.46)	223 (35.40)	ขาดความรู้
2	182 (28.89)	143 (22.70)	22 (3.49)	13 (2.06)	48 (7.62)	222 (35.24)	ขาดความรู้
3	154 (24.44)	107 (16.98)	60 (9.52)	47 (7.46)	34 (5.40)	228 (36.19)	ขาดความรู้
4	159 (25.24)	139 (22.06)	30 (4.76)	28 (4.44)	51 (8.10)	223 (35.40)	ขาดความรู้
5	200 (31.75)	118 (18.73)	44 (6.98)	29 (4.60)	44 (6.98)	195 (30.95)	มีความรู้ อย่างแท้จริง
6	156 (24.76)	144 (22.86)	39 (6.19)	33 (5.24)	34 (5.40)	224 (35.56)	ขาดความรู้
7	159 (25.24)	134 (21.27)	42 (6.67)	26 (4.13)	46 (7.30)	223 (35.40)	ขาดความรู้

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่างแท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบ ถูก/ ขาดความ มั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของกลุ่ม
8	158 (25.08)	119 (18.89)	43 (6.83)	33 (5.24)	41 (6.51)	236 (37.46)	ขาดความรู้
9	168 (26.67)	141 (22.38)	36 (5.71)	24 (3.81)	42 (6.67)	219 (34.76)	ขาดความรู้
10	133 (21.11)	138 (21.90)	43 (6.83)	36 (5.71)	36 (5.71)	244 (38.73)	ขาดความรู้
11	150 (23.81)	127 (20.16)	34 (5.40)	35 (5.56)	41 (6.51)	243 (38.57)	ขาดความรู้
12	177 (28.10)	122 (19.37)	40 (6.35)	35 (5.56)	40 (6.35)	216 (34.29)	ขาดความรู้
13	222 (35.24)	116 (18.41)	42 (6.67)	21 (3.33)	35 (5.56)	194 (30.79)	มีความรู้อย่างแท้จริง
14	168 (26.67)	137 (21.75)	35 (5.56)	22 (3.49)	42 (6.67)	226 (35.87)	ขาดความรู้
15	200 (31.75)	106 (16.83)	46 (7.30)	31 (4.92)	38 (6.03)	209 (33.17)	ขาดความรู้

จากตาราง 59 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาลดลง เรื่อง การลบจำนวนเต็ม จำนวน 15 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าฐานนิยมของแต่ละข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง มีจำนวน 2 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 13.33 และกลุ่มขาดความรู้ มีจำนวน 13 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 86.67 เมื่อพิจารณาภาพรวมของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากทุกข้อรวมกัน พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนสูงสุด คือ กลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 35.19 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 27.35 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 20.25 กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 6.55 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 6.16 และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 4.50 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก

ผลการจำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักของเนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม โดยพิจารณาจากค่านิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นได้รับจากทุกข้อ ดังตาราง 60

ตาราง 60 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม ($n = 630$)

กลุ่มการวินิจฉัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	187	29.68
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)	57	9.05
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)	28	4.44
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	5	0.79
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	1	0.16
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	352	55.87
รวม	630	100.00

จากตาราง 60 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 55.87 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 29.68 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 9.05 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 4.44 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 0.79 และกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 0.16 ตามลำดับ

3.4 ผลการวินิจฉัยเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม

ผลการวินิจฉัยความบกพร่องเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการตอบ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ นำเสนอเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ

ตาราง 61 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630)

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบ ถูก/ ขาดความ มั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของกลุ่ม
1	193 (30.63)	155 (24.60)	24 (3.81)	4 (0.63)	60 (9.52)	194 (30.79)	ขาดความรู้
2	182 (28.89)	160 (25.40)	19 (3.02)	14 (2.22)	40 (6.35)	215 (34.13)	ขาดความรู้
3	254 (40.32)	111 (17.62)	14 (2.22)	18 (2.86)	53 (8.41)	180 (28.57)	มีความรู้อย่างแท้จริง
4	194 (30.79)	155 (24.60)	20 (3.17)	8 (1.27)	38 (6.03)	215 (34.13)	ขาดความรู้
5	182 (28.89)	135 (21.43)	28 (4.44)	8 (1.27)	50 (7.94)	227 (36.03)	ขาดความรู้
6	162 (25.71)	149 (23.65)	19 (3.02)	13 (2.06)	43 (6.83)	244 (38.73)	ขาดความรู้
7	205 (32.54)	116 (18.41)	38 (6.03)	19 (3.02)	54 (8.57)	198 (31.43)	มีความรู้อย่างแท้จริง

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบ ถูก/ ขาดความ มั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของกลุ่ม
8	181 (28.73)	133 (21.11)	43 (6.83)	24 (3.81)	44 (6.98)	205 (32.54)	ขาดความรู้
9	209 (33.17)	129 (20.48)	17 (2.70)	13 (2.06)	45 (7.14)	217 (34.44)	ขาดความรู้
10	142 (22.54)	171 (27.14)	19 (3.02)	26 (4.13)	49 (7.78)	223 (35.40)	ขาดความรู้
11	177 (28.10)	148 (23.49)	18 (2.86)	14 (2.22)	37 (5.87)	236 (37.46)	ขาดความรู้
12	173 (27.46)	127 (20.16)	22 (3.49)	19 (3.02)	53 (8.41)	236 (37.46)	ขาดความรู้
13	179 (28.41)	120 (19.05)	63 (10.00)	34 (5.40)	39 (6.19)	195 (30.95)	ขาดความรู้
14	136 (21.59)	118 (18.73)	47 (7.46)	42 (6.67)	41 (6.51)	246 (39.05)	ขาดความรู้
15	177 (28.10)	149 (23.65)	20 (3.17)	22 (3.49)	36 (5.71)	226 (35.87)	ขาดความรู้

จากตาราง 61 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม จำนวน 15 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าฐานนิยมของแต่ละข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริง มีจำนวน 2 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 13.33 และกลุ่มขาดความรู้ มีจำนวน 13 ข้อ คิดเป็น ร้อยละ 86.67 เมื่อพิจารณาภาพรวมของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากทุกข้อรวมกัน พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนสูงสุด คือ กลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 34.47 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 29.06 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 21.97 กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 7.22 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบ ผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 4.35 และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 2.94 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก

ผลการจำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักของเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม โดยพิจารณาจากค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นได้รับจากทุกข้อ ดังตาราง 62

ตาราง 62 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม (n = 630)

กลุ่มการวินิจฉัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	209	33.17
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)	75	11.90
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)	16	2.54
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	2	0.32
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	2	0.32
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	326	51.75
รวม	630	100.00

จากตาราง 62 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 51.75 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 33.17 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 11.90 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 2.54 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 0.32 และกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 0.32 ตามลำดับ

3.5 ผลการวินิจฉัยเนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม

ผลการวินิจฉัยความบกพร่องเนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการตอบ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ นำเสนอเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ

ตาราง 63 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630)

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบ ถูก/ ขาดความ มั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของกลุ่ม
1	175 (27.78)	158 (25.08)	13 (2.06)	11 (1.75)	54 (8.57)	219 (34.76)	ขาดความรู้
2	210 (33.33)	117 (18.57)	29 (4.60)	20 (3.17)	52 (8.25)	202 (32.06)	มีความรู้อย่างแท้จริง
3	170 (26.98)	139 (22.06)	17 (2.70)	20 (3.17)	62 (9.84)	222 (35.24)	ขาดความรู้
4	193 (30.63)	127 (20.16)	22 (3.49)	16 (2.54)	53 (8.41)	219 (34.76)	ขาดความรู้
5	233 (36.98)	119 (18.89)	28 (4.44)	18 (2.86)	52 (8.25)	180 (28.57)	มีความรู้อย่างแท้จริง
6	163 (25.87)	155 (24.60)	19 (3.02)	12 (1.90)	51 (8.10)	230 (36.51)	ขาดความรู้
7	183 (29.05)	141 (22.38)	16 (2.54)	14 (2.22)	43 (6.83)	233 (36.98)	ขาดความรู้

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบ ถูก/ ขาดความ มั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของกลุ่ม
8	187 (29.68)	154 (24.44)	18 (2.86)	10 (1.59)	37 (5.87)	224 (35.56)	ขาดความรู้
9	189 (30.00)	136 (21.59)	22 (3.49)	18 (2.86)	48 (7.62)	217 (34.44)	ขาดความรู้
10	168 (26.67)	126 (20.00)	50 (7.94)	30 (4.76)	31 (4.92)	225 (35.71)	ขาดความรู้
11	137 (21.75)	166 (26.35)	30 (4.76)	24 (3.81)	40 (6.35)	233 (36.98)	ขาดความรู้
12	206 (32.70)	127 (20.16)	27 (4.29)	15 (2.38)	36 (5.71)	219 (34.76)	ขาดความรู้
13	179 (28.41)	126 (20.00)	22 (3.49)	24 (3.81)	39 (6.19)	240 (38.10)	ขาดความรู้
14	221 (35.08)	122 (19.37)	32 (5.08)	12 (1.90)	51 (8.10)	192 (30.48)	มีความรู้อย่างแท้จริง
15	221 (35.08)	99 (15.71)	48 (7.62)	26 (4.13)	38 (6.03)	198 (31.43)	มีความรู้อย่างแท้จริง

จากตาราง 63 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื่อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม จำนวน 15 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าฐานนิยมของแต่ละข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง มีจำนวน 4 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 26.67 และกลุ่มขาดความรู้ มีจำนวน 11 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 73.33 เมื่อพิจารณาภาพรวมของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากทุกข้อรวมกัน พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนสูงสุด คือ กลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 34.42 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 30.00 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 21.29 กลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 7.27 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 4.16 และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 2.86 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก

ผลการจำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักของเนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม โดยพิจารณาจากค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นได้รับจากทุกข้อ ดังตาราง 64

ตาราง 64 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม (n = 630)

กลุ่มการวินิจฉัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	206	32.70
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)	69	10.95
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)	12	1.90
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	2	0.32
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	1	0.16
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	340	53.97
รวม	630	100.00

จากตาราง 64 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก เนื้อหาย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 53.97 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 32.70 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 10.95 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 1.90 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 0.32 และกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 0.16 ตามลำดับ

3.6 ผลการวินิจฉัยเนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

ผลการวินิจฉัยความบกพร่องเนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มตามรูปแบบการตอบแบบสอบถามวินิจฉัยสามระดับ นำเสนอเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ

ตาราง 65 ผลการวินิจฉัยรายข้อ เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม จำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย (n = 630)

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบถูก/ ขาดความมั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของ กลุ่ม
1	153 (24.29)	125 (19.84)	39 (6.19)	47 (7.46)	42 (6.67)	224 (35.56)	ขาดความรู้
2	161 (25.56)	107 (16.98)	57 (9.05)	38 (6.03)	42 (6.67)	225 (35.71)	ขาดความรู้
3	142 (22.54)	139 (22.06)	42 (6.67)	37 (5.87)	32 (5.08)	238 (37.78)	ขาดความรู้
4	113 (17.94)	115 (18.25)	68 (10.79)	47 (7.46)	44 (6.98)	243 (38.57)	ขาดความรู้
5	156 (24.76)	86 (13.65)	85 (13.49)	43 (6.83)	23 (3.65)	237 (37.62)	ขาดความรู้
6	111 (17.62)	109 (17.30)	62 (9.84)	62 (9.84)	40 (6.35)	246 (39.05)	ขาดความรู้
7	168 (26.67)	104 (16.51)	68 (10.79)	47 (7.46)	30 (4.76)	213 (33.81)	ขาดความรู้

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบถูก/ ขาดความมั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของ กลุ่ม
8	129 (20.48)	127 (20.16)	71 (11.27)	41 (6.51)	33 (5.24)	229 (36.35)	ขาดความรู้
9	142 (22.54)	85 (13.49)	74 (11.75)	46 (7.30)	40 (6.35)	243 (38.57)	ขาดความรู้
10	139 (22.06)	117 (18.57)	66 (10.48)	52 (8.25)	37 (5.87)	219 (34.76)	ขาดความรู้
11	128 (20.32)	116 (18.41)	57 (9.05)	50 (7.94)	42 (6.67)	237 (37.62)	ขาดความรู้
12	146 (23.17)	117 (18.57)	57 (9.05)	45 (7.14)	34 (5.40)	231 (36.67)	ขาดความรู้
13	190 (30.16)	87 (13.81)	76 (12.06)	40 (6.35)	42 (6.67)	195 (30.95)	ขาดความรู้
14	141 (22.38)	110 (17.46)	44 (6.98)	48 (7.62)	34 (5.40)	253 (40.16)	ขาดความรู้
15	148 (23.49)	108 (17.14)	69 (10.95)	52 (8.25)	34 (5.40)	219 (34.76)	ขาดความรู้
16	156 (24.76)	118 (18.73)	76 (12.06)	38 (6.03)	36 (5.71)	206 (32.70)	ขาดความรู้
17	152 (24.13)	82 (13.02)	78 (12.38)	56 (8.89)	45 (7.14)	217 (34.44)	ขาดความรู้
18	121 (19.21)	116 (18.41)	78 (12.38)	54 (8.57)	41 (6.51)	220 (34.92)	ขาดความรู้
19	134 (21.27)	108 (17.14)	66 (10.48)	40 (6.35)	49 (7.78)	233 (36.98)	ขาดความรู้

ข้อ ที่	มีความรู้ อย่าง แท้จริง จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง บวก จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิง ลบ จำนวน (ร้อยละ)	มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน จำนวน (ร้อยละ)	เดาคำตอบถูก/ ขาดความมั่นใจ จำนวน (ร้อยละ)	ขาดความรู้ จำนวน (ร้อยละ)	ฐานนิยมของ กลุ่ม
20	140 (22.22)	91 (14.44)	74 (11.75)	48 (7.62)	38 (6.03)	239 (37.94)	ขาดความรู้
21	151 (23.97)	112 (17.78)	69 (10.95)	36 (5.71)	45 (7.14)	217 (34.44)	ขาดความรู้
22	174 (27.62)	89 (14.13)	75 (11.90)	54 (8.57)	42 (6.67)	196 (31.11)	ขาดความรู้

จากตาราง 65 ผลการวินิจฉัยรายข้อเนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณ จำนวนเต็ม จำนวน 22 ข้อ เมื่อพิจารณาค่าฐานนิยมของแต่ละข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มขาดความรู้ จำนวน 22 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100.00 เมื่อพิจารณาภาพรวมของจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากทุกข้อรวมกัน พบว่า กลุ่มที่มีสัดส่วนสูงสุด คือ กลุ่มขาดความรู้ คิดเป็นร้อยละ 35.93 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 23.05 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 17.09 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 10.47 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 7.37 และกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 6.10 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก

ผลการจำแนกนักเรียนแต่ละคนเข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักของเนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม โดยพิจารณาจากค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนคนนั้นได้รับจากทุกข้อ ดังตาราง 66

ตาราง 66 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ($n = 630$)

กลุ่มการวินิจฉัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	157	24.92
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive)	30	4.76
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative)	52	8.25
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	6	0.95
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	1	0.16
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	384	60.95
รวม	630	100.00

จากตาราง 66 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ คิดเป็น ร้อยละ 60.95 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง คิดเป็นร้อยละ 24.92 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ คิดเป็นร้อยละ 8.25 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก คิดเป็นร้อยละ 4.76 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน คิดเป็นร้อยละ 0.95 และกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ คิดเป็นร้อยละ 0.16 ตามลำดับ

3.7 ผลการวินิจฉัยในภาพรวม

ผลการวินิจฉัยในภาพรวมของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม เนื้อหาย่อย ทั้ง 6 เรื่อง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน ผู้วิจัยนำผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (ฐานนิยม) จากเนื้อหาย่อยทั้ง 6 เรื่อง มาเปรียบเทียบกับ ดังตาราง 67

ตาราง 67 ผลการวินิจฉัยในภาพรวม จำแนกตามเนื้อหาย่อยและกลุ่มการวินิจฉัยหลัก (n = 630)

กลุ่มการวินิจฉัย	จำนวน เต็ม (ร้อยละ)	การบวก (ร้อยละ)	การลบ (ร้อยละ)	การคูณ (ร้อยละ)	การหาร (ร้อยละ)	สมบัติ (ร้อยละ)
มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge)	264 (41.90)	264 (41.90)	187 (29.68)	209 (33.17)	206 (32.70)	157 (24.92)
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive)	73 (11.59)	74 (11.75)	57 (9.05)	75 (11.90)	69 (10.95)	30 (4.76)
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative)	15 (2.38)	12 (1.90)	28 (4.44)	16 (2.54)	12 (1.90)	52 (8.25)
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception)	2 (0.32)	1 (0.16)	5 (0.79)	2 (0.32)	2 (0.32)	6 (0.95)
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence)	2 (0.32)	4 (0.63)	1 (0.16)	2 (0.32)	1 (0.16)	1 (0.16)
ขาดความรู้ (lack of knowledge)	274 (43.49)	275 (43.65)	352 (55.87)	326 (51.75)	340 (53.97)	384 (60.95)
รวม	630 (100.00)	630 (100.00)	630 (100.00)	630 (100.00)	630 (100.00)	630 (100.00)

จากตาราง 67 ผลการวินิจฉัยในภาพรวม พบว่า ในทุกเนื้อหาย่อย กลุ่มที่มีสัดส่วนสูงสุด 2 กลุ่ม คือ กลุ่มขาดความรู้ และกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง โดยเนื้อหาย่อยที่มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มขาดความรู้สูงสุด คือ เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 60.95 และเนื้อหาย่อยที่มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริงสูงสุด คือ เรื่อง จำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 41.90

← กลับหน้าหลัก

Dashboard
 แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

ผู้วิจัย (ดูได้ทุกโรงเรียน)
ออกจากระบบ

สรุปภาพรวม

รวม
3922

KL
3493

MFP
0

MFN
0

MC
23

LG/LC
2

LK
404

โรงเรียน ทั้งหมด

ห้อง ทั้งหมด

หัวข้อ ทั้งหมด

กลุ่ม ทั้งหมด

กรองข้อมูล
 ดาวน์โหลด Excel

รายชื่อนักเรียน (3922)

#	ชื่อ-นามสกุล	โรงเรียน	ห้อง	หัวข้อ	กลุ่ม	ดู
1				จำนวนเต็ม	KL	
2				จำนวนเต็ม	KL	
3				จำนวนเต็ม	KL	
4				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
5				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
6				การลบจำนวนเต็ม	KL	
7				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
8				การลบจำนวนเต็ม	KL	

ผู้จัดทำ

นางสาวณญภัค กรกัญญพัชร
 นิสิตระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ภาพ 28 ผลการวินิจัยในภาพรวม

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่ 1) เพื่อสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน 2) เพื่อหาคุณภาพแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน และ 3) เพื่อวินิจัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยนำเสนอสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตในสังกัดมหาวิทยาลัย ในกำกับรัฐ จำนวน 15 โรงเรียน ใน 6 ภูมิภาค มีนักเรียนที่ส่งข้อมูลสมบูรณ์ครบทั้ง 6 เรื่อง จำนวน 630 คน ดำเนินการวิจัย 3 ระยะ สรุปผลตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผลการสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน สรุปได้ดังนี้

1. ผลการกำหนดเนื้อหา ผู้วิจัยกำหนดเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 ได้เนื้อหาย่อยจำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) การบวกจำนวนเต็ม 3) การลบจำนวนเต็ม 4) การคูณจำนวนเต็ม 5) การหารจำนวนเต็ม และ 6) สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

2. ผลการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐาน ผู้วิจัยสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ได้แผนที่ภาวะสันนิษฐานจำนวน 6 เรื่อง แต่ละแผนที่ประกอบด้วยรูปแบบการวินิจัย 6 รูปแบบ คือ มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) และขาดความรู้ (lack of knowledge) โดยแต่ละรูปแบบมีคำบรรยายความสามารถ

(performance descriptors) และคำบรรยายคำตอบ (response descriptors) ที่อธิบายลักษณะของนักเรียนในแต่ละรูปแบบ

3. ผลการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยนำคำบรรยายความสามารถในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) ของแผนที่ภาวะสันนิษฐานที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ แล้ว มาวิเคราะห์เป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (behavioral objectives) ได้จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมรวมทั้งสิ้น 32 จุดประสงค์ จากทั้ง 6 เนื้อหาย่อย

4. ผลการสร้างผังการออกข้อสอบ ผู้วิจัยสร้างผังการออกข้อสอบ (test blueprint) จากจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 32 จุดประสงค์ โดยกำหนดให้ออกข้อสอบจุดประสงค์ละ 5 ข้อ ยกเว้นจุดประสงค์ที่ 6 ของเรื่องสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็มให้ออกข้อสอบจำนวน 10 ข้อ รวมทั้งสิ้น 165 ข้อ

5. ผลการทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) ผู้วิจัยสร้างแบบสอบแบบแสดงวิธีทำจำนวน 165 ข้อ ครอบคลุม 6 เนื้อหาย่อย แล้วนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน (กลุ่มเก่ง 10 คน กลุ่มปานกลาง 10 คน และกลุ่มอ่อน 10 คน) จากโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา โดยเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ให้นักเรียนทำแบบสอบพร้อมคิดออกเสียง เพื่อสำรวจวิธีคิดและแนวคำตอบของนักเรียน ผู้วิจัยนำคำตอบและเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการตอบมาเป็นข้อมูลในการกำหนดตัวลวง (distractors) ในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) และตัวเลือกเหตุผลในระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

6. ผลการสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ผู้วิจัยสร้างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่องจำนวนเต็ม จำนวน 165 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) แสดงคำตอบเป็นปรนัยหลายตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) แสดงเหตุผลเป็นปรนัยหลายตัวเลือก และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) ให้เลือกตอบมั่นใจหรือไม่มั่นใจ พร้อมทั้งสร้างเกณฑ์การให้คะแนนและเกณฑ์การวินิจฉัยจำแนกกลุ่มนักเรียนตามรูปแบบการตอบออกเป็น 6 กลุ่ม

7. ผลการพัฒนาระบบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับบนเว็บไซต์ ผู้วิจัยพัฒนาระบบแบบสอบวินิจฉัยออนไลน์บนเว็บไซต์ (<https://integer-diagnostic.pages.dev/>) โดยใช้ Google Apps Script และ Google Sheets ในการจัดเก็บข้อมูล ระบบประกอบด้วย 1) ระบบการทำแบบสอบออนไลน์จำนวน 6 เรื่อง ที่นักเรียนสามารถเลือกทำได้ตามความพร้อมผ่านคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต หรือสมาร์ตโฟน 2) ระบบให้คะแนนและวินิจฉัยอัตโนมัติที่จำแนกนักเรียนเป็น 6 กลุ่มตามแผนที่ภาวะสันนิษฐาน 3) ระบบแสดงผลการวินิจฉัยรายบุคคลพร้อมข้อเสนอแนะเฉพาะบุคคลใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านเหตุผล และด้านความมั่นใจ 4) ระบบส่งรายงานผลการวินิจฉัยทาง E-mail โดยอัตโนมัติ และ

5) Teacher Dashboard สำหรับอาจารย์ผู้รับผิดชอบในการติดตามผลการวินิจฉัยของนักเรียนทั้งชั้นเรียน โดยสามารถกรองข้อมูลตามโรงเรียน ห้องเรียน หัวข้อ และกลุ่ม รวมทั้งส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ Excel เพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติม

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อหาคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผลการหาคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ซึ่งดำเนินการในระยะที่ 2 (การหาคุณภาพ) พิจารณาคุณภาพใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความตรง ด้านความเที่ยง และด้านคุณภาพรายข้อ สรุปได้ดังนี้

1. ด้านความตรง (validity) ประกอบด้วยการตรวจสอบความตรง 2 ลักษณะ ดังนี้

1.1 ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาในระยะที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน สำหรับแผนที่ภาวะสันนิษฐาน และผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน สำหรับข้อคำถามของแบบสอบ ด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่า แผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 เรื่อง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกรายการ และข้อสอบทุกข้อมีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($IOC \geq 0.50$) แสดงว่าแบบสอบมีความตรงเชิงเนื้อหาผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

1.2 ความตรงตามสภาพ (concurrent validity) ในการศึกษาสำรวจ (ระยะที่ 2 ตอนที่ 1) ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงตามสภาพโดยเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลจากเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) กับนักเรียน 30 คน จากโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา พบว่า ค่าสัดส่วนของความสอดคล้อง (percent agreement) ในภาพรวมเท่ากับร้อยละ 86.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) ในภาพรวมเท่ากับ 0.74 อยู่ในระดับสอดคล้องดี เมื่อพิจารณาจำแนกตามเนื้อหาย่อย พบว่า เรื่องจำนวนเต็มมีค่า $K = 0.83$ อยู่ในระดับสอดคล้องดีมาก การบวกจำนวนเต็มมีค่า $K = 0.73$ การลบจำนวนเต็มมีค่า $K = 0.76$ การคูณจำนวนเต็มมีค่า $K = 0.70$ การหารจำนวนเต็มมีค่า $K = 0.72$ และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็มมีค่า $K = 0.69$ อยู่ในระดับสอดคล้องดี และเมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มที่มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน พบว่าผลการวินิจฉัยจากแบบสอบตรงกับผลจากเทคนิคการคิดออกเสียง จำนวน 16 คน จากทั้งหมด 21 คน คิดเป็นร้อยละ 76.19 แสดงว่าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสามารถวินิจฉัยนักเรียนได้สอดคล้องกับผลจากเทคนิคการคิดออกเสียงในทุกเนื้อหา

2. ด้านคุณภาพรายข้อ (item quality)

ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ โดยคัดกรองตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมในการศึกษานำร่อง (ระยะที่ 2 ตอนที่ 1) แล้วยืนยันคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบในการศึกษาหลัก (ระยะที่ 2 ตอนที่ 2) ดังนี้

2.1 คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) (n = 90)

ในการศึกษานำร่อง ผู้วิจัยนำแบบสอบวินิจัยสามระดับ จำนวน 165 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 90 คน วิเคราะห์จากคะแนนระดับเนื้อหา ด้วยค่าความยาก (0.20-0.80) และค่าอำนาจจำแนกโดยใช้วิธีกลุ่มสูง-กลุ่มต่ำ ร้อยละ 27 (≥ 0.20) พบว่า ข้อสอบผ่านเกณฑ์คุณภาพ จำนวน 138 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 83.64 และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 27 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 16.36 ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุดจุดประสงค์ละ 3 ข้อ คงเหลือ 100 ข้อ จำแนกเป็น จำนวนเต็ม 18 ข้อ การบวกจำนวนเต็ม 15 ข้อ การลบจำนวนเต็ม 15 ข้อ การคูณจำนวนเต็ม 15 ข้อ การหารจำนวนเต็ม 15 ข้อ และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม 22 ข้อ จากนั้นนำไปตรวจสอบความเหมาะสมของภาษากับนักเรียน พร้อมปรับปรุงภาษาในข้อสอบ จำนวน 31 ข้อ จาก 100 ข้อ ได้แบบสอบวินิจัยสามระดับฉบับสมบูรณ์สำหรับการศึกษาหลัก

2.2 คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT 3PLM) (n = 630)

ในการศึกษาหลัก ผู้วิจัยนำแบบสอบฉบับสมบูรณ์ จำนวน 100 ข้อ ไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จาก 15 โรงเรียน ใน 6 ภูมิภาคทั่วประเทศ คงเหลือนักเรียนที่ตอบครบทั้ง 6 เนื้อหาย่อย จำนวน 630 คน วิเคราะห์คุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ (3PLM) ด้วยโปรแกรม IRTPRO จากคะแนนระดับเนื้อหา พบว่า ข้อสอบทั้ง 100 ข้อ ผ่านเกณฑ์คุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 100.00 โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 0.95-2.50 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -2.28 ถึง -0.08 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.09-0.27 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (a = 0.50-2.50, b = -2.50 ถึง +2.50, c $\leq$ 0.30) ทุกข้อ

2.3 ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (item information function: IIF)

ในการศึกษาหลัก ผู้วิจัยวิเคราะห์ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบรายข้อจากคะแนนระดับเนื้อหา พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อให้ค่าสารสนเทศสูงสุด ณ ระดับความสามารถที่ใกล้เคียงกับค่าความยากของข้อนั้น และมีความสูงของฟังก์ชันสารสนเทศแปรผันตามค่าอำนาจจำแนก แสดงว่าข้อสอบทุกข้อมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ค่าความยากอยู่ในช่วงที่เหมาะสม และค่าการเดาอยู่ในระดับต่ำ

3. ด้านความเที่ยง (reliability)

ในการศึกษาหลัก (ระยะที่ 2 ตอนที่ 2) ผู้วิจัยตรวจสอบความเที่ยงจากกลุ่มตัวอย่าง 630 คน ใน 2 ลักษณะ ดังนี้

3.1 ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (KR-20)

การคำนวณค่า KR-20 โดยให้คะแนน 1 เฉพาะกรณีที่นักเรียนตอบถูกทั้ง 3 ระดับ คือ ตอบระดับเนื้อหาถูก ตอบระดับเหตุผลถูก และมีความมั่นใจ (รูปแบบ [1, 1, 1]) พบว่า ทุกเนื้อหาห้อยยมีค่า KR-20 ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้ จำนวนเต็มมีค่า KR-20 = 0.78 การบวกจำนวนเต็มมีค่า KR-20 = 0.76 การลบจำนวนเต็มมีค่า KR-20 = 0.79 การคูณจำนวนเต็มมีค่า KR-20 = 0.79 การหารจำนวนเต็มมีค่า KR-20 = 0.78 และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็มมีค่า KR-20 = 0.81

3.2 ความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (TIF / EAP reliability)

ผู้วิจัยวิเคราะห์ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function: TIF) จากคะแนนระดับเนื้อหา พบว่า ทุกเนื้อหาห้อยยให้ค่าสารสนเทศสูงสุดในช่วงระดับความสามารถที่เป็นลบ (θ ระหว่าง -1.6 ถึง -0.4) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดต่ำ (ระหว่าง 0.26 ถึง 0.33) และมีค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (EAP reliability) ดังนี้ จำนวนเต็มมีค่าเท่ากับ 0.67 การบวกจำนวนเต็มมีค่าเท่ากับ 0.60 การลบจำนวนเต็มมีค่าเท่ากับ 0.71 การคูณจำนวนเต็มมีค่าเท่ากับ 0.62 การหารจำนวนเต็มมีค่าเท่ากับ 0.63 และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็มมีค่าเท่ากับ 0.83 โดยเนื้อหาห้อยย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ให้ค่าสารสนเทศสูงที่สุด คือ 15.06 เนื่องจาก มีจำนวนข้อมากที่สุด ทั้งนี้ การตัดสินคุณภาพด้านความเที่ยงของแบบสอบยังคงพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 เป็นหลัก โดยใช้ค่าสารสนเทศเป็นข้อมูลประกอบในมุมมองของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

วัตถุประสงค์ที่ 3 เพื่อวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผลการวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน จาก 15 โรงเรียน โดยจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มตามรูปแบบการตอบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ได้แก่ มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) และขาดความรู้ (lack of knowledge) การวินิจฉัยรายชื่อใช้ค่าฐานนิยม (mode) ของกลุ่มที่นักเรียนถูกจำแนกเข้ามากที่สุดในแต่ละข้อ และการจำแนกนักเรียนแต่ละคน

เข้ากลุ่มการวินิจฉัยหลักใช้ค่านิยมของกลุ่มที่นักเรียนถูกจำแนกเข้ามากที่สุดในแต่ละเนื้อหาย่อยสรุปผลจำแนกตามเนื้อหาย่อยได้ดังนี้

เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ จำนวน 18 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีจำนวน 13 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 72.22 และข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) มีจำนวน 5 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 27.78 แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบข้อสอบในเนื้อหาย่อยนี้ได้ถูกต้อง

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก จากนักเรียนจำนวน 630 คน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) คิดเป็นร้อยละ 43.49 รองลงมา คือกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) คิดเป็นร้อยละ 41.90 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) คิดเป็นร้อยละ 11.59 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) คิดเป็นร้อยละ 2.38 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) คิดเป็นร้อยละ 0.32 และกลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คิดเป็นร้อยละ 0.32 เมื่อพิจารณากลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนรวม 3 กลุ่ม พบว่า มีนักเรียนรวมคิดเป็นร้อยละ 14.29 ของนักเรียนทั้งหมด

เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ จำนวน 15 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีจำนวน 7 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 46.67 และข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) มีจำนวน 8 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 53.33

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก จากนักเรียนจำนวน 630 คน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) คิดเป็นร้อยละ 43.65 รองลงมา คือกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) คิดเป็นร้อยละ 41.90 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) คิดเป็นร้อยละ 11.75 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) คิดเป็นร้อยละ 1.90 กลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คิดเป็นร้อยละ 0.63 และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) คิดเป็นร้อยละ 0.16 เมื่อพิจารณากลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนรวม 3 กลุ่ม พบว่า มีนักเรียนรวมคิดเป็นร้อยละ 13.81 ของนักเรียนทั้งหมด

เนื่อห่าย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ จำนวน 15 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) มีจำนวน 2 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 13.33 และข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่ม ขาดความรู้ (lack of knowledge) มีจำนวน 13 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 86.67 แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ ยังขาดความรู้ในเนื่อห่าย่อยนี้

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก จากนักเรียนจำนวน 630 คน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) คิดเป็นร้อยละ 55.87 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) คิดเป็นร้อยละ 29.68 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิด เชิงบวก (misconception-false positive) คิดเป็นร้อยละ 9.05 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิด เชิงลบ (misconception-false negative) คิดเป็นร้อยละ 4.44 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) คิดเป็นร้อยละ 0.79 และกลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คิดเป็นร้อยละ 0.16 เมื่อพิจารณากลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนรวม 3 กลุ่ม พบว่า มีนักเรียนรวมคิดเป็นร้อยละ 14.28 ของนักเรียนทั้งหมด

เนื่อห่าย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ จำนวน 15 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) มีจำนวน 2 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 13.33 และข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่ม ขาดความรู้ (lack of knowledge) มีจำนวน 13 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 86.67 แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ ยังขาดความรู้ในเนื่อห่าย่อยนี้

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก จากนักเรียนจำนวน 630 คน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) คิดเป็นร้อยละ 51.75 รองลงมา คือ กลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) คิดเป็นร้อยละ 33.17 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิด เชิงบวก (misconception-false positive) คิดเป็นร้อยละ 11.90 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบ ผิดเชิงลบ (misconception-false negative) คิดเป็นร้อยละ 2.54 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) คิดเป็นร้อยละ 0.32 และกลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คิดเป็นร้อยละ 0.32 เมื่อพิจารณากลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนรวม 3 กลุ่ม พบว่า มีนักเรียนรวมคิดเป็นร้อยละ 14.76 ของนักเรียนทั้งหมด

เนื่อห่าย่อย เรื่อง การหารจำนวนเต็ม

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ จำนวน 15 ข้อ พบว่า ข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มมีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) มีจำนวน 4 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 26.67 และข้อสอบที่มีฐานนิยมอยู่ในกลุ่ม

ขาดความรู้ (lack of knowledge) มีจำนวน 11 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 73.33 แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในเรื่องหอย่อยนี้

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก จากนักเรียนจำนวน 630 คน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) คิดเป็นร้อยละ 53.97 รองลงมา คือกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) คิดเป็นร้อยละ 32.70 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) คิดเป็นร้อยละ 10.95 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) คิดเป็นร้อยละ 1.90 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) คิดเป็นร้อยละ 0.32 และกลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คิดเป็นร้อยละ 0.16 เมื่อพิจารณากลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนรวม 3 กลุ่มพบว่า มีนักเรียนรวมคิดเป็นร้อยละ 13.17 ของนักเรียนทั้งหมด

เนื้อหอย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

ส่วนที่ 1 ผลการวินิจฉัยรายข้อ จำนวน 22 ข้อ พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีฐานนิยมอยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) จำนวน 22 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100.00 แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในเรื่องหอย่อยนี้

ส่วนที่ 2 ผลการจำแนกนักเรียนตามกลุ่มการวินิจฉัยหลัก จากนักเรียนจำนวน 630 คน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) คิดเป็นร้อยละ 60.95 รองลงมา คือกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) คิดเป็นร้อยละ 24.92 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) คิดเป็นร้อยละ 8.25 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) คิดเป็นร้อยละ 4.76 กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) คิดเป็นร้อยละ 0.95 และกลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คิดเป็นร้อยละ 0.16 เมื่อพิจารณากลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนรวม 3 กลุ่มพบว่า มีนักเรียนรวมคิดเป็นร้อยละ 13.96 ของนักเรียนทั้งหมด

ภาพรวมเนื้อหอย่อยทั้ง 6 เรื่อง

เมื่อพิจารณาภาพรวมเนื้อหอย่อยทั้ง 6 เรื่อง พบว่า ในทุกเนื้อหอย่อย กลุ่มที่มีสัดส่วนสูงที่สุดมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) และกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้แบ่งเป็นสองขั้วค่อนข้างชัดเจน คือ กลุ่มที่เข้าใจดีและกลุ่มที่ยังไม่เข้าใจ

เนื้อหอย่อยที่มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มมีความรู้สูงที่สุด คือ เรื่อง จำนวนเต็มและการบวกจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 41.90 เท่ากัน ซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่นักเรียนคุ้นเคย ในขณะที่

เนื้อหาห้อยที่มีส่วนนักเรียนในกลุ่มขาดความรู้สูงสุด คือ เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 60.95 รองลงมา คือ เรื่อง การลบจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 55.87 เรื่อง การหารจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 53.97 และเรื่อง การคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 51.75 ตามลำดับ ผลดังกล่าวสะท้อนว่าเนื้อหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น สมบัติของการบวกและการคูณ รวมถึงการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับจำนวนลบ (การลบ การหาร การคูณ) เป็นเนื้อหาที่นักเรียนยังมีความบกพร่องอยู่มาก

สำหรับกลุ่มที่มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน เมื่อรวมทั้ง 3 กลุ่มย่อย พบว่า เนื้อหาห้อยที่มีส่วนนักเรียนที่มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนรวมสูงที่สุด คือ เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 14.76 รองลงมา คือ เรื่อง จำนวนเต็มและการลบจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 14.29 เท่ากัน เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 13.96 เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 13.81 และเรื่อง การหารจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 13.17 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละกลุ่ม กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ตอบระดับเนื้อหาถูกต้องให้เหตุผลผิดและมีความมั่นใจ พบว่า มีส่วนสูงที่สุดในเนื้อหาห้อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 11.90 และเรื่อง การบวกจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 11.75 แสดงให้เห็นว่านักเรียนจำนวนหนึ่งสามารถหาคำตอบได้ถูกต้องแต่ใช้เหตุผลหรือวิธีคิดที่ไม่ถูกต้อง กลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ตอบระดับเนื้อหาผิดแต่ให้เหตุผลถูกต้องและมีความมั่นใจ พบว่า มีส่วนสูงที่สุดในเนื้อหาห้อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 8.25 ซึ่งอาจเกิดจากนักเรียนเข้าใจหลักการแต่มีข้อผิดพลาดในการเลือกคำตอบ และกลุ่มมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ตอบทั้งระดับเนื้อหาและเหตุผลผิดแต่มีความมั่นใจ พบสัดส่วนน้อยมากในทุกเนื้อหาห้อย โดยมีสัดส่วนสูงที่สุดในเนื้อหาห้อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 0.95

สำหรับกลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) พบสัดส่วนน้อยมากในทุกเนื้อหาห้อย คิดเป็นร้อยละ 0.16 ถึง 0.63 แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความมั่นใจในคำตอบของตน ไม่ว่าจะตอบถูกหรือผิด

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยนำมาอภิปรายตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เพื่อสร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 100 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาย่อย 6 เรื่อง ได้แก่ จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม การคูณจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม โดยข้อสอบแต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) และระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier) ซึ่งสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการตอบ ได้แก่ มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) และขาดความรู้ (lack of knowledge)

การใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน (construct maps) เป็นโครงสร้างหลักในการออกแบบและพัฒนาแบบสอบวินิจัย ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยของ Arslan et al. (2012) ที่สร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion และ acid rain ได้สร้างข้อสอบจากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่พบบ่อย แล้วนำมาเขียนเป็นตัวเลือก ในทำนองเดียวกัน งานวิจัยของ Pesman and Eryilmaz (2010) ที่สร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง simple electric circuits และงานวิจัยของ Kirbulut and Geban (2014) ที่สร้างแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง states of matter ก็ใช้แนวทางการทบทวนวรรณกรรมและการสัมภาษณ์เป็นหลักเช่นกัน แต่ผู้วิจัยเริ่มต้นจากการสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐานจำนวน 6 เรื่อง โดยแต่ละเรื่องประกอบด้วยคำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) และคำบรรยายคำตอบ (response descriptors) ที่จำแนกตามรูปแบบการวินิจัย 6 กลุ่ม คำบรรยายความสามารถอธิบายว่านักเรียนในแต่ละกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจอย่างไร ในขณะที่คำบรรยายคำตอบอธิบายลักษณะของคำตอบและเหตุผลที่คาดว่าจะพบจากนักเรียนในแต่ละกลุ่ม จากนั้นผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) กับนักเรียน 30 คน จากโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา เพื่อรวบรวมคำตอบและเหตุผลจริงของนักเรียน แล้วนำมาใช้สร้างตัวเลือกในระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) และระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reasoning tier) ทำให้ตัวเลือกในแบบสอบสะท้อนวิธีคิดของนักเรียนที่มีอยู่จริง ไม่ใช่ตัวเลือกที่ผู้ออกข้อสอบคิดขึ้นเอง ซึ่งเป็นลักษณะที่พึงประสงค์ของข้อสอบวินิจัย สอดคล้องกับ

Treagust (1988) ที่เน้นความสำคัญของการนำโน้ตสัณคลาดเคลื่อนที่พบจริงจากนักเรียนมาใช้ ในการพัฒนาข้อสอบวินิจฉัย และสอดคล้องกับ Arslan et al. (2012) ที่ระบุว่า ตัวเลือกของแบบสอบ วินิจฉัยสามารถวัดความมาจากคำตอบและเหตุผลที่นักเรียนตอบจริง จึงจะสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ คลาดเคลื่อนได้อย่างแม่นยำ

แผนที่ภาวะสันนิษฐานที่สร้างขึ้นจึงเป็นกรอบที่ใช้กำหนดทิศทางการพัฒนา แบบสอบ ตั้งแต่การกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม การออกแบบข้อคำถาม การกำหนดตัวเลือก ในแต่ละระดับ ไปจนถึงการตีความผลการวินิจฉัย โดยมีเทคนิคการคิดออกเสียงเป็นเครื่องมือสำคัญ ที่ช่วยให้ตัวเลือกในแบบสอบมีความสมจริง นอกจากนี้ แผนที่ภาวะสันนิษฐานยังช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญ มีกรอบอ้างอิงที่ชัดเจนในการตรวจสอบคุณภาพข้อสอบ ทั้งในแง่ความสอดคล้องกับจุดประสงค์และ ความเหมาะสมของตัวเลือก ผลการตรวจสอบพบว่า แผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 เรื่อง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกรายการ และข้อสอบทุกข้อมีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ ($IOC \geq 0.50$) แสดงว่าข้อสอบ มีความตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สอดคล้องกับ Wilson (2005) ที่กล่าวว่า การพัฒนา เครื่องมือวัดควรมีแผนที่ภาวะสันนิษฐานเป็นรากฐานที่เชื่อมโยงทุกขั้นตอนของกระบวนการ เข้าด้วยกัน ตั้งแต่การกำหนดนิยามเชิงทฤษฎีจนถึงการตีความผลการวัด รวมทั้ง Schulz (2013) และ Wyse (2014) ที่ระบุว่า แผนที่ภาวะสันนิษฐานช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญเข้าใจมุมมองของกันและกัน และสามารถหาข้อสรุปร่วมกันในการประเมินคุณภาพข้อสอบได้

นอกจากนี้ แผนที่ภาวะสันนิษฐานยังช่วยให้ข้อสอบที่พัฒนาขึ้นมีความครอบคลุมจุดประสงค์ เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด เนื่องจากการออกข้อสอบเริ่มต้นจากจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ทั้ง 32 จุดประสงค์ที่มาจากคำบรรยายความสามารถในแผนที่ภาวะสันนิษฐานทั้ง 6 เรื่อง โดยผู้วิจัย ออกข้อสอบจุดประสงค์ละ 5 ข้อ ยกเว้นจุดประสงค์ที่ 6 ของเรื่องสมบัติของการบวกและการคูณ จำนวนเต็มที่ออกข้อสอบจำนวน 10 ข้อ รวมทั้งสิ้น 165 ข้อ ทำให้ข้อสอบไม่กระจุกตัวอยู่ในเนื้อหาใด เนื้อหาหนึ่ง แต่มีตัวแทนครบถ้วนในทุกจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับ Wilson et al. (2011) และ Plake et al. (2010) ที่ชี้ให้เห็นว่า การใช้หลักฐานเป็นฐานในการออกแบบข้อสอบช่วยให้ข้อสอบ มีความครอบคลุมและสมดุลมากกว่าการเขียนข้อสอบตามความคุ้นเคยของผู้ออกข้อสอบ

การประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานกับแบบสอบวินิจฉัยสามารถช่วยเสริมจุดเด่นของ เครื่องมือทั้งสอง โดยแบบสอบวินิจฉัยสามารถจำแนกนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบ การตอบ (Arslan et al., 2012; Caleon & Subramaniam, 2009) ในขณะที่แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ให้รายละเอียดคำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ร่วมกัน ผู้สอนจึง ทราบว่านักเรียนอยู่ในกลุ่มใด ซึ่งช่วยให้วางแผนการสอนได้ตรงจุด สอดคล้องกับ Carney et al. (2022) และ Perie (2008) ที่กล่าวว่า แผนที่ภาวะสันนิษฐานและคำบรรยายความสามารถที่ชัดเจน ช่วยเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติ และทำให้การตีความผลการวัดมีความหมายมากขึ้น

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับในการวิจัยครั้งนี้ยังมีระดับที่ 3 คือ ระดับความมั่นใจ (confidence tier) ซึ่งช่วยแยกนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนจริง (ตอบผิดและมั่นใจ) ออกจากนักเรียนที่ขาดความรู้ (ตอบผิดและไม่มั่นใจ) สอดคล้องกับ Hasan et al. (1999) ที่เสนอแนวคิดดัชนีความมั่นใจในการตอบ (certainty of response index: CRI) ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของการใช้ความมั่นใจเป็นเกณฑ์ในการแยกแยะระหว่างความรู้ที่แท้จริง มโนทัศน์คลาดเคลื่อน และการขาดความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับ Kirbulut and Geban (2014) ที่พบว่า ระดับความมั่นใจในแบบสอบวินิจฉัยสามระดับช่วยจำแนกกลุ่มนักเรียนได้ละเอียดมากกว่าแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ เนื่องจากนักเรียนที่ตอบผิดทั้งเนื้อหาและเหตุผลแต่มั่นใจ (กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน $[0, 0, 1]$) จำเป็นต้องได้รับการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างจากนักเรียนที่ตอบผิดแต่ไม่มั่นใจ (กลุ่มขาดความรู้ $[0, 0, 0]$) อย่างสิ้นเชิง

การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยออนไลน์ (<https://integer-diagnostic.pages.dev/>) เป็นเครื่องมือวิจัยที่ช่วยให้การวิจัยสำเร็จได้อย่างราบรื่น เนื่องจากช่วยแก้ปัญหาด้านการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนสาธิตหลายแห่งทั่วประเทศซึ่งมีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ ระบบประกอบด้วยฟังก์ชันการให้คะแนนและวินิจฉัยอัตโนมัติที่จำแนกนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม การแสดงผลการวินิจฉัยรายบุคคลพร้อมข้อเสนอแนะเฉพาะบุคคลใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านเหตุผล และด้านความมั่นใจ การส่งผลทาง E-mail และ Teacher Dashboard สำหรับอาจารย์ในการติดตามผลการวินิจฉัยของนักเรียนทั้งชั้นเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของสุรเดช อนันตสวัสดิ์ (2560) ที่พัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งพบว่าการใช้เทคโนโลยีสามารถช่วยอำนวยความสะดวกในกระบวนการวินิจฉัยและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม การเก็บข้อมูลผ่านระบบออนไลน์มีข้อจำกัดด้านอัตราการตอบกลับ โดย Nulty (2008) รายงานว่าอัตราการตอบกลับของแบบสำรวจออนไลน์โดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 33 ทั้งนี้ การวิจัยครั้งนี้มีนักเรียนตอบแบบสอบอย่างน้อย 1 เนื้อหาย่อยจำนวน 665 คน และตอบครบทั้ง 6 เนื้อหาย่อย จำนวน 630 คน จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 1,575 คน คิดเป็นอัตราข้อมูลสมบูรณ์ร้อยละ 40.00 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ย

วัตถุประสงค์ที่ 2 เพื่อหาคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ทั้งในด้านความตรง ความเที่ยง และคุณภาพรายข้อ อภิปรายได้ดังนี้

ด้านความตรงเชิงเนื้อหา (content validity)

แผนที่ภาวะสับสนนิชฐานทั้ง 6 เรื่อง มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกรายการ และข้อสอบทุกข้อ มีค่า IOC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($IOC \geq 0.50$) แสดงว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด ผลนี้สะท้อนข้อดีของการใช้แผนที่ภาวะสับสนนิชฐานเป็นกรอบในการกำหนดจุดประสงค์และออกข้อสอบ ซึ่งช่วยให้ข้อสอบครอบคลุมเนื้อหาครบถ้วนและตรงกับโครงสร้างที่ต้องการวัด สอดคล้องกับ Wilson (2005) ที่ระบุว่า แผนที่ภาวะสับสนนิชฐานช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญมีกรอบอ้างอิงที่ชัดเจนในการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ และสอดคล้องกับ Plake et al. (2010) ที่ชี้ว่าการออกแบบข้อสอบโดยใช้หลักฐานเป็นฐาน (evidence-centered design) ช่วยเพิ่มความตรงเชิงเนื้อหาและทำให้การประเมินคุณภาพข้อสอบมีหลักเกณฑ์ที่ชัดเจน

ด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion-related validity) แบบความตรงตามสภาพ (concurrent validity)

ผู้วิจัยตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์โดยเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับกับผลจากเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) กับนักเรียน 30 คน จากโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา พบว่า ค่าสัดส่วนของความสอดคล้อง (percent agreement) ในภาพรวมเท่ากับร้อยละ 86.11 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa) ในภาพรวมเท่ากับ 0.74 อยู่ในระดับสอดคล้องดี เมื่อพิจารณารายเนื้อหาย่อย พบว่า เรื่อง จำนวนเต็มมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสูงสุด ($K = 0.83$ สอดคล้องดีมาก) และเรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็มมีค่าต่ำสุด ($K = 0.69$ สอดคล้องดี) ซึ่งสะท้อนว่าเนื้อหาเรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็มมีความเป็นนามธรรมและซับซ้อนกว่าเนื้อหาอื่น การจำแนกกลุ่มนักเรียนจึงทำได้ยากกว่า

จากผลการตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่อง จำนวนเต็ม สามารถวินิจฉัยนักเรียนได้สอดคล้องกับผลจากเทคนิคการคิดออกเสียง ซึ่งเป็นวิธีที่เปิดเผยวิธีคิดของนักเรียนได้โดยตรงจากตัวนักเรียนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pesman and Eryilmaz (2010) ที่ใช้การสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อตรวจสอบความตรงตามสภาพของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง วงจรไฟฟ้า พบว่า ผลจากแบบสอบมีความสอดคล้องกับผลจากการสัมภาษณ์ เช่นเดียวกับ Arslan et al. (2012) ที่ใช้การสัมภาษณ์เพื่อยืนยันผลการวินิจฉัย และศุภามณ จันทร์สกุล (2561) ที่ใช้เทคนิคการคิดออกเสียงในการตรวจสอบความตรงของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับในกระบวนการพยาบาลพื้นฐาน

เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) กลุ่มมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ

(misconception-false negative) และกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) พบว่า ผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับตรงกับผลจากเทคนิคการคิดออกเสียงคิดเป็นร้อยละ 76.19 (16 จาก 21 คน) ซึ่งแสดงว่าแบบสอบสามารถระบุนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ในระดับที่ยอมรับได้ แม้ว่าค่านี้จะต่ำกว่าค่าสัดส่วนของความสอดคล้องในภาพรวมเล็กน้อย สาเหตุน่าจะมาจากจำนวนนักเรียนในกลุ่มนี้มีน้อย (21 คน) ทำให้การประมาณ ค่าร้อยละมีความคลาดเคลื่อนมากกว่ากลุ่มที่มีจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ผลนี้ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และสอดคล้องกับแนวทางของ Pesman and Eryilmaz (2010) ที่แนะนำให้พิจารณาร้อยละของผลการวินิจฉัยมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่ตรงกันเป็นเกณฑ์เสริมนอกเหนือจากค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน

ด้านคุณภาพรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (item response theory)

ข้อสอบทั้ง 100 ข้อ ผ่านเกณฑ์คุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ (3PLM) ทุกข้อ โดยมีค่าอำนาจจำแนก (a) อยู่ระหว่าง 0.95–2.50 ค่าความยาก (b) อยู่ระหว่าง -2.28 ถึง -0.08 และค่าการเดา (c) อยู่ระหว่าง 0.09–0.27 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($a = 0.50-2.50$, $b = -2.50$ ถึง $+2.50$, $g \leq 0.30$) ทุกข้อ ค่าอำนาจจำแนกส่วนใหญ่สูงกว่า 1.00 แสดงว่าข้อสอบสามารถแยกแยะนักเรียนที่มีความสามารถต่างกันได้ดี ค่าความยากที่เป็นค่าลบทุกข้อสะท้อนว่าข้อสอบค่อนข้างง่ายสำหรับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผลมาจากการวิเคราะห์จากคะแนนระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier) เท่านั้น ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือกที่นักเรียนมีโอกาสตอบถูกได้มากกว่า การพิจารณาคะแนนรวมทั้ง 3 ระดับ ส่วนค่าการเดาที่อยู่ในช่วง 0.09–0.27 ทุกข้อผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($g \leq 0.30$) แสดงว่าข้อสอบมีโอกาสนักเรียนจะเดาถูกต่ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พึงประสงค์ของข้อสอบวินิจฉัย เพราะหากค่าการเดาสูง จะทำให้ผลการวินิจฉัยคลาดเคลื่อนจากความเข้าใจที่แท้จริงของนักเรียน

ด้านความเที่ยง (reliability)

ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยง KR-20 ของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ทุกเนื้อหาย่อยมีค่าตั้งแต่ 0.76 ถึง 0.81 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ($KR-20 \geq 0.70$) โดยเนื้อหาย่อยที่มีค่าสูงสุด คือ เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ($KR-20 = 0.81$) และต่ำสุด คือ เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม ($KR-20 = 0.76$) แสดงว่าแบบสอบมีความคงเส้นคงวาเพียงพอที่จะนำไปใช้วินิจฉัยนักเรียนได้ สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัยของ Arslan et al. (2012) และ Kirbulut & Geban (2014) ที่กำหนดเกณฑ์ $KR-20 \geq 0.70$ สำหรับแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ในการวิจัยครั้งนี้การคำนวณ KR-20 ใช้วิธีการให้คะแนนแบบ three-tier composite scoring โดยนักเรียนจะได้คะแนน 1 ก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้ง 3 ระดับ คือ ตอบระดับเนื้อหา (content tier) ถูก ตอบระดับเหตุผล (reasoning tier) ถูก และมีความมั่นใจในการตอบ (confidence tier) มีรูปแบบการตอบ [1, 1, 1] ส่วนรูปแบบอื่นให้ 0 คะแนน เป็นแนวทางเดียวกับ Arslan et al. (2012) และ Kirbulut & Geban (2014) ข้อดีของวิธีนี้ คือ เป็นการพิจารณาความเข้าใจของนักเรียนอย่างครบถ้วนทั้ง 3 มิติ จึงเข้มงวดกว่าการพิจารณาเฉพาะระดับเนื้อหาเพียงอย่างเดียว และสะท้อนเจตนาของเครื่องมือที่มุ่งจำแนกนักเรียนเข้ากลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) ซึ่งต้องตอบถูกทั้ง 3 ระดับเท่านั้น

ความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (TIF / EAP reliability)

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงเชิงสารสนเทศ ซึ่งวิเคราะห์จากฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function: TIF) ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ พบว่า แบบสอบวินิจฉัยสามระดับทั้ง 6 เนื้อหาย่อยให้ค่าสารสนเทศสูงสุดในช่วงระดับความสามารถที่เป็นลบ คือ ระหว่าง -1.6 ถึง -0.4 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (standard error of measurement) ต่ำอยู่ระหว่าง 0.26 ถึง 0.33 และมีค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศ (EAP reliability) อยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 0.83 ผลนี้แสดงว่าแบบสอบวัดได้แม่นยำที่สุดในกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักของการวินิจฉัยที่มุ่งระบุนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจไม่สมบูรณ์ ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับธรรมชาติของแบบสอบวินิจฉัยที่ออกแบบมาเพื่อจำแนกและค้นหาความบกพร่องของผู้เรียน ซึ่งแตกต่างจากแบบสอบเพื่อการจัดอันดับหรือคัดเลือกที่ต้องการวัดให้แม่นยำครอบคลุมทุกระดับความสามารถ สอดคล้องกับ Hambleton et al. (1991) ที่ระบุว่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบช่วยให้ทราบว่าแบบสอบเหมาะสมกับผู้สอบในช่วงความสามารถใด และข้อสอบที่ดีควรให้สารสนเทศสูงในช่วงความสามารถที่ต้องการวัด

เมื่อพิจารณาจำแนกตามเนื้อหาย่อย พบว่า เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม ให้ค่าสารสนเทศสูงที่สุดมากที่สุด คือ 15.06 และมีค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศสูงที่สุด คือ 0.83 ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เนื้อหาย่อยนี้มีจำนวนข้อมากที่สุด คือ 22 ข้อ เนื่องจากค่าสารสนเทศของแบบสอบเป็นผลรวมของค่าสารสนเทศรายข้อ จำนวนข้อที่มากขึ้นจึงทำให้แบบสอบให้สารสนเทศโดยรวมสูงขึ้น ในขณะที่เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม ให้ค่าสารสนเทศสูงสุดต่ำที่สุด คือ 9.20 และมีค่าความเที่ยงเชิงสารสนเทศต่ำที่สุด คือ 0.60 อย่างไรก็ตาม ทุกเนื้อหาย่อยยังคงให้ค่าสารสนเทศสูงที่สุดในช่วงระดับความสามารถที่เป็นลบเช่นเดียวกัน แสดงว่าแบบสอบทั้ง 6 เนื้อหาย่อยมีคุณสมบัติสอดคล้องกับเป้าหมายของการวินิจฉัย

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงเชิงสารสนเทศของแบบสอบมีนัยต่อการนำแบบสอบไปใช้ กล่าวคือ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการวินิจฉัยและคัดกรองนักเรียนที่มีความสามารถค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ซึ่งเป็นกลุ่มที่ต้องการความช่วยเหลือ ครูผู้สอนจึงสามารถใช้แบบสอบนี้เพื่อระบุนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจไม่สมบูรณ์และวางแผนการสอนซ่อมเสริมได้อย่างมั่นใจ ในขณะเดียวกัน สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถสูง แบบสอบจะให้สารสนเทศในการวัดที่ลดลง ดังนั้น หากต้องการวินิจฉัยนักเรียนกลุ่มความสามารถสูงให้แม่นยำยิ่งขึ้น อาจพิจารณาเพิ่มข้อสอบที่มีค่าความยากสูงขึ้น เพื่อให้แบบสอบครอบคลุมช่วงความสามารถที่กว้างขึ้น ซึ่งเป็นประเด็นที่นำไปสู่ข้อเสนอแนะในการพัฒนาแบบสอบและการนำผลการวิจัยไปใช้ต่อไป

วัตถุประสงค์ที่ 3 เพื่อวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม จากแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผลการวินิจฉัยความบกพร่อง เรื่อง จำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 630 คน พบว่า ในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่ถูกจำแนกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) และกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีลักษณะแบ่งเป็น 2 ชัดเจน ระหว่างกลุ่มที่เข้าใจเรื่องจำนวนเต็มอย่างถูกต้องและกลุ่มที่ยังขาดความรู้ความเข้าใจ ส่วนกลุ่มอื่น ๆ พบในสัดส่วนที่น้อยกว่า อภิปรายจำแนกตามเนื้อหาย่อยได้ดังนี้

เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม และการบวกจำนวนเต็ม

เนื้อหาย่อยทั้งสองเรื่องนี้มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) สูงใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 41.90 เท่ากัน และมีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) ร้อยละ 43.49 และร้อยละ 43.65 ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนแบ่งออกเป็นสองกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่เนื้อหาทั้งสองเรื่องเป็นพื้นฐานที่นักเรียนได้เรียนรู้ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษา จึงมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่เข้าใจอย่างถูกต้องแล้ว ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งยังขาดความรู้ความเข้าใจ

หากวิเคราะห์รายข้อในเนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม พบว่า ยังมีข้อสอบบางข้อที่นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความรู้ เช่น ข้อที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบจำนวนเต็มลบ ซึ่งจากการทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) พบว่า นักเรียนบางคนเข้าใจว่าจำนวนลบที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าจะมีค่ามากกว่า เช่น เชื่อว่า $-8 > -3$ เพราะ $8 > 3$ ซึ่งเป็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่พบได้บ่อย สอดคล้องกับ Schnepfer and McCoy (2013) ที่พบว่า นักเรียนมักนำกฎของจำนวนเต็มบวกไปใช้กับจำนวนเต็มลบโดยไม่ได้นิ่งถึงความแตกต่างของเครื่องหมาย

เนื่อห่าย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

เนื่อห่าย่อยนี้มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) ร้อยละ 55.87 สูงเป็นอันดับสอง จากการทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการเขียนการลบจำนวนเต็มให้อยู่ในรูปของการบวก เช่น เข้าใจว่า $(-8) - (-5) = 8 + 5$ เนื่องจากเชื่อว่า "ลบกับลบได้บวก" จึงเปลี่ยนทั้งตัวตั้งและตัวลบเป็นบวก หรือเข้าใจว่า $(-8) - (-5) = (-8) + (-5)$ เนื่องจากเชื่อว่า "การลบด้วยลบก็คือการบวกด้วยลบ" นั่นคือ นักเรียนนำกฎเกี่ยวกับเครื่องหมายในการคูณ (ลบคูณลบได้บวก) ไปใช้กับการลบอย่างไม่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับ Egodawatte (2011) ที่พบว่า นักเรียนมักสับสนระหว่างกฎของเครื่องหมายในการดำเนินการต่าง ๆ ของจำนวนเต็มลบ

เนื่อห่าย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม และการหารจำนวนเต็ม

เนื่อห่าย่อยทั้งสองเรื่องนี้มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) ร้อยละ 51.75 และร้อยละ 53.97 ตามลำดับ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดเครื่องหมายของผลลัพธ์จากการทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง พบว่า นักเรียนบางคนเข้าใจว่า "ผลคูณเป็นบวกเสมอ ไม่ว่าตัวคูณจะเป็นลบหรือบวก" หรือเข้าใจว่าผลคูณของจำนวนลบ 3 ตัว เช่น $(-2) \times (-3) \times (-4)$ ให้ผลลัพธ์เป็นบวก เพราะ "ลบคูณลบคูณลบ ลบทั้งหมดได้บวก" ทั้งที่จริงแล้วผลคูณเป็นลบเนื่องจากมีจำนวนลบเป็นจำนวนคี่ สอดคล้องกับ Aliustaoğlu et al. (2018) ที่พบว่า นักเรียนมีปัญหาในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์กับจำนวนลบ โดยเฉพาะการกำหนดเครื่องหมายของผลลัพธ์จากการคูณและการหาร ในทำนองเดียวกัน Egodawatte (2011) พบว่า มโนทัศน์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการดำเนินการกับจำนวนลบเป็นหนึ่งในมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่พบบ่อยที่สุดในวิชาคณิตศาสตร์

สำหรับเนื่อห่าย่อยการหารจำนวนเต็ม ยังพบว่านักเรียนบางคนเข้าใจว่า "การหาร คือ การบวก" หรือ "การหาร คือ การลบ" แสดงให้เห็นว่านักเรียนบางส่วนยังไม่เข้าใจความหมาย ของการดำเนินการหาร สอดคล้องกับ Schnepfer and McCoy (2013) ที่ชี้ให้เห็นว่ามโนทัศน์คลาดเคลื่อนในคณิตศาสตร์มีตั้งแต่ระดับพื้นฐานจนถึงระดับซับซ้อน และการวินิจฉัยต้องสามารถตรวจจับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในทุกระดับได้

เนื่อห่าย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

เนื่อห่าย่อยนี้มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) สูงที่สุด คือ ร้อยละ 60.95 และมีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) ต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 24.92 ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับธรรมชาติของเนื้อหา เนื่องจากเนื้อหา เรื่อง สมบัติของการบวกและการ

คุณจำนวนเต็ม เช่น สมบัติการสลับที่ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ สมบัติการแจกแจง เอกลักษณ์ของการบวก และการคูณ เป็นเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมสูง ต้องอาศัยความเข้าใจเชิงโครงสร้างทางพีชคณิต ซึ่งเป็นเรื่องที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อาจยังไม่คุ้นเคย

จากการทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง พบว่า นักเรียนบางคนเข้าใจว่า "วงเล็บต่างกัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน" ซึ่งขัดกับสมบัติการเปลี่ยนหมู่ หรือเข้าใจว่า "สลับวงเล็บแล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน" ซึ่งเป็นความเข้าใจผิด นอกจากนี้ เนื้อหาย่อยนี้ยังมีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) สูงที่สุด คือ ร้อยละ 8.25 ซึ่งหมายความว่า มีนักเรียนจำนวนหนึ่งที่ตอบระดับเนื้อหา (content tier) ผิดแต่ให้เหตุผลในระดับที่ 2 (reasoning tier) ถูกและมั่นใจ กล่าวคือ นักเรียนมีวิธีคิดที่ถูกต้องแต่พลาดในการเลือกคำตอบ อาจเนื่องมาจากความสับสนในตัวเลขหรือเครื่องหมาย สอดคล้องกับ Yang and Lin (2015) ที่พบว่า แบบสอบวินิจฉัยสามารถเปิดเผยความซับซ้อนของความเข้าใจของนักเรียนได้มากกว่าแบบสอบปรนัยทั่วไป

ภาพรวมกลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนและกลุ่มอื่น ๆ

เมื่อพิจารณากลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) ซึ่งเป็นกลุ่มที่นักเรียนตอบระดับเนื้อหา (content tier) ถูกแต่ให้เหตุผลในระดับที่ 2 (reasoning tier) ผิดและมั่นใจ พบสัดส่วนสูงสุดในเนื้อหาย่อยการคูณจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 11.90 และการบวกจำนวนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 11.75 ผลนี้สอดคล้องกับ Kirbulut and Geban (2014) และ Pesman and Eryilmaz (2010) ที่กล่าวว่า กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวกและแบบผิดเชิงลบเป็นความคลาดเคลื่อนในกระบวนการประเมิน (errors of assessment) มากกว่าจะเป็นความเข้าใจผิดที่แท้จริง กล่าวคือ นักเรียนในกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวกอาจตอบถูกโดยบังเอิญหรือจดจำคำตอบได้โดยไม่เข้าใจเหตุผลที่แท้จริง ครูผู้สอนจึงควรให้ความสนใจนักเรียนกลุ่มนี้เป็นพิเศษเนื่องจากมีความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์แม้จะตอบคำถามได้ถูกต้อง

ส่วนกลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) และกลุ่มเดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) พบสัดส่วนน้อยมากในทุกเนื้อหาย่อย คือ ร้อยละ 0.16 ถึง 0.95 และร้อยละ 0.16 ถึง 0.63 ตามลำดับ การที่กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนพบได้น้อยเป็นเพราะเกณฑ์การจัดกลุ่มค่อนข้างเข้มงวด นักเรียนจะถูกจัดเข้ากลุ่มนี้ก็ต่อเมื่อตอบผิดทั้งระดับเนื้อหา (content tier) และระดับเหตุผล (reasoning tier) แต่ยังมีนักเรียนในคำตอบของตน ซึ่งสะท้อนถึงความเข้าใจผิดทั้งเนื้อหาและเหตุผล จึงมีนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่เข้าข่ายนี้ ส่วนกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจที่พบน้อยเช่นกัน สะท้อนว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่ตอบถูกทั้งระดับเนื้อหาและระดับเหตุผลมักจะมั่นใจในคำตอบของตนเอง ไม่ได้ตอบถูกจากการเดา

การวิเคราะห์รูปแบบการตอบในการแยกมโนทัศน์คลาดเคลื่อนจากการขาดความรู้

จุดเด่นสำคัญของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน คือ การวิเคราะห์รูปแบบการตอบทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ ระดับเนื้อหา (content tier) ระดับเหตุผล (reasoning tier) และระดับความมั่นใจ (confidence tier) ซึ่งทำให้สามารถจำแนกความบกพร่องของนักเรียนที่คล้ายกันเมื่อพิจารณาเฉพาะคะแนนถูก-ผิด ออกจากกันได้อย่างชัดเจน หากพิจารณาเฉพาะระดับเนื้อหาเพียงระดับเดียวดังเช่นแบบสอบปรนัยทั่วไป นักเรียนที่ตอบระดับเนื้อหาผิดจะถูกนับรวมเป็นกลุ่มเดียวกันทั้งหมด แต่เมื่อวิเคราะห์รูปแบบการตอบครบทั้ง 3 ระดับ พบว่านักเรียนเหล่านี้มีลักษณะความบกพร่องที่แตกต่างกัน และต้องการการช่วยเหลือที่ต่างกัน

เมื่อพิจารณารูปแบบการตอบที่ตอบระดับเนื้อหาผิด จะเห็นความแตกต่างระหว่างรูปแบบ [0, 0, 1] กับ [0, 1, 0] และ [0, 0, 0] อย่างชัดเจน กล่าวคือ นักเรียนที่มีรูปแบบการตอบ [0, 0, 1] ซึ่งตอบทั้งระดับเนื้อหาและระดับเหตุผลผิดแต่ยังมั่นใจในคำตอบ จะถูกจำแนกเป็นกลุ่มมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) เนื่องจากความมั่นใจสะท้อนว่านักเรียนยึดถือความเข้าใจที่ผิดนั้นว่าเป็นความรู้ที่ถูกต้อง ในขณะที่นักเรียนที่มีรูปแบบการตอบ [0, 1, 0] หรือ [0, 0, 0] ซึ่งตอบผิดและไม่มั่นใจ จะถูกจำแนกเป็นกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) เนื่องจากนักเรียนยังไม่มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหานั้นและรู้ตัวว่าไม่มั่นใจ การแยกแยะระหว่างสองกลุ่มนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในเชิงการจัดการเรียนการสอน เพราะนักเรียนกลุ่มมโนทัศน์คลาดเคลื่อนต้องได้รับการแก้ไขความเข้าใจที่ผิดก่อน ส่วนนักเรียนกลุ่มขาดความรู้ต้องได้รับการสอนเนื้อหาพื้นฐานใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางการสอนซ่อมเสริมที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง สอดคล้องกับ Hasan et al. (1999) ที่เสนอว่าการใช้ความมั่นใจในการตอบเป็นเกณฑ์สามารถแยกแยะระหว่างการขาดความรู้กับมโนทัศน์คลาดเคลื่อนได้ และสอดคล้องกับ Kirbulut and Geban (2014) ที่พบว่าระดับความมั่นใจช่วยจำแนกกลุ่มนักเรียนได้ละเอียดกว่าแบบสอบวินิจฉัยสองระดับ

ในทำนองเดียวกัน ระดับเหตุผลยังช่วยแยกนักเรียนที่ตอบระดับเนื้อหาถูกออกจากกันได้ กล่าวคือ รูปแบบการตอบ [1, 0, 0] ซึ่งตอบระดับเนื้อหาถูกแต่ให้เหตุผลผิดและไม่มั่นใจ สะท้อนว่านักเรียนอาจตอบถูกโดยบังเอิญหรือเดาคำตอบ จึงถูกจำแนกเป็นกลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) แตกต่างจากรูปแบบ [1, 0, 1] ที่ตอบระดับเนื้อหาถูก ให้เหตุผลผิด แต่มั่นใจ ซึ่งถูกจำแนกเป็นกลุ่มมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) ที่นักเรียนหาคำตอบได้ถูกแต่ใช้วิธีคิดที่ผิด ความสามารถในการจำแนกความบกพร่องที่ละเอียดเช่นนี้เป็นคุณค่าหลักของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับที่ประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื่องจากให้สารสนเทศที่ลึกกว่าการบอกเพียงว่านักเรียนตอบถูกหรือผิด และนำไปสู่การวางแผนการสอนซ่อมเสริมที่ตรงกับลักษณะความบกพร่องของนักเรียนแต่ละกลุ่มได้อย่างแท้จริง สอดคล้องกับ Yang and Lin (2015) ที่

ระบุว่าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับสามารถเปิดเผยความซับซ้อนของความเข้าใจของนักเรียนได้มากกว่าแบบสอบปรนัยทั่วไป

การนำผลการวินิจฉัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวินิจฉัยในภาพรวมแสดงให้เห็นว่า แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มได้อย่างชัดเจน ทำให้ครูผู้สอนทราบว่านักเรียนแต่ละคนเข้าใจเนื้อหาในระดับใด และมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนในจุดใดบ้าง ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยให้ครูวางแผนการสอนได้ตรงกับความต้องการของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ผลการวินิจฉัยยังสามารถนำไปใช้จัดลำดับความสำคัญในการช่วยเหลือนักเรียน โดยกลุ่มที่ควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก คือ กลุ่มขาดความรู้ (lack of knowledge) เนื่องจากนักเรียนยังไม่มีความรู้พื้นฐาน รองลงมาคือ กลุ่มมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) ที่ต้องได้รับการแก้ไขความเข้าใจผิดอย่างเร่งด่วน ส่วนกลุ่มมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (misconception-false negative) และแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) ต้องได้รับการตรวจสอบความเข้าใจเพิ่มเติม และกลุ่มเดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ (lucky guess/lack of confidence) ต้องได้รับการเสริมสร้างความมั่นใจ ในขณะที่กลุ่มมีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) สามารถต่อยอดความรู้ไปสู่เนื้อหาที่ซับซ้อนขึ้นได้ สอดคล้องกับ Treagust (1988) และ Ketterlin-Geller & Yovanoff (2009) ที่ระบุว่า การประเมินวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ครูตัดสินใจเรื่องการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ระบบแบบสอบวินิจฉัยออนไลน์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นยังให้ข้อเสนอแนะเฉพาะบุคคลใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านเหตุผล และด้านความมั่นใจ ซึ่งช่วยให้ทั้งนักเรียนและครูสามารถนำผลการวินิจฉัยไปใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ได้ทันที

การรายงานผลและการตีความสำหรับผู้ใช้แต่ละกลุ่ม

ระบบแบบสอบวินิจฉัยออนไลน์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นออกแบบการรายงานผลให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม โดยเฉพาะนักเรียนและครูผู้สอน ซึ่งมีจุดเน้นในการตีความและการนำผลไปใช้ที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

สำหรับนักเรียน ระบบแสดงผลการวินิจฉัยรายบุคคลทันทีบนหน้าจอหลังจากนักเรียนส่งคำตอบ และส่งรายงานไปยังอีเมลของนักเรียนโดยอัตโนมัติ ประกอบด้วย ตารางแสดงผลรายข้อสรุปกลุ่มการวินิจฉัยหลักพร้อมคำอธิบายความหมายของกลุ่มจากคำบรรยายความสามารถ (performance descriptors) จำนวนและร้อยละของข้อสอบในแต่ละกลุ่ม และข้อเสนอแนะเฉพาะบุคคลใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ ด้านเหตุผล และด้านความมั่นใจ การรายงานผลสำหรับนักเรียนจึงเน้นการสะท้อนให้นักเรียนเข้าใจสภาพความรู้ความเข้าใจของตนเองและให้แนวทางการพัฒนา

ที่นำไปปฏิบัติได้ทันที โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและมุ่งการพัฒนามากกว่าการตัดสินได้-ตก สอดคล้องกับสูตรเลข อนันตสวัสดี (2560) ที่พบว่าการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยให้นักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความเข้าใจของตนเองได้อย่างรวดเร็ว

สำหรับครูผู้สอน ระบบจัดเตรียม Teacher Dashboard ที่เน้นภาพรวมของชั้นเรียน โดยแสดงจำนวนนักเรียนทั้งหมดจำแนกตามกลุ่มการวินิจฉัย สามารถกรองข้อมูลตามโรงเรียน ห้องเรียน หัวข้อ และกลุ่มการวินิจฉัย ผลการวินิจฉัยรายบุคคล และส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ Excel เพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติม การรายงานผลสำหรับครูจึงแตกต่างจากการรายงานผลสำหรับนักเรียน กล่าวคือ มุ่งเน้นการให้ภาพรวมของทั้งชั้นเรียนเพื่อช่วยให้ครูระบุนักเรียนที่ต้องการความช่วยเหลือ จัดลำดับความสำคัญในการแก้ไข และวางแผนการสอนซ่อมเสริมให้ตรงกับลักษณะความบกพร่องของนักเรียนแต่ละกลุ่ม สอดคล้องกับ Treagust (1988) และ Ketterlin-Geller and Yovanoff (2009) ที่ระบุว่า การประเมินวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ครูตัดสินใจเรื่องการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

ทั้งนี้ ในการรายงานผลภาพรวมในระดับที่กว้างขึ้น เช่น ระดับสถานศึกษา ควรคำนึงถึงการรักษาความลับของข้อมูลเป็นสำคัญ จะเห็นได้จากการที่โรงเรียนกลุ่มตัวอย่างไม่ประสงค์ให้เปิดเผยข้อมูลเป็นรายโรงเรียน ผู้วิจัยจึงนำเสนอข้อมูลจำแนกตามภูมิภาคแทน ซึ่งเป็นประเด็นที่นำไปสู่ข้อเสนอแนะเรื่องการพัฒนาาระบบรักษาความลับของข้อมูลสำหรับการเผยแพร่ระบบในวงกว้างต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการวินิจฉัยพบว่า เนื้อหาย่อย เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และการคูณจำนวนเต็ม มีสัดส่วนนักเรียนในกลุ่มขาดความรู้สูง (ร้อยละ 60.95, 55.87, 53.97 และ 51.75 ตามลำดับ) ดังนั้น ครูผู้สอนคณิตศาสตร์จึงควรให้ความสำคัญกับการสอนเนื้อหาย่อยเหล่านี้เป็นพิเศษ โดยเน้นการสร้างความเข้าใจในหลักการพื้นฐานก่อนเข้าสู่เนื้อหาที่ซับซ้อนขึ้น

2. ผลการวินิจฉัยพบว่า กลุ่มมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) มีสัดส่วนสูงในเนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม และการบวกจำนวนเต็ม ซึ่งเป็นนักเรียนที่ตอบเนื้อหาถูกแต่ให้เหตุผลผิดและยังมั่นใจในคำตอบ ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรให้ความสำคัญกับนักเรียนกลุ่มนี้เป็นพิเศษ โดยตรวจสอบเหตุผลหรือวิธีคิดที่อยู่เบื้องหลังคำตอบ ไม่พิจารณาเพียงความถูกต้องของคำตอบ เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง

3. ผลการวิจัยพบว่า ระบบแบบสอบวินิจฉัยออนไลน์ (<https://integer-diagnostic.pages.dev/>) สามารถให้ผลการวินิจฉัยรายบุคคลได้ทันทีและมี Teacher Dashboard

สำหรับติดตามผลการวินิจฉัยของนักเรียนทั้งชั้นเรียน ดังนั้น ครูผู้สอนจึงสามารถนำระบบนี้ไปใช้ในห้องเรียนเพื่อวินิจฉัยความรู้ความเข้าใจของนักเรียนและวางแผนการสอนซ่อมเสริมได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

4. ผลการวิจัยพบว่า แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง จำนวนเต็ม ทั้ง 6 เนื้อหาย่อย มีค่าความตรงเชิงเนื้อหาผ่านเกณฑ์ทุกรายการ ดังนั้น ครูผู้สอนและผู้พัฒนาเครื่องมือวัดจึงสามารถนำแผนที่ภาวะสันนิษฐานที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้เป็นกรอบในการพัฒนาแบบวัดหรือแบบประเมินผลอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับเรื่องจำนวนเต็มได้ เช่น แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน หรือแบบประเมินผลรายจุดประสงค์

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานในเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องอื่น ๆ เช่น เศษส่วน ทศนิยม หรือพีชคณิต เพื่อให้ครูมีเครื่องมือวินิจฉัยที่ครอบคลุมเนื้อหาคณิตศาสตร์ในวงกว้างขึ้น

2. ควรพัฒนาชุดกิจกรรมหรือสื่อการสอนสำหรับแก้ไข misconceptions ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยออกแบบให้เหมาะกับลักษณะของกลุ่ม เช่น กิจกรรมสำหรับกลุ่มมี misconceptions แบบผิดเชิงบวก ควรเน้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบ เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจที่มาของคำตอบที่ถูกต้อง ไม่ใช่เพียงจดจำกฎ

3. ควรศึกษาเปรียบเทียบผลการจำแนกกลุ่มการวินิจฉัยที่ได้จากการใช้ค่าฐานนิยม (mode) กับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลการวัดเชิงจิตมิติ (psychometric model) เช่น โมเดลการวินิจฉัยทางปัญญา (cognitive diagnostic model) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของการจำแนกกลุ่ม และเพิ่มความน่าเชื่อถือให้แก่ผลการวินิจฉัย

4. ควรนำแบบสอบวินิจฉัยสามระดับไปทดลองใช้จริงในวงกว้างกับนักเรียนในบริบทที่หลากหลายขึ้น เช่น นักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน หรือนักเรียนในระดับชั้นอื่น เพื่อตรวจสอบว่าแบบสอบและระบบสามารถนำไปใช้ได้ผลดีกับกลุ่มเป้าหมายที่หลากหลายและในสภาพการใช้งานจริง

5. ควรศึกษาวิจัยเชิงทดลอง เพื่อตรวจสอบว่าการนำผลการวินิจฉัยจากแบบสอบนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริง ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นและมี misconceptions ลดลงหรือไม่

6. ควรพัฒนาระบบแบบสอบวินิจฉัยออนไลน์ให้สามารถเลือกข้อสอบได้อัตโนมัติตามระดับความสามารถของนักเรียนแต่ละคน (computerized adaptive diagnostic testing) เพื่อช่วยให้นักเรียนใช้เวลาทำข้อสอบน้อยลง โดยที่ผลการวินิจฉัยยังคงความแม่นยำ

7. ควรพัฒนาระบบรักษาความลับของข้อมูล (privacy) ของระบบแบบสอบวินิจัยออนไลน์ ให้รองรับการเผยแพร่และนำระบบไปใช้ในวงกว้าง โดยไม่กระทบต่อข้อมูลส่วนบุคคลของนักเรียนและสถานศึกษา

8. ควรปรับปรุงภาษาของคำบรรยายผลการวินิจัยและข้อเสนอแนะที่แสดงแก่นักเรียนให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น โดยอาศัยข้อมูลจากการทดลองใช้จริงกับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถนำผลการวินิจัยไปใช้พัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *แนวทางการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- ไข่มุก เลื่องสุนทร. (2552). *การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชนบุรี เขต 1 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โชติ เพชรชื่น. (2544). แบบสอบวินิจฉัย. *สารานุกรมศึกษาศาสตร์*, 23, 7-11. สืบค้นจาก <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/ENEDU/article/view/5986>
- ดวงเดือน อ่อนน้อม. (2533). *การสอนซ่อมเสริมทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนบดี อินทาดกรวด. (2560). *การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ กับสี่ระดับ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก <https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/60108>
- ธัญญ์ริญญ์ จิรกุลชนศิริโชติ. (2559). *การพัฒนารูปแบบการสร้างความสามารถในการวินิจฉัยตนเองใน ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/58094>
- ธัญญารัตน์ น้ำใจดี. (2565). *การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง (ฝ่ายประถม) (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สืบค้นจาก https://tdc.thailis.or.th/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=639607
- ปิยาพร ขาวสอาด. (2541). *การพัฒนากระบวนการสอบความก้าวหน้าวิชาภาษาอังกฤษ โดยใช้ คอมพิวเตอร์ที่ให้ผู้เรียนวินิจฉัยย้อนกลับ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา)*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/12637>
- พรพรรณ โตโฆชนพันธุ์. (2565). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น เพื่อศึกษา มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 (ปริญญาโทบริหารการศึกษา)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2545). *การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มนัสสิริ อินทร์สวาท. (2554). *การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบสอบวินิจัยแบบสามระดับสำหรับ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/52379>
- เมธาสิทธิ์ ธัญรัตนศรีสกุล. (2558). การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนราชินีบูรณะ จังหวัดนครปฐม. *วารสารวิจัยสหวิทยาการไทย*, 10(2), 24-28.
- ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- เลิศบุษยา ไทยเจริญ. (2558). *การพัฒนาแบบสอบวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบเลือกตอบ สามระดับ วิชาชีววิทยาของนิสิตฝึกสอน* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก <https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/51315>
- วรณัฐ มาตระกุล. (2551). *การวินิจัยข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์ปริญามหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สืบค้นจาก <http://cmuir.cmu.ac.th/jspui/handle/6653943832/25754>
- วิทยา บุราณ. (2556). *การพัฒนาการทดสอบวินิจัยทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ดำเนินการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์*. *วารสารการวัดผลการศึกษา*, 19(2), 154-166. สืบค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jemmsu/article/view/154862/112604>
- วิดา ช่อนคำ. (2551). *การสร้างแบบทดสอบวินิจัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* (ปริญญาโทบริหารศึกษามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วีรภัทร์ สุขศิริ. (2557). การสร้างแผนที่ภาวะสันนิษฐาน: แนวทางการสร้างโมเดลความคิดในระบบ การประเมินที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร*, 4(1), 44-66. สืบค้นจาก <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/jrcd/article/view/4984>
- วีรภัทร์ สุขศิริ, และชนม์ชกรณ วรอินทร. (2559). *การตรวจคะแนนจุดตัดขั้นต้นสำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จากคะแนนสอบระดับชาติขั้นพื้นฐานด้วยวิธีทำแผนที่ความสามารถแฝงเชิงประจักษ์: การวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจ* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบ

- ทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). สืบค้นจาก <https://www.niets.or.th/th/content/download/5257>
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 7 ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2563). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2538). *การพัฒนาวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบโน้ตบุ๊กที่ตลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก <https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/56547>
- ศิริเดช สุชีวะ. (2550). *การวิเคราะห์จุดอ่อนจุดแข็งของนักเรียน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศุภามณ จันทรสกุล. (2561). *การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยพุทธิปัญญาโดยใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานและแบบทดสอบวินิจฉัยสามระดับในกระบวนการพยาบาลพื้นฐาน* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก <http://lib.edu.chula.ac.th/libedu2017/libedu-sp-lo5-srch.asp>
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *ผลการประเมิน PISA 2018: บทสรุปสำหรับผู้บริหาร*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2018-summary-result/>
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). *ผลการประเมิน PISA 2022*. สืบค้นจาก <https://drive.google.com/file/d/13XkmHxX8fqGFcAanaQu3C47e8L2vTeZ/view>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561ก). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561ข). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ เล่ม 1 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา*

ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2552). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำราญ ชินจันทิก, และพัชรี จันทรเพ็ง. (2563). แนวทางการประเมินเพื่อพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจำเพาะบุคคล. *วารสารการวัดผลการศึกษา*, 26(1), 47-64. สืบค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jemmsu/article/view/225182>

สุภาภรณ์ มณีประวีติ. (2561). การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 สหวิทยาเขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สืบค้นจาก <https://tdc.thailis.or.th/tdc/>

สุรเดช อนันตสวัสดิ์. (2560). การพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นจาก <https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/59946>

โสภิตา เสนาจิต. (2560). การพัฒนาเทคนิคการประเมินการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยการสร้างโมเดลภาวะสันนิษฐานทางทฤษฎีและการวัดแบบบราสซ์ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. สืบค้นจาก <http://etheses.psru.ac.th/lib-irpsru/?q=th/node/426>

Aliustaoğlu, F., Tuna, A., & Biber, A. C. (2018). The misconceptions of sixth grade secondary school students on fractions. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 10(5), 591-599. doi:10.26822/iejee.2018541308

Arslan, H. O., Cigdemoglu, C., & Moseley, C. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, 34(11), 1667-1686. doi:10.1080/09500693.2012.680618

Baker, F. B. (2001). *The basics of item response theory* (2nd ed.). College Park, MD:

- ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED458219>
- Bloom, B. S., Hastings, J. T., & Madaus, G. F. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Bock, R. D., & Mislevy, R. J. (1982). Adaptive EAP estimation of ability in a microcomputer environment. *Applied Psychological Measurement*, 6(4), 431-444. doi:10.1177/014662168200600405
- Caleon, I., & Subramaniam, R. (2009). Do students know what they know and what they don't know? Using a four-tier diagnostic test to assess the nature of students' alternative conceptions. *Research in Science Education*, 40, 313-337. doi:10.1007/s11165-009-9122-4
- Carney, M. B., Smith, E., & Hughes, G. (2022). Construct maps and item frameworks: An example in proportional reasoning. *Mathematics Education Research Journal*, 35(4), 849-877. doi:10.1007/s13394-022-00415-z
- Cizek, G. J., & Bunch, M. B. (2007). *Standard setting: A guide to establishing and evaluating performance standards on tests*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- De Ayala, R. J. (2009). *The theory and practice of item response theory*. New York, NY: Guilford Press.
- Delandshere, G. (1990). Diagnostic assessment procedures. In H. Walberg & G. Haertel (Eds.), *The international encyclopedia of educational evaluation* (pp. 340-343). Oxford: Pergamon Press.
- Egodawatte, G. (2011). *Secondary school students' misconceptions in algebra* (Doctoral dissertation). Toronto: University of Toronto. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1807/29712>
- Embretson, S. E., & Reise, S. P. (2000). *Item response theory for psychologists*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data* (Rev. ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Hosp, M. K., & Hamlett, C. L. (2003). The potential for diagnostic

- analysis within curriculum-based measurement. *Assessment for Effective Intervention*, 28(3-4), 13-22. doi:10.1177/073724770302800303
- Gurmu, A. L. (2012). Diagnosing the diagnostics: Misconceptions of twelfth grade students on selected chemistry concepts in two preparatory schools in Eastern Ethiopia. *African Journal of Chemical Education*, 2, 16-31.
- Hambleton, R. K., Swaminathan, H., & Rogers, H. J. (1991). *Fundamentals of item response theory*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, 34, 294-299. doi:10.1088/0031-9120/34/5/304
- Hopkins, C. D., & Antes, R. L. (1990). *Classroom measurement and evaluation*. Itasca, IL: F. E. Peacock.
- Ketterlin-Geller, L., & Yovanoff, P. (2009). Diagnostic assessments in mathematics to support instructional decision making. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 14(16), 1-11.
- Kirbulut, Z. D., & Geban, O. (2014). Using three-tier diagnostic test to assess students' misconceptions of states of matter. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(5), 509-521. doi:10.12973/eurasia.2014.1128a
- Lindquist, E. F., & Thorndike, R. L. (1966). *Educational measurement*. Washington, DC: American Council on Education.
- Mislevy, R. J., Beaton, A. E., Kaplan, B., & Sheehan, K. M. (1992). Estimating population characteristics from sparse matrix samples of item responses. *Journal of Educational Measurement*, 29, 133-161.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Nulty, D. D. (2008). The adequacy of response rates to online and paper surveys: What can be done? *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 33(3), 301-314. doi:10.1080/02602930701293231
- Ofem, J., Delight, I., & Sylvia, O. (2017). Effect of diagnostic and feedback assessment approaches in enhancing achievement in mathematics among secondary school students in Calabar Municipality. *International Journal of Scientific*

- Research in Education*, 10(2), 221-227.
- Perie, M. (2008). A guide to understanding and developing performance-level descriptors. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 27(4), 15-29. doi:10.1111/j.1745-3992.2008.00135.x
- Pesman, H., & Eryilmaz, A. (2010). Development of a three-tier test to assess misconceptions about simple electric circuits. *The Journal of Educational Research*, 103(3), 208-222. doi:10.1080/00220670903383002
- Plake, B. S., Huff, K., & Reshetar, R. (2010). Evidence-centered assessment design as a foundation for achievement-level descriptor development and for standard setting. *Applied Measurement in Education*, 23(4), 342-357. doi:10.1080/08957347.2010.510964
- Saikang, T., Junpeng, P., Luanganggoon, N., Chiajunthuk, S., Suwannatrai, P., Marwiang, M., ... Wilson, M. (2024). Developing and validating the construct maps to assess mathematical proficiencies. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(2), 968-978. doi:10.11591/ijere.v13i2.24871
- Schnepper, L. C., & McCoy, L. P. (2013). Analysis of misconceptions in high school mathematics. *Networks: An Online Journal for Teacher Research*, 15(1), Article 7. doi:10.4148/2470-6353.1066
- Schulz, E. M. (2013). What is essential in standard setting and construct maps? Commentary on Adam E. Wyse's "Construct maps as a foundation for standard setting". *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 11(4), 192-194. doi:10.1080/15366367.2013.857992
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169. doi:10.1080/0950069880100204
- Underhill, R. G. (1972). *Teaching elementary school mathematics*. Columbus, OH: Merrill.
- Victor, G. C. (1973). *Dictionary of education*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Wiersma, W., & Jurs, S. G. (1990). *Educational measurement and testing* (2nd ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.

- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wilson, M. (2008). Cognitive diagnosis using item response models. *Journal of Psychology*, 216(2), 74-88. doi:10.1027/0044-3409.216.2.74
- Wilson, M. (2023). *Constructing measures: An item response modeling approach* (2nd ed.). New York, NY: Routledge. doi:10.4324/9781003286929
- Wilson, M. (2024). What makes measurement important for education? *Educational Measurement: Issues and Practice*, 43(4), 73-82. doi:10.1111/emip.12646
- Wilson, M., Bejar, I., Scalise, K., Templin, J., Wiliam, D., & Iribarra, D. (2011). Perspectives on methodological issues. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 67-141). Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-94-007-2324-5_3
- Wyse, A. E. (2014). Construct maps in standard setting: A response and some additional thoughts. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 12(1-2), 62-68. doi:10.1080/15366367.2014.921087
- Yang, D.-C., & Lin, Y.-C. (2015). Assessing 10- to 11-year-old children's performance and misconceptions in number sense using a four-tier diagnostic test. *Educational Research*, 57, 1-21. doi:10.1080/00131881.2015.1085235



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|---|---|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ชานนท์ จันทรา | รองคณบดี
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย | รองประธานวิชาการ (มัธยม)
โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
ผู้อำนวยการ
โรงเรียนประถมสาธิต
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร |
| 3. ดร.รัชฎา เทียมธรรม | อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัย
คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา |
| 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริกร โตสติ | รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวรินทร์ ตาก่อนทอง | รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหารและแผนงาน
สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 6. ดร.ปิยะพงศ์ คล้ายคลึง | ผู้อำนวยการสำนักทดสอบทางการศึกษา
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน |
| 7. ดร.ชนาธิป พุ้ยแป | |

หมายเหตุ

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1-5 ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1-7 ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจัยสามระดับ

ภาคผนวก ข แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม และการลบจำนวนเต็ม

แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม

รูปแบบการวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลถูกต้องในการระบุ จำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูปเศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบนเส้นจำนวนกับค่าของจำนวน สามารถเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจในการตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้นจำนวนแสดงถึงผลต่างของจำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจในการตอบ
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception- false positive) 1 0 1	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้องในการระบุ จำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูปเศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบนเส้นจำนวนกับค่าของจำนวน สามารถเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจในการตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้นจำนวนแสดงถึงผลต่างของจำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจในการตอบ

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative) 0 1 1	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผล ถูกต้อง ในการระบุจำแนก และ เปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวน เต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่ เท่ากับศูนย์และทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบน เส้นจำนวนกับค่าของจำนวนได้และมี ความมั่นใจในการตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็ม บวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่ง มาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจาก ศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบ จำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของจำนวน ทั้งสอง โดยมีความมั่นใจในการตอบ
เดาคำตอบถูก/ (lucky guess) ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผล ถูกต้อง ในการระบุ จำแนก และ เปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวน เต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูป เศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่ เท่ากับศูนย์และทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบน เส้นจำนวนกับค่าของจำนวน สามารถเปรียบเทียบและเรียงลำดับ จำนวนเต็มได้ แต่ขาดความมั่นใจใน การตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และ ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็ม บวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่ง มาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจาก ศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบ จำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้น จำนวนแสดงถึงผลต่างของจำนวน ทั้งสอง โดยขาดความมั่นใจในการ ตอบ
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (misconception) 0 0 1	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และให้ เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการระบุ จำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์ รวมถึง	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าจำนวน ที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวน เต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่า

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
	จำนวนในรูปเศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบนเส้นจำนวนกับค่าของจำนวน สามารถเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และมีความมั่นใจในการตอบ	ยิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้นจำนวนแสดงถึงผลต่างของจำนวนทั้งสอง โดยมีความมั่นใจในการตอบ
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาและ/หรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการระบุ จำแนก และเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ และศูนย์ รวมถึงจำนวนในรูปเศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์และทศนิยมซ้ำศูนย์ได้ เข้าใจความสัมพันธ์ของตำแหน่งบนเส้นจำนวนกับค่าของจำนวน สามารถเปรียบเทียบและเรียงลำดับจำนวนเต็มได้ และขาดความมั่นใจในการตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าจำนวนที่อยู่ทางขวาของศูนย์ คือ จำนวนเต็มบวก ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งมาก จำนวนที่อยู่ทางซ้ายของศูนย์ คือ จำนวนเต็มลบ ยิ่งอยู่ห่างจากศูนย์มากค่ายิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนสองจำนวน จำนวนที่อยู่ทางขวามากกว่าจะมีค่ามากกว่า และระยะห่างระหว่างจุดบนเส้นจำนวนแสดงถึงผลต่างของจำนวนทั้งสอง โดยขาดความมั่นใจในการตอบ

แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผล ถูกต้อง ในการบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวกจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็ม ลบกับจำนวนเต็มลบ สามารถบวก จำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลักและ ตำแหน่ง จัดการกับตัวทศได้อย่าง เหมาะสม และมีความมั่นใจในการ ตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้ เหตุผลถูกต้อง ว่าการบวกจำนวนเต็ม มีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก ให้นำมา บวกกันตามปกติจากหลัก หน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และ จัดการตัวทศได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่า สัมบูรณ์ของจำนวนเต็มบวก มากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวน เต็มบวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ
มีมีโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ในการบวก จำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวก	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ให้ เหตุผล ไม่ถูกต้อง ว่าการบวก จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
(misconception- false positive) 1 0 1	จำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มลบ สามารถบวกจำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัว ทดได้อย่างเหมาะสม และมีความ มั่นใจในการตอบ	- การบวกจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก ให้นำมา บวกกันตามปกติจากหลัก หน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และ จัดการตัวทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่า สัมบูรณ์ของจำนวนเต็มบวก มากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวน เต็มบวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผล ถูกต้อง ในการบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวกจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็ม ลบกับจำนวนเต็มลบ สามารถบวก จำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลักและ	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้ เหตุผลถูกต้อง ว่าการบวกจำนวนเต็ม มีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก ให้นำมา บวกกันตามปกติจากหลัก หน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และ

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
	ตำแหน่ง จัดการกับตัวทดได้อย่าง เหมาะสม แต่ขาดความมั่นใจในการ ตอบ	จัดการตัวทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่า สัมบูรณ์ของจำนวนเต็มบวก มากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวน เต็มบวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception- false negative) 0 1 1	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้ เหตุผลถูกต้อง ในการบวกจำนวน เต็ม เข้าใจหลักการบวกจำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็ม บวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวน เต็มลบกับจำนวนเต็มลบ สามารถ บวกจำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลัก และตำแหน่ง จัดการกับตัวทดได้ อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจใน การตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการบวก จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก ให้นำมา บวกกันตามปกติจากหลัก หน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และ จัดการตัวทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ ให้นำค่า

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
		สัมพันธ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมพันธ์ของจำนวนเต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่าสัมพันธ์ของจำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมพันธ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่าสัมพันธ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ โดยมีความมั่นใจในการตอบ
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาและ/หรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มลบ สามารถบวกจำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทศได้อย่างเหมาะสม และขาดความมั่นใจในการตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าการบวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การบวกจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก ให้นำมาบวกกันตามปกติจากหลักหน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัวทศได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ ให้นำค่าสัมพันธ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมพันธ์ของจำนวนเต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่าสัมพันธ์ของ

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
		จำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์ เป็นศูนย์ - การบวกจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ ให้นำค่า สัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่ เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็น จำนวนเต็มลบ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ



แผนที่ภาวะสันนิษฐาน เนื้อหาย่อย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
มีความรู้ อย่างแท้จริง (knowledge) 1 1 1	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผล ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้ อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดยใช้ หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่าง ถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวน ตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม ลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่า สัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บน เส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึง ตำแหน่งของตัวตั้งและตัวลบอย่าง ถูกต้อง และมีความมั่นใจในการตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้องและให้ เหตุผลถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็ม มีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยน เฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้าม เท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4$ $= 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3$ $= -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2)$ $= 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9)$ $= -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่ามากกว่า เป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
		- ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ
เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือ ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้งและตัวลบอย่างถูกต้อง แต่ขาดความมั่นใจในการตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็ม มีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้องคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
		ไม่ใช่จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (misconception-false positive) 1 0 1	นักเรียนเข้าใจเนื้อหา แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ $\text{ตัวตั้ง} - \text{ตัวลบ} = \text{ตัวตั้ง} + \text{จำนวนตรงข้ามของตัวลบ}$ แล้วหาผลลัพธ์ โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่	ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
	มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจาก ศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึง ทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดย คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้งและตัว ลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจใน การตอบ	- การลบจำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่ามากกว่า เป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่าง ของจำนวนนั้นจากศูนย์บน เส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึง ทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ ของจำนวนลบ คือ จำนวน บวก เช่น $-3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (misconception-	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา แต่ให้ เหตุผลถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็มโดย เขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง แต่ ให้เหตุผลถูกต้อง ว่าการลบจำนวน เต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัว ตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ โดย

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
false negative) 0 1 1	ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวกคือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้งและตัวลบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการตอบ	เปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ การลบจำนวนเต็มต้องคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนบวก

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
		เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ
มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) 0 0 1	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหา และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็ม โดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะทางของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง และตัวลบบอย่างถูกต้อง และมีความมั่นใจในการตอบ	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9) = -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้องคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
		จำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน - ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของจำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ของจำนวนลบ คือ จำนวนบวก เช่น $-3 = 3$ โดยมีความมั่นใจในการตอบ
ขาดความรู้ (lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาและ/หรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็ม โดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ แล้วหาผลลัพธ์โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนั้นจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง	ประกอบด้วยคำตอบที่ไม่ถูกต้องและ/หรือให้เหตุผลที่ไม่ถูกต้อง ว่าการลบจำนวนเต็มมีหลัก คือ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ โดยเปลี่ยนเฉพาะตัวลบให้เป็นจำนวนตรงข้ามเท่านั้น ไม่ต้องเปลี่ยนตัวตั้ง ดังนี้ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $7 - 4 = 7 + (-4)$ - การลบจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก เช่น $-5 - 3 = -5 + (-3)$ - การลบจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มลบ เช่น $6 - (-2) = 6 + 2$

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยายความสามารถ	คำบรรยายคำตอบ
	และตัวลบบ้างถูกต้อง และขาด ความมั่นใจในการตอบ	- การลบจำนวนเต็มลบด้วย จำนวนเต็มลบ เช่น $-4 - (-9)$ $= -4 + 9$ - การลบจำนวนเต็มต้อง คำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้ง ไม่ใช่จำนวนที่มีค่ามากกว่า เป็นตัวตั้ง - จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบ ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และ จำนวนตรงข้ามของจำนวน เต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวก ที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่าง ของจำนวนนั้นจากศูนย์บน เส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึง ทิศทาง โดยค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนบวก คือ จำนวนบวก เช่น $5 = 5$ และค่าสัมบูรณ์ ของจำนวนลบ คือ จำนวน บวก เช่น $-3 = 3$ โดยขาดความมั่นใจในการตอบ

ภาคผนวก ค แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง จำนวนเต็ม (เนื้อหาย่อย เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม)

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง จำนวนเต็ม

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแผนที่ภาวะสันนิษฐาน เรื่อง จำนวนเต็ม เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของคำบรรยายความสามารถและคำบรรยายคำตอบกับตัวชี้วัด เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และ รูปแบบการวินิจฉัย ซึ่งจะนำไปใช้ในการสร้างแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยการประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐานต่อไป

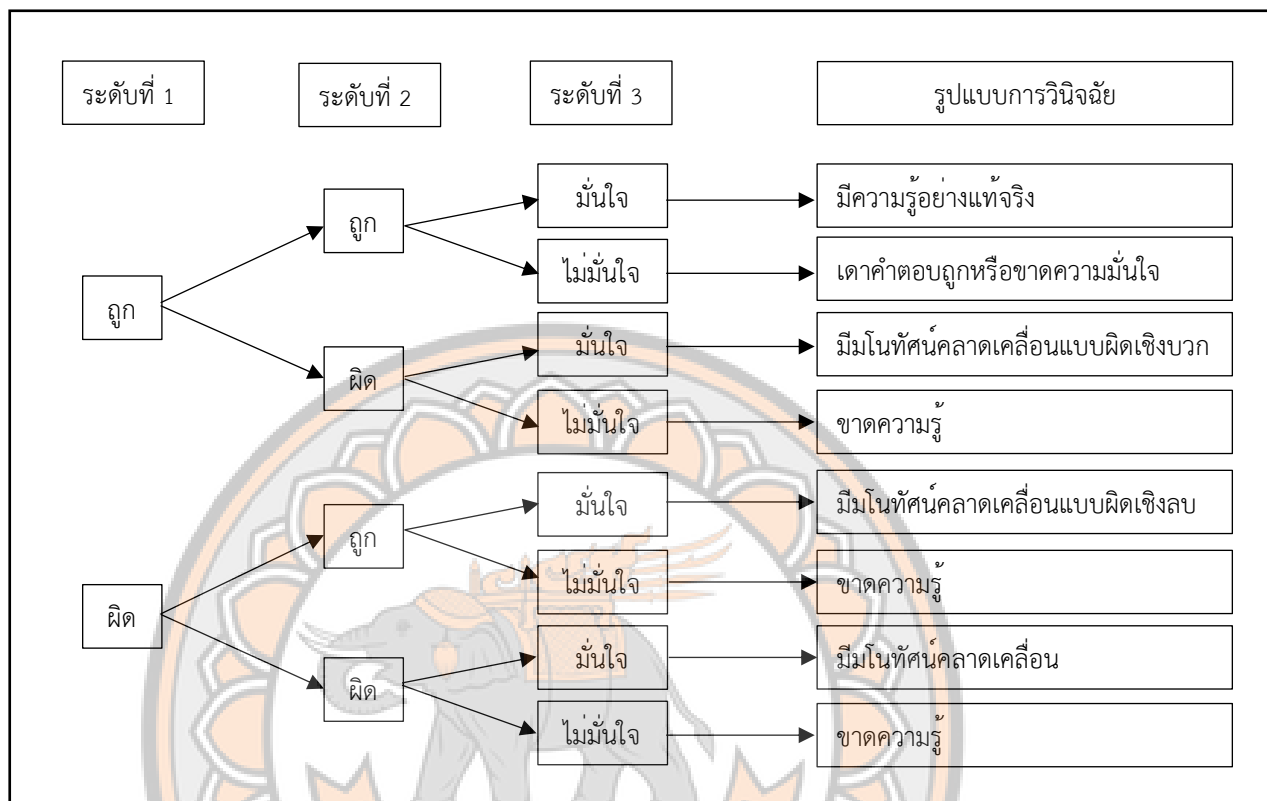
แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง แผนที่ความคิดที่แสดงความรู้ ทักษะ และความสามารถที่ต้องการวัด ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยกำหนดโครงสร้าง ขอบเขต และคำบรรยายของความสามารถตามทฤษฎีเพื่ออธิบายการตอบคำถามของนักเรียน เพื่อให้ทราบความสามารถและขอบเขตความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

คำบรรยายความสามารถ หมายถึง คำบรรยายสรุปความเข้าใจเพื่ออธิบายภาพรวมของการประเมินผล โดยสารสนเทศดังกล่าวจะถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม ใช้ในการตีความหมายผลการวัด และใช้ในการสรุปอ้างอิงเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียน

คำบรรยายคำตอบ หมายถึง คำอธิบายที่กำหนดลักษณะข้อมูลหรือหลักฐานที่ปรากฏในคำตอบของผู้เรียน ที่สามารถแสดงให้เห็นถึงความสามารถและขอบเขตความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง แบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นจากแผนที่ภาวะสันนิษฐานด้วยชุดของคำถามที่ประกอบด้วย 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือกตอบให้แสดงคำตอบ ระดับที่ 2 เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือกตอบให้แสดงเหตุผลในการตอบ และระดับที่ 3 เป็นข้อคำถามให้เลือกตอบมั่นใจหรือไม่มั่นใจในการตอบ การให้คะแนนในแต่ละระดับของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับให้คะแนนแบบ 2 ค่า โดยมีรูปแบบการวินิจฉัยเป็น 6 ลักษณะ ได้แก่ 1) มีความรู้อย่างแท้จริง (knowledge) คือ ตอบระดับที่ 1 ถูก ระดับที่ 2 ถูก และระดับที่ 3 มั่นใจ 2) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (false positive) คือ ตอบระดับที่ 1 ถูก ระดับที่ 2 ผิด และระดับที่ 3 มั่นใจ 3) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (false negative) คือ ตอบระดับที่ 1 ผิด ระดับที่ 2 ถูก และระดับที่ 3 มั่นใจ 4) มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (misconception) คือ ตอบระดับที่ 1 ผิด ระดับที่ 2 ผิด และระดับที่ 3 มั่นใจ 5) เดาคำตอบถูก (lucky guess) หรือขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คือ ตอบระดับที่ 1 ถูก ระดับที่ 2 ถูก และระดับที่ 3 ไม่มั่นใจ และ 6) ขาดความรู้ (lack of knowledge) คือ ตอบระดับที่ 1 และ 2 ผิด หรือตอบระดับที่ 1 หรือ 2 ผิด และระดับที่ 3 ไม่มั่นใจ ดังภาพ 1

ภาพ 1 รูปแบบการวินิจฉัยโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน



มีความรู้อย่างแท้จริง หมายถึง นักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาสามารถแสดงเหตุผล และมีความมั่นใจในการตอบ มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [1 1 1] ตามลำดับ

มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก หมายถึง นักเรียนมีความรู้หรือมีแนวคิดที่ถูกต้อง แต่ความจริงไม่มีความรู้หรือมีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [1 0 1] ตามลำดับ

มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ หมายถึง นักเรียนไม่มีแนวคิดที่ถูกต้อง แต่ความจริงมีหรืออีกนัยหนึ่ง คือ มีแนวคิดถูกต้องแต่แสดงคำตอบผิด มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และมั่นใจ [0 1 1] ตามลำดับ

มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน หมายถึง นักเรียนไม่มีความรู้ในเนื้อหา ไม่สามารถแสดงเหตุผล และ มีความมั่นใจในการตอบ มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และมั่นใจ [0 0 1] ตามลำดับ

เดาคำตอบถูกหรือขาดความมั่นใจ หมายถึง นักเรียนพอมีความรู้แต่ไม่มั่นใจในการตอบ หรือไม่รู้แต่เดาคำตอบได้ถูก ซึ่งถ้าเดาคำตอบถูกในส่วนแรกมักจะตอบถูกในส่วนแสดงเหตุผลไปด้วย

เนื่องจากข้อสอบทั้งสองส่วนมักมีความเกี่ยวข้องกัน มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ถูกต้อง, ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 1 0] ตามลำดับ

ขาดความรู้ หมายถึง นักเรียนไม่มีความรู้ในระดับใดระดับหนึ่งหรือทั้งสองระดับ และไม่มั่นใจในการตอบ มีรูปแบบในการตอบ 3 รูปแบบ ดังนี้

ขาดความรู้อย่างแท้จริง มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [0 0 0] ตามลำดับ

ขาดความรู้ในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผล มีรูปแบบการตอบในแบบสอบระดับที่ 1, 2 และ 3 โดยตอบ ไม่ถูกต้อง, ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [0 1 0] และถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง และไม่มั่นใจ [1 0 0] ตามลำดับ

ตัวชี้วัด เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง จำนวนเต็ม

เรื่อง จำนวนเต็ม อยู่ในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวนระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ

ตาราง 1 ตัวชี้วัด เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง จำนวนเต็ม

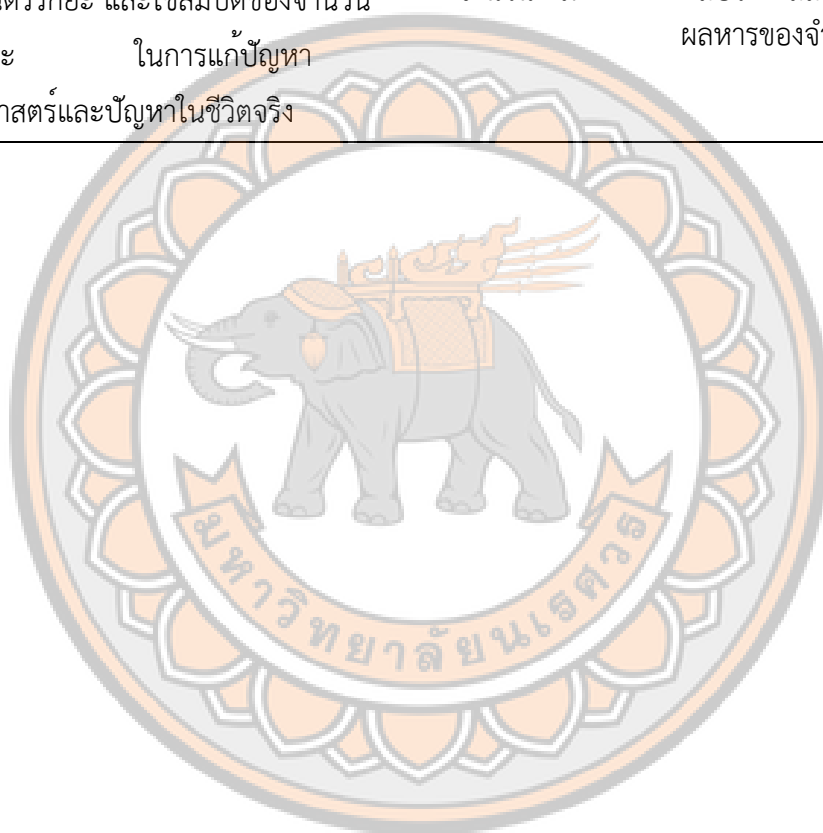
ตัวชี้วัด	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้
เข้าใจจำนวนตรรกยะและความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะ และใช้สมบัติของจำนวนตรรกยะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	1. จำนวนเต็ม 2. การบวกจำนวนเต็ม 3. การลบจำนวนเต็ม 4. การคูณจำนวนเต็ม 5. การหารจำนวนเต็ม 6. สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	- นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจำนวนเต็มได้ - นักเรียนจะสามารถหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของจำนวนเต็มได้ - นักเรียนจะสามารถนำความรู้เรื่องจำนวนเต็มไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าคำบรรยายความสามารถ/คำบรรยายคำตอบสอดคล้องกับตัวชี้วัด เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และประเภทของนักเรียนหรือไม่ โดยพิจารณาให้น้ำหนักดังนี้
 +1 หมายถึง แน่ใจว่า บรรยายความสามารถ/คำบรรยายคำตอบสอดคล้องกับเนื้อหาและประเภทของนักเรียน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่า บรรยายความสามารถ/คำบรรยายคำตอบสอดคล้องกับเนื้อหาและประเภท
ของนักเรียน

-1 หมายถึง แน่ใจว่า บรรยายความสามารถ/คำบรรยายคำตอบไม่สอดคล้องกับเนื้อหาและประเภท
ของนักเรียน

ตัวชี้วัด	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้
เข้าใจจำนวนตรรกยะและความสัมพันธ์ของ จำนวนตรรกยะ และใช้สมบัติของจำนวน ตรรกยะ ในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง	4. การคูณ จำนวนเต็ม	- นักเรียนจะสามารถหา ผลบวก ผลลบ ผลคูณ และ ผลหารของจำนวนเต็มได้



รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความสอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
มีความรู้ อย่างแท้จริง (Knowledge) 1 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ และ ให้เหตุผลที่ถูกต้อง ใน การคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณ จำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก การคูณ กันของจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ และ การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ โดย สามารถคูณจำนวนเต็ม ได้ถูกต้องตามหลักและ ตำแหน่ง จัดการกับตัว ทดได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการ ตอบ				ประกอบด้วยคำตอบ ที่ถูกต้อง และให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ว่า การคูณจำนวนเต็มมี หลัก ดังนี้ - การคูณ จำนวนเต็ม บวกด้วย จำนวนเต็ม บวก คือ การ คูณจำนวน นับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มบวก - การคูณกัน ของจำนวน เต็มบวกกับ จำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มลบที่มีค่า สมบูรณ์ เท่ากับผลคูณ ของค่า สมบูรณ์ของ			

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความสอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
					สองจำนวน นั้น - การคูณ จำนวนเต็ม ลบด้วย จำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มบวก ที่มี ค่าเท่ากับผล คูณของค่า สัมบูรณ์ของ สองจำนวน นั้น โดยมีความมั่นใจ ในการตอบ			
ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ								

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความ สอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
มโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงบวก (Misconceptions false positive) 1 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจอย่างสมบูรณ์ แต่ ให้เหตุผลที่ถูกต้อง เพียงบางส่วนหรือไม่ ถูกต้อง ในการคูณ จำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการคูณจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวน เต็มบวก การคูณกัน ของจำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และ การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ โดย สามารถคูณจำนวนเต็ม ได้ถูกต้องตามหลักและ ตำแหน่ง จัดการกับตัว ทศได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจใน การตอบ				ประกอบด้วยคำตอบ ที่ถูกต้อง แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้อง เพียงบางส่วนหรือไม่ ถูกต้อง ว่าการคูณ จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณ จำนวนเต็ม บวกด้วย จำนวนเต็ม บวก คือ การคูณ จำนวนนับ ด้วยจำนวน นับ ซึ่ง ได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มบวก - การคูณกัน ของจำนวน เต็มบวกกับ จำนวนเต็ม ลบ ได้ผล คูณเป็น จำนวนเต็ม ลบ ที่มีค่า สมบูรณ์			

					เท่ากับผล คูณของค่า สัมบูรณ์ ของสอง จำนวนนั้น - การคูณ จำนวนเต็ม ลบด้วย จำนวนเต็ม ลบ ได้ผล คูณเป็น จำนวนเต็ม บวก ที่มีค่า เท่ากับผล คูณของค่า สัมบูรณ์ ของสอง จำนวนนั้น โดยมีความมั่นใจใน การตอบ			
ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ								

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความ สอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน แบบผิดเชิงลบ (Misconceptions false negative) 0 1 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วน หรือไม่มีความรู้ความ เข้าใจ แต่ให้เหตุผลที่ ถูกต้อง ในการคูณ จำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการคูณจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และ การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ โดย สามารถคูณจำนวนเต็ม ได้ถูกต้องตามหลักและ ตำแหน่ง จัดการกับตัว ทดได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการ ตอบ				ประกอบด้วยคำตอบ ที่ไม่ถูกต้อง แต่ให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ถูกต้อง ว่าการคูณ จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณ จำนวนเต็ม บวกด้วย จำนวนเต็ม บวก คือ การคูณ จำนวนนับ ด้วยจำนวน นับ ซึ่งได้ผล คูณเป็น จำนวนเต็ม บวก - การคูณกัน ของจำนวน เต็มบวกกับ จำนวนเต็ม ลบ ได้ผล คูณเป็น จำนวนเต็ม ลบ ที่มีค่า สัมบูรณ์ เท่ากับผล			

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความ สอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
					คุณของค่า สัมบูรณ์ของ สองจำนวน นั้น - การคูณ จำนวนเต็ม ลบด้วย จำนวนเต็ม ลบ ได้ผล คุณเป็น จำนวนเต็ม บวก ที่มีค่า เท่ากับผล คุณของค่า สัมบูรณ์ของ สองจำนวน นั้น โดยมีความมั่นใจใน การตอบ			
ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ								

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความ สอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
มีมโนทัศน์ คลาดเคลื่อน (Misconceptions) 0 0 1	นักเรียนมีความรู้ความ เข้าใจเพียงบางส่วน หรือไม่มีความรู้ความ เข้าใจ และให้เหตุผลที่ ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ในการ คูณจำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการคูณจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็ม บวก การคูณกันของ จำนวนเต็มบวกกับ จำนวนเต็มลบ และ การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ โดย สามารถคูณจำนวนเต็ม ได้ถูกต้องตามหลักและ ตำแหน่ง จัดการกับตัว ทดได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจในการ ตอบ				ประกอบด้วยคำตอบ ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง และ ให้เหตุผลที่ถูกต้อง เพียงบางส่วนหรือไม่ ถูกต้อง ว่าการคูณ จำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณ จำนวนเต็ม บวกด้วย จำนวนเต็ม บวก คือ การคูณ จำนวนนับ ด้วยจำนวน นับ ซึ่งได้ผล คูณเป็น จำนวนเต็ม บวก - การคูณกัน ของจำนวน เต็มบวกกับ จำนวนเต็ม ลบ ได้ผล คูณเป็น จำนวนเต็ม ลบ ที่มีค่า			

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความ สอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
					สมบูรณ์ เท่ากับผล คูณของค่า สมบูรณ์ของ สองจำนวน นั้น การคูณ จำนวนเต็ม ลบด้วย จำนวนเต็ม ลบ ได้ผล คูณเป็น จำนวนเต็ม บวก ที่มีค่า เท่ากับผล คูณของค่า สมบูรณ์ของ สองจำนวน นั้น โดยมีความมั่นใจใน การตอบ			
ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ								

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความสอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
เดาคำตอบถูก (Lucky guess) หรือ ขาดความ มั่นใจ (Lack of confidence) 1 1 0	นักเรียนอาจมีความรู้ ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ และอาจให้เหตุผลที่ ถูกต้อง ในการคูณ จำนวนเต็ม เข้าใจ หลักการคูณจำนวนเต็ม บวกด้วยจำนวนเต็มบวก การคูณกันของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบ และ การคูณจำนวน เต็มลบด้วยจำนวนเต็ม ลบ โดยสามารถคูณ จำนวนเต็มได้ถูกต้อง ตามหลักและตำแหน่ง จัดการกับตัวทศได้อย่าง เหมาะสม และมีความไม่ มั่นใจในการตอบ				ประกอบด้วยคำตอบ ที่ถูกต้อง และการให้ เหตุผลที่ถูกต้อง ว่า การคูณจำนวนเต็มมี หลัก ดังนี้ - การคูณ จำนวนเต็ม บวกด้วย จำนวนเต็ม บวก คือ การ คูณจำนวน นับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มบวก การคูณกัน ของจำนวน เต็มบวกกับ จำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มลบ ที่มี ค่าสัมบูรณ์ เท่ากับผลคูณ ของค่า สัมบูรณ์ของ			

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความสอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
					สองจำนวน นั้น - การคูณ จำนวนเต็ม ลบด้วย จำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มบวก ที่มี ค่าเท่ากับผล คูณของค่า สัมบูรณ์ของ สองจำนวน นั้น โดยมีความไม่แน่ใจใน การตอบ			
ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ								

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความสอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
ขาดความรู้ (Lack of knowledge) 1 0 0, 0 1 0, 0 0 0	นักเรียนอาจมีความรู้ ความเข้าใจอย่างสมบูรณ์ หรือมีความรู้ความเข้าใจ เพียงบางส่วน หรือไม่มี ความรู้ความเข้าใจ และ อาจให้เหตุผลที่ถูกต้อง หรือถูกต้องเพียง บางส่วนหรือไม่ถูกต้อง ในการคูณจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการคูณ จำนวนเต็มบวกด้วย จำนวนเต็มบวก การคูณ กันของจำนวนเต็มบวก กับจำนวนเต็มลบ และ การคูณจำนวนเต็มลบ ด้วยจำนวนเต็มลบ โดย สามารถคูณจำนวนเต็ม ได้ถูกต้องตามหลักและ ตำแหน่ง จัดการกับตัว ทดได้อย่างเหมาะสม และมีความมั่นใจใน การตอบ				ประกอบด้วยคำตอบ และ/หรือการให้ เหตุผลอย่างใดอย่าง หนึ่งที่ถูกต้อง หรือ ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือไม่ถูกต้อง ว่าการ คูณจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้ - การคูณ จำนวนเต็ม บวกด้วย จำนวนเต็ม บวก คือ การ คูณจำนวน นับด้วย จำนวนนับ ซึ่งได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มบวก - การคูณกัน ของจำนวน เต็มบวกกับ จำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มลบ ที่มี ค่าสัมบูรณ์ เท่ากับผลคูณ			

รูปแบบ การวินิจฉัย	คำบรรยาย ความสามารถ	ความ สอดคล้อง			คำบรรยายคำตอบ	ความสอดคล้อง		
		+1	0	-1		+1	0	-1
					ของค่า สัมบูรณ์ของ สองจำนวน นั้น - การคูณ จำนวนเต็ม ลบด้วย จำนวนเต็ม ลบ ได้ผลคูณ เป็นจำนวน เต็มบวก ที่มี ค่าเท่ากับผล คูณของค่า สัมบูรณ์ของ สองจำนวน นั้น โดยมีความไม่มั่นใจใน การตอบ			
ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ								

ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบสอบวินิจัย เรื่อง จำนวนเต็ม โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง
(เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม และการหารจำนวนเต็ม)

แบบสอบวินิจัย เรื่อง จำนวนเต็ม โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง

เนื้อหาย่อย: จำนวนเต็ม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านคำถามแต่ละข้อ แล้วเขียนคำตอบพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลลงในช่องว่าง
ที่กำหนดให้และ ให้นักเรียนพูดสิ่งที่คิดออกมาขณะทำข้อสอบทุกข้อ

ชื่อ - นามสกุล ชั้น ม.1/..... เลขที่

จุดประสงค์ที่ 2: นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเศษส่วนนั้นเป็นจำนวนเต็มชนิดใด เมื่อกำหนดเศษส่วน
ที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์มาให้ได้
ข้อที่ 6

คำถามระดับที่ 1

8/4 เป็นจำนวนเต็มชนิดใด

คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 8

คำถามระดับที่ 1

0/5 เป็นจำนวนเต็มชนิดใด

คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

จุดประสงค์ที่ 4: นักเรียนสามารถระบุตำแหน่งของจำนวนเต็มบนเส้นจำนวนได้
ข้อที่ 16

คำถามระดับที่ 1

บนเส้นจำนวน 5, -2, -5 และ -10 จำนวนใดอยู่ทางขวาของ 0

คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

แบบสอบวินิจฉัย เรื่อง จำนวนเต็ม โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง

เนื้อหาย่อย: การลบจำนวนเต็ม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านคำถามแต่ละข้อ แล้วเขียนคำตอบพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลลงในช่องว่างที่กำหนดให้ และให้นักเรียนพูดสิ่งที่คิดออกมาขณะทำข้อสอบทุกข้อ

ชื่อ - นามสกุล ชั้น ม.1/..... เลขที่

จุดประสงค์ที่ 2: นักเรียนสามารถหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มที่กำหนดได้
ข้อที่ 6

คำถามระดับที่ 1

ค่าสัมบูรณ์ของ -8 หรือ $|-8|$ มีค่าเท่ากับเท่าใด



คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 8

คำถามระดับที่ 1

ค่าสัมบูรณ์ของ 0 หรือ $|0|$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

จุดประสงค์ที่ 4: นักเรียนสามารถหาผลลบจำนวนเต็มได้ถูกต้อง โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็ม
ข้อที่ 16

คำถามระดับที่ 1

$7 - (-3)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

แบบสอบวินิจฉัย เรื่อง จำนวนเต็ม โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียง

เนื้อหาย่อย: การหารจำนวนเต็ม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านคำถามแต่ละข้อ แล้วเขียนคำตอบพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลลงในช่องว่างที่กำหนดให้ และให้นักเรียนพูดสิ่งที่คิดออกมาขณะทำข้อสอบทุกข้อ

ชื่อ - นามสกุล ชั้น ม.1/..... เลขที่

จุดประสงค์ที่ 2: นักเรียนสามารถหาผลหารของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบได้
ข้อที่ 6

คำถามระดับที่ 1

$24 \div (-6)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 8

คำถามระดับที่ 1

$(-36) \div 6$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

จุดประสงค์ที่ 4: นักเรียนสามารถหาผลหารของโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับศูนย์หรือจำนวนเต็มเดียวกัน
หารกันได้

ข้อที่ 16

คำถามระดับที่ 1

$(-15) \div 0$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำถามระดับที่ 2

เพราะเหตุใดนักเรียนจึงตอบเช่นนั้น จงอธิบายเหตุผล

คำถามระดับที่ 3

นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบหรือไม่

☐ มั่นใจ

☐ ไม่มั่นใจ

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบบันทึกการทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

แบบบันทึกการทดสอบด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง แบบสอบวินิจฉัย เรื่อง จำนวนเต็ม
เนื้อหาย่อย: จำนวนเต็ม

ชื่อ - นามสกุล	
กลุ่มความสามารถ	☐ เก่ง ☐ ปานกลาง ☐ อ่อน
วันที่ทดสอบ	

จุดประสงค์ที่ 2: นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเศษส่วนนั้นเป็นจำนวนเต็มชนิดใด เมื่อกำหนดเศษส่วนที่หารลงตัวโดยที่ตัวส่วนไม่เท่ากับศูนย์มาให้ได้

ข้อที่ 6 $\frac{8}{4}$ เป็นจำนวนเต็มชนิดใด

รายการบันทึก	ข้อมูลที่บันทึก
ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	
ถูก / ผิด	☐ ถูก ☐ ผิด
ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	
ถูก / ผิด	☐ ถูก ☐ ผิด
ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ	☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ
รูปแบบการตอบ	[__ , __ , __]
กลุ่มการวินิจฉัย	☐ มีความรู้อย่างแท้จริง (KL) [1,1,1] ☐ มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (MFP) [1,0,1] ☐ มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (MFN) [0,1,1] ☐ มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) [0,0,1] ☐ เดาคำตอบถูก/ขาดความมั่นใจ (LG/LC) [1,1,0] ☐ ขาดความรู้ (LK) [0,0,0], [0,1,0], [1,0,0]

ข้อที่ 8 0/5 เป็นจำนวนเต็มชนิดใด

รายการบันทึก	ข้อมูลที่บันทึก
ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา	
ถูก / ผิด	☐ ถูก ☐ ผิด
ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล	
ถูก / ผิด	☐ ถูก ☐ ผิด
ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ	☐ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ
รูปแบบการตอบ	[__ , __ , __]
กลุ่มการวินิจฉัย	☐ มีความรู้อย่างแท้จริง (KL) [1,1,1] ☐ มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก (MFP) [1,0,1] ☐ มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ (MFN) [0,1,1] ☐ มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) [0,0,1] ☐ เดาคำตอบถูก/ขาดความมั่นใจ (LG/LC) [1,1,0] ☐ ขาดความรู้ (LK) [0,0,0], [0,1,0], [1,0,0]

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน (เนื้อหาย่อย เรื่อง จำนวนเต็มและการบวกจำนวนเต็ม)

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม
โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ:

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ที่มุ่งวัดกับข้อคำถามในระดับเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อคำถามในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผล

แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง แผนที่ความคิดที่แสดงความรู้ ทักษะ และความสามารถที่ต้องการวัด ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยกำหนดโครงสร้าง ขอบเขต และคำบรรยายของความสามารถตามทฤษฎีเพื่ออธิบายการตอบคำถามของนักเรียน เพื่อให้ทราบความสามารถและขอบเขตความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

คำบรรยายความสามารถ หมายถึง คำบรรยายสรุปความเข้าใจเพื่ออธิบายภาพรวมของการประเมินผล โดยสารสนเทศดังกล่าวจะถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม ใช้ในการตีความหมายผลการวัด และใช้ในการสรุปอ้างอิงเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียน

คำบรรยายคำตอบ หมายถึง คำอธิบายที่กำหนดลักษณะข้อมูลหรือหลักฐานที่ปรากฏในคำตอบของผู้เรียน ที่สามารถแสดงให้เห็นถึงความสามารถและขอบเขตความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับโดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง แบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นจากแผนที่ภาวะสันนิษฐานด้วยชุดของคำถามที่ประกอบด้วย 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือกตอบให้แสดงคำตอบ ระดับที่ 2 เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือกตอบให้แสดงเหตุผลในการตอบ และระดับที่ 3 เป็นข้อคำถามให้เลือกตอบมั่นใจหรือไม่มั่นใจในการตอบ

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier)

เป็นระดับที่ใช้คำถามวัดความรู้เนื้อหาสำคัญ เป็นข้อคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก การให้คะแนน เมื่อตอบถูก เป็น 1 คะแนน ตอบผิด เป็น 0 คะแนน

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reason tier)

เป็นระดับที่ใช้คำถามวัดเหตุผลที่สนับสนุนในการตอบระดับแรกหรือระดับเนื้อหา

เป็นข้อคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก การให้คะแนน เมื่อตอบถูก เป็น 1 คะแนน ตอบผิด เป็น 0 คะแนน

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier)

เป็นระดับที่ใช้คำถามวัดความมั่นใจของคำตอบทั้งสองระดับที่ผ่านมา ประกอบไปด้วยมาตรประมาณค่าความมั่นใจ (confidence rating) ที่มีตัวเลือกเป็นระดับความมั่นใจ มี 2 ระดับ ได้แก่ มั่นใจ (1) และไม่มั่นใจ (0)

ความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม หมายถึง ความเข้าใจเนื้อหาที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระจำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ ประกอบด้วย เนื้อหาย่อย 6 เรื่อง ได้แก่ จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม การคูณจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม โดยการประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

คำชี้แจง

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาแต่ละข้อ มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก **ระดับเนื้อหา** และส่วนที่สอง **ระดับเหตุผล**

โปรดพิจารณาความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ที่มุ่งวัด และความสอดคล้องของข้อคำถามในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผล โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ท่านพิจารณาว่ามีความสอดคล้องดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้สอดคล้อง
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้สอดคล้อง
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่สอดคล้อง

เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

คำบรรยายความสามารถ

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและให้เหตุผลที่ถูกต้อง ในการบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวก จำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบได้ รวมทั้งสามารถบวกจำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลักและตำแหน่ง โดยจัดการกับตัวทดได้อย่างเหมาะสม

คำบรรยายคำตอบ

ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการบวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้

- การบวกจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวกให้นำมาบวกกันตามปกติจากหลักหน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัวทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก
- การบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบให้นำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์
- การบวกจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบให้นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวกได้ (ข้อที่ 1-5)
2. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 6-10)
3. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 11-15)
4. นักเรียนสามารถหาผลบวกและจัดตำแหน่งหลักของจำนวนได้ (ข้อที่ 16-20)
5. นักเรียนสามารถหาผลบวกและจัดการกับตัวทดได้ (ข้อที่ 21-25)

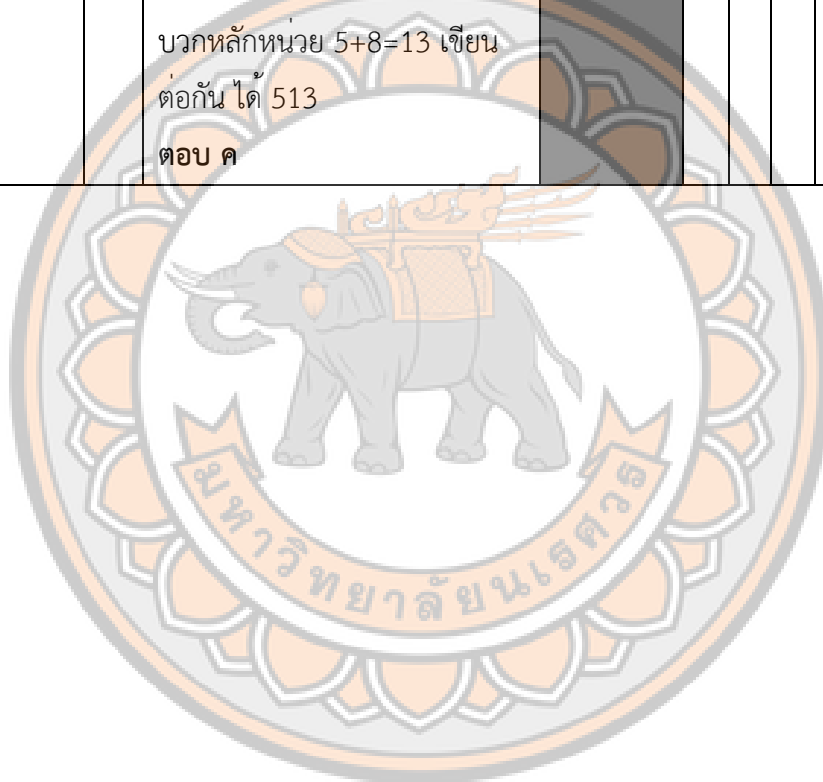
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อที่	ข้อสอบ	ความสอดคล้องของจุดประสงค์ที่มุ่งวัดกับข้อคำถามในระดับเนื้อหา			ความสอดคล้องของข้อคำถามในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผล			ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
1. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวกได้	1	1.1 $12 + 25$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 10 ข. 35 ค. 37 ง. 73 ตอบ ค							
		1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. บวกทีละหลัก หลักหน่วย							

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
		ในโจทย์ คำตอบต้องเป็นลบ ได้ -13 ค. $8 - 5 = 3$ มีเครื่องหมายลบ ในโจทย์ คำตอบต้องเป็นลบ ได้ -3 ง. มีเครื่องหมายบวกในโจทย์ จึงนำ $8 + 5 = 13$ ตอบ ก							
3. นักเรียน สามารถหา ผลบวกของ จำนวนเต็ม ลบด้วย จำนวนเต็ม ลบได้	11	11.1 $(-5) + (-3)$ มีค่าเท่ากับ เท่าใด ก. -8 ข. -2 ค. 2 ง. 8 ตอบ ก							
		11.2 เพราะเหตุใดนักเรียน จึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ลบกับลบได้บวก เหมือนกับ การคูณ จึงนำ $5 + 3 = 8$ ข. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $5 + 3 = 8$ แล้วใส่ลบเพราะ ทั้งสองจำนวนเป็นลบ ได้ -8 ค. นำ $5 - 3 = 2$ แล้วใส่ลบ							

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
		เพราะมีเครื่องหมายลบในโจทย์ ได้ -2 ง. นำ $5 - 3 = 2$ เพราะการบวก คือ การหาผลต่าง ตอบ ข							
4. นักเรียน สามารถหา ผลบวกและ จัดตำแหน่ง หลักของ จำนวนได้	16	16.1 $123 + 456$ มีค่าเท่ากับ เท่าใด ก. 21 ข. 479 ค. 569 ง. 579 ตอบ ง							
		16.2 เพราะเหตุใดนักเรียน จึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $3+6=9$ หลักสิบ $2+5=7$ หลัก ร้อย $1+4=5$ ได้ 579 ข. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $1+2+3+4+5+6 = 21$ ค. บวกหลักหน่วย $3+6=9$ หลักสิบ $2+5=7$ หลักร้อย $1+4=4$ ได้ 479							

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
		ง. บวกหลักหน่วย $3+6=9$ หลักสิบ $2+5=6$ หลักร้อย $1+4=5$ ได้ 569 ตอบ ก							
5. นักเรียน สามารถหา ผลบวกและ จัดการกับ ตัวทศได้	21	21.1 $25 + 38$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 53 ข. 63 ค. 153 ง. 513 ตอบ ข							
		21.2 เพราะเหตุใดนักเรียน จึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $5+8=13$ เขียน 3 ไว้หลัก หน่วย แล้ว $2+3=5$ ไว้หลักสิบ ได้ 53 ข. $5+8=13$ เขียน 13 ไว้เลย แล้ว $2+3=5$ เขียนไว้ตรงกลางได้ 153 ค. $5+8=13$ เขียน 3 ไว้หลัก หน่วย ทด 1 ไปหลักสิบ แล้ว $2+3+1=6$ ได้ 63							

จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
		ง. บวกหลักสิบก่อน $2+3=5$ แล้ว บวกหลักหน่วย $5+8=13$ เขียน ต่อกัน ได้ 513 ตอบ ค							



แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม
โดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ:

.....

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ที่มุ่งวัดกับข้อคำถามในระดับเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อคำถามในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผล

แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง แผนที่ความคิดที่แสดงความรู้ ทักษะ และความสามารถที่ต้องการวัด ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยกำหนดโครงสร้าง ขอบเขต และคำบรรยายของความสามารถตามทฤษฎีเพื่ออธิบายการตอบคำถามของนักเรียน เพื่อให้ทราบความสามารถและขอบเขตความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

คำบรรยายความสามารถ หมายถึง คำบรรยายสรุปความเข้าใจเพื่ออธิบายภาพรวมของการประเมินผล โดยสารสนเทศดังกล่าวจะถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถาม ใช้ในการตีความหมายผลการวัด และใช้ในการสรุปอ้างอิงเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียน

คำบรรยายคำตอบ หมายถึง คำอธิบายที่กำหนดลักษณะข้อมูลหรือหลักฐานที่ปรากฏในคำตอบของผู้เรียน ที่สามารถแสดงให้เห็นถึงความสามารถและขอบเขตความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

แบบสอบวินิจัยสามระดับโดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน หมายถึง แบบสอบวินิจัยที่สร้างขึ้นจากแผนที่ภาวะสันนิษฐานด้วยชุดของคำถามที่ประกอบด้วย 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือกตอบให้แสดงคำตอบ ระดับที่ 2 เป็นข้อคำถามปรนัยหลายตัวเลือกตอบให้แสดงเหตุผลในการตอบ และระดับที่ 3 เป็นข้อคำถามให้เลือกตอบมั่นใจหรือไม่มั่นใจในการตอบ

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (content tier)

เป็นระดับที่ใช้คำถามวัดความรู้เนื้อหาสำคัญ เป็นข้อคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก การให้คะแนน เมื่อตอบถูก เป็น 1 คะแนน ตอบผิด เป็น 0 คะแนน

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (reason tier)

เป็นระดับที่ใช้คำถามวัดเหตุผลที่สนับสนุนในการตอบระดับแรกหรือระดับเนื้อหา เป็นข้อคำถามปรนัย 4 ตัวเลือก การให้คะแนน เมื่อตอบถูก เป็น 1 คะแนน ตอบผิด เป็น 0 คะแนน

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (confidence tier)

เป็นระดับที่ใช้คำถามวัดความมั่นใจของคำตอบทั้งสองระดับที่ผ่านมา ประกอบไปด้วยมาตรประมาณค่าความมั่นใจ (confidence rating) ที่มีตัวเลือกเป็นระดับความมั่นใจ มี 2 ระดับ ได้แก่ มั่นใจ (1) และไม่มั่นใจ (0)

ความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเต็ม หมายถึง ความเข้าใจเนื้อหาที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระจำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ ประกอบด้วยเนื้อหาย่อย 6 เรื่อง คือ จำนวนเต็ม การบวกจำนวนเต็ม การลบจำนวนเต็ม การคูณจำนวนเต็ม การหารจำนวนเต็ม และสมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจัยแบบสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม
โดยการประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน
คำชี้แจง

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาแต่ละข้อ มี 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก **ระดับเนื้อหา** และ ส่วนสอง **ระดับเหตุผล**

โปรดพิจารณาความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ที่มุ่งวัด และความสอดคล้องของข้อคำถามในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผล โดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ท่านพิจารณาว่ามีความสอดคล้อง ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้สอดคล้อง
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้สอดคล้อง
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่สอดคล้อง

เนื้อหาย่อย เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

คำบรรยายความสามารถ

นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและให้เหตุผลที่ถูกต้อง ในการบวกจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการบวก จำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบได้ รวมทั้งสามารถบวกจำนวนเต็มได้ถูกต้องตามหลักและตำแหน่ง โดยจัดการกับตัวทดได้อย่างเหมาะสม

คำบรรยายคำตอบ

ประกอบด้วยคำตอบที่ถูกต้อง และให้เหตุผลที่ถูกต้อง ว่าการบวกจำนวนเต็มมีหลัก ดังนี้

- การบวกจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวกให้นำมาบวกกันตามปกติจากหลักหน่วยไปยังหลักที่สูงขึ้น และจัดการตัวทดได้อย่างถูกต้อง ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก
- การบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบให้นำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน ถ้าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มบวกมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มบวก ถ้าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มลบมากกว่า ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ ถ้าค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลลัพธ์เป็นศูนย์
- การบวกจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบให้นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วใส่เครื่องหมายลบ ผลลัพธ์เป็นจำนวนเต็มลบ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวกได้ (ข้อที่ 1-5)
2. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 6-10)
3. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบได้ (ข้อที่ 11-15)
4. นักเรียนสามารถหาผลบวกและจัดตำแหน่งหลักของจำนวนได้ (ข้อที่ 16-20)
5. นักเรียนสามารถหาผลบวกและจัดการกับตัวทดได้ (ข้อที่ 21-25)

จุดประสงค์ เชิง พฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
1. นักเรียน สามารถหา ผลบวกของ จำนวนเต็ม บวกด้วย จำนวนเต็ม บวกได้	1	1.1 $12 + 25$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 10 ข. 35 ค. 37 ง. 73 ตอบ ค							
		1.2 เพราะเหตุใดนักเรียน จึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. บวกที่ละหลัก หลักหน่วย							

จุดประสงค์ เชิง พฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
		$2 + 5 = 7$ และหลักสิบ $1 + 2 = 3$ ได้ 37 ข. บวกหลักสิบก่อน $1 + 2 = 3$ แล้วต่อด้วยหลักหน่วย $2 + 5 = 7$ เขียนเรียงกันได้ 73 ค. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $1 + 2 + 2 + 5 = 10$ ง. บวกหลักหน่วย $2 + 5 = 7$ และหลักสิบ $1 + 2 = 3$ ได้ 35 ตอบ ก							
2. นักเรียนสามารถหาผลบวกของจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบได้	6	6.1 $8 + (-5)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. -13 ข. -3 ค. 3 ง. 13 ตอบ ค							
		6.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. นำค่าสัมบูรณ์มาลบกัน $8 - 5 = 3$ แล้ว 8 มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า และเป็นบวก คำตอบจึงเป็น 3 ข. $8 + 5 = 13$ มีเครื่องหมายลบในโจทย์ คำตอบต้องเป็นลบ ได้ -13							

จุดประสงค์ เชิง พฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
		ค. $8 - 5 = 3$ มีเครื่องหมายลบ ในโจทย์ คำตอบต้องเป็นลบ ได้ -3 ง. มีเครื่องหมายบวกในโจทย์ จึงนำ $8 + 5 = 13$ ตอบ ก							
3. นักเรียน สามารถหา ผลบวกของ จำนวนเต็ม ลบด้วย จำนวนเต็ม ลบได้	11	11.1 $(-5) + (-3)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. -8 ข. -2 ค. 2 ง. 8 ตอบ ก							
		11.2 เพราะเหตุใดนักเรียน จึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ลบกับลบได้บวก เหมือนกับการ คูณ จึงนำ $5 + 3 = 8$ ข. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน $5 + 3 = 8$ แล้วใส่ลบเพราะ ทั้งสองจำนวนเป็นลบ ได้ -8 ค. นำ $5 - 3 = 2$ แล้วใส่ลบ เพราะมีเครื่องหมายลบในโจทย์ ได้ -2 ง. นำ $5 - 3 = 2$ เพราะการบวก คือ การหาผลต่าง							

จุดประสงค์ เชิง พฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
		ตอบ ข							
4. นักเรียน สามารถหา ผลบวกและ จัดตำแหน่ง หลักของ หลักของ จำนวนได้	16	16.1 $123 + 456$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 21 ข. 479 ค. 569 ง. 579 ตอบ ง							
		16.2 เพราะเหตุใดนักเรียน จึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $3+6=9$ หลักสิบ $2+5=7$ หลักร้อย $1+4=5$ ได้ 579 ข. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $1+2+3+4+5+6 = 21$ ค. บวกหลักหน่วย $3+6=9$ หลักสิบ $2+5=7$ หลักร้อย $1+4=4$ ได้ 479 ง. บวกหลักหน่วย $3+6=9$ หลักสิบ $2+5=6$ หลักร้อย $1+4=5$ ได้ 569 ตอบ ก							
5. นักเรียน สามารถหา ผลบวกและ	21	21.1 $25 + 38$ มีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 53 ข. 63 ค. 153							

จุดประสงค์ เชิง พฤติกรรม	ข้อ ที่	ข้อสอบ	ความ สอดคล้อง ของ จุดประสงค์ ที่มุ่งวัดกับ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา			ความ สอดคล้อง ของ ข้อคำถาม ในระดับ เนื้อหา และระดับ เหตุผล			ข้อเสนอแนะ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
			+1	0	-1	+1	0	-1	
จัดการกับ ตัวหัดได้		ง. 513 ตอบ ข							
		21.2 เพราะเหตุใดนักเรียน จึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. $5+8=13$ เขียน 3 ไ่วหลักหน่วย แล้ว $2+3=5$ ไ่วหลักสิบ ได้ 53 ข. $5+8=13$ เขียน 13 ไ่วเลย แล้ว $2+3=5$ เขียนไ่วตรงกลางได้ 153 ค. $5+8=13$ เขียน 3 ไ่วหลักหน่วย ทด 1 ไปหลักสิบ แล้ว $2+3+1=6$ ได้ 63 ง. บวกหลักสิบก่อน $2+3=5$ แล้วบวก หลักหน่วย $5+8=13$ เขียนต่อกัน ได้ 513 ตอบ ค							

ภาคผนวก ข ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผล

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของจุดประสงค์ที่มุ่งวัดกับข้อคำถามในระดับเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อคำถามในระดับเนื้อหาและระดับเหตุผล

เนื้อหาย่อย/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของ ข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
		จำนวนเต็ม								
1. นักเรียนสามารถ ระบุได้ว่าจำนวนใด เป็นจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ หรือ ศูนย์ได้	1	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	2	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	3	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	4	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	5	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
2. นักเรียนสามารถ ระบุได้ว่าเศษส่วนนั้น เป็นจำนวนเต็มชนิดใด เมื่อกำหนดเศษส่วนที่ หารลงตัวโดยที่ตัวส่วน ไม่เท่ากับศูนย์มาให้ได้	6	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	7	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	8	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	9	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	10	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
3. นักเรียนสามารถ ระบุได้ว่าทศนิยมนั้น เป็นจำนวนเต็มชนิดใด	11	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	12	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	13	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	14	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

เนื้อหาย่อ/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
เมื่อกำหนดทศนิยมซ้ำ ศูนย์มาให้ได้	15	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
4. นักเรียนสามารถ ระบุตำแหน่งของ จำนวนเต็มบนเส้น จำนวนได้	16	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	17	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	18	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	19	6	-	-	0.86	6	-	-	0.86	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	20	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
5. นักเรียนสามารถ เปรียบเทียบจำนวน เต็มโดยใช้เครื่องหมาย >, < หรือ = ได้	21	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	22	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	23	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	24	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	25	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
6. นักเรียนสามารถ เรียงลำดับจำนวนเต็ม จากน้อยไปมากหรือ จากมากไปน้อยได้	26	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	27	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	28	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	29	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	30	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

เนื้อหาย่อย/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของ ข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
การบวกจำนวนเต็ม										
1. นักเรียนสามารถ หาผลบวกของจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวน เต็มบวกได้	1	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	2	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	3	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	4	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	5	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
2. นักเรียนสามารถ หาผลบวกของจำนวน เต็มบวกกับจำนวน เต็มลบได้	6	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	7	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	8	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	9	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	10	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
3. นักเรียนสามารถ หาผลบวกของจำนวน เต็มลบด้วยจำนวนเต็ม ลบได้	11	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	12	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	13	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	14	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	15	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
4. นักเรียนสามารถ หาผลบวกและจัด ตำแหน่งหลักของ จำนวนได้	16	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	17	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	18	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	19	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

เนื้อหาย่อ/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของ ข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
	20	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
5. นักเรียนสามารถ หาผลบวกและจัดการ กับตัวทศได้	21	6	1	-	0.86	6	1	-	0.86	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	22	6	1	-	0.86	6	1	-	0.86	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	23	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	24	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	25	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
การลบจำนวนเต็ม										
1. นักเรียนสามารถ บอกจำนวนตรงข้าม ของจำนวนเต็ม ที่กำหนดได้	1	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	2	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	3	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	4	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	5	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
2. นักเรียนสามารถ หาค่าสัมบูรณ์ของ จำนวนเต็มที่กำหนดได้	6	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	7	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	8	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	9	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	10	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

เนื้อหาย่อ/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของ ข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
3. นักเรียนสามารถ เขียนการลบจำนวน เต็ม ให้อยู่ในรูปของ การบวก ได้ถูกต้อง ตามหลักการ "ตัวตั้ง – ตัวลบ = ตัว ตั้ง + จำนวนตรงข้าม ของตัวลบ"	11	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	12	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	13	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	14	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	15	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
4. นักเรียนสามารถ หาผลลบจำนวนเต็มได้ ถูกต้อง โดยใช้ หลักการบวกจำนวน เต็ม	16	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	17	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	18	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	19	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	20	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
5. นักเรียนสามารถ ระบุ ตัวตั้งและตัวลบ ในโจทย์ได้ถูกต้อง	21	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	22	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	23	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

เนื้อหาย่อ/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
และดำเนินการลบโดย คำนึงถึงตำแหน่งของ ตัวตั้งและตัวลบอย่าง เหมาะสม	24	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	25	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
การคูณจำนวนเต็ม										
1. นักเรียนสามารถ หาผลคูณของจำนวน เต็มบวกด้วยจำนวน เต็มบวกได้	1	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	2	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	3	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	4	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	5	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
2. นักเรียนสามารถ หาผลคูณของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบได้	6	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	7	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	8	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	9	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	10	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
3. นักเรียนสามารถ หาผลคูณของจำนวน	11	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	12	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

เนื้อหาย่อย/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของ ข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
เต็มลบลด้วยจำนวน เต็มลบได้	13	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	14	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	15	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
4. นักเรียนสามารถ หาผลคูณและจัดการ กับตัวทศได้	16	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	17	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	18	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	19	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	20	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
5. นักเรียนสามารถ ระบุได้ว่าผลคูณเป็น จำนวนเต็มชนิดใดได้	21	6	1	-	0.86	6	1	-	0.86	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	22	6	1	-	0.86	6	1	-	0.86	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	23	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	24	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	25	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
การหารจำนวนเต็ม										
1. นักเรียนสามารถ หาผลหารของจำนวน	1	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ

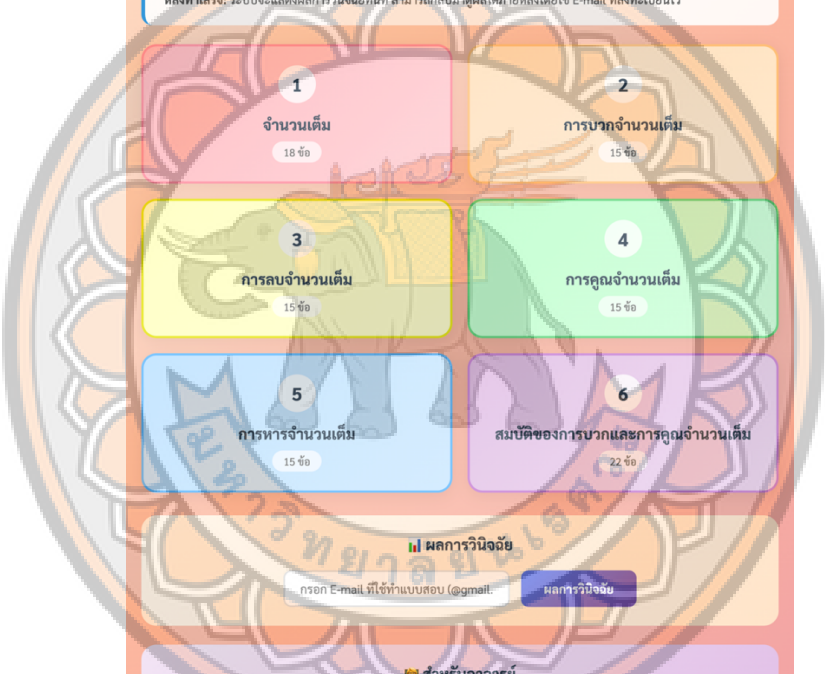
เนื้อหาย่อ/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของ ข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
เต็มบวกด้วยจำนวน เต็มบวกได้	2	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	3	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	4	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	5	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
2. นักเรียนสามารถ หาผลหารของจำนวน เต็มบวกกับจำนวนเต็ม ลบได้	6	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	7	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	8	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	9	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	10	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
3. นักเรียนสามารถ หาผลหารของจำนวน เต็มลบด้วยจำนวนเต็ม ลบได้	11	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	12	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	13	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	14	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ

เนื้อหาย่อย/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของ ข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
	15	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
4. นักเรียนสามารถ หาผลหารที่เกี่ยวข้อง กับศูนย์หรือจำนวน เต็มเดียวกันหารกันได้	16	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	17	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	18	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	19	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	20	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
5. นักเรียนสามารถ ระบุได้ว่าผลหารเป็น จำนวนเต็มชนิดใดได้	21	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	22	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	23	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	24	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	25	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม										
1. นักเรียนสามารถใช้ สมบัติการสลับที่ใน การคำนวณได้	1	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	2	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	3	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

เนื้อหาย่อย/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของ ข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
	4	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	5	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	6	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	7	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	8	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
2. นักเรียนสามารถใช้ สมบัติการเปลี่ยนหมู่ ในการคำนวณได้	9	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	10	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	แก้ไขตาม คำแนะนำ ของ ผู้เชี่ยวชาญ
	11	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	12	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	13	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
3. นักเรียนสามารถใช้ สมบัติการแจกแจงใน การคำนวณได้	14	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	15	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	16	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	17	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	18	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
4. นักเรียนสามารถใช้ สมบัติของหนึ่งได้	19	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	20	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

เนื้อหาย่อ/ จุดประสงค์	ข้อ ที่	ความสอดคล้อง ของวัตถุประสงค์ที่ มุ่งวัดกับข้อคำถาม ในระดับเนื้อหา			IOC	ความสอดคล้อง ของข้อ คำถามในระดับ เนื้อหาและระดับ เหตุผล			IOC	หมายเหตุ
		+1	0	-1		+1	0	-1		
5. นักเรียนสามารถใช้ สมบัติของศูนย์ได้	21	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	22	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	23	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	24	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	25	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
6. นักเรียนสามารถ เลือกใช้สมบัติ ที่เหมาะสม ในการคำนวณได้	26	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	27	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	28	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	29	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	30	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	31	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	32	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	33	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	34	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	
	35	7	-	-	1.00	7	-	-	1.00	

ภาคผนวก ข เว็บไซต์แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม



แบบสอบวินิจัยสามระดับ

เรื่อง จำนวนเต็ม

คำชี้แจง

แบบสอบวินิจัยสามระดับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องจำนวนเต็ม ไม่มีผลต่อคะแนนในวิชาคณิตศาสตร์

โครงสร้างข้อสอบ: แต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ

- ระดับเนื้อหา - เลือกคำตอบที่ถูกต้อง
- ระดับเหตุผล - เลือกเหตุผลที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุด
- ระดับความมั่นใจ - เลือกระดับความมั่นใจตามความรู้สึกจริง (ไม่มีถูก/ผิด)

ข้อควรปฏิบัติ: ตอบด้วยตนเอง ไม่เปิดหนังสือ ตอบตามความรู้ที่จริง และตอบให้ครบทุกข้อ

หลังทำเสร็จ: ระบบจะแสดงผลการวินิจฉัยทันที สามารถกลับมาดูผลได้ภายหลังโดยใช้ E-mail ที่ลงทะเบียนไว้

1 จำนวนเต็ม 18 ข้อ	2 การบวกจำนวนเต็ม 15 ข้อ
3 การลบจำนวนเต็ม 15 ข้อ	4 การคูณจำนวนเต็ม 15 ข้อ
5 การหารจำนวนเต็ม 15 ข้อ	6 สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม 22 ข้อ

ผลการวินิจฉัย

กรอก E-mail มีใช้ทำแบบสอบ (@gmail)

[ผลการวินิจฉัย](#)

สำหรับอาจารย์

[เข้าสู่ระบบ Dashboard](#) [ลงทะเบียนอาจารย์](#)

คู่มือการใช้งาน

[รายละเอียด](#)

ผู้จัดทำ

นางสาวณญภัค กรักญญพัชร

นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมทางการจัดการเรียนรู้

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ภาพหน้าหลักของระบบแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

← กลับหน้าหลัก

แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

จำนวน 18 ข้อ (รวม 54 คำถาม)

ข้อมูลนักเรียน

คำนำหน้าชื่อ * ชื่อ-นามสกุล *

-- เลือก -- ชื่อ นามสกุล

E-mail * โรงเรียน *

student@gmail.com -- เลือกโรงเรียน --

ต้องเป็น @gmail.com เท่านั้น

ห้อง * เลขที่ *

ม. 1/4 35

ข้อที่ 1

1.1 จำนวนใดต่อไปนี้เป็นจำนวนเต็มลบ

☐ ก. 5

☐ ข. 0

☐ ค. 3

☐ ง. -8

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนที่มีค่าน้อยกว่าศูนย์และมีเครื่องหมายลบนำหน้า

☐ ข. จำนวนที่ไม่มีเครื่องหมายลบข้างหน้าไม่ใช่จำนวนเต็มลบ

☐ ค. ศูนย์ไม่มีค่าจึงต้องเป็นจำนวนเต็มลบ

☐ ง. จำนวนเต็มลบ คือ จำนวนที่มีค่ามากกว่าศูนย์

1.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 2

2.1 จำนวนใดต่อไปนี้ป็นจำนวนเต็มบวก

☐ ก. 12

☐ ข. 0

☐ ค. -3

☐ ง. -5

2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. จำนวนเต็มบวกคือมีเครื่องหมาย + นำหน้าเท่านั้น ถ้าไม่มีเครื่องหมายจะไม่ใช่จำนวนเต็มบวก

☐ ข. จำนวนเต็มบวก คือ จำนวนที่มีค่ามากกว่าศูนย์ถือว่าจะมีเครื่องหมาย + นำหน้าหรือไม่ก็ตาม

☐ ค. ศูนย์ไม่มีเครื่องหมายลบนำหน้า จึงเป็นจำนวนเต็มบวก

☐ ง. จำนวนเต็มบวกต้องเป็นจำนวนที่มีหลักเดียวเท่านั้น

2.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ภาพหน้าแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

← กลับหน้าหลัก

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

จำนวน 15 ข้อ (รวม 45 คำถาม)

ข้อมูลนักเรียน

คำนวณหน้าชื่อ * ชื่อ-นามสกุล *
 -- เลือก -- ชื่อ นามสกุล
 E-mail * student@gmail.com
 ต้องเป็น @gmail.com เท่านั้น
 โรงเรียน * -- เลือกโรงเรียน --
 ห้อง * เลขที่ *
 ม.1/4 35

ข้อที่ 1

1.1 $21 + 43$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

☐ ก. 10
☐ ข. 54
☐ ค. 64
☐ ง. 74

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $2 + 1 + 4 + 3 = 10$
☐ ข. บวกหลักสิบ $1 + 4 = 5$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 54
☐ ค. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $1 + 3 = 4$ และหลักสิบ $2 + 4 = 6$ ได้ 64
☐ ง. บวกหลักสิบ $3 + 4 = 7$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 74

1.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 2

2.1 $45 + 32$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

☐ ก. 14
☐ ข. 67
☐ ค. 77
☐ ง. 87

2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. บวกหลักสิบ $4 + 3 = 6$ และหลักหน่วย $5 + 2 = 7$ ได้ 67
☐ ข. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $4 + 5 + 3 + 2 = 14$
☐ ค. บวกหลักสิบ $4 + 3 = 8$ และหลักหน่วย $5 + 2 = 7$ ได้ 87
☐ ง. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $5 + 2 = 7$ และหลักสิบ $4 + 3 = 7$ ได้ 77

2.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ภาพหน้าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

← กลับหน้าหลัก

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

จำนวน 15 ข้อ (รวม 45 คำถาม)

ข้อมูลนักเรียน

คำนามนำชื่อ * ชื่อ-นามสกุล *

-- เลือก -- ชื่อ นามสกุล

E-mail *

student@gmail.com

ต้องเป็น @gmail.com เท่านั้น

โรงเรียน *

-- เลือกโรงเรียน --

ห้อง * เลขที่ *

11.1/4 35

ข้อที่ 1

1.1 จำนวนตรงข้ามของ 7 คือจำนวนใด

☐ ก. -7
☐ ข. 0
☐ ค. 1/7
☐ ง. 7

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. จำนวนตรงข้าม คือ จำนวนที่บวกกันแล้วได้ 0 ดังนั้น $7 + (-7) = 0$
☐ ข. จำนวนตรงข้าม คือ จำนวนที่คูณกันแล้วได้ 1 ดังนั้น $7 \times 1/7 = 1$
☐ ค. จำนวนตรงข้าม คือ ตัวมันเอง
☐ ง. จำนวนตรงข้าม คือ จำนวนที่ลบกันแล้วได้ 0

1.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 2

2.1 จำนวนตรงข้ามของ -5 คือจำนวนใด

☐ ก. -5
☐ ข. -1/5
☐ ค. 1/5
☐ ง. 5

2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. จำนวนตรงข้าม คือ จำนวนที่คูณกันแล้วได้ 1 ดังนั้น $-5 \times (-1/5) = 1$
☐ ข. จำนวนตรงข้าม คือ จำนวนที่บวกกันแล้วได้ 0 ดังนั้น $-5 + 5 = 0$
☐ ค. จำนวนตรงข้าม คือ ตัวมันเอง
☐ ง. จำนวนตรงข้ามของจำนวนลบ คือ จำนวนลบเสมอ

2.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ภาพหน้าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

← กลับหน้าหลัก

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม

จำนวน 15 ข้อ (รวม 45 คำถาม)

ข้อมูลนักเรียน

คำนามนำชื่อ *
 ชื่อ-นามสกุล *

E-mail *

ต้องเป็น @gmail.com เท่านั้น

โรงเรียน *

ห้อง *
 เลขที่ *

ข้อที่ 1

1.1 7×8 มีค่าเท่ากับเท่าใด

☐ ก. 15
☐ ข. 54
☐ ค. 56
☐ ง. 78

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. $7 \times 8 = 56$ จากสูตรคูณ เจ็ดคูณแปดได้ห้าสิบหก
☐ ข. $7 + 8 = 15$ การคูณ คือ การบวก
☐ ค. 7×8 คือ การนำ 7 กับ 8 มาเขียนต่อกัน ได้ 78
☐ ง. $7 \times 8 = 54$ จากสูตรคูณ เจ็ดคูณแปดได้ห้าสิบสี่

1.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☒ มั่นใจ
 ☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 2

2.1 9×6 มีค่าเท่ากับเท่าใด

☐ ก. 15
☐ ข. 54
☐ ค. 56
☐ ง. 96

2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. $9 + 6 = 15$ การคูณ คือ การบวก
☐ ข. $9 \times 6 = 54$ จากสูตรคูณ เก้าคูณหกได้ห้าสิบสี่
☐ ค. 9×6 คือ การนำ 9 กับ 6 มาเขียนต่อกัน ได้ 96
☐ ง. $9 \times 6 = 56$ จากสูตรคูณ เก้าคูณหกได้ห้าสิบหก

2.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☒ มั่นใจ
 ☐ ไม่มั่นใจ

ภาพหน้าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การคูณจำนวนเต็ม

← กลับหน้าหลัก

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การหารจำนวนเต็ม
 จำนวน 15 ข้อ (รวม 45 คำถาม)

ข้อมูลนักเรียน

คำนวณหาชื่อ *
 -- เลือก --

ชื่อ-นามสกุล *
 ชื่อ นามสกุล

E-mail *
 student@gmail.com
 ต้องเป็น @gmail.com เท่านั้น

โรงเรียน *
 -- เลือกโรงเรียน --

ห้อง *
 ม.1/4

เลขที่ *
 35

ข้อที่ 1

1.1 $56 \div 8$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
☐ ก. 6
☐ ข. 7
☐ ค. 48
☐ ง. 64

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
☐ ก. 8 คูณจำนวนใดได้ 56 คือ $8 \times 7 = 56$ ดังนั้นคำตอบ คือ 7
☐ ข. $56 - 8 = 48$ การหาร คือ การลบ
☐ ค. $56 + 8 = 64$ การหาร คือ การบวก
☐ ง. $8 \times 6 = 48$ ดังนั้น $56 \div 8 = 6$

1.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่
☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 2

2.1 $72 \div 9$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
☐ ก. 7
☐ ข. 8
☐ ค. 63
☐ ง. 81

2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
☐ ก. $72 - 9 = 63$ การหาร คือ การลบ
☐ ข. 9 คูณจำนวนใดได้ 72 คือ $9 \times 8 = 72$ ดังนั้นคำตอบ คือ 8
☐ ค. $72 + 9 = 81$ การหาร คือ การบวก
☐ ง. $9 \times 7 = 72$ ดังนั้น $72 \div 9 = 7$

2.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่
☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ภาพหน้าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การหารจำนวนเต็ม

← กลับหน้าหลัก

แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณ
 จำนวน 22 ข้อ (รวม 66 คำถาม)

ข้อมูลนักเรียน
 คำนามนำชื่อ * ชื่อ-นามสกุล *
 -- เลือก -- ชื่อ นามสกุล
 E-mail *
 student@gmail.com
 ต้องเป็น @gmail.com เท่านั้น
 โรงเรียน *
 -- เลือกโรงเรียน --
 ห้อง * เลขที่ *
 ม.1/4 35

ข้อที่ 1
 1.1 $(-5) + 8$ มีค่าเท่ากับข้อใด
☐ ก. $8 + (-5)$
☐ ข. $8 - (-5)$
☐ ค. $(-5) - 8$
☐ ง. $5 + (-8)$
 1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
☐ ก. สมบัติการสลับที่ของการบวก $a + b = b + a$ สลับตำแหน่งแล้วผลลัพธ์เท่ากัน
☐ ข. การบวกกับการลบเหมือนกัน สลับเครื่องหมายได้
☐ ค. ต้องสลับที่ตำแหน่งเครื่องหมาย
☐ ง. ต้องเปลี่ยนเครื่องหมายของตัวเลขทั้งสองตัว
 1.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่
☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 2
 2.1 $(-6) \times (-4)$ กับ $(-4) \times (-6)$ ได้ผลลัพธ์เท่ากันหรือไม่
☐ ก. ไม่เท่ากัน ได้ 24 และ -24
☐ ข. เท่ากัน ได้ -24 ทั้งคู่
☐ ค. เท่ากัน ได้ 24 ทั้งคู่
☐ ง. ไม่เท่ากัน ได้ -24 และ 24
 2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว
☐ ก. การคูณมีสมบัติการสลับที่ และลบคูณลบได้บวก จึงได้ 24 ทั้งคู่
☐ ข. ลบคูณลบได้ลบ จึงได้ -24
☐ ค. ตัวเลขหน้าค่ากัน ผลลัพธ์น่าจะต่างกัน
☐ ง. สลับที่แล้วเครื่องหมายจะเปลี่ยน
 2.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่
☒ มั่นใจ ☐ ไม่มั่นใจ

ภาพหน้าแบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม

← กลับหน้าหลัก

ผลการวินิจฉัย

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

ข้อมูลนักเรียน

ชื่อ-นามสกุล: ค.ช.ทดสอบ ระบบ E-mail: nueng.kus@gmail.com โรงเรียน: ทดลองเรียน

ห้อง / เลขที่: ม.1/1 / 29

จำนวนเต็ม การบวก การลบ การคูณ การหาร สมบัติ

ผลการวินิจฉัย เรื่อง จำนวนเต็ม

ข้อ	ระดับที่ 1 (เนื้อหา)	ระดับที่ 2 (เหตุผล)	ระดับที่ 3 (ความมั่นใจ)	กลุ่ม
1	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
2	✓	✓	มั่นใจ	KL
3	✓	X	ไม่มั่นใจ	LK
4	X	X	มั่นใจ	MC
5	X	✓	มั่นใจ	MFN
6	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
7	X	✓	มั่นใจ	MFN
8	X	X	มั่นใจ	MC
9	X	X	มั่นใจ	MC
10	✓	X	มั่นใจ	MFP
11	✓	✓	ไม่มั่นใจ	LG/LC
12	X	X	มั่นใจ	MC
13	X	✓	ไม่มั่นใจ	LK
14	✓	X	มั่นใจ	MFP
15	X	X	มั่นใจ	MC
16	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
17	X	✓	มั่นใจ	MFN
18	X	✓	มั่นใจ	MFN

ภาพหน้าผลการวินิจฉัยสำหรับนักเรียน

สรุปผลการวินิจฉัยในภาพรวม

นักเรียนอยู่ในกลุ่ม

LK

ขาดความรู้ (lack of knowledge)

KL

0

MFP

0

MFN

1

MC

1

LG/LC

0

LK

13

คำอธิบายผลการวินิจฉัย

นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาและ/หรือให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดังนี้ ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ แล้วหาค่าสัมบูรณ์โดยใช้หลักการบวกจำนวนเต็มได้อย่างถูกต้อง สามารถบอกได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนนับจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้งและตัวลบอย่างถูกต้อง และขาดความมั่นใจในการตอบ

ข้อเสนอแนะ

ด้านความรู้

นักเรียนควรทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับการบวกจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม, การหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็ม, การเขียนการลบในรูปการบวก, การหาผลลบโดยใช้หลักการบวก และการระบุตัวตั้งและตัวลบ โดยศึกษาจากหนังสือเรียน สื่อการเรียนรู้ หรือขอคำอธิบายเพิ่มเติมจากครูผู้สอน

ด้านเหตุผล

นักเรียนควรทำความเข้าใจหลักการและเหตุผลเกี่ยวกับการบวกจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม, การหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็ม, การเขียนการลบในรูปการบวก, การหาผลลบโดยใช้หลักการบวก และการระบุตัวตั้งและตัวลบ โดยฝึกอธิบายขั้นตอนการคิดและเหตุผลในการเลือกคำตอบ

ด้านความมั่นใจ

นักเรียนควรเสริมสร้างความมั่นใจในการตอบเกี่ยวกับการบวกจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม, การเขียนการลบในรูปการบวก, การหาผลลบโดยใช้หลักการบวก และการระบุตัวตั้งและตัวลบ โดยการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม และฝึกทำข้อสอบซ้ำๆ เพื่อเพิ่มความคุ้นเคยและความมั่นใจในการตอบคำถาม

ผู้จัดทำ

นางสาวณญภัค กรกัญญพัชร
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ภาพหน้าผลการวินิจฉัยสำหรับนักเรียน

← กลับหน้าหลัก



Dashboard

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม


ผู้วิจัย nueng.kus@gmail.com (ดูได้ทุกโรงเรียน)

ออกจากระบบ



สรุปภาพรวม

รวม
3922

KL
3493

MFP
0

MFN
0

MC
23

LG/LC
2

LK
404

โรงเรียน

ทั้งหมด

หัวข้อ

ทั้งหมด

กลุ่ม

ทั้งหมด

ห้อง

ทั้งหมด

การกรองข้อมูล

ดาวน์โหลด Excel



รายชื่อนักเรียน (3922)

#	ชื่อ-นามสกุล	โรงเรียน	ห้อง	หัวข้อ	กลุ่ม	ดู
1				จำนวนเต็ม	KL	
2				จำนวนเต็ม	KL	
3				จำนวนเต็ม	KL	
4				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
5				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
6				การลบจำนวนเต็ม	KL	
7				การบวกจำนวนเต็ม	KL	
8				การลบจำนวนเต็ม	KL	

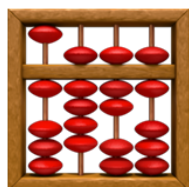


ผู้จัดทำ

นางสาวณณภัค กรกัญญพัชร
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ภาพหน้าผลการวินิจฉัยสำหรับอาจารย์

ภาคผนวก ณ คู่มือการใช้งานระบบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม



จัดทำโดย

นางสาวณญภัค กรักญญพัชร

นิสิตระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมทางการวัดผลการเรียนรู้

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ	3
2. คู่มือสำหรับนักเรียน	4
2.1 การเข้าสู่หน้าหลัก	4
2.2 การกรอกข้อมูลนักเรียน	5
2.3 การทำแบบทดสอบ	6
2.4 การดูผลการวินิจฉัย	7
3. คู่มือสำหรับอาจารย์	8
3.1 การลงทะเบียนอาจารย์	8
3.2 การใช้งาน Dashboard	8
3.3 คู่มือการใช้งานระบบแบบสอบวินิจฉัย เรื่อง จำนวนเต็ม	9
4. ภาคผนวก: คำอธิบายกลุ่มการวินิจฉัย	10



1. บทนำ

ระบบแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม กำหนดโครงสร้างข้อสอบโดยประยุกต์ใช้แผนที่ภาวะสันนิษฐาน ซึ่งเป็นการให้รายละเอียดเกี่ยวกับการตอบสนองและความสามารถของนักเรียน มีลักษณะเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ (Three-Tier Diagnostic Test) โดยข้อสอบแต่ละระดับให้คะแนน 2 ค่า (dichotomous) ในระดับที่ 1 แสดงคำตอบ ระดับที่ 2 แสดงเหตุผล และระดับที่ 3 แสดงความมั่นใจในการตอบซึ่งประกอบด้วย

ระดับที่ 1 ระดับเนื้อหา (Content Tier) - เลือกคำตอบที่ถูกต้อง

ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (Reasoning Tier) - เลือกเหตุผลที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุด

ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (Confidence Tier) - เลือกระดับความมั่นใจ

หัวข้อที่ครอบคลุม

1. จำนวนเต็ม	จำนวน 18 ข้อ
2. การบวกจำนวนเต็ม	จำนวน 15 ข้อ
3. การลบจำนวนเต็ม	จำนวน 15 ข้อ
4. การคูณจำนวนเต็ม	จำนวน 15 ข้อ
5. การหารจำนวนเต็ม	จำนวน 15 ข้อ
6. สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม	จำนวน 22 ข้อ

ผลการวินิจฉัยจะจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ KL, MFP, MFN, MC, LG/LC และ LK ซึ่งแต่ละกลุ่มมีความหมายและข้อเสนอแนะในการพัฒนาที่แตกต่างกัน ระบบจะส่งผลวินิจฉัยไปยังอีเมลของนักเรียนโดยอัตโนมัติ

2. คู่มือสำหรับนักเรียน

2.1 การเข้าสู่หน้าหลัก

ขั้นตอนการเข้าใช้งานเว็บไซต์มีดังนี้

1. เปิดเว็บเบราว์เซอร์ (Chrome, Safari, Firefox หรือ Edge)
2. พิมพ์ URL: <https://integer-diagnostic.pages.dev/>
3. หน้าหลักจะแสดงหัวข้อแบบสอบทั้ง 6 เรื่อง คลิกเลือกเรื่องที่ต้องการทำ

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ
เรื่อง จำนวนเต็ม

คำชี้แจง
แบบสอบวินิจฉัยสามระดับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องจำนวนเต็ม ไม่มีผลต่อคะแนนในวิชาคณิตศาสตร์
โครงสร้างข้อสอบ: แต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ

- ระดับเนื้อหา - เลือกคำตอบที่ถูกต้อง
- ระดับเหตุผล - เลือกเหตุผลที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุด
- ระดับความมั่นใจ - เลือกระดับความมั่นใจในความถูกต้อง (ไม่มีถูก/ผิด)

 ข้อควรปฏิบัติ: ตอบด้วยตนเอง ไม่เปิดหนังสือ ตอบตามความรู้ที่จริง และตอบให้ครบทุกข้อ
 หลังทำเสร็จ: ระบบจะแสดงผลการวินิจฉัยทันที สามารถค้นหาคำตอบได้ภายหลังโดยใช้ E-mail ที่ลงทะเบียนไว้

1 จำนวนเต็ม 18 ข้อ	2 การบวกจำนวนเต็ม 15 ข้อ
3 การลบจำนวนเต็ม 15 ข้อ	4 การคูณจำนวนเต็ม 15 ข้อ
5 การหารจำนวนเต็ม 15 ข้อ	6 สมบัติของการบวกและการคูณจำนวนเต็ม 22 ข้อ

ผลการวินิจฉัย
กรอก E-mail ที่ใช้ทำแบบสอบ @gmail... **ผลการวินิจฉัย**

สำหรับอาจารย์
เข้าสู่ระบบ Dashboard **ลงทะเบียนอาจารย์**

คู่มือการใช้งาน
รายละเอียด

ผู้จัดทำ
นางสาวณญภัค กรักบุญพัชร
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมการวัดผลการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

รูปที่ 1 หน้าหลักของระบบแบบสอบวินิจฉัย

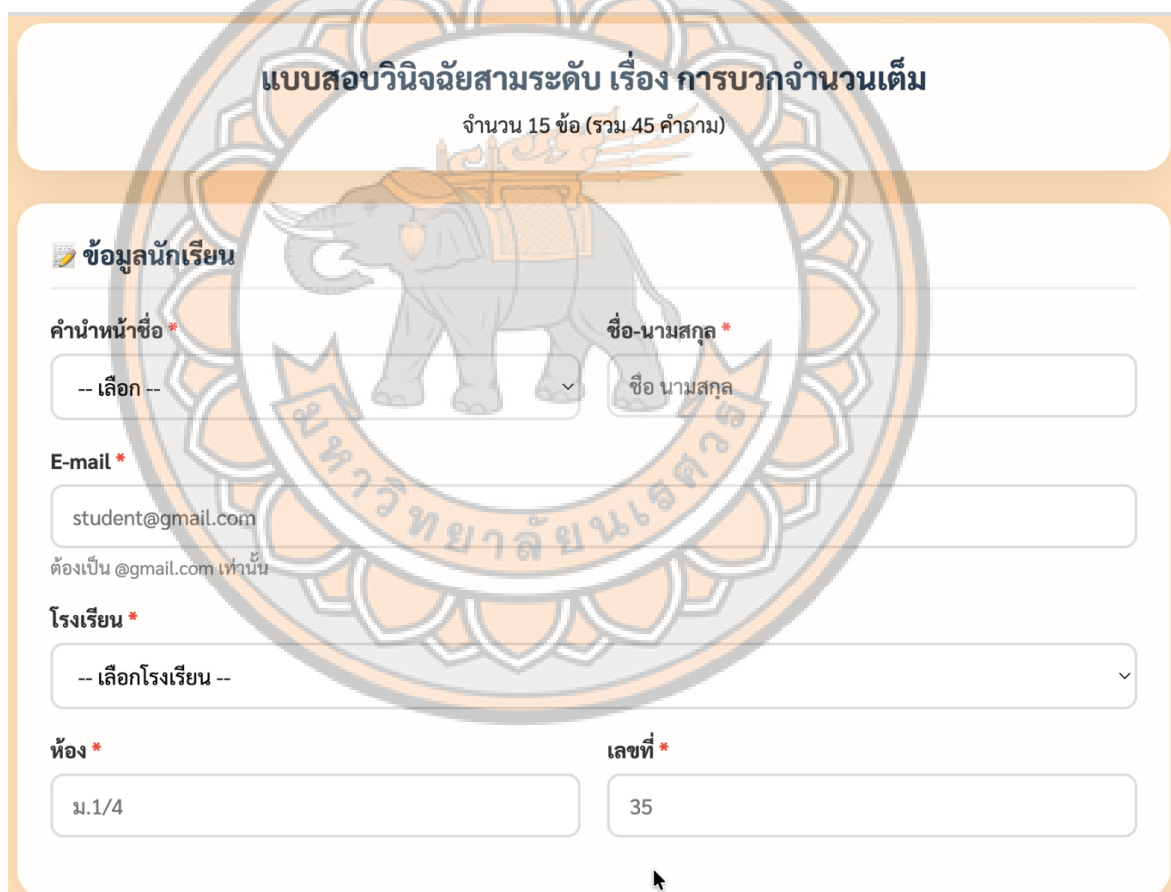
2.2 การกรอกข้อมูลนักเรียน

หลังจากคลิกเลือกหัวข้อที่ต้องการ ระบบจะแสดงหน้ากรอกข้อมูลนักเรียน ให้กรอกข้อมูลดังนี้

- เลือกค่านำหน้าชื่อ (ด.ช. หรือ ด.ญ.)
- กรอกชื่อ-นามสกุล
- กรอก E-mail (ต้องเป็น @gmail.com เท่านั้น)
- เลือกโรงเรียน หากไม่มีชื่อโรงเรียน ให้เลือก อื่น ๆ เพื่อกรอกข้อมูล
- กรอกห้องเรียน เช่น ม.1/1, ม.1/2
- กรอกเลขที่

หมายเหตุ: หากไม่ต้องการกรอกข้อมูลในส่วนใด สามารถใส่เครื่องหมาย " - " แทนได้

แต่ในส่วนของ E-mail ต้องกรอกอีเมลจริง เพื่อใช้ผลการวินิจฉัยและรับผลการวินิจฉัยทางอีเมล



แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง การบวกจำนวนเต็ม

จำนวน 15 ข้อ (รวม 45 คำถาม)

ข้อมูลนักเรียน

ค่านำหน้าชื่อ * ชื่อ-นามสกุล *

-- เลือก -- ชื่อ นามสกุล

E-mail *

student@gmail.com

ต้องเป็น @gmail.com เท่านั้น

โรงเรียน *

-- เลือกโรงเรียน --

ห้อง * เลขที่ *

ม.1/4 35

รูปที่ 2 แบบฟอร์มกรอกข้อมูลนักเรียน

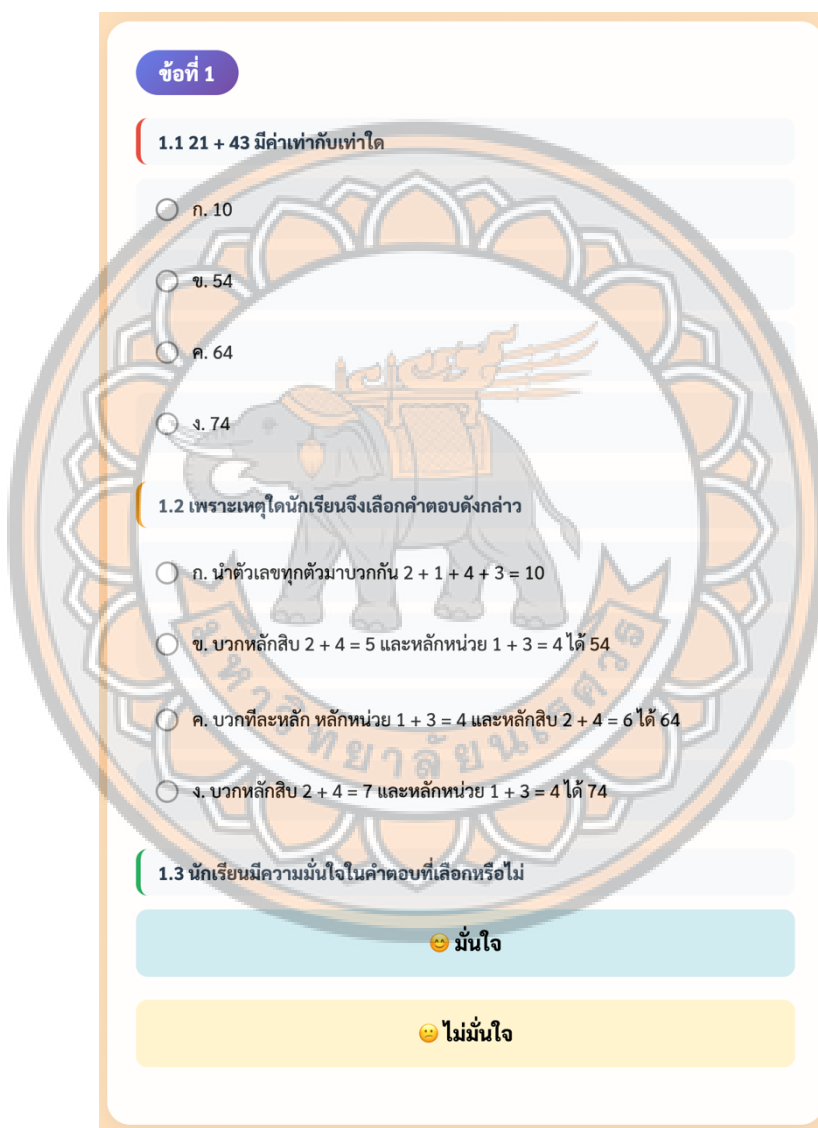
2.3 การทำแบบทดสอบ

แต่ละข้อประกอบด้วย 3 ระดับ ให้ตอบครบทุกระดับ

ระดับที่ 1 (แถบสีแดง): เลือกคำตอบที่ถูกต้อง

ระดับที่ 2 (แถบสีส้ม): เลือกเหตุผลที่ตรงกับความคิดของนักเรียนมากที่สุด

ระดับที่ 3 (แถบสีเขียว): เลือกระดับความมั่นใจ (มั่นใจ 😊 หรือ ไม่มั่นใจ 😞)



ข้อที่ 1

1.1 $21 + 43$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

☐ ก. 10

☐ ข. 54

☐ ค. 64

☐ ง. 74

1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

☐ ก. นำตัวเลขทุกตัวมาบวกกัน $2 + 1 + 4 + 3 = 10$

☐ ข. บวกหลักสิบ $2 + 4 = 5$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 54

☐ ค. บวกทีละหลัก หลักหน่วย $1 + 3 = 4$ และหลักสิบ $2 + 4 = 6$ ได้ 64

☐ ง. บวกหลักสิบ $2 + 4 = 7$ และหลักหน่วย $1 + 3 = 4$ ได้ 74

1.3 นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบที่เลือกหรือไม่

☐ 😊 มั่นใจ

☐ 😞 ไม่มั่นใจ

รูปที่ 3 ตัวอย่างข้อสอบสามระดับ

! หมายเหตุ:

เมื่อตอบครบทุกข้อแล้ว กดปุ่ม "ส่งคำตอบ" ระบบจะแสดงผลวินิจฉัยทันที และส่งผลไปยัง E-mail ของนักเรียนโดยอัตโนมัติ

2.4 การดูผลการวินิจฉัย

หลังส่งคำตอบ ระบบจะแสดงผลการวินิจฉัยประกอบด้วย

- ตารางแสดงผลรายข้อ (ถูก ✓ / ผิด X, มั่นใจ/ไม่มั่นใจ)
- สรุปกลุ่มที่นักเรียนอยู่ในภาพรวม พร้อมคำอธิบาย
- จำนวนข้อในแต่ละกลุ่ม (KL, MFP, MFN, MC, LG/LC, LK)
- ข้อเสนอแนะในการพัฒนาความรู้ เหตุผล และความมั่นใจ

นักเรียนสามารถกลับมาดูผลได้ภายหลังโดยกรอก E-mail ในช่อง "ดูผลการวินิจฉัย" ที่หน้าหลัก

← กลับหน้าหลัก

ผลการวินิจฉัย
แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

ข้อมูลนักเรียน
ชื่อ-นามสกุล: ด.ช. พชรธร วรรณ
E-mail:
รหัสเรียน: รทกลอ 40000
ปี: 1 / 1 / 29

จำนวนเต็ม การบวก การลบ การคูณ การหาร สมบัติ

ผลการวินิจฉัย เรื่อง การลบจำนวนเต็ม

ข้อ	ระดับที่ 1 (เนื้อหา)	ระดับที่ 2 (เหตุผล)	ระดับที่ 3 (ความมั่นใจ)	กลุ่ม
1	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
2	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
3	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
4	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
5	X	X	มั่นใจ	MC
6	X	X	มั่นใจ	MFN
7	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
8	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
9	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
10	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
11	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
12	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
13	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
14	X	X	ไม่มั่นใจ	LK
15	X	X	ไม่มั่นใจ	LK

สรุปผลการวินิจฉัยในภาพรวม

นักเรียนอยู่ในกลุ่ม **LK**

ขาดความรู้ (lack of knowledge)

KL 0 MFP 0 MFN 1 MC 1 LG/LC 0 LK 15

คำอธิบายผลการวินิจฉัย

นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาและ/หรือให้เหตุผล ไม่ถูกต้อง ในการลบจำนวนเต็ม เข้าใจหลักการลบจำนวนเต็มโดยเขียนให้อยู่ในรูปของการบวกได้ ดีดี ตัวตั้ง - ตัวลบ = ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ แล้วหาคำหลักโดยใช้หลักการบวก จำนวนเต็มได้คำตอบถูกต้อง สามารถอธิบายได้ว่าจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มบวก คือ จำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากับ และจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็มลบ คือ จำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากับ ส่วนค่าสัมบูรณ์ คือ ระยะห่างของจำนวนหนึ่งจากศูนย์บนเส้นจำนวน โดยไม่คำนึงถึงทิศทาง สามารถลบจำนวนเต็มโดยคำนึงถึงตำแหน่งของตัวตั้งและตัวลบอย่างถูกต้อง และขาดความมั่นใจในการตอบ

ข้อเสนอแนะ

ด้านความรู้
นักเรียนควรทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับการบวกจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม, การหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็ม, การเขียนการลบในรูปการบวก, การหาคำหลักโดยใช้หลักการบวก และการระบุตัวตั้งและตัวลบ โดยศึกษาจากหนังสือเรียน สื่อการเรียน หรือข้ออธิบายเพิ่มเติมจากครูผู้สอน

ด้านเหตุผล
นักเรียนควรทำความเข้าใจหลักการและเหตุผลเกี่ยวกับการบวกจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม, การหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็ม, การเขียนการลบในรูปการบวก, การหาคำหลักโดยใช้หลักการบวก และการระบุตัวตั้งและตัวลบ โดยฝึกอธิบายขั้นตอนการคิดและเหตุผลในการเลือกคำตอบ

ด้านความมั่นใจ
นักเรียนควรเสริมสร้างความมั่นใจในการตอบเกี่ยวกับการบวกจำนวนตรงข้ามของจำนวนเต็ม, การเขียนการลบในรูปการบวก, การหาคำหลักโดยใช้หลักการบวก และการระบุตัวตั้งและตัวลบ โดยการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม และฝึกทำข้อสอบอื่นๆ เพื่อเพิ่มความคุ้นเคยและความมั่นใจในการตอบคำถาม

ผู้จัดทำ
นางสาวอณัญญา กาญจนพิลา
นิเทศระดับปริญญาเอก สาขานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

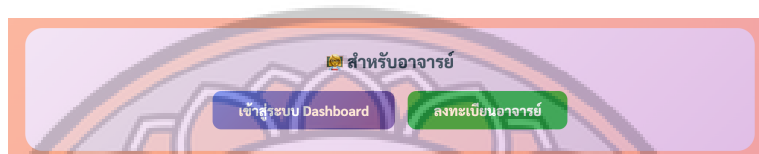
รูปที่ 4 หน้าแสดงผลการวินิจฉัย

3. คู่มือสำหรับอาจารย์

3.1 การลงทะเบียนอาจารย์

อาจารย์ที่ต้องการดูผลการวินิจฉัยของนักเรียนในโรงเรียน สามารถลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบได้ดังนี้

1. คลิกปุ่ม "ลงทะเบียนอาจารย์" ที่หน้าหลัก (ส่วนล่างของหน้า)
2. กรอกข้อมูล: คำนำหน้า, ชื่อ-นามสกุล, E-mail, โรงเรียน, เบอร์โทรศัพท์
3. กดปุ่ม "ลงทะเบียน"
4. รอการอนุมัติจากผู้วิจัย (จะได้รับ E-mail แจ้งเตือนเมื่ออนุมัติ)
5. เมื่อได้รับอนุมัติแล้ว สามารถเข้าใช้งาน Dashboard ได้ทันที



รูปที่ 5 ส่วนสำหรับลงทะเบียนอาจารย์

3.2 การใช้งาน Dashboard

Dashboard เป็นหน้าสำหรับอาจารย์ในการดูผลการวินิจฉัยของนักเรียน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. คลิกปุ่ม "เข้าสู่ระบบ Dashboard" ที่หน้าหลัก
2. กรอก E-mail ที่ลงทะเบียนไว้
3. ระบบจะแสดง Dashboard พร้อมข้อมูลดังนี้
 - สรุปภาพรวม: จำนวนนักเรียนทั้งหมด แยกตามกลุ่ม
 - ตัวกรองข้อมูล: โรงเรียน, ห้อง, หัวข้อ, กลุ่ม
 - รายชื่อนักเรียน: คลิกปุ่ม "ดู" เพื่อดูผลรายบุคคล
 - ดาวน์โหลด Excel: ส่งออกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติม

← กลับหน้าหลัก

Dashboard

แบบสอบวินิจัยสามระดับ เรื่อง จำนวนเต็ม

ผู้วิจัย (ดูได้ทุกโรงเรียน) [ออกจากระบบ](#)

สรุปภาพรวม

รวม	KL	MFP	MFN	MC	LG/LC	LK
59 คน	55	0	0	0	3	1

โรงเรียน: ห้อง:

หัวข้อ: กลุ่ม:

[กรองข้อมูล](#) [ดาวน์โหลด Excel](#)

รายชื่อนักเรียน (59 คน)

#	ชื่อ-นามสกุล	โรงเรียน	ห้อง	หัวข้อ	กลุ่ม	ดู
				จำนวนเต็ม	KL	
				จำนวนเต็ม	KL	
				จำนวนเต็ม	KL	
				จำนวนเต็ม	KL	
				จำนวนเต็ม	KL	
				จำนวนเต็ม	KL	
				จำนวนเต็ม	KL	
				จำนวนเต็ม	KL	
				จำนวนเต็ม	KL	

ผู้จัดทำ
นางสาวณฤศก์ กรักบุญพิชิต
นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมทางการวัดผลและการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รูปที่ 6 หน้า Dashboard สำหรับครูและผู้วิจัย

3.3 คู่มือการใช้งานระบบแบบสอบวินิจัย เรื่อง จำนวนเต็ม

คลิกปุ่ม "รายละเอียด" เพื่อเปิดอ่านออนไลน์

[คู่มือการใช้งาน](#)

[รายละเอียด](#)

รูปที่ 7 ส่วนคู่มือการใช้งานระบบ

4. ภาคผนวก: คำอธิบายกลุ่มการวินิจฉัย

ระบบจะจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ตามผลการตอบในแต่ละระดับ ดังตารางต่อไปนี้

กลุ่ม	ชื่อ	ผลการตอบ	ความหมาย
KL	Knowledge	ถูก + ถูก + มั่นใจ	มีความรู้อย่างแท้จริง
MFP	Misconception-False Positive	ถูก + ผิด + มั่นใจ	มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงบวก
MFN	Misconception-False Negative	ผิด + ถูก + มั่นใจ	มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบผิดเชิงลบ
MC	Misconception	ผิด + ผิด + มั่นใจ	มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อน
LG/LC	Lucky Guess/ Lack of Confidence	ถูก + ถูก + ไม่มั่นใจ	เดาคำตอบถูก/ ขาดความมั่นใจ
LK	Lack of Knowledge	ถูก + ผิด + ไม่มั่นใจ ผิด + ถูก + ไม่มั่นใจ ผิด + ผิด + ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้