



การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชา
คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
CONSTRUCTION OF FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST TO STUDY MISCONCEPTIONS IN
MATHEMATICS ABOUT THE RATIONAL NUMBER OF GRADE SEVENTH STUDENTS

พรพรรณ โตโกชนพันธุ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชา
คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

CONSTRUCTION OF FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST TO STUDY MISCONCEPTIONS IN
MATHEMATICS ABOUT THE RATIONAL NUMBER OF GRADE SEVENTH STUDENTS



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

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกที่ลำดับขั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชา
คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ของ

พรพรรณ ไตโกชนพันธุ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา) (รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี จันทร์เพ็ง)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธากา)

ชื่อเรื่อง	การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ผู้วิจัย	พรพรรณ ไตโกชนพันธุ์
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วิไลลักษณ์ ลังกา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาศ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายคือ (1) เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นสำหรับศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นที่สร้างขึ้น และ (3) เพื่อศึกษาการจำแนกกลุ่มและวิเคราะห์หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน โดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน มีขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ (1) การสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (2) การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น (3) การศึกษาเพื่อจำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า (1) แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น ที่ทำการศึกษาในมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 15 มโนทัศน์ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก คือ จำนวนเต็ม สมบัติของจำนวนเต็ม และทศนิยมและเศษส่วน มีจำนวนทั้งหมด 44 ข้อ โดยในหนึ่งข้อคำถามประกอบด้วย 4 ชั้น คือ ชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) (2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น จำนวนทั้งหมด 44 ข้อ พบว่า ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีค่าตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.00 ค่าความยากง่ายในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล คือ 0.32 ถึง 0.75 และ 0.26 ถึง 0.71 ส่วนค่าอำนาจจำแนกในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผลคือ 0.21 ถึง 0.64 และ 0.21 ถึง 0.69 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร ลิวิงสตัน (Livingston) เท่ากับ 0.98 (3) ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พบว่า ทั้ง 3 เนื้อหาหลักมีจำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มใกล้เคียงกัน คือ กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด (M) รองลงมาคือ กลุ่มนักเรียนขาดความรู้ (LK) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) และกลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) ตามลำดับ โดยมีมโนทัศน์ที่นักเรียนคลาดเคลื่อนมากและเด่นชัด มีจำนวน 8 มโนทัศน์ ได้แก่ (1) ความหมายของจำนวนเต็ม (2) ความหมายของค่าสัมบูรณ์ (3) ค่าของทศนิยม (4) หลักการหาผลลัพธ์ของการลบทศนิยม (5) ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่นำหลักการหารทศนิยมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ (6) ความหมายของเศษเกิน (7) การอ่านค่าของเศษส่วน และ (8) การเปรียบเทียบเศษส่วน

คำสำคัญ : แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น, มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน, จำนวนตรรกยะ

Title	CONSTRUCTION OF FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST TO STUDY MISCONCEPTIONS IN MATHEMATICS ABOUT THE RATIONAL NUMBER OF GRADE SEVENTH STUDENTS
Author	PORNPUN TOPHOCHANAPUN
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Wilailak Langka
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Panida Sakuntanak

This aims of this research are as follows: (1) to develop a four-tier diagnostic test for misconceptions among mathematics students on rational numbers among seventh-grade students; (2) to validate the content validity, the difficulty index, the discrimination index and the reliability of a four-tier diagnostic test; and (3) to study group classification and the analysis of misconceptions. The sample size consisted of 400 eighth-grade students under the jurisdiction of Bangkok Metropolitan Authority by multistage randomization. There were three phases to the research process: (1) the development of a test to investigate misconceptions; (2) the construction and quality validation of a four-tier diagnostic test; and (3) to research and identify student misconceptions. The research results showed revealed the following: (1) the four-tier diagnostic tests study of 15 misconceptions, with three aspects: integers, properties of integers and decimals and fractions. There are 44 items in total, each question contained four tiers: the A-tier, the CA-tier, R-tier, and CR-tier; (2) the results of the quality validation of the tests and the range of content validity from 0.80 to 1.00. The difficulty index in the A-tier and R-tier was 0.32 to 0.75 and 0.26 to 0.71 while the discrimination index in the A-tier and R-tier was 0.21 to 0.64 and 0.21 to 0.69, and the reliability by Livingston was at 0.98; (3) in the classification of concept groups, it was found that all three main topics had approximately the same number of students in each group, i.e. the group of students with the most misconceptions, followed by the group of students with a lack of knowledge, the group of students who guessed answers correctly and the group of students with correct concepts, respectively. The group with misconceptions and significant misconceptions about eight concepts. The following perspectives were presented: (1) the meaning of integers; (2) the meaning of absolute values; (3) the value of decimals; (4) The principle of determining the outcomes of decimal subtraction; (5) the reasonableness of results when applying the principle of decimal division to find a solution; (6) the meaning of an improper fraction; (7) reading fractions, and (8) comparing fractions.

Keyword : Four-Tier Diagnostic Test, Misconceptions, Rational number

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จตามเป้าหมายของผู้วิจัยไปด้วยดี โดยได้รับความเมตตาจาก รุณา จากรองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้เสียสละเวลาให้กำลังใจ คำปรึกษา ติดตามความก้าวหน้า และให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้การจัดทำปริญญาานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี จันทรพิง ที่กรุณาได้รับเป็นประธานกรรมการสอบปากเปล่า ปริญญาานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธากกร กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการแก้ไขให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้และมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์และเสียสละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบพร้อมทั้งให้คำแนะนำในการปรับปรุงแบบทดสอบ ตลอดจนผู้บริหาร คณะครู โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำแบบทดสอบของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน และขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาวิชาการวัดประเมิน และวิจัยการศึกษา ที่คอยช่วยเหลือให้การเรียนเป็นไปโดยราบรื่น และทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ และกำลังใจในการทำปริญญาานิพนธ์ให้สำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่ให้ความรัก ความเข้าใจ รวมทั้งการสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณ ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้ามีความรู้ ความสามารถ เป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่เป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปได้

พรพรรณ โตโภชนพันธุ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูปภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย	5
ความสำคัญของงานวิจัย.....	6
ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต.....	14
2. แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์.....	21
2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....	21
2.2 ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์.....	22
2.3 สาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	24
2.4 ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์.....	26
2.5 ความสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์.....	29

2.6 งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์	30
3. แบบทดสอบวินิจจัย.....	38
3.1 ความหมายของแบบทดสอบวินิจจัย	38
3.2 ลักษณะของแบบทดสอบวินิจจัย	39
3.3 วิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจจัย	41
3.4 รูปแบบและระดับการวินิจจัย	43
3.5 แบบทดสอบวินิจจัยทางคณิตศาสตร์ที่เป็นมาตรฐาน	47
3.6 แบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือกทั่วไป.....	50
3.7 แบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น (Two-tier multiple-choice tests)	52
3.8 แบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น (Three-tier multiple-choice tests)	56
3.9 แบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น (Four-tier multiple-choice tests)	61
4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือกหลายลำดับชั้น.....	70
4.1 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือก	70
4.2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น.....	78
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและแบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือกแบบ สองลำดับชั้น ถึง สี่ลำดับชั้น.....	80
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	95
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	95
การพัฒนาแบบทดสอบวินิจจัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น	99
การวิเคราะห์ข้อมูล	115
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	119
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	122
ตอนที่ 1 ผลสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ.....	123

ตอนที่ 2 ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนตรรกยะ.....	128
ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชา คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ	130
ตอนที่ 4 ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชา คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ	145
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	183
วัตถุประสงค์และวิธีการวิจัย	183
สรุปผลการวิจัย	185
อภิปรายผล	192
ข้อเสนอแนะ	196
บรรณานุกรม	198
ภาคผนวก.....	207
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	208
ภาคผนวก ข ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดย ผู้เชี่ยวชาญ สำหรับแบบทดสอบเพื่อสำรวจหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	210
ภาคผนวก ค ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดย ผู้เชี่ยวชาญ สำหรับแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	213
ภาคผนวก ง แบบทดสอบสำรวจหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	216
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	233

ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับในวิชาคณิตศาสตร์
 เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 239

ภาคผนวก ช ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นที่ใช้กับ
 กลุ่มตัวอย่างที่ 3 เพื่อจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์ห้มนทศนที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง
 จำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1..... 267

ประวัติผู้เขียน..... 269



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 รายละเอียดของเนื้อหาย่อยและมโนทัศน์ที่ถูกต้องทางคณิตศาสตร์ในเรื่องจำนวนตรรกยะ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.....	18
ตาราง 2 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของรูปแบบการวินิจฉัยแบบต่าง ๆ.....	46
ตาราง 3 แบบทดสอบวินิจฉัยการอ่านของสแตนฟอร์ด (SDRT) ในแต่ละระดับ	49
ตาราง 4 แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสแตนฟอร์ด (SDAT).....	50
ตาราง 5 การวิเคราะห์คะแนนเป็นรายชื่อในชั้นคำตอบและเหตุผล	55
ตาราง 6 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น	56
ตาราง 7 การแปรรูปแบบการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น.....	57
ตาราง 8 รูปแบบการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นที่มีความมั่นใจ 3 ระดับ คือ มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่แน่ใจ.....	58
ตาราง 9 รูปแบบการตอบและการแปลความหมายของการตอบจากแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น.....	62
ตาราง 10 รูปแบบการตอบของนักเรียนใน 6 กลุ่ม ของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นและสี่ระดับชั้น.....	65
ตาราง 11 คำร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกต้องในชั้นคำตอบและเหตุผล และแสดงค่าเฉลี่ยของความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล โดยแสดงค่าในแต่ละด้านของแบบทดสอบ	69
ตาราง 12 คะแนนความมั่นใจที่แตกต่างกันระหว่างนักเรียนที่ตอบถูกและผิด	70
ตาราง 13 งานวิจัยที่ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายลำดับชั้น.....	81
ตาราง 14 จำนวนประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำแนกตามโรงเรียน	96
ตาราง 15 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง	99
ตาราง 16 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้.....	102

ตาราง 17	แผนผังการสร้างข้อสอบ (Table of Specification)	103
ตาราง 18	เกณฑ์การให้คะแนนในชั้นคำตอบและเหตุผลของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับชั้น...	116
ตาราง 19	เกณฑ์การแบ่งมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละระดับ.....	116
ตาราง 20	การระบุคะแนนและการแปลคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยเลือกตอบสี่ระดับชั้น ..	117
ตาราง 21	รายละเอียดมโนทัศน์ในแต่ละเนื้อหาหลักของข้อคำถาม 50 ข้อ	128
ตาราง 22	ผลการตอบของนักเรียนในแต่ละตัวเลือก ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อของแบบทดสอบ	131
ตาราง 23	ช่วงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ในชั้นคำตอบ (A-tier) และ ชั้นเหตุผล (R-tier) ของข้อคำถามจำนวน 50 ข้อ	141
ตาราง 24	ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนคัดเลือกและหลังคัดเลือก.....	143
ตาราง 25	รายละเอียดมโนทัศน์ในแต่ละเนื้อหาหลักก่อนคัดเลือกและหลังคัดเลือก.....	144
ตาราง 26	การจำแนกกลุ่มแนวคิดตามรหัสคำตอบของนักเรียน	146
ตาราง 27	จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์รูปแบบต่าง ๆ ในแต่ละเรื่อง.....	147
ตาราง 28	จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดที่เด่นชัดในแต่ละกลุ่ม	153
ตาราง 29	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) และคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ในชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และทั้งสองชั้น (Both-tier)	162
ตาราง 30	ค่าร้อยละของการจำแนกกลุ่มของนักเรียน ร้อยละกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: M) เด่นชัด	171
ตาราง 31	คำตอบของนักเรียนในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) ที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนระดับสูงและเด่นชัด.....	177
ตาราง 32	ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ สำหรับแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.....	211

ตาราง 33 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ สำหรับแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้น ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 214

ตาราง 34 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้นที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 3 เพื่อจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์ห้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่องจำนวนตรรกยะ..... 268



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	12
ภาพประกอบ 2 ภาพรวมของเนื้อหาในแต่ละสาระการเรียนรู้แกนกลางระดับชั้นมัธยมศึกษา ตอนต้น	15
ภาพประกอบ 3 ภาพรวมของเนื้อหาในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิตในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1	16
ภาพประกอบ 4 การให้คะแนนของรูปแบบของการตอบคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยหลาย ตัวเลือกสามลำดับขั้น	61
ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น เรื่องแคลคูลัส ของ Fadhilatullathifi et al. (2020)	88
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น เรื่อง ความรู้สึกเชิงจำนวน ของ D. C. Yang and Lin (2015)	92
ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละระยะ.....	100
ภาพประกอบ 8 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องจำนวนตรรกยะ จำนวน 15 มโนทัศน์.....	124
ภาพประกอบ 9 รายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของจำนวนเต็ม.....	125
ภาพประกอบ 10 รายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของสมบัติของจำนวนเต็ม	126
ภาพประกอบ 11 รายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของทศนิยมและเศษส่วน.....	127
ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ	129
ภาพประกอบ 13 ร้อยละของการจำแนกกลุ่มนักเรียนทั้ง 3 เนื้อหาหลัก	151
ภาพประกอบ 14 รายละเอียด 5 หัวข้อที่พบมากที่สุด ในแต่ละกลุ่มที่เด่นชัดของนักเรียน.....	159
ภาพประกอบ 15 ระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละมโนทัศน์ในแต่ละชั้น	170

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีความเป็นสากล ทำให้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มีการพัฒนาแล้วถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย โดยคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผู้เรียนในเรื่องการพัฒนาความคิด การแก้ปัญหา การจัดระเบียบความคิด ความคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีเหตุผล ดังนั้น คณิตศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์ มีกระบวนการที่สนับสนุนให้ผู้เรียน มีความคิดอย่างเป็นระบบ แบบแผน การให้เหตุผล การเชื่อมโยง วิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ เพื่อค้นหาคำตอบต่าง ๆ อีกทั้งคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญในการพัฒนาคนเพื่อนำไปสู่การพัฒนาความเจริญในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในด้านความคิด การสร้างองค์ความรู้ คณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ อันเป็นรากฐานในการพัฒนาบุคคลในชาติให้มีคุณภาพและพัฒนาประเทศชาติให้ทัดเทียมกับนานาชาติ การศึกษาคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีข้อมูลที่ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (นพดล กองศิลป์, 2561; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560b; อัมพร ม้าคอง, 2559)

หากพิจารณาจากผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในระดับประเทศปีการศึกษา 2564 พบว่า ในวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.47 และหากพิจารณาตามประเภทโรงเรียนที่สังกัดจากทั้งหมด 16 สังกัด จะพบว่า โรงเรียนที่สังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.47 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน), 2564, น. 2) จากผลการประเมินแสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลประเมินระดับนานาชาติ เช่น ผลการประเมินของโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment: PISA) แบ่งระดับความสามารถคณิตศาสตร์ไว้ 6 ระดับ โดยในรายงานจะถือว่า นักเรียนที่ทำคะแนนไม่ถึงระดับ 2 เป็น “นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ” (ระดับ 2 คือ นักเรียนสามารถใช้ลำดับขั้นตอน สูตรคำนวณ กระบวนการ หรือข้อตกลงเบื้องต้นเพื่อแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเลขจำนวนเต็ม) ผลการประเมินปี 2018 พบว่า มีนักเรียนไทย 52.7 % ที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ระดับ 1 และมีนักเรียนที่ไม่ถึงระดับ 1

อยู่ 25% ซึ่งชี้ให้เห็นว่า นักเรียนไทยยังมีความรู้และทักษะในวิชาคณิตศาสตร์ที่ไม่เพียงพอในการแข่งขันในระดับประเทศและระดับนานาชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564, น. 117-120) และสอดคล้องกับผลการประเมินโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) ในปี 2015 สำหรับนักเรียนไทยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ 431 คะแนน อยู่ในกลุ่มนักเรียนระดับ 1 (Low International Benchmark คะแนนตั้งแต่ 400-474) คือ มีความรู้พื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์อยู่บ้างในเนื้อหาเรื่องจำนวนเต็มและกราฟอย่างง่าย (สถาบันส่งเสริมการสอบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2015, น. 33)

จากข้อมูลข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ยังไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งสิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน คือ สิ่งที่อยู่ภายในตัวนักเรียน เช่น ความรู้พื้นฐาน ความไม่เข้าใจในเรื่องที่เรียน เจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นต้น และสิ่งที่อยู่ภายนอกตัวนักเรียน เช่น ครูผู้สอน กระบวนการจัดการเรียนการสอน เพื่อน และครอบครัว เป็นต้น (สิริพร ทิพย์คง, 2545, น. 118) และจากการจัดการเรียนการสอนพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่ผิดทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งอาจเกิดจากการใช้สูตร กฎ นิยาม ผิด สรุปความเกินหรือน้อยกว่าความเป็นจริง (Anne & Littler, 2008) หรือมาจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาที่มากพอหรือมีความเข้าใจผิดพลาด ซึ่งหากนักเรียนมีความเข้าใจที่ผิดพลาดหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในคณิตศาสตร์ที่เป็นขั้นพื้นฐานย่อมจะส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้มโนทัศน์ที่สูงขึ้น (D. E. Brown, 1992, p. 19) โดย Suwimon Kiokaew (1989) ได้อธิบายสาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่ามาจาก ตำราเรียน ผู้เรียน ภาษา และ ครูผู้สอน ซึ่งสอดคล้องกับ อัมพร ม้าคนอง (2559) ที่กล่าวว่าสาเหตุที่ก่อให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ คือ ผู้เรียน การทดสอบ และครู เพราะฉะนั้นแล้วหากครูผู้สอนเน้นวิธีการสอนที่เป็นผู้บอกมากกว่าการให้นักเรียนทำความเข้าใจ ย่อมทำให้นักเรียนไม่สามารถคิดได้เอง ไม่เข้าใจและไม่มิมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ดังนั้น ครูจึงควรจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง เพราะความรู้ ความเข้าใจ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544, น. 62) ซึ่งสอดคล้องกับ Ashlock (2010, pp. 311-314) ที่กล่าวว่า การพัฒนาการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนจำเป็นต้องรู้ว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเนื้อหาเรื่องใด จุดใด มีลักษณะอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ไขจุดที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง และยังเป็นข้อมูลให้ครูผู้สอนได้ทราบถึงจุดที่ต้องระวังในการจัดการเรียนรู้ในบทเรียน

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีการปรับปรุงสาระการเรียนรู้จาก 6 สาระการเรียนรู้เป็น 3 สาระการเรียนรู้ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น โดยสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต ประกอบด้วยเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานที่มีอยู่ตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ จำนวนตรรกยะ จำนวนจริง อัตราส่วน สมการ อสมการ เป็นต้น โดยเนื้อหาเรื่อง จำนวนตรรกยะ เป็นเนื้อหาแรกในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีเนื้อหาย่อยในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้แก่ จำนวนเต็ม สมบัติของจำนวนเต็ม ทศนิยมและเศษส่วน เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560b) และจากการศึกษางานวิจัยจะพบว่า มีการวิจัยที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องจำนวนตรรกยะเป็นจำนวนมาก เช่น งานวิจัยของเวชฤทธิ์ อังคนะภักทรขจร (2546) ที่ทำการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง จำนวนตรรกยะ ที่มีเนื้อหาหลัก คือ จำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยม เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาภรณ์ มณีประวัตติ (2562), พิชชานันท์ แมคคอร่มิค (2561), วิสาร์ตน์ วงศ์ภูรี (2556), สิทธิกร พิมอักษร (2554) ไช่มุก เลื่องสุนทร (2552) และวิดา ช่อนขำ (2551) ที่ได้ทำการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาหลักคือ จำนวนเต็ม ทศนิยมและเศษส่วน พีชคณิต จำนวนและการดำเนินการ

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เรื่องจำนวนตรรกยะ เป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญเรื่องหนึ่งของวิชาคณิตศาสตร์ในการที่นักเรียนจะนำความรู้ไปใช้ในการศึกษาเนื้อหาขั้นต่อไป และการที่นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ต่อเนื่องกันเป็นลำดับชั้น การเรียนรู้ในเนื้อหาบางเรื่องไม่สามารถทำได้ดีหากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องเดิมที่คลาดเคลื่อน (ดวงเดือน อ่อนน่วม, 2533, น. 33) ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าหากมีการศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องจำนวนตรรกยะ จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและครูผู้สอน ในการทราบว่ามโนทัศน์ส่วนใดที่มีความเข้าใจไม่ถูกต้อง มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นอย่างไร เพื่อจะได้นำข้อมูลส่วนนี้ไปปรับปรุง แก้ไข ให้มีความเข้าใจ มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

การวินิจฉัยความรู้และทักษะของผู้เรียนเป็นจุดประสงค์ที่สำคัญข้อหนึ่งในการวัดผลประเมินผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560b, น. 60) โดยมีวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย เช่น แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบวินิจฉัย การสังเกตนักเรียน การสัมภาษณ์นักเรียน การบันทึกพฤติกรรมของนักเรียน การทำแฟ้ม

งานของนักเรียน เป็นต้น (สิริพร ทิพย์คง, 2545, น. 187) ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัย เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อให้ค้นหาข้อบกพร่อง จุดอ่อน ของนักเรียนทั้งในวิชาการและด้านจิตใจ เพื่อนำมาใช้ในการแยกนักเรียนว่ามีความสามารถดีหรือข้อบกพร่องในเรื่องใด และหาสาเหตุว่าผู้เรียนมีผลการเรียนไม่ดีเนื่องมาจากจุดใด (ศิริเดช สุชีวะ, 2550, น. 258) เพื่อจะได้้นำผลของการวินิจฉัยมาทำการปรับปรุง แก้ไข ส่งเสริม การเรียนของนักเรียนให้ตรงจุดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกทั่วไป หรือแบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมได้รับความนิยม เนื่องจาก ง่ายต่อการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนได้ชัดเจน คือ ไม่สามารถระบุได้ว่าการเลือกข้อที่ผิดหรือตัวลวงมาจากแนวคิดที่ถูกต้องหรือผิด จุดอ่อนนี้จึงมีการแก้ไขโดยพัฒนาเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น และจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกหลายระดับชั้น เริ่มมาจากการสำรวจหารูปแบบของข้อบกพร่องหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้ข้อมูลมาจากการเลือกตอบคำตอบที่ผิดในชั้นคำตอบ (Answer tier) จากนั้นจึงจัดทำให้เป็นมีการตอบในชั้นเหตุผล (Reason tier) กลายเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น ต่อมามีการพัฒนาโดยมีการเพิ่มความมั่นใจของคำตอบและเหตุผลเข้ามา เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น เพื่อให้ให้นักเรียนยืนยันความมั่นใจในการตอบชั้นคำตอบและเหตุผล ซึ่งสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ดีกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกทั่วไปหรือสองลำดับชั้น แต่ก็มีข้อจำกัดคือไม่สามารถรู้ได้ชัดว่านักเรียนมีความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผลต่างกันหรือไม่ หรือคะแนนความมั่นใจที่ได้มาจากชั้นใด จึงมีการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เพื่อแยกระดับความมั่นใจชั้นคำตอบและเหตุผลออกจากกัน ทำให้ได้ข้อมูลการวินิจฉัยที่ละเอียดขึ้น (Gurel, Eryilmaz, & McDermott, 2015)

รูปแบบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น ประกอบด้วย ชั้นที่ 1 ชั้นคำตอบ (Answer tier: A tier) ชั้นที่ 2 ชั้นความมั่นใจในคำตอบ (Confidence of answer tier: CA tier) ชั้นที่ 3 ชั้นเหตุผล (Reason tier: R tier) และชั้นที่ 4 ชั้นความมั่นใจในเหตุผล (Confidence of reason tier: CR tier) โดยชั้นคำตอบและเหตุผลจะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก ส่วนชั้นความมั่นใจในคำตอบและเหตุผลจะเป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนค่าตั้งแต่ 2-6 ระดับ ซึ่ง Caleon and Subramaniam (2010) ได้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นและสี่ลำดับชั้น ที่มีการเพิ่มระดับความมั่นใจเข้ามาในแบบทดสอบเพื่อนำมาวัดความแน่นอนของความเข้าใจในแนวคิดของนักเรียน ถ้าคำตอบนั้นจะถูกหรือผิดความมั่นใจในระดับต่ำบ่งบอกถึงการที่นักเรียนเดาหรือขาดความรู้ ในทางกลับกันหากนักเรียนมีความมั่นใจสูงและคำตอบถูกต้อง

แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง แต่หากมีความมั่นใจสูงแต่คำตอบผิด แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่แท้จริง ซึ่งทำให้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้น สามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนได้ชัดเจน ละเอียดกว่าการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกในแบบอื่น

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่า มีแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกทั่วไปเกี่ยวกับเรื่องจำนวนตรรกยะในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นจำนวนมาก เช่น งานวิจัยของ สุภาภรณ์ มณีประวีติ (2562), พิชชานันท์ แมคคอร์มิค (2561), วิสารัตน์ วงศ์ภูรี (2556) เป็นต้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ง่ายต่อการใช้งานแต่มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนได้ชัดเจน ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้นสามารถตรวจสอบความเข้าใจหรือมโนทัศน์ของนักเรียนได้ละเอียดมากกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ทั่วไป โดยแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้นเป็นที่นิยมในวิชาวิทยาศาสตร์แต่ในระยะหลังพบว่าม้งานวิจัยในคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น เช่น งานวิจัยของ ศักดา กิ่งไก่อ (2560) , Fadhilatullathifi et al. (2020), Fadhilah, Dwi, and Bagas (2020) และ D. C. Yang and Lin (2015) ทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้น ในเรื่องจำนวนตรรกยะ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีความมุ่งหมายเพื่อค้นหา ตรวจสอบและวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เพื่อจะได้นำข้อมูลเหล่านี้มาใช้เป็นสารสนเทศในการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง ซึ่งทำการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพราะเป็นระดับชั้นที่ได้เรียนเนื้อหาเรื่องนี้มาแล้ว และเนื้อหาในระดับชั้นต่อไปก็มีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น หากนักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจของเนื้อหาก่อนหน้านี้ที่คลาดเคลื่อนย่อมส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ในอนาคต

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้นสำหรับศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้นที่สร้างขึ้นในด้านความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น
3. เพื่อศึกษาการจำแนกกลุ่มและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ

ความสำคัญของงานวิจัย

การศึกษานี้ทำให้ได้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อครูผู้สอนสามารถนำแบบทดสอบนี้ไปใช้ในการค้นหาจุดบกพร่องหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ในเนื้อหาที่สำคัญในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ ที่นักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง และนำข้อมูลเหล่านี้ไปเป็นแนวทางในการแก้ไข ปรับปรุง พัฒนาการเรียนการสอน การจัดสอนซ่อมเสริมให้ตรงจุด เพื่อให้ให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นในอนาคต

ขอบเขตของงานวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 สังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ จำนวน 1,933 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 สังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ใช้ในการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จำนวน 95 คน

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น จำนวน 110 คน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จำนวน 195 คน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น คือ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่องจำนวนตรรกยะ มาตรฐานการเรียนรู้ ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีเนื้อหาดังนี้

1. จำนวนเต็ม
2. สมบัติของจำนวนเต็ม
3. ทศนิยมและเศษส่วน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดที่เกิดมาจากความเข้าใจที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งนักเรียนได้จากการเรียนหรือประสบการณ์ที่ผ่านมา ทำให้สามารถสรุปออกมาในรูปแบบการคำนวณ กฎเกณฑ์ ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์

2. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดที่เกิดมาจากความเข้าใจของความรู้และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ถูกต้องผิดไปจากความเป็นจริง ซึ่งอาจเกิดจากการที่นักเรียนมีกรอบแนวคิดที่ไม่ถูกต้องในการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนตรรกยะ ใน 3 เนื้อหาหลัก ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) สมบัติของจำนวนเต็ม และ 3) ทศนิยมและเศษส่วน

3. แบบทดสอบสำรวจ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก คือ 1) จำนวนเต็ม 2) สมบัติของจำนวนเต็ม และ 3) ทศนิยมและเศษส่วน โดยมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยชนิดเติมคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ พร้อมทั้งบอกเหตุผลของการตอบ ซึ่งคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละข้อ จะนำไปใช้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

5. แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น หมายถึง เครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก คือ 1) จำนวนเต็ม 2) สมบัติของจำนวนเต็ม และ 3) ทศนิยมและเศษส่วน โดยผลของการตอบแบบทดสอบสามารถบอกได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เพื่อนำไปสู่การแก้ไขให้ตรงจุด ให้การช่วยเหลือนักเรียนที่มีความเข้าใจไม่ถูกต้องมีปัญหาหรือมีอุปสรรคในการเรียน และเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป โดยลักษณะของแบบทดสอบประกอบด้วย 4 ส่วนย่อย คือ

5.1 ชั้นคำตอบ (Answer tier: A-tier) เป็นการวัดความรู้เนื้อหาตามวัตถุประสงค์ ข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก การให้คะแนนเมื่อตอบถูกคือ 1 คะแนน หากตอบผิด เป็น 0 คะแนน

5.2 ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (Confidence of answer tier: CA-tier) เป็นการวัดความมั่นใจของคำตอบในชั้นคำตอบว่านักเรียนมั่นใจมากน้อยเพียงใด ข้อคำถามเป็นแบบมาตราประมาณค่า 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

5.3 ชั้นเหตุผล (Reason tier: R-tier) เป็นการวัดเหตุผลที่สนับสนุนความรู้ของนักเรียนในการเลือกตอบในชั้นคำตอบ ข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก การให้คะแนนเมื่อตอบถูกคือ 1 คะแนน หากตอบผิด เป็น 0 คะแนน

5.4 ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (Confidence of reason tier: CR-tier) เป็นการวัดความมั่นใจของคำตอบในชั้นเหตุผลว่านักเรียนมั่นใจมากน้อยเพียงใด ข้อคำถามเป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

6. คุณภาพของแบบทดสอบ หมายถึง คุณลักษณะของแบบทดสอบเป็นรายข้อหรือทั้งฉบับตามเกณฑ์ของการสร้างแบบทดสอบโดยพิจารณาจากความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ซึ่งคุณภาพของแบบทดสอบสำรวจและแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับขั้น เรื่องจำนวนตรรกยะ มีดังนี้

6.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) หมายถึง คุณลักษณะที่แสดงว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีสัดส่วนของเนื้อหาที่ครอบคลุมและถูกต้อง โดยข้อคำถามที่สร้างขึ้นสามารถวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือ ซึ่งอาศัยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณาแล้วตรวจสอบตามวิธีของ Rovinelli and Hambleton โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถาม (Index of item – objective congruence: IOC)

6.2 คะแนนจุดตัด หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง นักเรียนที่รอบรู้และไม่รอบรู้ โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้ จากแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับขั้น

6.3 ความยากง่าย (Difficulty index: p) หมายถึง ค่ากึ่งกลางระหว่างสัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้

6.4 อำนาจจำแนก (Discrimination: r) หมายถึง ผลต่างของสัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้

6.5 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) คือ คุณลักษณะของแบบทดสอบที่มีความคงเส้นคงวาในการได้คะแนนของนักเรียนแต่ละคนจากการตอบแบบทดสอบ ในการจำแนกนักเรียนว่าเป็นผู้รอบรู้หรือไม่รอบรู้ โดยใช้สูตรของลิวิงสตัน (Livingston)

7. การจำแนกกลุ่มแนวคิดของนักเรียนจากการตอบจากแบบทดสอบวินิจฉัยวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับขั้น สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

7.1 กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) คือ นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้อง โดยมีรูปแบบการตอบคือ ตอบถูกทั้งชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล และตอบระดับความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล คือ มีความมั่นใจมาก หรือมั่นใจ

7.2 กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: M) แบ่งเป็น 3 แบบ

7.2.1 มโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แบบผลบวกลวง (False positive: FP) คือ นักเรียนตอบคำถามในชั้นคำตอบถูกแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง มีรูปแบบของการตอบ

คือ ตอบถูกในชั้นคำตอบ แต่ตอบผิดในชั้นเหตุผล ส่วนในชั้นความมั่นใจของคำตอบ ตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ หรือไม่มั่นใจมาก แต่ในชั้นความมั่นใจของเหตุผล ตอบมั่นใจมากหรือมั่นใจ

7.2.2 มโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 แบบผลลบลง (False negative: FN) คือ นักเรียนตอบคำถามในชั้นคำตอบผิดแต่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง มีรูปแบบของการตอบคือ ตอบผิดในชั้นคำตอบ แต่ตอบถูกในชั้นเหตุผล ส่วนในชั้นความมั่นใจของคำตอบ ตอบมั่นใจมากหรือมั่นใจ และชั้นความมั่นใจของเหตุผล ตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ หรือ ไม่มั่นใจมาก

7.2.3 มโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) คือ นักเรียนที่มีรูปแบบของการตอบ คือ ตอบผิดทั้งในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล และ ตอบมั่นใจมากหรือมั่นใจ ในชั้นความมั่นใจของคำตอบ และ/หรือในชั้นความมั่นใจของเหตุผล

7.3 กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) คือ นักเรียนที่มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาไม่เพียงพอที่จะใช้ตอบคำถามได้ มีรูปแบบของการตอบคือ ตอบผิดอย่างน้อยหนึ่งชั้นในชั้นคำตอบหรือเหตุผล และตอบไม่มั่นใจหรือไม่มั่นใจมาก ในชั้นความมั่นใจของคำตอบ และ/หรือในชั้นความมั่นใจของเหตุผล

7.4 กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (Luck guess: LG) หรือกลุ่มนักเรียนที่ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คือ นักเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องแต่ไม่มั่นใจในความรู้ รูปแบบของการตอบคือ ตอบถูกทั้งชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล และตอบไม่มั่นใจหรือไม่มั่นใจมาก ในชั้นความมั่นใจของคำตอบ และ/หรือในชั้นความมั่นใจของเหตุผล

9. คะแนนความมั่นใจ หมายถึง คะแนนความมั่นใจของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น โดยมีกำหนดคะแนนดังนี้ มั่นใจมาก = 4 มั่นใจ = 3 ไม่มั่นใจ = 2 และไม่มั่นใจมาก = 1 แล้วนำคะแนนมาคำนวณดังนี้

9.1 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (Mean confidence of students for tier or item: CF) คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนความมั่นใจในการตอบของนักเรียนทั้งหมด โดยคำนวณจากผลรวมคะแนนความมั่นใจทั้งหมดหาร ด้วยจำนวนนักเรียนทั้งหมด

9.2 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (Mean confidence of students who gave correct responses for tier or item: CFC) คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนความมั่นใจในการตอบของนักเรียนที่ตอบถูก โดยคำนวณจากผลรวมคะแนนความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบถูกต้องหาร ด้วยจำนวนนักเรียนที่ตอบถูก

9.3 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (Mean confidence of students who gave incorrect responses for tier or item: CFW) คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนความ

มั่นใจในการตอบของนักเรียนที่ตอบผิด โดยคำนวณจากผลรวมคะแนนความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบผิด หาร ด้วยจำนวนนักเรียนที่ตอบผิด

9.4 คะแนนความมั่นใจในการจำแนก (Mean Confidence discrimination quotient: CDQ) เป็นค่าที่บ่งบอกว่า แบบทดสอบสามารถจำแนกระหว่างนักเรียนที่รอบรู้และนักเรียนที่ไม่รอบรู้

10. การวิเคราะห์มิติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง การวิเคราะห์หีระดับมิติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจากคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) อยู่ในระดับใด โดยแบ่งระดับมิติที่คลาดเคลื่อนเป็น 3 ระดับ คือ

มิติที่คลาดเคลื่อนระดับสูง คือ นักเรียนมีคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) มากกว่า 2.5

มิติที่คลาดเคลื่อนระดับปานกลาง คือ นักเรียนมีคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) ระหว่าง 2.0 ถึง 2.5

มิติที่คลาดเคลื่อนระดับต่ำ คือ นักเรียนมีคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.0

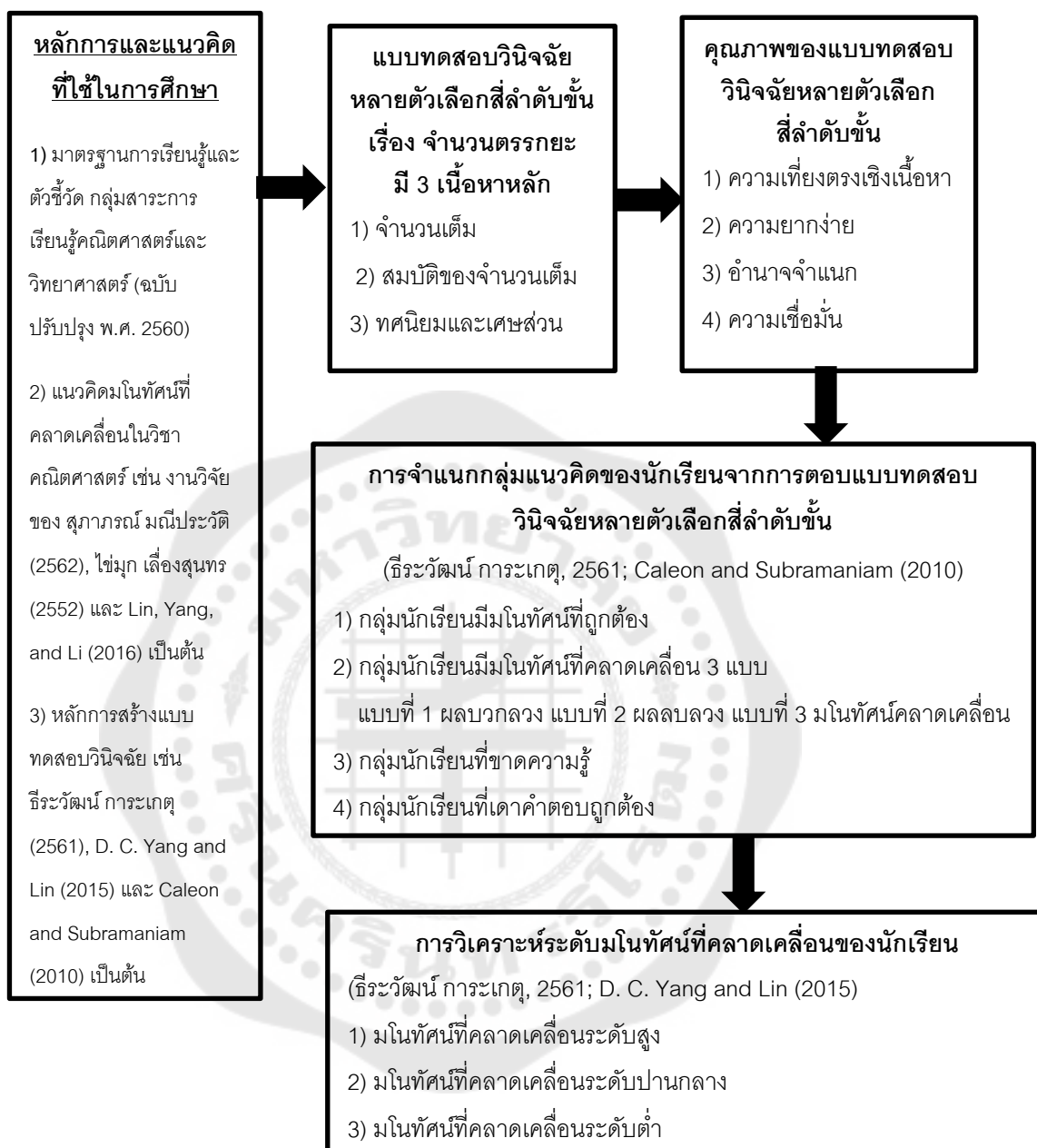
กรอบแนวคิดของการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับมิติที่คลาดเคลื่อนและการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น พบว่า เนื้อหาเรื่องจำนวนตรรกยะ เป็นเนื้อหาแรกที่นักเรียนต้องเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและต้องทำการศึกษาในเนื้อหาที่ซับซ้อนมากขึ้นในระดับที่สูงขึ้น โดยมีงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบทั่วไปเพื่อศึกษามิติที่คลาดเคลื่อนที่เกี่ยวกับเรื่องจำนวนตรรกยะเป็นส่วนใหญ่ เช่น สุภาภรณ์ มณีประวัติ (2562), พิษชานันท์ แมคคอร่มิค (2561), วิสารัตน์ วงศ์ภูรี (2556) ไช่มุก เลื่องสุนทร (2552) วิทยา ช่อนขำ (2551) และ Lin et al. (2016) เป็นต้น โดยแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบทั่วไป มีข้อจำกัดในการตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนได้ละเอียดและชัดเจน ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้นสามารถตรวจสอบความเข้าใจหรือมิติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ละเอียดมากกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกทั่วไป

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น เช่น งานวิจัยของ ธีระวัฒน์ การะเกตุ (2561), Caleon and Subramaniam (2010) และ D. C. Yang and Lin (2015) เป็นต้น พบว่า การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือก

ลำดับชั้น คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย (p) จำนวนจำแนก (r) และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และงานวิจัยของ อีระวัฒน์ การะเกตุ (2561) มีการจำแนกกลุ่มนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง 2) กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 3) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ และ 4) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง แต่ไม่มีการแยกประเภทกลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกมา และงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) และ D. C. Yang and Lin (2015) ที่มีการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นเพื่อประเมินลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) มีการแบ่งระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจากคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) เป็น 2 ระดับ คือ ระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่แท้จริงหรือคลาดเคลื่อนระดับสูง (Genuine misconception) และระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนปลอมหรือคลาดเคลื่อนระดับต่ำ (Spurious misconception) ซึ่งคะแนนความมั่นใจของงานวิจัยมีอยู่ 6 ระดับ คือ คาดเดา ไม่มั่นใจมาก ไม่มั่นใจ มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก ส่วนงานวิจัยของ D. C. Yang and Lin (2015) การแบ่งระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจากคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) เป็น 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ ซึ่งคะแนนความมั่นใจของงานวิจัยมีอยู่ 4 ระดับ คือ คาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ และมั่นใจมาก ซึ่งทั้งสามงานวิจัยมีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นได้ตามเกณฑ์คุณภาพของแบบทดสอบและสามารถประเมินลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ตามวัตถุประสงค์

ทางผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของ อีระวัฒน์ การะเกตุ (2561), D. C. Yang and Lin (2015) และ Caleon and Subramaniam (2010) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีการเพิ่มการแยกกลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกเป็น 3 แบบ เพื่อที่จะได้ทราบจำนวนนักเรียนในแต่ละแบบว่ามีจำนวนแตกต่างกันอย่างไร และมีการแบ่งระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเป็น 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ โดยผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัยได้ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ โดยพัฒนาและสร้างแบบทดสอบวินิจัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต
2. แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์
 - 2.3 สาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
 - 2.4 ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์
 - 2.5 ความสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์
 - 2.6 งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์
3. แบบทดสอบวินิจัย
 - 3.1 ความหมายของแบบทดสอบวินิจัย
 - 3.2 ลักษณะของแบบทดสอบวินิจัย
 - 3.3 วิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจัย
 - 3.4 รูปแบบและระดับการวินิจัย
 - 3.5 แบบทดสอบวินิจัยทางคณิตศาสตร์ที่มาตรฐาน
 - 3.6 แบบทดสอบวินิจัยหลายตัวเลือกทั่วไป
 - 3.7 แบบทดสอบวินิจัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น
 - 3.8 แบบทดสอบวินิจัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น
 - 3.9 แบบทดสอบวินิจัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น
4. การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจัยหลายตัวเลือกหลายลำดับชั้น
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและแบบทดสอบวินิจัยหลายตัวเลือกหลายลำดับชั้น

1. สารและมาตรฐานการเรียนรู้สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

กระทรวงศึกษาธิการ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้จัดทำ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับนี้โดยคำนึงถึง การส่งเสริมการเรียนรู้ที่จำเป็นของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ คือ การให้นักเรียนมีทักษะ ในด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้ เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบ เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม โดยกำหนดสาระพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนใน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นไว้ 3 สาระ คือ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สาระที่ 2 การวัดและ เรขาคณิต และสาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น โดยได้แยกทักษะและกระบวนการทาง คณิตศาสตร์ออกจากสาระการเรียนรู้ โดยกำหนดให้มีการประเมินความสามารถด้านทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับการประเมินด้านเนื้อหาสาระ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับ จำนวนจริง อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน การใช้จำนวนในชีวิต จริง แบบรูป ความสัมพันธ์ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำ ความรู้เกี่ยวกับจำนวน และพีชคณิตไปใช้ใน สถานการณ์ต่าง ๆ

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเน เกี่ยวกับการวัด อัตราส่วน ตริโกณมิติรูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิต การนั้กภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎี บททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการ นำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับการตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บ รวบรวมข้อมูล การคำนวณค่าสถิติการนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิง ปริมาณ หลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น การแจกแจงของตัวแปรสุ่ม การใช้ความรู้เกี่ยวกับ สถิติและความน่าจะเป็น ในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีการแสดง ภาพรวมของเนื้อหาในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังภาพประกอบ 2

และรายละเอียดของ เนื้อหาในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต สำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 2 ภาพรวมของเนื้อหาในแต่ละสาระการเรียนรู้แกนกลางระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560a)



ภาพประกอบ 3 ภาพรวมของเนื้อหาในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิตในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560a)

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 5 ทักษะ มีรายละเอียดดังนี้

1) ทักษะการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์วางแผนแก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

2) ทักษะการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้รูป ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

3) ทักษะการเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง

4) ทักษะการให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผลรับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้ง เพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ

5) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่ เพื่อปรับปรุง พัฒนาองค์ความรู้

ขอบเขตของเนื้อหาในงานวิจัยนี้ คือ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่อง จำนวนตรรกยะ มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ ตัวชี้วัด คือ เข้าใจจำนวนตรรกยะและความสัมพันธ์ของจำนวนตรรกยะ และใช้สมบัติของจำนวนตรรกยะในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

โดยมีรายละเอียดของเนื้อหา ตามหนังสือเรียน คู่มือครูรายวิชาคณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีรายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 รายละเอียดของเนื้อหาย่อยและมโนทัศน์ที่ถูกต้องทางคณิตศาสตร์ในเรื่องจำนวนตรรกยะ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จำนวนเต็ม	
เนื้อหาย่อย	มโนทัศน์ที่ถูกต้องทางคณิตศาสตร์
1. ความหมายของจำนวนเต็ม	จำนวนเต็ม หมายถึง จำนวนเต็มบวก หรือจำนวนเต็มลบ หรือศูนย์ หรือทศนิยมซ้ำศูนย์ หรือเศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว
2. การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม	การเปรียบเทียบโดยใช้เส้นจำนวน โดยจำนวนเต็มที่อยู่ทางขวาจะมากกว่า อยู่ทางซ้ายเสมอ
3. ความหมายค่าสัมบูรณ์	ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มใด ๆ จะหาได้จากระยะที่จำนวนเต็มนั้นอยู่ห่างจาก 0 บนเส้นจำนวน
4. การบวกจำนวนเต็ม	<p>หลักเกณฑ์การบวกจำนวนเต็ม</p> <ul style="list-style-type: none"> - การบวกจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก ใช้วิธีเดียวกับการบวกจำนวนนับด้วยจำนวนนับ ซึ่งจะได้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก - การบวกจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ ให้นำค่าสัมบูรณ์มาบวกกัน แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ - การบวกระหว่างจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์ไม่เท่ากัน ให้นำค่าสัมบูรณ์ที่มากกว่าลบด้วยค่าสัมบูรณ์ที่น้อยกว่า แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มบวกหรือจำนวนเต็มลบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า - การบวกระหว่างจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากัน ผลบวกเท่ากับ 0
5. การลบจำนวนเต็ม	หลักเกณฑ์การลบจำนวนเต็ม ตัวตั้ง – ตัวลบ หรือ ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ
6. การคูณจำนวนเต็ม	<p>หลักเกณฑ์การคูณจำนวนเต็ม</p> <ul style="list-style-type: none"> - การคูณจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก หรือการคูณจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ จะได้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของจำนวนนั้น - การคูณจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก หรือการคูณจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มลบ จะได้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของจำนวนนั้น
7. การหารจำนวนเต็ม	<p>หลักเกณฑ์การหารจำนวนเต็ม</p> <ul style="list-style-type: none"> - ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มบวกทั้งคู่ หรือ ตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งและค่าสัมบูรณ์ตัวหารมาหารกัน แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มบวก

ตาราง 1 (ต่อ)

จำนวนเต็ม	
เนื้อหาย่อย	มโนทัศน์ที่ถูกต้องทางคณิตศาสตร์
7. การหารจำนวนเต็ม	- ถ้าตัวตั้งหรือตัวหารตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งและค่าสัมบูรณ์ของตัวหารมาหารกัน แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ
สมบัติของจำนวนเต็ม	
1. การนำสมบัติการดำเนินการของจำนวนเต็มไปใช้ในการแก้ปัญหา	1) สมบัติการสลับที่ ถ้า a และ b แทนจำนวนเต็มใด ๆ แล้ว $a + b = b + a$ เรียกว่า สมบัติการสลับที่สำหรับการบวก $a \times b = b \times a$ เรียกว่า สมบัติการสลับที่สำหรับการคูณ 2) สมบัติการเปลี่ยนหมู่ ถ้า a, b และ c แทนจำนวนเต็มใด ๆ แล้ว $(a + b) + c = a + (b + c)$ เรียกว่า สมบัติการเปลี่ยนหมู่สำหรับการบวก $(a \times b) \times c = a \times (b \times c)$ เรียกว่า สมบัติการเปลี่ยนหมู่สำหรับการคูณ 3) สมบัติการแจกแจง ถ้า a, b และ c แทนจำนวนเต็มใด ๆ แล้ว $a \times (b + c) = (a \times b) + (a \times c)$ และ $(b + c) \times a = (b \times a) + (c \times a)$
2. เข้าใจการดำเนินการทางคณิตศาสตร์	กฎพื้นฐานในการดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากซ้ายไปขวา ลำดับที่ 1 ดำเนินการในส่วนที่อยู่ในวงเล็บก่อน ลำดับที่ 2 ตามด้วยดำเนินการในส่วนที่เลขยกกำลังหรือราก ลำดับที่ 3 จากนั้นดำเนินการในส่วนที่เป็นการคูณและหารทั้งหมด โดยแก้สมการทางคณิตศาสตร์จากซ้ายไปขวา ลำดับที่ 4 ดำเนินการสุดท้ายเสมอ คือ การบวกและลบทั้งหมด โดยแก้สมการทางคณิตศาสตร์จากซ้ายไปขวาเช่นกัน
ทศนิยมและเศษส่วน	
1. ความหมายของทศนิยม	ทศนิยมประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นจำนวนเต็มและทศนิยม ซึ่งมีจุด (.) คั่นระหว่างสองจำนวนนั้น
2. เปรียบเทียบของทศนิยม	1. การเปรียบเทียบทศนิยม โดยใช้เส้นจำนวน ทศนิยมที่อยู่ทางขวาจะมากกว่าทศนิยมที่อยู่ทางซ้ายเสมอ
3. การบวกและลบทศนิยม	การบวก และการลบทศนิยม ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการบวก ลบ จำนวนเต็ม คือ จัดเลขโดดที่อยู่ตำแหน่งเดียวกันให้ตรงกันแล้วบวก ลบ กัน

ตาราง 1 (ต่อ)

ทศนิยมและเศษส่วน	
เนื้อหาย่อ	มโนทัศน์ที่ถูกต้องทางคณิตศาสตร์
4. การคูณและหารทศนิยม	การคูณทศนิยม ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการคูณจำนวนเต็ม และใส่จุดทศนิยมให้ถูกต้อง คือ ถ้าตัวตั้งเป็นทศนิยมที่มี a ตำแหน่ง ตัวคูณเป็นทศนิยมที่มี b ตำแหน่ง ผลคูณจะเป็นทศนิยมที่มี a + b ตำแหน่ง การหารทศนิยม ให้ทำตัวหารเป็นจำนวนเต็มก่อนแล้วดำเนินการหารเช่นเดียวกับการหารจำนวนเต็ม แล้วใส่จุดทศนิยมที่ผลหารให้ตรงกับตำแหน่งจุดทศนิยมของตัวตั้ง
5. ความหมายเศษส่วน	เศษส่วน เป็นจำนวนที่เขียนได้ในรูป $\frac{a}{b}$ เมื่อ a เป็นจำนวนเต็ม และ b เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เท่ากับศูนย์
6. การเปรียบเทียบเศษส่วน	การเปรียบเทียบเศษส่วน สามารถใช้เส้นจำนวนในการเปรียบเทียบ โดยเศษส่วนที่อยู่ทางขวาจะมากกว่าเศษส่วนที่อยู่ทางซ้ายเสมอ หรือสามารถทำการเปรียบเทียบโดยการทำให้ตัวส่วนเท่ากัน คือ 1.1 เมื่อตัวส่วนของเศษส่วนเท่ากัน ให้พิจารณาตัวเศษ เศษส่วนที่มีตัวเศษมากกว่าจะมากกว่าเศษส่วนที่มีตัวเศษน้อยกว่า 1.2 เมื่อตัวส่วนไม่เท่ากัน ให้ทำตัวส่วนให้เท่ากันแล้วเปรียบเทียบตามข้อ 1.1
7. การบวกและการลบเศษส่วน	หลักเกณฑ์การบวกลบเศษส่วน ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการบวกและการลบจำนวนเต็ม แต่มีข้อเพิ่มเติมคือ - เศษส่วนที่มีตัวส่วนเท่ากัน ให้นำตัวเศษมาบวกหรือลบกัน โดยตัวส่วนยังคงเดิม แต่ถ้าตัวส่วนไม่เท่ากัน ให้ทำตัวส่วนให้เท่ากับตัวคูณร่วมน้อย (ค.ร.น.) ของตัวส่วนก่อนแล้วจึงนำตัวเศษมาบวกหรือลบกัน
8. การคูณและการหารเศษส่วน	หลักเกณฑ์การคูณเศษส่วน เมื่อ $\frac{a}{b}$ และ $\frac{c}{d}$ เป็นเศษส่วนใด ๆ ผลคูณของ $\frac{a}{b}$ และ $\frac{c}{d}$ เป็นไปตามข้อตกลงต่อไปนี้ $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{a \times c}{b \times d}$ หลักเกณฑ์การหารเศษส่วน เมื่อ $\frac{a}{b}$ และ $\frac{c}{d}$ เป็นเศษส่วนใด ๆ $\frac{a}{b}$ หาร $\frac{c}{d}$ เป็นไปตามข้อตกลงต่อไปนี้ $\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{a \times d}{b \times c}$ ในกรณีที่เศษส่วนที่นำมาเป็นจำนวนคละให้ทำจำนวนคละเป็นเศษเกินก่อนในการบวก ลบ คูณ และหารของเศษส่วน
9. ความสัมพันธ์ระหว่างทศนิยมและเศษส่วน	เขียนเศษส่วนให้อยู่ในรูปทศนิยมได้ โดยนำตัวส่วนไปหารตัวเศษ

จากการศึกษาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบว่า คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นรากฐานในการพัฒนานักเรียนของชาติให้มีคุณภาพให้ดีขึ้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาเนื้อหาในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต ขอบเขตของเนื้อหาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องจำนวนตรรกยะ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นต้องทำการศึกษาเป็นเรื่องแรก และต้องเรียนอย่างต่อเนื่องในระดับชั้นที่สูงขึ้น

2. แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

คำว่า มโนทัศน์ ในภาษาไทยมีการใช้คำอื่น ๆ ที่มีความหมายเดียวกัน คือ การคิดรวบยอด มโนภาพ มโนมติ สังกัป เป็นต้น ซึ่งตรงกับภาษาอังกฤษ คือ "Concept" โดยเป็นคำที่รากศัพท์มาจากภาษาละติน Conceptus หรือ Conceive (Gunter, Estes, & Schwab, 1990, p. 103) ในการวิจัยผู้วิจัยใช้คำว่า "มโนทัศน์" (Concept) จากการศึกษาค้นคว้าและนักจิตวิทยา ให้ความหมายของมโนทัศน์ต่าง ๆ ดังนี้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีผู้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ดังนี้

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 15) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่าเป็นความคิดรวบยอดที่เกี่ยวกับลักษณะที่สำคัญ มีความหมาย การขยายความ ทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม นิยาม ซึ่งเป็นนามธรรมที่ทำให้มนุษย์สามารถแยกแยะวัตถุ หรือเหตุการณ์ว่าเป็นตัวอย่างหรือไม่เป็นตัวอย่างของความคิดที่เป็นนามธรรมนั้น

Good (1973, p. 118) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ความคิดสำคัญ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์ คือ ด้านการคำนวณ ความสัมพันธ์กับจำนวน การให้เหตุผลอย่างมีระบบและคุณลักษณะภายนอกของสิ่งของ อันเกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์ที่ได้รับ แล้วนำลักษณะนั้นที่ได้มาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปทางคณิตศาสตร์

Bell (1981, p. 124) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า คือ โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 3 แบบ คือ

1) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์บริสุทธิ์ เป็นการจัดประเภทของจำนวนความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน และการใช้สัญลักษณ์แทนจำนวน

2) มโนทัศน์ทางสัญกรณ์ เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความหมายและสมบัติของจำนวน เช่น การทราบบว่าตัวเลขในจำนวน 987 โดย 9 คือ 900 ส่วน 8 คือ 80 และ 7 คือ 7 ซึ่งหมายถึง $900+80+7$

3) มโนทัศน์ในการประยุกต์ เป็นการใช้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์บริสุทธิ์ร่วมกับมโนทัศน์ทางสัญกรณ์เพื่อนำไปแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น การนำไปวัดหาพื้นที่ และหาปริมาตร

Edgen and Kauchak (2006, p. 108) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้า โดยที่บุคคลสามารถจัดกลุ่มจัดประเภทของสิ่งเร้าได้จากการที่มีคุณสมบัติบางประการร่วมกัน โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ เช่น มโนทัศน์เรื่องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ รูปสี่เหลี่ยมที่มีขนาดของมุมทั้งสี่ด้านเท่ากันเป็นมุมฉากหรือมีมุมที่เท่ากับ 90 องศา และมีด้านตรงข้ามยาวเท่ากันและขนานกัน เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดรวบยอด สำคัญ หรือ ความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งได้จากกระบวนการเรียนรู้ ประสบการณ์ในการเรียนรู้ ที่ทำให้ สามารถจำแนกความเข้าใจได้โดยสรุปออกมาในรูปการคำนวณ กฎเกณฑ์ ขั้นตอนทางคณิตศาสตร์

2.2 ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในความหมายของภาษาอังกฤษมีด้วยกันหลายคำคือ Misconceptions, Preconceptions, Alternative Conceptions เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า “มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน” (Misconceptions)

Anne and Littler (2008, pp. 6-10) ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากการใช้สูตร กฎ นิยาม ผิด สรุปความเกินหรือน้อยกว่าความเป็นจริง การแปลความคิดทางคณิตศาสตร์ที่ผิดหรือเข้าใจสิ่งที่นักเรียนคิดไม่ชัดเจน

Chambers (2008, pp. 107-108) ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ว่าเป็นจุดบกพร่องหรือเป็นความผิดพลาดที่เป็นระบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ทำให้เกิดคำตอบที่ผิดซึ่งนำไปสู่การหาคำตอบที่สามารถอธิบายได้และสามารถเกิดขึ้นซ้ำได้

Jordaan (2005, pp. 11-12) ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า เป็นการเรียนรู้ที่ถูกร่างขึ้นมาจากความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ก่อนโดยเป็นความรู้ที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สมบูรณ์ครบถ้วน ซึ่งไม่สามารถมองข้ามได้เนื่องจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความเข้าใจที่ซับซ้อนของนักเรียนที่เป็นแนวคิดพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ให้ดี

ศิริเดช สุชีวะ (2538, น. 13) ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นวิธีการแก้ปัญหาด้วยความรู้ ความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์หรือคลาดเคลื่อนไปจากความจริงที่ได้รับการยอมรับในทางวิทยาศาสตร์หรือการยอมรับในสังคมนั้น ๆ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้มีการให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

อัมพร ม้าคนอง (2559, น. 98) ให้ความหมายของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นความคิด ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนไปจากสิ่งที่ถูกต้องหรือเป็นจริงในทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสาเหตุอาจมาจากการขาดความเข้าใจที่แท้จริงเกี่ยวกับความหมายและลักษณะของมโนทัศน์ การละเลยในเงื่อนไขของทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสาเหตุอื่น ๆ ที่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนในการทำความเข้าใจคณิตศาสตร์ เช่น ความคลาดเคลื่อนที่เข้าใจว่า $0^0 = 1$ อาจทำให้เข้าใจว่า $a^0 = 1$ ซึ่งอาจจะเกิดจากการละเลยเงื่อนไข เมื่อ $a \neq 0$

Allen (2007, p. 1) ซึ่งเป็นนักการศึกษาคณิตศาสตร์ได้ให้ความหมายมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางความคิดที่ได้รับมาแต่อาจจะมีบริบทที่ไม่เหมาะสมในบางอย่าง ความเข้าใจที่ผิดนี้ไม่ได้อยู่อย่างอิสระแต่ขึ้นอยู่กับกรอบความคิดบางอย่างที่มีอยู่ และสามารถเปลี่ยนแปลงหรือหายไปได้เมื่อกรอบความคิดเปลี่ยนแปลงไป

กล่าวโดยสรุป มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของความรู้และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ถูกต้องผิดไปจากความเป็นจริงซึ่งอาจเกิดจากการเรียนรู้ที่ไม่ถูกต้อง หรือถูกต้องไม่หมด หรือมีกรอบแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง โดยสิ่งเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งในการเป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

2.3 สาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีผู้อธิบายถึงสาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

อัมพร ม้าคนอง (2559) ได้อธิบายสาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

1) ผู้เรียนขาดความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และแนวคิดที่ลึกซึ้งของเนื้อหา นั้น ทำให้ไม่สามารถตอบคำถามที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ได้

2) การทดสอบในหลาย ๆ ระดับทั้งในระดับโรงเรียนและระดับการสอบคัดเลือก ผู้เรียนมักใช้ความรู้เชิงขั้นตอนหรือวิธีการเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องมากกว่าการใช้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนให้ความสำคัญและพยายามฝึกฝนการใช้เทคนิควิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา มากกว่าการพยายามทำความเข้าใจความหมาย ความสำคัญ ที่มาของวิธีการเหล่านั้น และเมื่อเกิดการสะสมเป็นระยะเวลาอันยาวนาน ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนระดับอุดมศึกษา ทำให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับการทำงานคณิตศาสตร์ในลักษณะการคิดคำนวณมากกว่าการอธิบายโดยใช้ความเข้าใจ

3) การสอนคณิตศาสตร์ของครูผู้สอนที่ผ่านไม่ให้ความสำคัญกับการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มากพอ เนื่องจากผู้สอนยังมุ่งสอนเนื้อหา ขั้นตอนวิธีการแก้โจทย์ปัญหา มากกว่าการพัฒนามโนทัศน์ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และการนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้งานหรือการเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นไป การสอนโดยทั่วไปครูผู้สอนมักจะเริ่มต้นด้วยการให้ความรู้ที่เป็นนิยาม ทฤษฎี บท กฎ สูตร ตามด้วยการให้ตัวอย่างที่แสดงการใช้สิ่งเหล่านั้นในการแก้ปัญหาต่างๆ จากนั้นให้แบบฝึกหัดที่ต้องใช้ความรู้และวิธีการคล้ายคลึงกับตัวอย่างที่ให้ ซึ่งกระบวนการเรียนลักษณะนี้ไม่ส่งเสริมการพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ดี ตลอดจนไม่เชื่อมโยงมโนทัศน์ให้ผู้เรียนได้เห็น ทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจคณิตศาสตร์อย่างถ่องแท้

ศิริเดช สุชีวะ (2538, น. 13-14) ได้สังเคราะห์แนวคิดจากนักวิชาการต่างประเทศ (Simson & Marek, 1988, Fisher, 1985, Halloun & Hestenes, 1985, Pines & West, 1983) ที่อธิบายถึงสาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ดังนี้

1) คำอธิบายของผู้ใหญ่ในความความรู้ความเข้าใจของมโนทัศน์ในเรื่องนั้นยังไม่มีดีพอ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ผิดโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

2) การเรียนรู้จากคำอธิบายที่เป็นนามธรรม เช่น เรื่องปฏิกิริยาของโมเลกุลซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ ทำให้ต้องใช้จินตนาการจนอาจเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้

3) การแปลความหมายเกี่ยวกับประสบการณ์ในธรรมชาติ ตามความเชื่อของนักปราชญ์ในอดีต ก็เป็นผลให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้นได้ เช่น การที่อริสโตเติล เชื่อว่า “ดิน คือ อาหารของพืช” เป็นต้น

4) ประสบการณ์ที่ขัดแย้งกัน ซึ่งอาจเป็นประสบการณ์ในโรงเรียนที่ขัดแย้งระหว่างครูผู้สอนหรือประสบการณ์ในโรงเรียนกับประสบการณ์ในชีวิตจริง

5) สถานการณ์ที่สอดคล้องกัน เช่น การขยายคำไปสู่ความหมายใหม่โดยนักเรียนจะเชื่อมโยงกับความหมายจากประสบการณ์เดิม ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับความหมายใหม่ที่ต้องเรียนรู้ หรือการใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เคยใช้ได้ผลบางสถานการณ์มาเป็นข้อสรุปในวิธีการแก้ปัญหาของตน ต่อสถานการณ์ทั่วไป

6) สถานการณ์ที่ให้ความรู้โดยใช้สัญลักษณ์ เช่น สัญลักษณ์ทางเคมี ทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้

Suwimon Kiokaew (วราภรณ์ ธิรสิริ, 2533, น. 28-29, as cited in Suwimon Kiokaew, 1989, pp. 15-18) ได้อธิบายสาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนไว้ 4 รูปแบบ ดังนี้

1) ตำราเรียน เอช เจ ชมิดท์ (Schmidt, 1987, pp. 396-404, as cited in Suwimon Kiokaew, 1989, p. 15) การที่ตำราเรียนไม่ได้ให้ความหมายของเนื้อหาในบางส่วนอย่างชัดเจน จากการวิจัยของ เอช เจ ชมิดท์ ได้วิเคราะห์หนังสือแบบเรียนวิชาเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศเยอรมันพบว่า การนำเสนอในเรื่องคำร้อยละของมวล พบว่าหนังสือเรียนไม่ได้ให้ความหมายของคำร้อยละโดยมวลให้ชัดเจน ทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้สังเกตความแตกต่างของความหมายของคำว่าอัตราส่วนโดยมวลกับร้อยละโดยมวล จึงมีนักเรียนบางคนที่คิดความหมายของคำว่าร้อยละโดยมวลขึ้นมาเองและทำให้มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้เกิดขึ้น

2) การพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียน (Schmidt, 1987, pp. 396-404, as cited in Suwimon Kiokaew, 1989, p. 16) จากการวิจัยของ เอช เจ ชมิดท์ พบว่า ในการคำนวณเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พบว่าในบางครั้งนักเรียนต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามตัว คือ มวล มวลต่อโมล และจำนวนโมล แต่นักเรียนหลายคนต้องการคำนวณง่ายขึ้นจึงใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรเพียงสองตัวเท่านั้น ทำให้ได้คำตอบที่ผิด ซึ่งผลการค้นพบนี้สอดคล้องกับการค้นพบของเพียเจต์ที่ว่า ความสามารถในการกระทำกับตัวแปรสามตัวแปรเป็นตัวอย่างที่พัฒนาการในขั้น formal operation ของนักเรียน ซึ่งนักเรียนที่มีความสามารถยังไม่ถึงขั้นนี้จะ

พยายามใช้ตัวแปรสองตัวในการหาคำตอบของนักเรียนเหมือนกับที่นักเรียนเคยทำเมื่อตอนเริ่มเรียนหนึ่งตัวแปร

3) ภาษา นักเรียนมักนำภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันปะปนกับศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ นำคำที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์ไปเทียบกับความหมายกับคำที่ใช้ในชีวิตประจำวันจึงเป็นเหตุให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เช่น ในวิชาเคมีความหมายของคำว่า อิเล็กตรอนคู่ที่แชร์ร่วมกัน (shared electron pair) คือ อิเล็กตรอนคู่ที่เคลื่อนอยู่ระหว่างอะตอมสองอะตอมในโมเลกุล แต่โดยทั่วไปคำว่า “ร่วมกัน” หมายถึง การเป็นเจ้าของหรือการใช้สิ่งหนึ่งร่วมกัน ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่ควรจะต้องเน้นย้ำให้เห็นความแตกต่างของคำ ๆ

4) ครู (Gable et al, 1987, pp. 695-697, as cited in Suwimon Kiokaew, 1989, p. 17) จากการวิจัยของ ดี แอล กาเบล และคณะ พบว่า ครูจำนวนร้อยละ 60 ได้ศึกษาเรื่องธรรมชาติของอนุภาคของสารมาตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจนถึงระดับวิทยาลัย พบว่าครูก็ยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าวอยู่

กล่าวโดยสรุป สาเหตุของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาจากหลายสาเหตุ โดยส่วนใหญ่ มักจะมีองค์ประกอบต่อไปนี้เป็น การรับรู้ที่ผิดพลาดโดยอาจมาจากการเชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ นักปราชญ์ ที่มีความเชี่ยวชาญที่อาจเป็นเนื้อหานามธรรมซึ่งทำให้เกิดการจินตนาการที่ผิด ตำราเรียนที่มีการระบุเนื้อหาที่ไม่ชัดเจน สามารถตีความได้หลายแบบ ภาษาที่ใช้ในด้านวิชาการทางการศึกษากับในชีวิตประจำวัน ครูผู้ให้ความรู้ที่มีความเข้าใจในมโนทัศน์ไม่เพียงพอในเรื่องที่สอน รวมทั้งลักษณะส่วนตัวของผู้ศึกษาในด้านความรู้ วุฒิภาวะที่ไม่เพียงพอต่อความรู้ในมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนและยากเกินความสามารถของผู้ศึกษา

2.4 ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีผู้ที่อธิบายลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552, น. 29-32) ได้กล่าวถึงเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ครูและนักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยแบ่งลักษณะได้ดังนี้

1) มโนทัศน์ที่ครูและนักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจคลาดเคลื่อน คือ เนื้อหาคณิตศาสตร์ ทฤษฎีบท นิยาม กฎ สูตร ข้อเท็จจริงและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ที่ครูเข้าใจคลาดเคลื่อน หรือไม่ได้เข้าใจความคลาดเคลื่อน จึงทำให้เมื่อทำการสอนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ เช่น ครูเข้าใจว่า $\sqrt{9} = 3$ และ (-3) ซึ่งเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ

เครื่องหมายกรณฑ์ ซึ่งครูส่วนใหญ่อาจไม่ได้ให้ความสำคัญหรือเน้นในขณะทำการสอนนักเรียนว่า $\sqrt{9}$ ใช้แทนรากที่สองที่เป็นบวกของ 9 แต่ถ้าถามว่ารากที่สองของ 9 คำตอบคือ 3 และ (-3)

2) การสื่อสาร คือ การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอที่อาจทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน โดยจะเกี่ยวข้องกับการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอที่ครูใช้และทำให้บางครั้งนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ซึ่งอาจจะมาจากการสื่อสารที่ไม่ชัดเจนพอ ไม่มีการสื่อความหมายที่ลึกซึ้งในทางคณิตศาสตร์ เช่น การใช้สัญลักษณ์ในการเขียนความยาวของส่วนของเส้นตรง AB ซึ่งมีความหมายแตกต่างกับสัญลักษณ์ \overline{AB} ที่ใช้แทนการเรียกชื่อส่วนของเส้นตรง AB นักเรียนจึงนำไปใช้ถูกบ้างผิดบ้าง เช่น

เขียนความยาวส่วนของเส้นตรง สิ่งที่ถูกต้องคือ $AB = CD$ แต่เขียนเป็น $\overline{AB} = \overline{CD}$

เขียนส่วนของเส้นตรง AB ขนานกับส่วนของเส้นตรง CD สิ่งที่ถูกต้องคือ $\overline{AB} // \overline{CD}$ แต่เขียนเป็น $AB // CD$

3) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของคำที่ใช้ในคณิตศาสตร์ เนื้อหาในคณิตศาสตร์มีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนยอมรับข้อตกลงหรือความหมายของคำบางคำ และนำไปใช้ก่อนโดยไม่ได้ให้ความรู้ ความเข้าใจที่ชัดเจน เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านพื้นฐานความรู้ของนักเรียนและการจัดลำดับขั้นตอนของเนื้อหาที่ต้องทำการจัดให้เหมาะสมกับนักเรียน จึงอาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและเกิดความเข้าใจที่ไม่ตรงกัน เช่น ความเข้าใจเกี่ยวกับการให้ความหมายของคำหรือข้อความ โดยบางข้อความให้ไว้ในลักษณะที่เป็นบทนิยาม บางข้อความให้เป็นข้อตกลง บางข้อความให้เป็นในลักษณะของสมบัติทางคณิตศาสตร์ เช่น

บทนิยาม “ตัวประกอบของจำนวนนับใด ๆ คือ จำนวนนับที่หารจำนวนนับนั้นลงตัว “

ข้อตกลง “ จำนวนนับที่มากกว่า 1 และมีตัวประกอบเพียงสองตัวคือ 1 และตัวเอง เรียกว่า จำนวนเฉพาะ”

สมบัติ “เมื่อ a แทนจำนวนใด ๆ และแทนจำนวนเต็มบวก $a^m \times a^n = a^{m+n}$

4) ความคลาดเคลื่อนลักษณะอื่น ๆ ที่มีเป็นลักษณะไม่อยู่ในข้อ 1 ถึง 3 แต่เป็นความคลาดเคลื่อนที่เป็นปัญหาหรืออุปสรรคต่อการเรียนรู้ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องว่าจำนวนตรรกยะ เป็นจำนวนที่เขียนแทนได้ด้วยเศษส่วน $\frac{a}{b}$ เมื่อ a และ b เป็นจำนวนเต็มที่ $b \neq 0$ เช่น $\frac{1}{2}, \frac{-5}{7}$ ทำให้นักเรียนคุ้นเคยกับสัญลักษณ์ของเศษส่วนที่ทั้งตัวเศษและตัวส่วนเป็นจำนวนเต็ม เพราะฉะนั้นเมื่อเจอปัญหาที่อยู่ในรูป $\frac{0.92}{0.81}$ เป็นจำนวนตรรกยะหรือไม่ นักเรียนบางคนอาจตอบว่าไม่เป็นจำนวนตรรกยะ เพราะนักเรียนไม่ได้มีความเข้าใจ มี

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนตรรกยะ แต่เป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการนำมาโน้ตค้นไปใช้ในการแก้ปัญหา

Movshovitz-Hadar (1987) ได้ให้รูปแบบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการเรียนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยได้วิเคราะห์ลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในสาระเรื่องพีชคณิต โดยนำมาจัดกลุ่มมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ 6 ด้าน คือ

1) ด้านการใช้ข้อมูลที่ผิด นักเรียนไม่ได้ใช้ข้อมูลที่กำหนดให้แต่ใช้ข้อมูลอื่นแทน จึงทำให้ไม่ได้ใช้ข้อมูลที่สำคัญหรือจำเป็นในการนำไปใช้การแก้ปัญหา หรือนำข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องมาใช้แทน ทำผิดคำสั่งโดยหาคำตอบในสิ่งที่โจทย์ไม่ได้ต้องการ มีการใช้หน่วยที่ไม่ถูกต้อง มีการลอกโจทย์ที่ไม่ถูกต้อง

2) ด้านข้อผิดพลาดในการใช้ภาษา ตีความด้านภาษาเป็นประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง มีการเขียนและอ่านกราฟไม่ถูกต้อง

3) ด้านการอ้างอิงวิธีการคิดหาเหตุผลไม่สมบูรณ์ มีความบกพร่องในการหาค่าความจริงของประพจน์ภายใต้เงื่อนไข ถ้า แล้ว สรุปการให้เหตุผล ภายใต้เงื่อนไขถ้า ... แล้ว.... ไม่ถูกต้อง ใช้วิธีบอกปริมาณในตำแหน่งไม่ถูกต้อง การอ้างหลักตรรกศาสตร์ที่ข้ามขั้นตอน

4) ด้านการบิดเบือนทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม และสมบัติ ขาดความเข้าใจในเนื้อหาพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม และสมบัติ จึงทำให้นักเรียนนำมาประยุกต์ใช้ในทฤษฎีบทผิดจากเงื่อนไขที่กำหนด หรือจำสูตรไม่ถูกต้อง

5) ด้านขาดการตรวจสอบระหว่างการใช้การแก้ปัญหา ขั้นตอนถูกต้อง แต่คำตอบไม่ถูกต้อง ผิดไปจากโจทย์ที่กำหนดให้ ลักษณะข้อบกพร่องในด้านนี้ คือ นักเรียนทำในแต่ละขั้นตอนได้ถูกต้องแต่ผิดตรงที่คำตอบ ซึ่งเกิดจากนักเรียนไม่ได้มีการตรวจสอบวิธีการทำระหว่างทำ

6) ด้านข้อผิดพลาดในเทคนิคการทำ เนื่องจากขาดความระมัดระวังในการคิดคำนวณ หรือเกิดความบกพร่องในการใช้ข้อมูลจากตาราง หรือมีการใส่เครื่องหมายผิด

กล่าวโดยสรุป ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะมีลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหาที่ทำการศึกษา ซึ่งสาเหตุอาจมาจากครูผู้สอน นักเรียน การสื่อสาร หรือการเข้าใจคลาดเคลื่อนในเนื้อหาที่ศึกษา เป็นต้น

2.5 ความสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้มีผู้ที่อธิบายความสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ศิริเดช สุชีวะ (2538, น. 16) ได้ให้ความสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นก่อนหรือระหว่างในการเรียนรู้ โดยที่นักเรียนไม่รู้ตัวตนเองมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งครูไม่มีเวลาที่จะวินิจฉัยนักเรียนเป็นรายบุคคลในทุกเนื้อหา เราจึงพบนักเรียนที่มักจะพูดว่า “เวลาเรียนเข้าใจแต่เวลาสอบกลับสอบไม่ผ่านหรือได้คะแนนไม่ดี” ทำให้นักเรียนหมดกำลังใจในการเรียน มีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชา อันเป็นอุปสรรคต่อการเรียนมโนทัศน์ที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเนื้อหาต่อเนื่อง มีความซับซ้อน ลักษณะเป็นนามธรรม หากครูผู้สอนสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนแต่ละคนได้หลังทำการประเมินก่อนที่จะทำการเรียนการสอนในเรื่องใหม่ก็จะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนและครูผู้สอนเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงการสอนให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด

พร้อมพรรณ อุดมสิน (2544, น. 91) ได้ให้ความสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ว่า ครูผู้สอนในวิชาคณิตศาสตร์มักจะเกิดปัญหาที่เกี่ยวกับผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือมีสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนการสอนของครูผู้สอน ซึ่งถ้ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นไม่ได้รับการแก้ไขย่อมส่งผลต่อการเรียนการสอนในเนื้อหานั้น และย่อมส่งผลต่อเนื้อหาที่สูงขึ้นด้วย ดังนั้นครูผู้สอนจึงต้องหาวิธีการที่จะทำให้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนต่างๆของผู้เรียนลดจำนวนน้อยลง และให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งจะเป็นการช่วยให้การเรียนการสอนของครูผู้สอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Chai (เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร, 2546, น. 23, as cited in Chai & Ang, 1987, pp. 189-198) ได้ให้ความสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ว่า การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการสอนคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะการศึกษาความคลาดเคลื่อนจะทำให้ครูผู้สอนสามารถทราบข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญและเป็นประโยชน์มากสำหรับการแก้ปัญหาในการพัฒนาด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีนักวิจัยยืนยันว่า “เมื่อความคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้แสดงออกมา ทำให้เห็นว่าการเรียนรู้กำลังจะเริ่มขึ้น”

กล่าวโดยสรุป ความสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลให้ครูผู้สอนและผู้สอนได้ทราบถึงข้อบกพร่องว่าอยู่ตรงส่วนใด และมีลักษณะอย่างไร

เพื่อนำมาปรับปรุง พัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์ต่อครูผู้สอนและนักเรียนมากที่สุด

2.6 งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ มีดังนี้
 สุภาภรณ์ มณีประวีติ (2562) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ประชากรในงานวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 สหวิทยาเขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่มจากทั้งหมด 4 โรงเรียน คือ โรงเรียนเทพลีลา โรงเรียนมัธยมวัดบึงทองหลาง โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) และโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา สุ่มมาโรงเรียนละหนึ่งกลุ่ม จำนวนกลุ่มตัวอย่างรวมเป็น 875 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความเข้าใจกฎ สูตร ทฤษฎี บทนิยาม สมบัติและข้อเท็จจริง, ด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และด้านการตีความของสัญลักษณ์หรือสัญกรณ์ที่ใช้ในคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยมีการดำเนินการสร้างเครื่องมือเป็นแบบทดสอบคู่ขนานจำนวน 46 ข้อ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และทำการปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบกับกลุ่มที่ไม่ใช่ตัวอย่างแล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบโดยการหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความสอดคล้องและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จะได้แบบทดสอบวินิจฉัยที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจำนวนหนึ่งฉบับไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 875 คน โดยผลการวิจัยพบว่า ลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนพบมากที่สุด คือ ด้านความรู้ความเข้าใจกฎ สูตร ทฤษฎี บทนิยาม สมบัติและข้อเท็จจริงคิดเป็นร้อยละ 56 ซึ่งมาจากการที่นักเรียนขาดความรู้ ความเข้าใจและมีการสับสนในสมบัติของจำนวนจริง จึงไม่มีความแม่นยำในการนำความรู้ไปต่อยอดในเรื่องอื่นๆ รองลงมาคือด้านการคิดคำนวณและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์คิดเป็น 45.9 % ซึ่งมาจากการที่นักเรียนไม่คำนึงถึงขั้นตอนการคิดคำนวณที่ถูกต้อง ขาดการคำนวณที่ดีและขาดความรอบคอบทำให้สรุปผลคำตอบที่ไม่ถูกต้อง และด้านการตีความของสัญลักษณ์หรือสัญกรณ์ที่ใช้ในคณิตศาสตร์คิดเป็น 40.3% เรื่องที่พบ คือ นักเรียนไม่สามารถเปลี่ยนจำนวนที่เป็นทศนิยมให้อยู่ในรูปเศษส่วนได้ ความสัมพันธ์ระหว่างทศนิยมและเศษส่วน อีกทั้งมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้านอื่น ๆ คิดเป็น 1.1% คือ การไม่ตอบ การสรุปผลไม่แน่ชัด ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในด้านใด

ไพรัช จันทรงาม และ เฉลิมวุฒิ คำเมือง (2560) ได้ศึกษาและสร้างนวัตกรรมที่ใช้ แก้วโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ในสาระจำนวนและการดำเนินการของนักศึกษาครู คณิตศาสตร์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และทำการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการใช้นวัตกรรมที่สร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างมาจากการสุ่ม แบบแบ่งชั้นคือ นักศึกษาครูคณิตศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ปีการศึกษา 2558 จำนวน 333 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และ บทเรียนสำเร็จรูปเรื่อง จิปาถะระบบจำนวน ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทาง คณิตศาสตร์ในสาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการจากมากไปน้อยห้าลำดับแรก ได้แก่ เศษส่วน 100 % จำนวนตรรกยะ 100 % การเปรียบเทียบจำนวน 96.67% การดำเนินการ 93.33% และเลข ยกกำลัง 93.33% คณะวิจัยได้สร้างบทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง จิปาถะระบบจำนวน เป็นนวัตกรรมที่ใช้ แก้วโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาครู และมีการประเมินคุณภาพของ นวัตกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ซึ่งมีลักษณะเป็นบทเรียนที่เสนอเนื้อหาของเป็นขั้นตอน ย่อย ๆ โดยให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเอง มีการแสดงเนื้อหาที่ละเอียดในรูปของเฟรมหรือกรอบ มี คำถามท้าทายผู้เรียนให้คิดและตอบ แล้วเฉลยคำตอบให้ทราบในทันที ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์หลังการใช้นวัตกรรมสำเร็จรูปลด น้อยลงกว่าก่อนการใช้นวัตกรรมสำเร็จรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภมรเมษย์ เลหาวิรุฬห์กุล (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นความเข้มข้นของมโนทัศน์ที่มีต่อ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งนักเรียนเป็นสองกลุ่ม เป็นกลุ่มที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้น ความเข้มข้นของมโนทัศน์จำนวน 46 คน และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมแบบปกติ จำนวน 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยที่ เน้นความเข้มข้นมโนทัศน์ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ ส่วนเครื่องมือ ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถใน การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) โดยผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีมโนทัศน์ ทางคณิตศาสตร์เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชันสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมี

ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรธิดา สุขกรม (2557) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 397 คน เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนจริงและเลขยกกำลัง ที่เป็นแบบวัดที่ให้นักเรียนแสดงวิธีทำลงในกระดาษคำตอบ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล มีการหาความถี่ ร้อยละ และการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์มากที่สุดคือ การมีมโนทัศน์ที่จำกัด รองลงมาคือ การมีความเข้าใจที่บกพร่องเกี่ยวกับข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ การอ้างอิงเกินขอบเขตหรือเงื่อนไขและการตีความผิด ตามลำดับ 2) ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากของการมีมโนทัศน์ที่จำกัด เช่น การมีมโนทัศน์เกี่ยวกับสมบัติรากเพียงบางส่วน ทำให้นำไปประยุกต์ใช้ไม่ถูกต้อง เป็นต้น 3) ในด้านข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์พบมากที่สุด คือ การใช้ข้อมูลที่ผิด รองลงมาคือ ข้อผิดพลาดทางด้านภาษาและสัญลักษณ์ ด้านการดำเนินการและคำนวณ และการบิดเบือนทฤษฎีบทหรือนิยาม ตามลำดับ 4) ลักษณะของข้อผิดพลาดที่บ่งบอกของการใช้ข้อมูลผิด เช่น นักเรียนแสดงแนวคิดหาคำตอบที่ถูกต้อง แต่นักเรียนผิดพลาดในการเลือกใช้ข้อมูล เป็นต้น

วิดา ซ่อนขำ (2551) ได้ศึกษาเรื่องการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างมาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษารัง เขต 1 จำนวน 5 โรงเรียน นักเรียน 614 คน เครื่องมือในการวิจัยได้แก่ 1) แบบทดสอบสำรวจชนิดเติมคำตอบและให้แสดงวิธีทำในแบบทดสอบ จำนวนสามฉบับ ฉบับที่หนึ่ง วัดทักษะการคิดคำนวณ จำนวน 40 ข้อ ฉบับที่สองวัดทักษะการให้เหตุผล จำนวน 20 ข้อ และฉบับที่สามวัดทักษะการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ นำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 193 คน 2) แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือก 4 ตัวเลือก จำนวน 3 ฉบับ โดยฉบับที่หนึ่งมี 30 ข้อ ฉบับที่สองมี 10 ข้อ และฉบับที่สามมี 16 ข้อ ทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน โดยแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 3 ฉบับ มีค่าความยากของแบบทดสอบตั้งแต่ 0.31 ถึง 0.80 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.56 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรไบนอมียัลมีค่าแต่ละฉบับ คือ 0.8711,

0.6269 และ 0.6767 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานแต่ละฉบับมีค่า ± 2.3564 , ± 1.4373 และ ± 1.8610 ตามลำดับ ส่วนด้านคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบทั้งสามฉบับหาโดยใช้วิธีของแกลสส์มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ คือ 15, 4 และ 7 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์จุดบกพร่องที่นักเรียนตอบผิดในการทดสอบวินิจฉัยทั้งสามฉบับพบว่าแบบทดสอบฉบับที่หนึ่งวัดทักษะการคิดคำนวณ พบจุดบกพร่อง 12 เรื่อง คือ การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม, การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็มเศษส่วนและทศนิยม, การเขียนเศษส่วนในรูปทศนิยมและเขียนทศนิยมซ้ำในรูปเศษส่วน, การเปรียบเทียบเศษส่วนและทศนิยม, การเขียนยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มแทนจำนวนที่กำหนด, การใช้เลขยกกำลังในการเขียนแสดงจำนวนในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ได้, การคูณและหารเลขยกกำลังที่มีฐานเดียวกันและเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม, จำนวนจริง จำนวนตรรกยะ จำนวนอตรรกยะ, สาเหตุของการเปลี่ยนจำนวนและระบุมากที่สองและสามของจำนวนจริง, รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง, ประมวลค่าที่เหมาะสมในการคิดคำนวณ และการหา ห.ร.ม. และ ค.ร.น. ของจำนวนนับ แบบทดสอบฉบับที่สองวัดทักษะการให้เหตุผล พบจุดบกพร่อง 4 เรื่อง คือ การบอกผลที่เกิดขึ้นจากการบวก ลบ คูณ หาร และการยกกำลังของจำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยมพร้อมทั้งบอกความสัมพันธ์ของดำเนินการ, การบอกผลที่เกิดขึ้นจากการหารากของจำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยมพร้อมทั้งบอกความสัมพันธ์ของการดำเนินการ, การนำความรู้และสมบัติเกี่ยวกับจำนวนเต็มไปใช้ในการคำนวณ และการบอกความเกี่ยวข้องระหว่างจำนวนเต็มจำนวนตรรกยะและจำนวนอตรรกยะ ส่วนแบบทดสอบฉบับที่สาม วัดทักษะการแก้ปัญหา พบจุดบกพร่อง 5 เรื่อง คือ การคำนวณเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละในสถานการณ์ต่าง ๆ, การคำนวณเกี่ยวกับเศษส่วนและทศนิยมไปใช้แก้โจทย์ปัญหา การคำนวณรากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบและนำไปใช้แก้โจทย์ปัญหา, การคำนวณเกี่ยวกับ ห.ร.ม. และ ค.ร.น. แก้โจทย์ปัญหา และการประมวลค่าในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ไข่มุก เลื่องสุนทร (2552) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชนบุรี เขต 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 402 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง จำนวน ที่เป็นแบบอัตนัยจำนวน 18 ข้อ และแบบสัมภาษณ์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องจำนวน แบบมีโครงสร้าง ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล มีการหาค่ามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetic Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ซึ่งผลการวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง จำนวน โดยเรียงลำดับจากความถี่มากไปน้อย คือ 1) ด้าน

การบิดเบือนทฤษฎีบท กฎ สูตร บท นิยาม และสมบัติมากที่สุด ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากการที่ครูเน้นการสอนแบบความจำมากกว่าการทำความเข้าใจ ทำให้นักเรียนไม่เข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง เช่น เนื้อหาที่ทดสอบอยู่ในเรื่องเลขยกกำลัง เป็นเนื้อหาที่ต้องใช้ความรู้การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนเต็มมาใช้ในเรื่องนี้ ซึ่งนักเรียนขาดความเข้าใจในพื้นฐานที่สำคัญหรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนย่อมส่งผลทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในด้านการบิดเบือนทฤษฎีบท กฎ สูตร บท นิยาม และสมบัติไปด้วย 2) ด้านขาดการตรวจสอบในระหว่างการแก้ปัญหา 3) ด้านข้อผิดพลาดในเทคนิคการทำ นักเรียนขาดความระมัดระวังในการคิดคำนวณ 4) ด้านการใช้ข้อมูลผิด นักเรียนทำผิดคำสั่งโดยหาคำตอบในสิ่งที่ไม่ต้องการมากที่สุด 5) ด้านการตีความด้านภาษา นักเรียนตีความจากประโยคภาษามาเป็นประโยคทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2546) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ตั้งแต่ พ.ศ. 2521 – พ.ศ. 2546 จำนวน 58 เล่ม ที่เป็นวิทยานิพนธ์ของระดับบัณฑิตศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และงานวิจัยในประเทศไทย โดยอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษา โดยมี 4 ด้านที่ศึกษาคือ 1) ด้านการตีความจากโจทย์ 2) ด้านการใช้ทฤษฎีบท สูตร กฎ บทนิยาม และสมบัติ 3) ด้านการคิดคำนวณ 4) ด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหา และทำการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น จากผลการสังเคราะห์งานวิจัยพบว่า ช่วงชั้นที่ 1 (ป.1 –ป.3) นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในสาระเรื่อง จำนวนนับและการบวก การลบ การคูณ การหาร จำนวนนับในด้านการคิดคำนวณ และเวลาในด้านการตีความโจทย์ในช่วงชั้นที่ 2 (ป.4 –ป.6) จะพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ในสาระเรื่อง จำนวนและการดำเนินการเกือบทั้งหมด และพบว่านักเรียนมีความคลาดเคลื่อนในทุกด้าน โดยด้านการตีความโจทย์และด้านการคิดคำนวณจะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าช่วงชั้นที่ 1 ส่วนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1 –ม.3) จะพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ในสาระเรื่อง พีชคณิต ซึ่งสาเหตุอาจมาจากการที่พีชคณิตมีลักษณะเป็นนามธรรมและมีการพิสูจน์ จึงยากต่อการเรียนรู้และทำความเข้าใจ และช่วงชั้นที่ 4 (ม.4 –ม.6) จะพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในสาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น และสาระเพิ่มเติม แคลคูลัส ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในทุกสาระและทุกด้านที่ทำการศึกษา อาจเป็นเพราะวิชาคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นจะมีความซับซ้อนในเชิงความคิดและมีลักษณะเป็นนามธรรมมากขึ้น จึงค่อนข้างยาก

ลำบาก มีความซับซ้อนในการจัดการในเรื่องการเรียนการสอนให้นักเรียนได้เข้าใจได้และมีโมโนทัศน์ที่ถูกต้องในวิชาคณิตศาสตร์

Mohyuddin and Khalil (2016) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อ ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนและสาเหตุที่เป็นไปได้เพื่อนำข้อมูลไปให้ครูผู้สอนทำการออกแบบและดำเนินการเพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้นักเรียน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนโรงเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ของรัฐบาล จำนวน 12 โรงเรียน จากแคว้นปัญจาบที่คัดเลือกมาจากสองพื้นที่โรงเรียนในเมืองไฟซาลาบาด (Faisalabad) ประเทศปากีสถาน ซึ่งนักเรียนมีความพื้นฐานเกี่ยวกับจำนวน การนับ แต่เรื่องจำนวนเต็มอาจมีความไม่ต่อเนื่อง และครูผู้สอนอาจมีปัญหาในการสื่อสารด้านภาษาเนื่องจากหลักสูตรที่ใช้ในคณิตศาสตร์คือ ภาษาอูรดู (Urdu) แต่ครูผู้สอนใช้ภาษาปัญจาบ (Punjabi) จึงอาจทำให้เกิดการสับสนในการสื่อสาร มีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนจำนวน 248 คน โดยการทำแบบทดสอบล่วงหน้าจำนวน 42 ข้อ โดยมี 8 มโนทัศน์ที่ถูกนำมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ มโนทัศน์เกี่ยวกับตัวเลข, มโนทัศน์เกี่ยวกับการดำเนินการตัวเลข, เศษส่วน, การดำเนินการเศษส่วน, ทศนิยม, การวัด, การจัดการข้อมูล และเรขาคณิต การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพคือ การสัมภาษณ์นักเรียน 12 โรงเรียน โรงเรียนละ 4 คน รวมเป็น 48 คน และมีการจัดทำโปรแกรมอบรมครูในโรงเรียนตัวอย่างหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูล จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อจะได้ข้อมูลของนักเรียนที่มีข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงในเรื่อง มโนทัศน์เกี่ยวกับตัวเลข ส่วนเรื่องที่มีคะแนนต่ำคือ การจัดการข้อมูล และเรขาคณิต และจากการทำแบบทดสอบจำนวน 42 ข้อพบข้อคำถามที่นักเรียนที่ตอบถูกเป็นจำนวนน้อย เช่น

จงหาจำนวนเฉพาะจากตัวเลขที่กำหนดคือ 16, 2, 18, 17, 23, 24, 29, 30 มีนักเรียนที่ตอบครบคือ 4 จำนวนและตอบถูกมีเพียงร้อยละ 1.6

$\frac{1}{4}$ กับ $\frac{2}{9}$ เศษส่วนใดมีค่ามากกว่ากัน มีนักเรียนที่ตอบถูกมีเพียงร้อยละ 6.5

เศษส่วนอย่างต่ำของ $\frac{12}{16}$ คือจำนวนใด มีนักเรียนที่ตอบถูกมีเพียงร้อยละ 8.5

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากคะแนนทดสอบก่อนเรียนและการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 48 คน พบว่า นักเรียนแสดงข้อผิดพลาดในการเปรียบเทียบเศษส่วน การแก้ปัญห การบวก ลบ คูณ หาร เศษส่วน นอกจากนี้อาจจะมาจากความผิดพลาดของครูผู้สอนเนื่องจากมีความรู้ไม่เพียงพอ จากการศึกษานี้ได้พัฒนาแนวทางการฝึกอบรมครูดังนี้ 1) ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับระบบจำนวนและต้องมีเชื่อมโยงเนื้อหาของจำนวนประเภทต่าง ๆ 2) ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง 3) นักเรียนเรียนรู้โดยการท่องจำไม่ได้ควร

เรียนรู้จากความเข้าใจ โดยครูควรได้รับการฝึกฝนให้มีความเข้าใจในเรื่อง เศษส่วนและการดำเนินการเศษส่วน เรขาคณิต ทศนิยม และเชื่อมโยงเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน 4) มีนักเรียนจำนวนไม่กี่คนที่เข้าใจหน่วยและหน่วยย่อยของการวัดปริมาณเช่น คำถามคือ “ 1 เมตร คือ กี่เซนติเมตร” มีนักเรียนจำนวนมากที่พบว่าคำถามนี้เป็นคำถามที่ยาก และ 6) กลุ่มตัวอย่างเกือบทั้งหมดมีจุดอ่อนในการวาดรูป จึงทำให้อ่อนในการอ่านกราฟ และไม่คอยได้ใช้เส้น รูปทรงทางเรขาคณิต

Sarwadi and Shahrill (2014) ได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนที่เกี่ยวข้องข้อผิดพลาดและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์กรณีของนักเรียนที่เข้าชั้นในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีคำถามงานวิจัย คือ 1) ระดับความเชื่อมั่นของนักเรียนกับคำตอบของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ 2) สาเหตุของข้อผิดพลาดและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนคืออะไร โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับนักเรียนที่เข้าชั้นในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 74 คน และครูสอนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 คน โดยนักเรียนที่ได้รับคัดเลือกจะทำการแบ่งเป็น 3 ห้องเรียนในโรงเรียนตัวอย่าง คือ ห้องเรียน X มี 36 คน ห้องเรียน Y มี 32 คน และ ห้องเรียน Z มี 6 คนซึ่งเป็นนักเรียนที่เพิ่งเข้าชั้น นักเรียนที่เข้าร่วมมีอายุตั้งแต่ 16 ถึง 20 ปี ซึ่งได้เกรด U มีร้อยละ 35 ได้เกรด D หรือ E มีร้อยละ 54 และได้เกรด B หรือ C มีประมาณร้อยละ 10 เครื่องที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ แบบทดสอบข้อเขียนจำนวน 13 ข้อ จำนวนสองฉบับ คือ นักเรียนและครูคนละหนึ่งฉบับ แบบทดสอบมีหัวข้อที่ครอบคลุมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ เศษส่วน, ทศนิยม, พีชคณิต, สถิติ, เรขาคณิต, การวัด, การแปลงหน่วย, การหาพื้นที่ และความน่าจะเป็น โดยแบบทดสอบนี้ได้รับการตรวจสอบคุณภาพมาก่อนแล้ว โดยงานวิจัยนี้ได้ถูกการตรวจสอบความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายในโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคเท่ากับ 0.9

จากผลการทดสอบพบว่า 1) มีนักเรียนเพียงร้อยละ 4 ที่ได้คะแนนมากกว่า 30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน โดยคะแนนเฉลี่ยรวมคือ 14.8 คะแนนเฉลี่ยในแต่ละห้องไม่แตกต่างกันมากอยู่ที่ 12.8 ถึง 16.8 โดยพบว่านักเรียนที่ไม่ได้พยายามที่จะทำแบบทดสอบ เช่น มีการตอบว่าไม่เข้าใจคำถาม, ลืมสูตร, คำถามยาก และกลัวที่จะตอบผิด 2) ไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนในด้านความเชื่อมั่นของนักเรียน เนื่องจากรูปแบบไม่สอดคล้องกัน ไม่มีการแบ่งส่วนที่ชัดเจนระหว่างระดับความเชื่อมั่นที่สูงและต่ำ กับคำตอบที่ถูกและผิด โดยมีการหาความสัมพันธ์ของคำตอบกับระดับความเชื่อมั่น โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันที่มีการเชื่อมโยงระหว่างคำตอบที่ถูกกับค่าเฉลี่ยของระดับความเชื่อมั่นมีค่า 0.62 ซึ่งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์ในทางบวกในระดับที่พอใช้ และจากพล็อตการกระจายของข้อมูลแสดงถึงการกระจายของจุดที่ผิดปกติหรือไม่สอดคล้องกัน จึงไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า นักเรียนที่ตอบผิดต้องมี

ความสัมพันธ์กับระดับความมั่นใจที่ต่ำ และนักเรียนที่ตอบถูกต้องมีความสัมพันธ์กับระดับความมั่นใจที่สูง ส่วนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ 1) เรื่องเศษส่วน นักเรียนส่วนใหญ่แปลงจำนวนคละเป็นเศษส่วนเกินไม่ถูกต้อง และนักเรียนบางส่วนไม่รู้ว่าวิธีการในการหารเศษส่วน 2) เรื่องทศนิยม ในเรื่องการคูณทศนิยมนักเรียนพยายามคูณหาผลลัพธ์แต่ไม่ได้สนใจทศนิยม 3) เรื่องพีชคณิต นักเรียนขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพีชคณิตพื้นฐาน ในเรื่องความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับคณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนขาดความรู้เกี่ยวกับความรู้เชิงจำนวนและไม่สามารถประมาณค่าได้ถูกต้อง ซึ่งความรู้เชิงจำนวนเป็นความรู้พื้นฐานที่สุดเกี่ยวกับจำนวนในระดับประถมศึกษา และเรื่องการตีความของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนและสูตรที่มากเกินไป ซึ่งครูผู้สอนควรมีการวินิจฉัยแบบทดสอบของนักเรียนมากกว่าการให้คะแนนเพื่อหาสาเหตุของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ในงานวิจัยนี้ครูได้มีกลยุทธ์ในการแก้ไขข้อผิดพลาดและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดย มีการจัดเตรียมแบบฝึกหัดที่ช่วยตรวจจับการให้เหตุผล จุดที่ผิดพลาด และแบบทดสอบวินิจฉัย งานวิจัยนี้ทำให้ครูได้ตระหนักถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่าส่งผลกระทบต่อสำคัญมากต่อกระบวนการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งข้อผิดพลาดและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่แตกต่างกัน มีสาเหตุที่แตกต่างกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือให้คุณครูได้ทราบแนวคิดของนักเรียนและระดับความเข้าใจของนักเรียนเพื่อนำไปปรับการวางแผนการเรียนการสอนของนักเรียนในอนาคต

Schnepper and McCoy (2013) ได้ศึกษาการวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจรูปแบบประเมินที่ใช้และทำการระบุข้อผิดพลาด จุดอ่อนของนักเรียน กลุ่มที่ศึกษา ได้แก่ นักเรียนที่เข้าร่วมจำนวน 38 คน เป็นนักเรียนชายและหญิงเท่ากับคือ 19 คน โดยเป็นชาวสเปน 7 คน ชาวอเมริกันเชื้อสายแอฟริกา 25 คน ชาวผิวขาว 6 คน มีวิธีการดำเนินการคือ ทำการวิเคราะห์นักเรียนที่เข้าร่วมทุกคน และคัดเลือกนักเรียนมา 5 คนเพื่อทำการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เข้าร่วมจะได้รับการสอนเนื้อหาก่อนแล้วจึงทำการสอบย่อยซึ่งเป็นการประเมินแบบสั้น ๆ แล้วผู้วิจัยวินิจฉัยและวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของนักเรียน เมื่อนักเรียนเกิดข้อผิดพลาดก็จะได้รับการสอนใหม่อีกครั้ง และในตอนท้ายจะมีการให้นักเรียนทำการทดสอบอีกครั้งเพื่อเป็นการประเมินวัดความรู้ของนักเรียนในด้านกระบวนการคิดและมโนทัศน์ โดยผู้วิจัยได้แบ่งประเภทของข้อผิดพลาดเป็นห้าประเภท จากการพบข้อผิดพลาดที่ไม่ซ้ำกัน 143 แบบ จากทั้งหมด 265 แบบ พบว่าร้อยละข้อผิดพลาดที่พบมากไปน้อย ได้แก่ คำตอบที่ไม่สมบูรณ์, การใช้ข้อมูลที่ผิด, ข้อผิดพลาดทางเทคนิค, ข้อผิดพลาดที่เกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนก่อนหน้า และ

การบิดเบือนในตัวนิยาม ตามลำดับ ซึ่งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาจากทั้งทางครูผู้สอนและตัวนักเรียนเอง ข้อมูลจากงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางให้ทราบถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปปรับปรุงในการเรียนการสอนเพื่อให้แก้ไขข้อบกพร่องที่คลาดเคลื่อนเพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนแต่ละคนดีขึ้น

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่องจำนวนตรรกยะ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็ม ทศนิยม เศษส่วน เป็นต้น ซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญและสามารถนำไปเชื่อมโยงในเรื่องอื่น ๆ ได้ ซึ่งรูปแบบที่ใช้ในการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีวิธีการที่หลากหลาย เช่น การจัดกิจกรรมมาช่วยในการเรียนการสอน การสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึก แบบวัด แบบทดสอบแบบอัตนัย แบบทดสอบวินิจฉัย เป็นต้น โดยการที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจมาจากตัวนักเรียนเองหรือครูผู้สอนที่มีความรู้ที่ไม่เพียงพอ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่องจำนวนตรรกยะ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ไขข้อบกพร่องในการเรียนของนักเรียนได้ตรงจุด

3. แบบทดสอบวินิจฉัย

3.1 ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีผู้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ ดังนี้ ศิริเดช สุชีวะ (2550, น. 258) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่า เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนหาค้นหาข้อบกพร่อง จุดอ่อน ของนักเรียนทั้งในวิชาการและด้านจิตใจ เพื่อนำมาใช้ในการแยกนักเรียนว่ามีความสามารถดีหรือข้อบกพร่องในเรื่องใด และหาสาเหตุว่าผู้เรียนมีผลการเรียนไม่ดีเนื่องมาจากจุดใด แบบทดสอบวินิจฉัยนั้นนอกจากจะมีประโยชน์ในด้านวิชาการแล้ว ยังมีประโยชน์ในการตรวจสอบความผิดปกติทางด้านร่างกายและจิตใจอีกด้วย

วิยดา ช่อนขำ (2551, น. 14) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่า เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละเนื้อหาย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องเหล่านั้นได้ตรงจุด และเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอน

Ahmann and Glock (1967, p. 18) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่า คือแบบทดสอบที่ใช้ในการทดสอบหลังจากให้การเรียนการสอน เพื่อให้ทราบถึงข้อบกพร่องเฉพาะจุดที่เป็นพื้นฐานการเรียนรู้ที่อยู่เบื้องหลังของนักเรียน

F. G. Brown (1983, p. 225) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวินิจฉัยว่า คือ เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการค้นหาข้อบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อมุ่งเน้นที่จะให้การแนะแนวในการสอนซ่อมเสริมโดยแบบทดสอบนี้สามารถแสดงให้เห็นถึงจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคล ในแต่ละส่วนย่อยของแบบทดสอบ

กล่าวโดยสรุป แบบทดสอบวินิจฉัย หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนในเนื้อหาแต่ละส่วนย่อยของรายวิชา เพื่อนำไปสู่การแก้ไขข้อบกพร่องให้ตรงจุด ให้การช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหาหรือมีอุปสรรคในการเรียน และเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

3.2 ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัย ดังนี้ บุญชม ศรีสะอาด (2523, น. 9-11) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยเฉพาะ เพื่อมุ่งวัดเป็นเรื่อง ๆ หรือด้าน ๆ ถ้าต้องอาศัยทักษะย่อยหลายทักษะก็ต้องแบ่งเป็นแบบทดสอบย่อยวัดตามทักษะย่อย ๆ นั้นซึ่งต้องวัดละเอียดกว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีคะแนนในแต่ละเรื่องแต่ละตอน เพื่อมุ่งค้นหาจุดบกพร่องในแต่ละเรื่อง สนใจคะแนนแต่ละเรื่องดังนั้นคะแนนรวมของแต่ละคนจะไม่เป็นประโยชน์ แบบทดสอบวินิจฉัยนี้จะช่วยชี้ให้เห็นข้อบกพร่องที่เป็นปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนของนักเรียนแต่ละคน ที่วัดทักษะในเรื่องเดียวกัน มีข้อสอบหลาย ๆ ข้อ ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มโอกาสทำผิดพลาดได้มากขึ้น เพราะฉะนั้นจะช่วยให้สามารถจำแนกนักเรียนที่มีความบกพร่องในเรื่องนั้นได้อย่างเพียงพอ และทำให้เห็นจุดบกพร่องได้อย่างชัดเจน และมักเป็นแบบทดสอบระดมพลัง (Power Test) ที่สร้างจากการวิเคราะห์ทักษะเฉพาะที่ส่งผลให้นักเรียนประสบความสำเร็จทางการศึกษาจากข้อบกพร่องที่นักเรียนมักทำผิดพลาด โดยความเป็นมาตรฐานของแบบทดสอบอยู่ในรูปที่ว่า เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการสอบอยู่ภายใต้สภาพการณ์เดียวกันและการให้คะแนนมีความเป็นปรนัย

ดวงเดือน อ่อนน่วม (2533, น. 54-55) ได้สรุปลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

- 1) วัดได้ทั้งแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced) และแบบอิงกลุ่ม (Norm-referenced)
- 2) จุดประสงค์ของแบบสอบจำกัดเฉพาะจุดประสงค์ที่มีประโยชน์ต่อการวินิจฉัยเท่านั้น

3) ขอบเขตของเนื้อหา มี 2 ลักษณะ คือ แบบทดสอบวินิจฉัยที่ยึดระดับชั้นเป็นหลัก เช่น แบบสอบวินิจฉัยเรื่องการบวกสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และแบบทดสอบวินิจฉัยทักษะการคิดคำนวณเบื้องต้นเกี่ยวกับการบวก

4) เป็นแบบทดสอบที่ไม่จำกัดเวลาหรือที่เรียกว่า Power test ยกเว้นในกรณีที่มีจุดประสงค์ชัดเจนว่าเป็นแบบทดสอบที่เน้นความรวดเร็วในการคิด (Speed test) จึงจะกำหนดเวลาได้

5) เนื้อหาของแบบทดสอบครอบคลุมทุกแง่มุมของคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการคิดคำนวณ ความหมาย และนามธรรม กระบวนการคิดคำนวณ การคิดในใจ

6) ไม่ควรวัดเฉพาะการรับรู้ระดับนามธรรม แต่ควรวัดความรู้ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับรูปธรรม กึ่งรูปธรรม และนามธรรม หรืออาจวัดความรู้ถึง 4 ระดับ คือ รูปธรรม กึ่งรูปธรรม กึ่งนามธรรม และนามธรรม

7) เน้นการให้คะแนนเป็นส่วน ๆ (Part score) ให้คะแนนของข้อสอบในแต่ละส่วนไม่เน้นคะแนนรวม

8) ข้อสอบได้มาจากการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียดและการศึกษาสิ่งที่เด็กมักทำผิด

9) ข้อสอบควรจะง่ายเพื่อให้สามารถจำแนกระหว่างเด็กที่มีปัญหา ได้ข้อสอบแต่ละข้อควรมีค่าความยากตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป และควรมีมากข้อ

10) เกณฑ์แสดงการรอบรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งนิยมใช้เกณฑ์อย่างไม่มั่นใจ 2 ใน 3 (ร้อยละ 67) หรือ 3 ใน 4 (ร้อยละ 75) เพื่อแสดงว่าเด็กมีความรอบรู้ในเรื่องนั้นจริงมิใช่ทำผิดเพราะความเลินเล่อ

สุรเดช อนันตสวัสดิ์ (2560, น. 13-14) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยควรมีลักษณะดังนี้

1) แบบทดสอบวินิจฉัยมีจุดประสงค์เพื่อให้ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องของนักเรียนเป็นรายบุคคล และหาสาเหตุของข้อบกพร่องนั้น ๆ

2) แบบทดสอบวินิจฉัยจะมีการแบ่งเป็นแบบทดสอบย่อย (subset) หลายฉบับ โดยแต่ละฉบับจะทำการวัดทักษะเฉพาะที่แตกต่างกัน

3) เป็นแบบทดสอบที่เน้นความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เพื่อที่จะทำการทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาและตรงตามวัตถุประสงค์ จึงต้องมีการวิเคราะห์และเลือกเนื้อหาอย่างระมัดระวัง

4) แบบทดสอบวินิจจัยเป็นแบบสอบที่ง่าย โดย B.S Bloom (1971) กำหนดค่าความยากตั้งแต่ 0.65 ขึ้นไป และมีจำนวนข้อมาก เนื่องจากแบบสอบวินิจจัยจะใช้กับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

5) คะแนนรวมของแบบทดสอบวินิจจัย มีความสำคัญน้อยกว่าการวิเคราะห์คะแนนสอบของนักเรียนเป็นรายข้อ

6) แบบทดสอบวินิจจัยเป็นแบบทดสอบที่ต้องให้เวลาในการทำกับนักเรียน ไม่ควรเร่งรัดเวลา เนื่องจากเป็นแบบทดสอบที่ต้องการค้นหาข้อบกพร่องของผู้ทดสอบ

7) การให้คะแนนสามารถประเมินคะแนนได้ทั้งแบบอิงเกณฑ์ และแบบอิงกลุ่ม

8) แบบทดสอบวินิจจัยไม่จำเป็นต้องสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) แต่สามารถหาได้ถ้าต้องการประเมินผลแบบอิงกลุ่ม

Bloom (1971, pp. 91-92) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวินิจจัยว่า เป็นแบบทดสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะพื้นฐาน เพื่อหาระดับการเรียนรู้เพื่อคัดแยกเด็ก ปรับปรุงวิธีการสอน และนำไปใช้ในเป็นเครื่องมือในการค้นหาว่านักเรียนคนใดต้องการเรียนซ้ำบ้าง หรือใช้ในการทดสอบระหว่างการเรียนการสอนแล้วสามารถประเมินผลได้ทั้งพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย

กล่าวโดยสรุป ลักษณะของแบบทดสอบวินิจจัย คือ แบบทดสอบที่มีลักษณะการทดสอบเป็นเรื่อง ๆ มีการแยกเป็นขบย่อย ๆ มีวัตถุประสงค์ในการวัดความรู้ ความสามารถในแต่ละเรื่อง แต่ละด้าน ลักษณะของแบบทดสอบค่อนข้างง่าย จำนวนข้อคำถามควรเพียงพอในแต่ละเนื้อหาที่ต้องการทดสอบเพื่อสามารถหาข้อบกพร่องของผู้ทำแบบทดสอบได้ และให้เวลาเต็มที่ในการทำข้อสอบ ซึ่งสามารถทำการประเมินผลคะแนนได้ทั้งแบบอิงเกณฑ์ และแบบอิงกลุ่ม

3.3 วิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจจัย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวินิจจัยไว้ ดังนี้ ศิริเดช สุชีวะ (2546, น. 259-260) ได้สรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวินิจจัย ดังนี้

- 1) ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา ทักษะอย่างละเอียดแล้วแบ่งออกเป็นเนื้อหาย่อย ๆ
- 2) ศึกษาและรวบรวมสาเหตุของข้อบกพร่องทางการเรียนในเนื้อหาย่อยเหล่านั้นเพื่อนำมาสร้างเป็นตัวลงในแบบทดสอบ
- 3) เขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์และข้อบกพร่องที่ต้องการวัดในแต่ละด้าน

4) เรียบเรียงข้อสอบไว้เป็นด้าน ๆ เพื่อสะดวกในการวินิจฉัย โดยแต่ละด้านควรมีข้อสอบค่อนข้างง่ายไม่น้อยกว่า 3 ข้อ

5) ตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบแล้วนำไปทดลองใช้เพื่อปรับปรุงแก้ไข

6) เขียนคู่มือและแบบแผนการวินิจฉัย

กฎกระทรวง สุดแท้ (2551, น. 24) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สรุปขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยไว้ดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายและวางแผนในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย

2) วิเคราะห์เนื้อหาอย่างละเอียด แบ่งเนื้อหาออกเป็นเนื้อหาเรื่องย่อย ๆ และเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหานั้น

3) เขียนข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้น

4) วิเคราะห์จุดบกพร่องของนักเรียนจากการเลือกตอบแบบทดสอบวินิจฉัย

5) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้และปรับปรุงแบบทดสอบซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการทดสอบเพื่อสร้างตัวลวง ทดสอบเพื่อวิเคราะห์รายข้อและทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น

สุรเดช อนันตสวัสดิ์ (2560, น. 17) ได้สร้างแบบวินิจฉัยสามลำดับขั้นร่วมกับการสะท้อนกลับของข้อมูล ได้สรุปวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย คือ เริ่มต้นจากการกำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย และทำการกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยวัตถุประสงค์ของทักษะย่อยที่จะทำการวินิจฉัยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวัตถุประสงค์ แล้วเขียนข้อคำถามของแบบทดสอบเพื่อนำไปสำรวจ โดยรูปแบบของแบบทดสอบเป็นแบบเติมคำตอบเพื่อใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และนำผลคำตอบมาทำการวิเคราะห์สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้คำตอบที่ไม่ถูกต้องมาเป็นตัวลวง แล้วนำไปทดลองใช้และทำการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบรายข้อ วิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรง คัดเลือกและปรับปรุงแบบทดสอบจัดทำคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัย และจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

จากลักษณะการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย ผู้วิจัยได้สรุปลักษณะที่สำคัญของแบบทดสอบวินิจฉัยดังนี้ 1) ขึ้นวางแผนและกำหนดเนื้อหาหรือทักษะที่ต้องการทดสอบ โดยทำการวิเคราะห์และแบ่งเนื้อหาหรือทักษะที่ต้องการทดสอบออกเป็นหัวข้อย่อย ๆ ตามมาตรฐานการเรียนรู้ แล้วนำไปกำหนดตัวชี้วัดทักษะความสามารถที่มีเนื้อหาครอบคลุมตามมาตรฐานการเรียนรู้ และมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดในแต่ละด้าน 2) ขึ้นสำรวจมโนทัศน์ที่

คลาดเคลื่อน โดยการสร้างแบบทดสอบในการสำรวจตัวชี้วัดทักษะความสามารถ ที่มีจำนวนข้อที่เพียงพอที่จะอธิบายถึงข้อบกพร่องของนักเรียนในแต่ละทักษะที่ต้องการทดสอบ 3) ขั้นสร้าง คือนำข้อมูลจากขั้นสำรวจมาสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยที่มีการสร้างตัวดวงที่รวบรวมจากการตอบผิดของนักเรียนที่ได้จากการทดสอบ แล้วนำไปทดสอบแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้น 4) ขั้นพัฒนา โดยการวิเคราะห์หาจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียน แล้วนำมาข้อมูลมาจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบและคู่มือในการดำเนินการสอบ

3.4 รูปแบบและระดับการวินิจฉัย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้กล่าวถึง รูปแบบและระดับการวินิจฉัยไว้ ดังนี้ ศิริเดช สุชีวะ (2538) ได้แบ่งเป็นดังนี้

1) รูปแบบการวินิจฉัยที่เป็นทางการ (Formal diagnostic) เป็นการหาข้อบกพร่องของนักเรียนด้วยวิธีการที่สร้างขึ้นอย่างมีระบบระเบียบและมีแบบแผน วิธีการที่ใช้ได้แก่

1.1 การวินิจฉัยทางการเรียนด้วยแบบสอบวินิจฉัย ส่วนใหญ่ใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับการค้นหาในทัศนที่คลาดเคลื่อนหรือจุดบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล

1.2 การวินิจฉัยด้วยดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบ โดยเทียบกับแบบแผนคะแนนการตอบที่มีลักษณะเป็นกัตแมนสมบูรณ์ (Perfect Guttman) หากแบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแตกต่างจากแบบแผนคะแนนการตอบที่มีลักษณะเป็นกัตแมนสมบูรณ์เพียงใด ก็แสดงว่ามีความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบมากเท่านั้น ตัวอย่างดัชนีที่สำคัญได้แก่ ดัชนีชี้เตือนของซาโต (Sato's Caution Index), ดัชนีอิงทฤษฎีการตอบสนองของรายชื่อของฮาร์นิชและทาโทซูกะและดัชนีอื่น ๆ ดัชนีเหล่านี้เป็นนิยมเนื่องจากใช้ง่าย สะดวก ประหยัด เพราะสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาทำการคำนวณ และการแปลความหมายก็ไม่ยุ่งยากมาก แต่มีข้อจำกัดที่ค่าดัชนีจะบอกได้เพียงว่าแบบแผนคะแนนการตอบนั้นผิดปกติหรือไม่ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าความผิดปกตินั้นมาจากรูปแบบการคิดได้

1.3 การวินิจฉัยด้วยวิธีของ Tatsuoka มาจากแนวคิดจากการประเมินกฎโดยการตรวจสอบแบบคิดที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาจากแบบแผนคะแนนการตอบ (item score response pattern) ของนักเรียนแต่ละคน โดยเปรียบเทียบในสองมิติ คือ มิติของดัชนีวัดความผิดปกติของแบบคะแนนการตอบและมิติของคะแนนรวม โดยใช้ชื่อวิธีการว่า "Rule Space Method" มีการตรวจให้คะแนน 0 ถึง 1 ซึ่งจะได้แบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแต่ละคน และ

เปรียบเทียบว่า แบบแผนคะแนนการตอบของผู้สอบแต่ละคนใกล้เคียงกับแบบแผนคะแนนการตอบของแบบการคิดใด ซึ่งปัญหาของวิธีนี้คือ เมื่อแบบแผนคะแนนการตอบที่เหมือนกันทุกประการ ทำให้ไม่สามารถวินิจฉัยได้ว่านักเรียนใช้รูปแบบการคิดแบบใด

1.4 การวินิจฉัยแบบย้อนรอยกระบวนการคิดของศิริเดช สุชีวะ วิธีการนี้พัฒนามาจากวิธีการ Tatsuoka

1.5 การวินิจฉัยลำดับขั้นของ Leighton และคณะ

1.6 การวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดล DINA ของ Heartel

2) รูปแบบการวินิจฉัยที่ไม่เป็นทางการ (Informal diagnostic) เป็นการค้นหาข้อบกพร่องด้วยวิธีง่าย ๆ ไม่มีแบบแผนที่แน่นอน เช่น การสังเกต การตั้งคำถาม การสอบถามนักเรียนเป็นบุคคล การสัมภาษณ์ การตรวจผลงาน การตรวจแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบจากการแสดงวิธีทำของนักเรียน เป็นต้น โดยการวินิจฉัยด้วยการสังเกตและการสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคล วิธีนี้เหมาะในกรณีที่เป็นักเรียนกลุ่มเล็กและครูมีความใกล้ชิดกับนักเรียน ซึ่งต้องใช้เวลาในการวินิจฉัยค่อนข้างมาก

Underhill (1972) ได้แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1) การวินิจฉัยแบบทั่วไป (General diagnosis) คือ การสำรวจที่ทำให้ทราบถึงระดับความสามารถทั่ว ๆ ไปของนักเรียนที่เป็นกลุ่มและเป็นรายบุคคล โดยเครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบ การวินิจฉัยอาจเทียบกับเกณฑ์ปกติ (Norm) ทำให้ทราบข้อบกพร่องในภาพรวม

2) การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์ (Analytic diagnosis) คือ การวินิจฉัยระดับเฉพาะ (Specific level) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียน เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องจุดใด ไม่ถูกต้องจุดใด เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบแต่ละจะวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่เฉพาะเจาะจงไปที่เรื่องใดเรื่องหนึ่ง การวินิจฉัยนี้มักดำเนินการภายหลังจากการวินิจฉัยแบบทั่วไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดที่ลึกซึ้งมากขึ้น

3) การวินิจฉัยแบบคลินิก (Clinical diagnosis) คือ การศึกษาแบบลึกซึ้งที่เกี่ยวกับสมรรถภาพของนักเรียน ที่แสดงข้อมูลให้เห็นชัดเจนว่านักเรียนมีปัญหาซับซ้อน เครื่องมือที่ใช้ นอกจากแบบทดสอบแล้วยังต้องใช้วิธีอื่นด้วย เช่น การศึกษาสภาพครอบครัว ทัศนคติ สุขภาพทางอารมณ์ บุคลิกภาพ การสังเกต การสัมภาษณ์ เป็นต้น

จากการวินิจฉัยรูปแบบและระดับการวินิจฉัยไว้ มีวิธีหลากหลายรูปแบบที่ใช้ในการค้นหาจุดบกพร่องของนักเรียน ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ที่ศึกษาและผู้ใช้งาน ควรมีการเลือกวิธีการวินิจฉัยให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของผู้ศึกษาและผู้ใช้งานว่าต้องการวินิจฉัยในรูปแบบใด ระดับใด สารสนเทศที่

ต้องการมีลักษณะอย่างไร เช่น ต้องการความละเอียดระดับมากอาจต้องเลือกใช้รูปแบบที่เป็นทางการ หรือรูปแบบการวินิจฉัยแบบวิเคราะห์ เป็นต้น

Gurel et al., (ธนบดี อินหาดกรวด. 2560, น.36, as cited in Gurel et al., 2015) จำแนกวิธีการวินิจฉัยทางการศึกษาทั้งในรูปแบบที่ไม่เป็นทางการและรูปแบบที่เป็นทางการ ออกเป็น 4 แบบ คือ

- 1) การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่มีความสำคัญเนื่องจากให้ข้อมูลในเชิงลึก
- 2) การทดสอบด้วยแบบทดสอบที่เป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended tests) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิจัยทางการศึกษาของสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งผู้ทำการทดสอบจะต้องใช้เวลานานเพื่อคิดและตอบ
- 3) การทดสอบด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Ordinary multiple-choice tests)
- 4) การทดสอบด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกระดับชั้น (Multiple-tier multiple-choice tests)

โดยGurel et al. (2015) ได้สรุปวิธีการวินิจฉัยทั้งหมดมีข้อดีและข้อจำกัดที่ต่างกันไปไว้ดังตาราง 2

ตาราง 2 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของรูปแบบการวินิจฉัยแบบต่าง ๆ

รูปแบบการวินิจฉัย	ข้อดี	ข้อจำกัด
1. การสัมภาษณ์	1. มีการให้ข้อมูลในเชิงลึก 2. มีความยืดหยุ่นในการสัมภาษณ์	1. ใช้เวลานานในการได้ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล 2. ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนมากเพื่อให้ได้ผลสรุปอ้างอิงหรือแปลผลได้ดีและน่าเชื่อถือ 3. ผู้สัมภาษณ์ต้องมีการฝึกอบรมเกี่ยวกับการสัมภาษณ์ 4. ในด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ยาก และข้อมูลมีความไม่เป็นปรนัย 5. ผู้ถูกสัมภาษณ์อาจรู้สึกไม่ได้ตอบคำถามอย่างเป็นอิสระหากไม่ไว้วางใจผู้สัมภาษณ์
2. แบบทดสอบที่เป็นคำถามปลายเปิด	1. ผู้ตอบได้ตอบด้วยภาษาถ้อยคำของผู้ตอบเอง 2. ผู้วิจัยอาจได้คำตอบใหม่ ๆ ที่มีคุณค่า เป็นประโยชน์ที่ผู้วิจัยไม่ได้คาดคิดมาก่อน	1. ใช้เวลานานในการวิเคราะห์คำตอบของข้อมูล 2. วิธีการให้คะแนนของคำตอบทำได้ยาก 3. ผู้ตอบมีอัตราตอบสนองค่อนข้างต่ำ เนื่องจากขาดทักษะในการเขียนคำตอบและไม่สามารถให้เหตุผลได้ชัดเจน
3. แบบทดสอบหลายตัวเลือกทั่วไป	1. ใช้เวลาไม่นาน 2. สามารถตรวจคะแนนได้เร็ว 3. การตรวจให้คะแนนเป็นอย่างไร 4. มีหลักฐานที่น่าเชื่อถือชัดเจน 5. ใช้ได้กับผู้เข้าการทดสอบจำนวนมาก	1. ไม่เหมาะสำหรับกรวัดทักษะด้านจิตพิสัย 2. ไม่สามารถวัดความคิดของผู้ตอบในเชิงลึก 3. ผู้ตอบอาจตอบถูกต้องทั้ง ๆ ที่เข้าใจผิดซึ่งอาจจะเกิดจากคาดเดา หรือผู้ตอบอาจจะตอบผิดทั้ง ๆ ที่มีความเข้าใจที่ถูกต้องซึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดในการตอบ 4. การตีความของคำตอบของผู้ตอบผิดพลาด หากแบบทดสอบมีข้อความที่ไม่รอบคอบ ขาดความระมัดระวัง 5. การสร้างและพัฒนาข้อคำถามในแบบทดสอบที่ดีมีคุณภาพ ทำได้ยาก
4. แบบทดสอบหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น	1. มีข้อดีเหมือนกับแบบทดสอบหลายตัวเลือกทั่วไป 2. มีโอกาสในการตัดสินสัดส่วนของผู้ตอบแบบผิดแบบผิดพลาดแบบผลบวกและลบ (False positive and False negative)	มีการประมาณสัดส่วนของคนที่คลาดเคลื่อนเกินความเป็นจริง เนื่องจากไม่สามารถแยกความแตกต่างของผู้ตอบที่ขาดความรู้ (lack of knowledge) กับนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconception) หรือกลุ่มผู้ตอบที่ถูกต้องจะไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างถูกจากความเข้าใจหรือถูกจากการเดา

ตาราง 2 (ต่อ)

รูปแบบการ วินิจฉัย	ข้อดี	ข้อจำกัด
5. แบบทดสอบ หลายตัวเลือก หลายตัวเลือก สามลำดับขั้น	1. มีข้อดีเหมือนกับ แบบทดสอบหลายตัวเลือก สองลำดับขั้น 2. สามารถจำแนกคำตอบที่ ตอบผิดได้ คือกลุ่มที่มีโน้ตศน์ คลาดเคลื่อนกับกลุ่มที่มีความ ผิดพลาดเพราะขาดความรู้	1. มีการประมาณสัดส่วนของผู้ตอบที่ขาดความรู้ต่ำกว่า ความเป็นจริง เพราะไม่สามารถตัดสินได้อย่างชัดเจนว่า กลุ่มผู้ตอบตอบมั่นใจในคำตอบของตนในชั้นคำตอบ หรือ ชั้นเหตุผล หรือมั่นใจทั้งสองชั้นหรือไม่ 2. มีการประมาณคะแนนของผู้ตอบมากกว่าความเป็นจริง
6. แบบทดสอบ หลายตัวเลือก สี่ลำดับขั้น	1. มีข้อดีเหมือนกับ แบบทดสอบหลายตัวเลือก สามลำดับขั้น 2. สามารถประเมินในการแยก กลุ่มที่มีมีโน้ตศน์ที่ คลาดเคลื่อนกับกลุ่มที่ขาด ความรู้ได้อย่างชัดเจน	1. การทดสอบใช้เวลานาน 2. ได้ข้อมูลที่เป็นสารสนเทศที่อาจถูกจำกัดด้วย วัตถุประสงค์ของการวินิจฉัย

ที่มา: ธนบดี อินหาดกรวด. 2560, น.36-38, as cited in Gurel et al. (2015)

3.5 แบบทดสอบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์ที่เป็นมาตรฐาน

แบบทดสอบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์ สร้างขึ้นเพื่อวินิจฉัยในเรื่องที่บกพร่องในการเรียนทางคณิตศาสตร์ เพื่อรวบรวมข้อมูลในการนำไปวิเคราะห์ในการทราบถึงรายละเอียดของผู้ทดสอบว่ามีข้อดีและข้อที่ผิดพลาดหรือข้อบกพร่องในการเรียนทางคณิตศาสตร์ในส่วนใด (ดวงเดือน อ่อนน่วม, 2533, น. 35)

พร้อมพรรณ อุดมลิน (2544, น. 95-97) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์ที่มาตรฐานไว้ คือ

1) แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนเลขคณิตของลอสแอนเจลิส (Los Angeles Diagnostic Test in Arithmetic) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยสำนักทดสอบแคลิฟอร์เนีย (California Test Bureau) ในปี ค.ศ. 1925-1926 ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้น 2-8 และระดับชั้น 3-9 แบ่งเป็นสองเรื่องใหญ่ ๆ คือ

1.1 พื้นฐานของเลขคณิต (Fundamental of Arithmetic) ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้น 2-8 มีสองฉบับ แต่ละฉบับมีกำหนดเวลาทำ 40 นาที ประกอบด้วยทักษะย่อยการบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มศูนย์ เศษส่วนและทศนิยม

1.2 เหตุผลในเลขคณิต (Reasoning in Arithmetic) ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้น 3-5 และกำหนดเวลาทำ 40 นาที สำหรับนักเรียนระดับชั้น 6-9 ประกอบด้วยทักษะย่อย คือ การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มศูนย์ เศษส่วนและทศนิยม ที่เป็นปัญหาพื้นฐาน ปัญหาที่ยาก และปัญหาที่เกี่ยวกับจำนวนที่เป็นตัวหาร และร้อยละ

2) แบบทดสอบวินิจฉัยและช่วยเหลือตนเองทางเลขคณิต (The Diagnostic Test & Self-Helps in Arithmetic) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดยสำนักทดสอบแคลิฟอร์เนีย ปี ค.ศ. 1955 ใช้สำหรับนักเรียนระดับชั้น 3-12 ไม่กำหนดเวลาสอบ แบ่งเป็นสองชนิด คือ

2.1 แบบสอบที่ใช้คัดแยก (Screening Test) ประกอบด้วยแบบทดสอบ 4 ฉบับ ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม และความรู้และทักษะทั่วไปทางเลขคณิต

2.2 แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้ (Diagnostic Test) ประกอบด้วย แบบทดสอบ 23 ฉบับ แบ่งการวินิจฉัยออกเป็น 6 เรื่องคือ

- 1) ข้อเท็จจริงพื้นฐานจำนวน 5 ฉบับ
- 2) การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็มบวกและศูนย์ จำนวน 5 ฉบับ
- 3) การบวก ลบ คูณ หาร ร้อยละ จำนวน 1 ฉบับ
- 4) การบวก ลบ คูณ หาร ทศนิยม จำนวน 4 ฉบับ
- 5) การบวก ลบ คูณ หาร มาตรฐาน จำนวน 1 ฉบับ
- 6) การบวก ลบ คูณ หาร เศษส่วน จำนวน 7 ฉบับ

การใช้แบบทดสอบนั้น จะทดสอบด้วยแบบทดสอบที่ใช้คัดแยกก่อนแล้วนำผลมาพิจารณาเพื่อดำเนินการสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยตามความเหมาะสมต่อไป โดยจะมีตอนที่ให้ช่วยเหลือตนเองเป็นแบบฝึกหัดซ่อมเสริมที่มีเฉลยอยู่ด้านหลังของแบบทดสอบ

3) แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้เลขคณิตแบบคีย์แมธ (The Key Math Diagnostic Arithmetic Test) เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้รายบุคคล ใช้วัดพัฒนาการทางทักษะคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับอนุบาลจนถึงระดับชั้น 8 ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 14 ฉบับ แต่ละฉบับประกอบด้วยเนื้อหา ทักษะการคำนวณ และการนำไปใช้ แบบทดสอบชุดนี้สามารถ

วินิจฉัยได้ 4 แบบ คือ 1) แบบรวมทั้งหมด 2) แบบวินิจฉัยเป็นตอน ๆ 3) แบบวินิจฉัยเป็นทักษะย่อย ๆ และ 4) แบบวินิจฉัยเป็นรายข้อ

ซึ่งผู้จัดสอบสามารถศึกษาความแตกต่างของความสามารถของนักเรียนได้ และแปลความหมายจากผลการสอบของนักเรียนได้ โดยการอธิบายพฤติกรรมบางอย่างจากคำถามในแต่ละตอนของแบบทดสอบ และผู้ใช้แบบทดสอบนี้ยังสามารถนำคะแนนที่ได้มาเป็นแนวทางในการสอนคณิตศาสตร์ได้

4) แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสแตนฟอร์ด (The Stanford Diagnostic Mathematic Test: SDMT) เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำหรับการสอบเป็นกลุ่ม ประเมินได้ทั้งแบบอิงเกณฑ์และอิงกลุ่ม แบบทดสอบแบ่งออกเป็นสองแบบใหญ่ ๆ แบบทดสอบแต่ละฉบับนั้นแบ่งเป็นแบบทดสอบทักษะย่อยดังตาราง 3 และ ตาราง 4 โดยแบบทดสอบนี้อาจจะประเมินจากเกณฑ์ปกติที่ได้จากนักเรียนในสหรัฐอเมริกาหรือจะพิจารณาจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญหลายคนก็ได้ คือ

4.1 แบบทดสอบวินิจฉัยการอ่านของสแตนฟอร์ด (Stanford Diagnostic Reading Test: SDRT)

ตาราง 3 แบบทดสอบวินิจฉัยการอ่านของสแตนฟอร์ด (SDRT) ในแต่ละระดับ

ระดับที่ 1 (นักเรียนระดับชั้น 2-4)	ระดับที่ 2 (นักเรียนระดับชั้น 4-8)
ความเข้าใจในการอ่านศัพท์	ความเข้าใจในการอ่านศัพท์
ความแตกต่างของสิ่งที่ได้ยิน	การแยกพยางค์
การแยกพยางค์	ความแตกต่างของเสียง
เสียงต้นและท้ายคำ	ความกลมกลืนของเสียง
ความกลมกลืนของเสียง / ความแตกต่างของเสียง	อัตราความเร็วในการอ่าน

4.2 แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสแตนฟอร์ด (Stanford Diagnostic Arithmetic test: SDAT)

ตาราง 4 แบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของแอสตันฟอร์ด (SDAT)

ระดับที่ 1 (นักเรียนระดับชั้น 2-4)	ระดับที่ 2 (นักเรียนระดับชั้น 4-8)
มโนทัศน์ของจำนวนและตัวเลข	มโนทัศน์ของจำนวนและตัวเลข
การคำนวณ	การคำนวณเกี่ยวกับจำนวนเต็ม
ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับตัวเลข	เศษส่วนแท้ / เศษส่วน/ ทศนิยม/ ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับตัวเลข

5) แบบสำรวจคณิตศาสตร์ (Prescriptive Mathematics Inventory: PMI) สร้างสำนักทดสอบแคลิฟอร์เนีย (California Test Bureau) ในปี 1981 เป็นแบบทดสอบแนวใหม่มีสามระดับ คือ เกรด 4-5 เกรด 5-7 และ เกรด 7-8 แยกแบบทดสอบเป็นสามฉบับ มีจำนวนข้อสอบ 107-212 ข้อ วัดได้ครอบคลุมจุดประสงค์การสอนทั้งหมด 350 จุดประสงค์ เวลาที่ใช้ในการสอนตั้งแต่ 2-3 ชั่วโมงครึ่ง ใช้เครื่องตรวจนับคะแนน แยกรายงานเป็นสามชุด ซึ่งช่วยให้ครูใช้ในการสอนเสริมที่เหมาะสมต่อไป

3.6 แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกทั่วไป

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกทั่วไป (Ordinary multiple-choice tests) หรือเรียกอีกอย่างว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม (Classical diagnostic tests) หรือแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกหนึ่งลำดับชั้น (First-tier multiple-choice diagnostic tests) เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ตัวเลือกที่เป็นตัวลวงแต่ละตัวเลือกมาจากการวิเคราะห์ลักษณะความผิดพลาดของนักเรียนโดยอาจมาจากการทบทวนวรรณกรรม การสัมภาษณ์ การตอบของนักเรียน

สุวิมล เสวกสุริยวงศ์ (2553) ได้ศึกษาการสร้างแบบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์ โดยสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ พ.ศ.2523-2551 จำนวน 75 เล่ม ที่เป็นวิทยานิพนธ์ของระดับบัณฑิตศึกษา เช่น มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยรามคำแหง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาวิทยาลัยทักษิณ และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยข้อบกพร่องที่พบแยกตามช่วงชั้น จะพบว่าช่วงชั้นที่ 3 (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) มีจำนวน 33 เล่มคิดเป็นร้อยละ 44 โดยเรื่องที่น่ามาการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมากที่สุดในช่วงชั้นนี้คือ อัตราส่วนร้อยละ และสมการ มีจำนวนเรื่องละ 7 เล่ม รองลงมาคือ ช่วงชั้นที่ 2 (ระดับประถมศึกษา

ปีที่ 4-6) มีจำนวน 22 เล่มคิดเป็นร้อยละ 29.3 โดยเรื่องที่น่ามาการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมากที่สุดในช่วงชั้นนี้คือ ทศนิยมจำนวน 5 เล่ม ถัดมาคือ ช่วงชั้นที่ 4 (ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6) มีจำนวน 12 เล่มคิดเป็นร้อยละ 16 โดยเรื่องที่น่ามาการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมากที่สุดในช่วงชั้นนี้คือ เอกซ์โพเนนเชียลและลอการิทึม จำนวน 3 เล่ม และช่วงสุดท้ายคือ ช่วงชั้นที่ 1 (ระดับประถมศึกษาปีที่ 1-3) มีจำนวน 8 เล่มคิดเป็นร้อยละ 10.7 โดยเรื่องที่น่ามาการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยมากที่สุดในช่วงชั้นนี้คือ โจทย์ปัญหาจำนวน 3 เล่ม และข้อบกพร่องที่พบเมื่อจำแนกเป็นประเภทแบบทดสอบเพื่อทำการสำรวจจะพบว่าส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบเป็นแบบตอบสั้นและแสดงวิธีทำมีจำนวน 35 เล่มคิดเป็นร้อยละ 46.7 รองลงมาคือ แบบตอบสั้น และแสดงวิธีทำตามลำดับ แบบทดสอบวินิจฉัยที่พบในงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นแบบเลือกตอบชนิดหลายตัวเลือก ในด้านการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ พบว่า มีค่าความยากง่ายเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 ค่าอำนาจจำแนกส่วนใหญ่ใช้วิธีของเบรนนัน (Brenan) ส่วนในด้านการตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นพบว่า ส่วนใหญ่แบบทดสอบวินิจฉัยเน้นการหาความเชื่อมั่นด้านเนื้อหา (Content Validity) ส่วนสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84 โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีของโลเวท (Lovett Method)

พิชชานันท์ แมคคอร์มิค (2561) ได้ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียน เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ กลุ่มสาระการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาหนองบัวลำภู เขต 1 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 460 คน จาก 32 โรงเรียน โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบทดสอบเพื่อสำรวจจุดบกพร่องจำนวนสี่ฉบับ จำนวน 54 ข้อ ประกอบด้วย ฉบับที่หนึ่งเรื่องจำนวนนับ จำนวน 10 ข้อ ฉบับที่สองเรื่องทศนิยม จำนวน 20 ข้อ ฉบับที่สามเรื่องเศษส่วน จำนวน 14 ข้อ และฉบับที่ 4 เรื่อง ตัวประกอบ จำนวน 10 ข้อ และแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 54 ข้อ โดยผลการวิจัยพบว่า ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบโดยดูจากความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน มีค่า 0.9259 ส่วนในด้านคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยพบว่า ค่าความยากของฉบับที่หนึ่งถึงฉบับที่สี่มีค่าอยู่ตั้งแต่ 0.36 ถึง 0.75 และค่าอำนาจจำแนกของฉบับที่หนึ่งถึงฉบับที่สี่มีค่าอยู่ตั้งแต่ 0.45 ถึง 0.75 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (Standard error of measurement) ของแบบทดสอบวินิจฉัยครั้งที่หนึ่งมีค่าอยู่ตั้งแต่ 1.731 ถึง 1.998 ในครั้งที่สองมีค่าอยู่ตั้งแต่ 1.609 ถึง 2.047 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดผกผันกับความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ กล่าวคือ เมื่อแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดจะต่ำ โดยผลการวิเคราะห์หาจุดบกพร่องของนักเรียนพบว่า ฉบับที่หนึ่งเรื่อง จำนวนนับ พบจุดบกพร่องจำนวน

12 เรื่อง ซึ่งพบว่านักเรียนขาดทักษะด้านการหารมากที่สุด รองลงมา คือ ขาดทักษะด้านการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา และเรื่องที่พบน้อยที่สุดคือ การขาดทักษะด้านการบวก ฉบับที่สองเรื่อง ทศนิยม พบจุดบกพร่องจำนวน 13 เรื่อง ซึ่งพบว่านักเรียนขาดทักษะด้านการสร้างโจทย์ปัญหา ระคนมากที่สุด รองลงมา คือ ขาดทักษะด้านการหารทศนิยม และเรื่องที่พบน้อยที่สุดคือ การขาดความรอบคอบในการทำงาน ฉบับที่สามเรื่อง เศษส่วน พบจุดบกพร่องจำนวน 14 เรื่อง พบว่านักเรียนขาดทักษะด้านการบวกและการลบจำนวนมากที่สุด รองลงมา คือ ขาดทักษะด้านการบวกและการลบเศษส่วน และเรื่องที่พบน้อยที่สุดคือ นักเรียนไม่เข้าใจหลักการเขียนเศษส่วนในรูปทศนิยม และฉบับที่ 4 เรื่อง ตัวประกอบ พบจุดบกพร่องจำนวน 10 เรื่อง พบว่านักเรียนขาดทักษะด้านการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ห.ร.ม. และ ค.ร.น. มากที่สุด รองลงมา คือ ขาดทักษะด้านการหา ค.ร.น. และเรื่องที่พบน้อยที่สุดคือ นักเรียนไม่เข้าใจเรื่องจำนวนเฉพาะ

3.7 แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น (Two-tier multiple-choice tests)

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น สร้างขึ้นมาเพื่อลดข้อจำกัดแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกหนึ่งลำดับ คือ ข้อคำถามไม่สามารถให้ข้อมูลที่เพียงพอกับมโนทัศน์ของนักเรียนในเรื่องที่จะทดสอบ นักเรียนมีโอกาสเดา อาจทำข้อสอบได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถให้เห็นเหตุผลของคำตอบได้ ซึ่งไม่สามารถวัดทักษะทางการคิด การให้เหตุผลของนักเรียนจากแบบทดสอบ (อานูภาพ เลขะกุล, 2548) ด้วยเหตุนี้แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับจึงมีการพัฒนาขึ้นมาโดย Caleon and Subramaniam (2010) และ Treagust (1988) ได้เพิ่มชั้นที่เป็นส่วนของเหตุผลเข้ามา แบบทดสอบจึงประกอบด้วย 2 ลำดับขั้น คือ ชั้นคำตอบ (Answer tier) เป็นชั้นที่มีชุดคำถามที่เกี่ยวกับการประเมินความรู้ ข้อเท็จจริงที่เกี่ยวกับองค์ความรู้ของนักเรียนซึ่งรูปแบบข้อคำถามอาจจะเป็นรูปแบบถูกหรือผิด หรือเป็นแบบให้เลือกตอบหลายตัวเลือก และชั้นเหตุผล (Reason tier) เป็นชั้นที่มีการถามเหตุผลในการเลือกคำตอบในขั้นแรก ซึ่งเหตุผลเหล่านี้มาจากแบบทดสอบเลือกตอบหลายตัวเลือก แบบทดสอบอัตรนัย การสัมภาษณ์ และบทความต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาเป็นเหตุผลในแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้น โดยส่วนใหญ่รูปแบบของแบบทดสอบจะเป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกและอาจมีการเพิ่มตัวเลือกตอบปลายเปิดเพื่อให้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม

Treagust (1988) ได้อธิบายขั้นตอนของการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) กำหนดขอบเขตของเนื้อหา มโนทัศน์ จุดประสงค์การเรียนรู้ มีการเชื่อมโยงของเนื้อหา กับแผนผังมโนทัศน์ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดในเนื้อหาที่ต้องการทดสอบ ซึ่งเมื่อมีการเชื่อมโยงเนื้อหา กับแผนผังมโนทัศน์แล้ว จะต้องมีการศึกษาความสอดคล้องของเนื้อหา และมีการให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

2) พัฒนาแบบทดสอบปลายเปิดตามเนื้อหาที่ต้องการทดสอบ และนำไปทดลอง

3) วิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบทดสอบปลายเปิดของนักเรียน และระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบ และสัมภาษณ์เชิงลึกเพิ่มเติมเพื่อฟังคำอธิบายของนักเรียน

4) นำข้อมูลมาสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขึ้น โดยพัฒนา มาจากคำตอบที่นักเรียนที่ได้ตอบไว้ในคำถามปลายเปิด และได้ข้อมูลมาจากการสัมภาษณ์

งานวิจัยของ Jing –Ru Wang (วนิดา ภูเอี่ยม, 2550, น. 29-30, as cited in Chen & Lin, 2001) ได้อธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขึ้น ไว้ทั้งหมด 15 มีขั้นตอนอยู่ 3 ส่วน ดังนี้

1) การจำกัดเนื้อหาที่จะใช้ทำการทดสอบ มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาเนื้อหาและวิธีการสอนเกี่ยวกับเนื้อหาที่ต้องการจะสร้างแบบทดสอบ

1.2 ระบุนิยาม เนื้อหาที่สำคัญของเรื่องที่จะทำการทดสอบ

1.3 พัฒนาเนื้อหาให้เป็นแผนภาพมโนทัศน์

1.4 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคำนิยามกับแผนภาพมโนทัศน์

1.5 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

2) การระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ตรวจสอบความสัมพันธ์กับเนื้อหาหรืองานวิจัย

2.2 ฝึกครูผู้สอนให้มีทักษะในการวินิจฉัย

2.3 สัมภาษณ์เพื่อนำมาเป็นข้อมูลให้ทราบถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

2.4 พัฒนาแบบทดสอบหลายตัวเลือกโดยประกอบด้วยข้อคำถามและตัวเลือกในแบบทดสอบ

3) การพัฒนาเครื่องมือ มี 6 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 พัฒนาแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขึ้น

3.2 ออกแบบตัวปั้งชี้หรือคำตอบที่ถูกต้อง

3.3 ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจ มีการรับรองให้เป็นเครื่องมือ

3.4 นำแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับไปทดลองใช้

3.5 นำผลของข้อ 3.4 มาตรวจสอบให้เรียบร้อย

3.6 นำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น เช่น

งานวิจัยของ วนิตา ภูเอี่ยม (2550) ศึกษาการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมกับแบบสองระดับ มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกต้องทั้งขั้นคำตอบและขั้นเหตุผล ได้ 1 คะแนน จะเป็นกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง หากตอบถูกในขั้นใดขั้นหนึ่งหรือตอบผิดทั้งสองขั้นได้ 0 คะแนน จะเป็นกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ตัวอย่าง แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้นของ วนิตา ภูเอี่ยม (2550)

ขั้นคำตอบ คำถามคือ $-4 + (-3)$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. +7

ข. -7

ค. +1

ง. -1

ขั้นเหตุผล

ก. นำค่าสมบูรณ์มาบวกกันใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นบวก

ข. นำค่าสมบูรณ์มาบวกกันใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นลบ

ค. นำค่าสมบูรณ์มาลบกันใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นบวก

ง. นำค่าสมบูรณ์มาลบกันใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นลบ

จ. อื่นๆ

งานวิจัยของ Hilton, Hilton, Dole, and Goos (2013) ได้ศึกษาการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับขั้นเพื่อประเมินเรื่อง การให้เหตุผลเชิงสัดส่วนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยในขั้นคำตอบจะเป็นแบบทดสอบให้เลือกถูกหรือผิด ส่วนขั้นเหตุผลจะเป็นแบบหลายตัวเลือกให้เลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีการวิเคราะห์คะแนนเป็นรายข้อ ดังตาราง 5

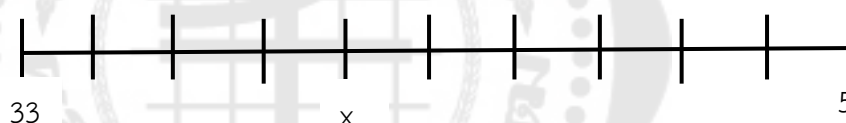
ตาราง 5 การวิเคราะห์คะแนนเป็นรายข้อในชั้นคำตอบและเหตุผล

ข้อ	ประเภทของการตอบ							
	TA	FA	TB	FB	TC	FC	TD	FD
1	3.5	2.3	7.8	36.3 ^a	30.7	5.4	10.8	3.3
2	1.9	7.8	7.7	30.9	16.4 ^a	11.1	7.0	17.1

^a คือประเภทการตอบที่ถูกต้องในแต่ละข้อ

T คือ เลือกชั้นคำตอบ ถูก F คือ เลือกชั้นคำตอบ ผิด
 A คือ เลือกชั้นเหตุผลข้อ A B คือ เลือกชั้นเหตุผลข้อ B
 C คือ เลือกชั้นเหตุผลข้อ C D คือ เลือกชั้นเหตุผลข้อ D

ตัวอย่าง แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้นของ Hilton et al. (2013)



ชั้นคำตอบ

คำถามคือ จากเส้นจำนวนที่กำหนด ค่า x ที่ได้ คือ 37 ถูกหรือผิด

ก. ถูก

ข. ผิด

ชั้นเหตุผล

ก. ค่า x ห่างจากจุดเริ่มเริ่มต้น 4 เซนติเมตร เพราะฉะนั้นค่า x คือ $33+4 = 37$

ข. ค่า x บนเส้นจำนวนมีค่าใกล้ 33 มากกว่า 53 ค่า x จึงเป็น 37

ค. ค่า x บนเส้นจำนวนมีค่าเกือบอยู่ตรงกลางซึ่งค่า 37 ก็เป็นค่าที่เหมาะสม

ง. ค่า x ห่างจากจุดเริ่มเริ่มต้น 8 เพราะฉะนั้นค่า x มากกว่า 33

งานวิจัย Yamtinah et al. (2019) ได้ศึกษาการระบุและวิเคราะห์หิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่อง สมดุลทางเคมี โดยระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น โดยชั้นคำตอบเป็นแบบให้เลือกตอบ 5 ตัวเลือก ชั้นเหตุผลเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีการให้คะแนนและการแปลความของการตอบ ดังตาราง 6

ตาราง 6 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น

ขั้นคำตอบ	ขั้นเหตุผล	คะแนน	การแปลผล
ตอบถูก	ตอบถูก	3 คะแนน	นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง
ตอบถูก	ตอบผิด	2 คะแนน	นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
ตอบผิด	ตอบถูก	1 คะแนน	นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
ตอบผิดหรือไม่ตอบ	ตอบผิดหรือไม่ตอบ	0 คะแนน	นักเรียนมีความเข้าใจไม่ถูกต้อง

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยที่มีการแบ่งการตอบเป็นสองลำดับขั้น คือ ขั้นเนื้อหาและเหตุผล เพื่อนำมาใช้ในการประเมินแนวคิด ความเข้าใจของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหากแบบทดสอบวินิจฉัยเลือกตอบสองระดับขั้นมีตัวเลือก 5 ตัวเลือกในทั้งสองระดับ โอกาสที่นักเรียนจะเดาแล้วเลือกคำตอบได้ถูกต้องมีเพียงร้อยละ 4 แต่ถ้าเป็นแบบทดสอบเลือกตอบแบบหนึ่งลำดับขั้น โอกาสที่นักเรียนจะเดาแล้วเลือกคำตอบได้ถูกต้องถึงร้อยละ 20 (Tuysuz, 2009) ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้นจึงมีประสิทธิภาพในการศึกษาหาจุดบกพร่องหรือค้นหาในทัศนคติที่คลาดเคลื่อนที่ดีกว่าแบบทดสอบเลือกตอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือแบบทดสอบเลือกตอบแบบหนึ่งระดับขั้น

3.8 แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับขั้น (Three-tier multiple-choice tests)

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับขั้น จึงมีการเพิ่มความมั่นใจ (Confidence tier: C tier) เป็นการตอบในลำดับที่สาม โดยมีการพัฒนาและปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น ซึ่งชั้นความมั่นใจเป็นการตอบในภาพรวมของขั้นคำตอบและเหตุผล เพราะแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้นมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถแยกประเภทนักเรียนที่ขาดความรู้ (lack of knowledge) หรือนักเรียนที่ตอบถูกจากการเดา ได้ออกจากนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) ซึ่งไม่สามารถทราบได้ว่านักเรียนที่ตอบถูก ตอบถูกจากการเดาหรือตอบถูกจากความเข้าใจ (Hasan, Bagayoko, & Kelley, 1999) และจากงานวิจัยของ Lin et al. (2016) พบว่า นักเรียนที่ให้คำตอบที่ถูกต้องในขั้นคำตอบ (Answer tier) มีประมาณร้อยละ 45 และให้คำตอบที่ถูกต้องในขั้นเหตุผล (Reason tier) มีประมาณร้อยละ 23 ซึ่งมีโอกาสสูงที่นักเรียนจะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพราะนักเรียนที่ตอบในขั้นเนื้อหาและขั้นเหตุผลถูกต้องแต่ไม่สามารถแยกได้ว่า ตอบถูกต้องมาจากการมีความเข้าใจที่แท้จริงหรือมาจากการเดา เพราะฉะนั้นจากข้อจำกัดของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสอง

ลำดับชั้น จึงมีการนำมาตราประมาณค่าความมั่นใจ (confidence rating) มาเป็นมาตรวัดระดับความมั่นใจของการตอบในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล เพื่อวัดระดับความมั่นใจของนักเรียนว่ามีความมั่นใจมากน้อยเพียงใด (Caleon & Subramaniam, 2010) โดยชั้นของความมั่นใจสามารถให้ข้อมูลในการวินิจฉัยคือ การตอบด้วยความมั่นใจระดับต่ำจะบ่งบอกประเภทของนักเรียนที่ขาดความรู้ (lack of knowledge) ซึ่งอาจจะมาจากการที่ตอบคำตอบ (Answer tier) ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง ส่วนการตอบด้วยความมั่นใจระดับสูงจะบ่งบอกประเภทของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้อง มีความรอบคอบ โดยมีความเชื่อว่าความมั่นใจที่ดีควรสูงเมื่อคำตอบถูกต้อง และความมั่นใจที่ต่ำเมื่อคำตอบผิด เพราะฉะนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น โดยงานวิจัยของ Arslan, Cigdemoglu, and Moseley (2012) ได้พัฒนาและตรวจสอบแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของครูฝึกสอนในเรื่องภาวะโลกร้อน ภาวะเรือนกระจก ภาวะการลดลงของชั้นโอโซน และภาวะฝนกรด โดยมีการแปลความหมายรูปแบบการตอบของนักเรียนได้ดังตาราง 7

ตาราง 7 การแปลรูปแบบการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น

ชั้นคำตอบ	ชั้นเหตุผล	ชั้นความมั่นใจของคำตอบและเหตุผล	การแปลความ
ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง
ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบถูกเพราะเดาหรือขาดความมั่นใจ
ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแบบผลบวกวง
ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้
ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลลบวง
ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้
ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ขาดความรู้

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น
งานวิจัยของ มนต์สิริ อินทร์สวาท (2559) ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของ
แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามระดับชั้นสำหรับมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับ
ความมั่นใจที่แตกต่างกัน โดยในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล มีการให้คะแนนเหมือนกัน คือ หากตอบ
ถูกในแต่ละชั้น คือ 1 คะแนน และตอบผิด คือ 0 คะแนน ส่วนชั้นความมั่นใจ เลือกมั่นใจ ไม่แน่ใจ
และไม่มั่นใจ คือ 2, 1 และ 0 คะแนน ตามลำดับ และจากคำตอบของนักเรียนสามารถจัดรูปแบบ
การตอบได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดในการตอบของแต่ละชั้นดังตาราง 8

ตาราง 8 รูปแบบการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นที่มีความมั่นใจ 3
ระดับ คือ มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่แน่ใจ

ชั้นคำตอบ	ชั้นเหตุผล	ชั้นความมั่นใจของคำตอบและเหตุผล	การลงรหัสของการตอบ	การแปลความ
ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	1, 1, 2	กลุ่มนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่ถูกต้อง
ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	1, 0, 2	
ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	0, 1, 2	กลุ่มนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	0, 0, 2	
ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่แน่ใจ	1, 1, 1	กลุ่มนักเรียนที่ได้คำตอบถูก
ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	1, 1, 0	
ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	1, 0, 1	กลุ่มนักเรียนขาดความรู้
ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	0, 1, 1	
ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	0, 0, 1	
ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	1, 0, 0	
ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	0, 1, 0	
ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	0, 0, 0	

ตัวอย่าง ข้อคำถามของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นของมนัสสิริ อินทร์สวาท (2559)

ขั้นคำตอบ คำถามคือ ความสัมพันธ์ในข้อใดเป็นฟังก์ชัน

ก. $\{(0, -1), (1, -1), (0, 3)\}$

ข. $\{(2, 3), (4, 3), (3, 2)\}$

ค. $\{(-4, 3), (-3, 2), (-4, 1)\}$

ง. $\{(0, 3), (3, 0), (0, -3)\}$

ขั้นเหตุผล เหตุผลของขั้นคำตอบ

ก. คู่อันดับที่มีสมาชิกตัวหน้าเท่ากันแต่สมาชิกตัวหลังไม่เท่ากัน

ข. ไม่มีสองคู่อันดับใดที่มีสมาชิกตัวหน้าซ้ำกัน

ค. คู่อันดับมีสมาชิกตัวหลังไม่ซ้ำกัน

ง. มีคู่อันดับบางคู่ที่มีสมาชิกตัวหน้าไม่เท่ากันแต่สมาชิกตัวหลังเท่ากัน

ขั้นความมั่นใจของคำตอบและเหตุผล

ก. มั่นใจ

ข. ไม่มั่นใจ

ค. ไม่มั่นใจ

งานวิจัยของ Arslan et al. (2012) ทำการพัฒนาและตรวจสอบแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้นเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของครูฝึกสอนในเรื่อง ภาวะโลกร้อน ภาวะเรือนกระจก ภาวะการลดลงของชั้นโอโซน และภาวะฝนกรด และงานวิจัยของ Taslidere (2016) ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้นเพื่อนำมาวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เรื่อง ไฟโตอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีขั้นความมั่นใจอยู่ระดับคือ มั่นใจ และไม่มั่นใจ ซึ่งงานวิจัยทั้งสองได้มีการกำหนดรูปแบบของคะแนนสำหรับการตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้น โดยสามารถอธิบายได้ดังภาพประกอบ 4 และมีรายละเอียดดังนี้

1) การให้คะแนนในขั้นของคำตอบ (Answer tier or first-tier scores: A-tier) นักเรียนตอบคำถามถูกในขั้นคำตอบได้ 1 คะแนน หากตอบผิดได้ 0 คะแนน

2) การให้คะแนนในขั้นคำตอบและเหตุผล (Answer and Reason tiers or both-tiers scores: B-tiers) นักเรียนต้องตอบคำถามถูกในขั้นของคำตอบและเหตุผลได้ 1 คะแนน หากตอบถูกเพียงขั้นเดียว หรือผิดทั้งสองขั้นจะได้ 0 คะแนน

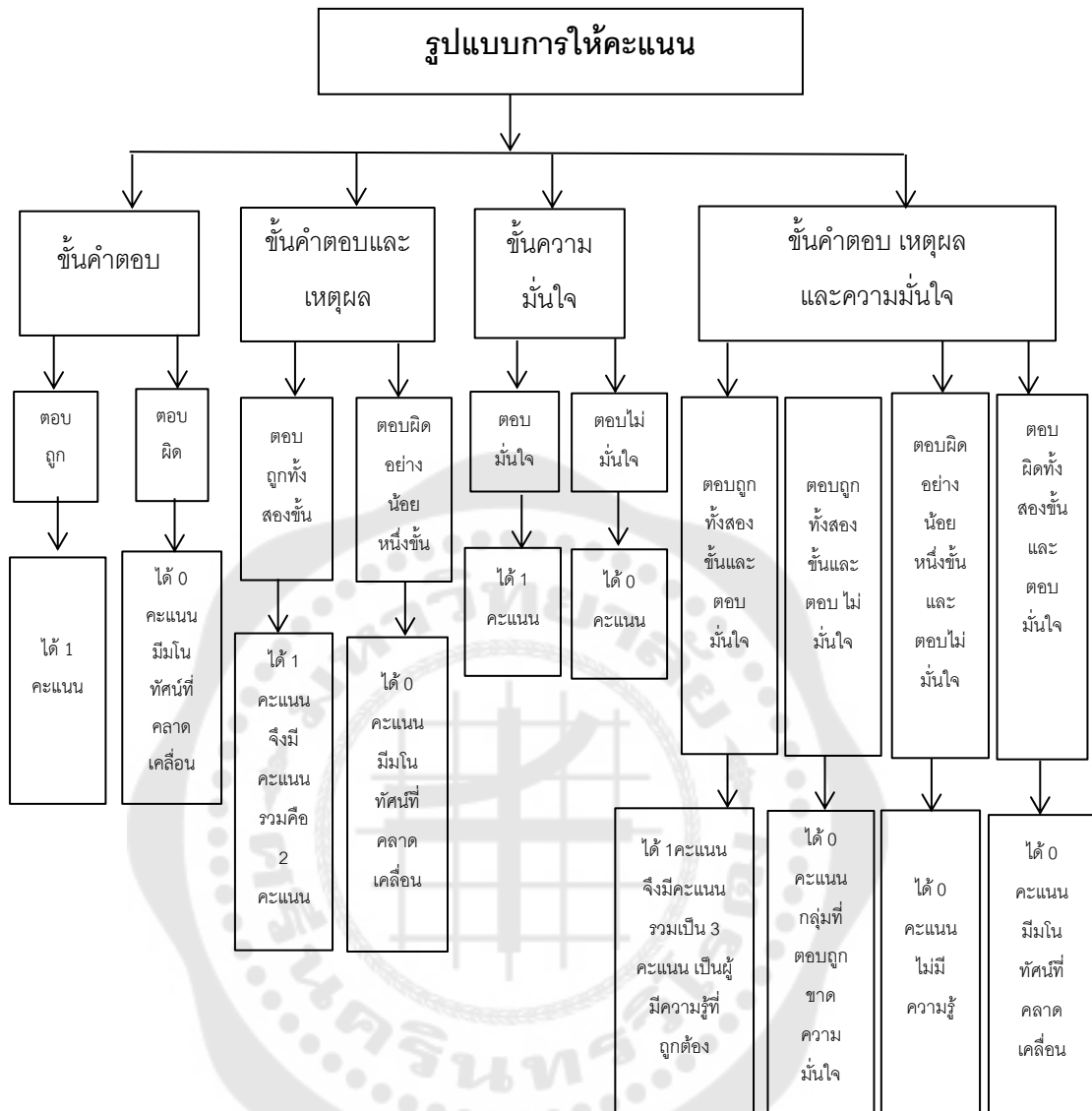
3) การให้คะแนนในชั้นของคำตอบ เหตุผล และความมั่นใจ (Answer, Reason and Confidence tiers or total scores) นักเรียนต้องตอบคำถามถูกต้องในชั้นคำตอบและชั้นของเหตุผล และตอบว่า “มั่นใจ” ในระดับความมั่นใจ จึงได้คะแนน 1 คะแนน ถ้านอกเหนือจากนี้จะได้ 0 คะแนน

นักเรียนได้คะแนนรวม 1 คะแนน แสดงว่า นักเรียนตอบถูกในชั้นคำตอบ

นักเรียนได้คะแนนรวม 2 คะแนน แสดงว่า นักเรียนตอบถูกในชั้นคำตอบและเหตุผล

นักเรียนได้คะแนนรวม 3 คะแนน แสดงว่า นักเรียนตอบถูกในชั้นคำตอบและเหตุผล และตอบมั่นใจในชั้นของความมั่นใจ

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นสามารถจำแนกการตอบของนักเรียนที่ตอบผิดได้ว่าเป็นกลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน และกลุ่มที่ไม่มีความรู้หรือเกิดจากความผิดพลาดในการตอบ แต่ก็ยังมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจนของชั้นความมั่นใจในคำตอบของนักเรียน เพราะหากนักเรียนมีระดับความมั่นใจในการตอบในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผลที่แตกต่างกัน



ภาพประกอบ 4 การให้คะแนนของรูปแบบของการตอบคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น

3.9 แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น (Four-tier multiple-choice tests)

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นได้ถูกพัฒนาในปี 2009 โดย Caleon & Subramaniam ทำการพัฒนาและปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้นของ Treagust ในปี 1988 โดยมีการแยกชั้นความมั่นใจของคำตอบและเหตุผลออกจากกันเป็นชั้นความมั่นใจของคำตอบ (Confidence of answer tier: CA tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (Confidence of reason tier: CR tier) ทำให้การตอบระดับความมั่นใจมี 2 ครั้ง เนื่องจากระดับความมั่นใจที่นักเรียนตอบในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นไม่สามารถระบุได้

ชัดเจนว่านักเรียนมั่นใจในขั้นใดหรือมั่นใจทั้งสองขั้น เพราะระดับความมั่นใจมีขั้นเดียว ซึ่งคำตอบที่นักเรียนตอบมั่นใจหรือไม่มั่นใจ อาจมาจากการที่นักเรียนไม่แน่ใจอย่างน้อยหนึ่งขั้นจึงทำให้คะแนนที่ถูกต้องอาจมีการประเมินที่สูงเกินความเป็นจริง จึงมีการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับเพื่อให้ผลการการวินิจฉัยนักเรียนมีความละเอียดมากกว่า (Gurel et al., 2015) โดยมีรูปแบบการตอบและการแปลความหมายของการตอบในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขึ้นดังตาราง 9

ตาราง 9 รูปแบบการตอบและการแปลความหมายของการตอบจากแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น

ขั้นที่ 1 คำตอบ	ขั้นที่ 2 มั่นใจ ในคำตอบ	ขั้นที่ 3 เหตุผล	ขั้นที่ 4 มั่นใจ ในเหตุผล	การแปลความ
ตอบถูก	มั่นใจ	ตอบถูก	มั่นใจ	มีมีโนทัศน์ที่ถูกต้อง
ตอบถูก	มั่นใจ	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบถูก	มั่นใจ	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบผิด	มั่นใจ	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบผิด	มั่นใจ	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่มีความรู้
ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบถูกเพราะเดาหรือขาดความมั่นใจ
ตอบถูก	มั่นใจ	ตอบผิด	มั่นใจ	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลบวกวง
ตอบผิด	มั่นใจ	ตอบถูก	มั่นใจ	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลลบวง
ตอบผิด	มั่นใจ	ตอบผิด	มั่นใจ	มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ที่มา: Gurel et al. (2015)

โดยรูปแบบของการตอบในแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นและสี่ลำดับขั้นสามารถจำแนกกลุ่มของนักเรียนได้เป็น 4 ประเภท และแบ่งเป็น 6 กลุ่มย่อย โดยมีรายละเอียดคือ

1) กลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) นักเรียนที่มีรูปแบบของการตอบคำถามในขั้นคำตอบ เหตุผล และความมั่นใจ คือ ถูก ถูก และมั่นใจ ตามลำดับ

2) กลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) แบ่งได้ 3 ประเภท คือ

2.1 นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลบวกลวง (False positive: FP) นักเรียนที่มีรูปแบบของการตอบคำถามในขั้นคำตอบ เหตุผล และความมั่นใจ คือ ถูก ผิด และมั่นใจ ตามลำดับ ซึ่งเป็นการบอกว่านักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่ถูกต้อง แต่ในความเป็นจริงไม่มีความรู้หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

2.2 นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลลบลวง (False negative: FN) นักเรียนที่มีรูปแบบของการตอบคำถามในขั้นคำตอบ เหตุผล และความมั่นใจ คือ ผิด ถูก และมั่นใจ ตามลำดับ ซึ่งเป็นการบอกว่านักเรียนมีความรู้หรือมีความเข้าใจไม่ถูกต้อง แต่ในความเป็นจริงมีความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่แสดงคำตอบที่ผิด

2.3 นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) นักเรียนที่มีรูปแบบของการตอบคำถามในขั้นคำตอบ เหตุผล และความมั่นใจ คือ ผิด ผิด และมั่นใจ ตามลำดับ

ในงานวิจัยของ Hestenes and Halloun (1995) Arslan et al. (2012) และ Anggrayni and Ermawati (2019) ได้แสดงหลักฐานว่า จำนวนของการตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลบวกลวง (False positive) คือ ตอบถูกในขั้นคำตอบแต่ตอบผิดในขั้นเหตุผลและมีความมั่นใจ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลลบ (False negative) คือ ตอบผิดในขั้นคำตอบแต่ตอบถูกในขั้นเหตุผลและมีความมั่นใจ ควรมีค่าน้อยที่สุดและควรมีค่าที่น้อยกว่าร้อยละ 10 เพราะเป็นค่าที่แสดงถึงความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เนื่องจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลบวกลวงและแบบผลลบลวง แสดงถึงความคลาดเคลื่อนของการประเมินของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายลำดับขั้น และจากงานวิจัยของ Arslan et al.(2012) ได้อธิบายว่า การที่นักเรียนตอบคำถามถูกในขั้นคำตอบอาจมีการเดาคำตอบในขั้นเหตุผล เนื่องจากตัวเลือกในสองขั้นนี้มีความสัมพันธ์กัน จึงมีความเป็นไปได้ที่นักเรียนจะมีการตอบแบบทดสอบที่เกิดจากการตอบถูกจากการเดาหรือขาดความมั่นใจในการตอบ

3) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) นักเรียนที่มีรูปแบบของการตอบคำถามโดยตอบผิดอย่างน้อยหนึ่งขั้นในขั้นคำตอบหรือเหตุผล และขั้นของความมั่นใจ ตอบไม่

มั่นใจ โดยมีรูปแบบการตอบคำถามในชั้นคำตอบ เหตุผล และความมั่นใจ คือ ถูก ผิด และไม่มั่นใจ หรือ ผิด ถูก และไม่มั่นใจ และ ผิด ผิด และไม่มั่นใจ ตามลำดับ

4) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (Luck guess: LG) หรือกลุ่มนักเรียนที่ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) นักเรียนมีรูปแบบของการตอบคำถามในชั้นคำตอบ เหตุผล และความมั่นใจ คือ ถูก ถูก และไม่มั่นใจ ตามลำดับ

การแปลความหมายของรูปแบบการการตอบแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้น และสี่ลำดับชั้นมีจุดที่แตกต่างกันก็คือ กลุ่มนักเรียนที่มาจากขาดความรู้ (lack of knowledge) โดยหากในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น กลุ่มนักเรียนที่อยู่ในประเภทขาดความรู้จะมีรูปแบบของการตอบจำนวน 3 รูปแบบ คือ กลุ่มนักเรียนที่ตอบผิดอย่างน้อยหนึ่งชั้นในชั้นคำตอบ หรือเหตุผล แลชั้นความมั่นใจ ตอบไม่มั่นใจ ส่วนแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น มีรูปแบบของการตอบทั้งหมดจำนวน 11 รูปแบบ ซึ่งจำนวนรูปแบบของการตอบที่เพิ่มขึ้นมาจากชั้นความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผลแยกออกจากกัน โดยแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง 9 ซึ่งประกอบไปด้วยรูปแบบการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นจำนวน 8 รูปแบบ และ 16 รูปแบบจากการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น ซึ่งจากตารางจะพบว่าจุดที่แตกต่างกันคือ กลุ่มนักเรียนที่มาจากขาดความรู้ (lack of knowledge) ของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นจะมีจำนวนที่มากกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น โดยตาราง 10 จะมีข้อมูลที่แตกต่างกันจากตาราง 9 คือ ตาราง 9 เป็นการแสดงรูปแบบการตอบเฉพาะการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นแต่ตาราง 10 จะเป็นการแสดงรูปแบบการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นและสี่ลำดับชั้นไว้ด้วยกัน เพื่อให้เห็นรูปแบบการตอบที่เพิ่มขึ้นมากจากตอบแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

ตาราง 10 รูปแบบการตอบของนักเรียนใน 6 กลุ่ม ของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นและสี่ระดับชั้น

รูปแบบการตอบของนักเรียน	ชั้นคำตอบ (A tier)	ชั้นเหตุผล (R tier)	ชั้นมั่นใจ คำตอบ และเหตุผล (C tier)	ชั้นมั่นใจ คำตอบ (CA tier)	ชั้นมั่นใจ เหตุผล (CR tier)
1. นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	มั่นใจ	มั่นใจ
2. นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC)	ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	มั่นใจ	มั่นใจ
3. นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลบวกหลง (False positive: FP)	ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	มั่นใจ	มั่นใจ
4. นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลลบหลง (False negative: FN)	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	มั่นใจ	มั่นใจ
5. นักเรียนที่ได้คำตอบถูกต้อง (Luck guess: LG)	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่มั่นใจ	ไม่มั่นใจ
6. นักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK)	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่มั่นใจ	ไม่มั่นใจ
	ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่มั่นใจ	ไม่มั่นใจ
	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่มั่นใจ	ไม่มั่นใจ
	ตอบถูก	ตอบถูก	-	มั่นใจ	ไม่มั่นใจ
	ตอบถูก	ตอบถูก	-	ไม่มั่นใจ	มั่นใจ
	ตอบถูก	ตอบผิด	-	มั่นใจ	ไม่มั่นใจ
	ตอบถูก	ตอบผิด	-	ไม่มั่นใจ	มั่นใจ
	ตอบผิด	ตอบถูก	-	มั่นใจ	ไม่มั่นใจ
	ตอบผิด	ตอบถูก	-	ไม่มั่นใจ	มั่นใจ
	ตอบผิด	ตอบผิด	-	มั่นใจ	ไม่มั่นใจ
	ตอบผิด	ตอบผิด	-	ไม่มั่นใจ	มั่นใจ

ที่มา: Gurel et al. (2015) และ Arslan et al. (2012)

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

งานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับชั้นเพื่อวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา เรื่อง คลื่น มีเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับชั้น คือ

1) การให้คะแนนในชั้นของคำตอบ (A-tier) นักเรียนตอบคำถามถูกในชั้นคำตอบได้ 1 คะแนน หากตอบผิดได้ 0 คะแนน

2) การให้คะแนนในชั้นของเหตุผล (R-tier) นักเรียนตอบคำถามถูกในชั้นเหตุผลได้ 1 คะแนน หากตอบผิดได้ 0 คะแนน

3) การให้คะแนนในชั้นคำตอบและเหตุผล (Answer and Reason tiers or both-tiers scores: B-tiers) นักเรียนต้องตอบคำถามถูกต้องในชั้นของคำตอบและเหตุผลได้ 1 คะแนน หากตอบถูกเพียงระดับใดระดับหนึ่ง หรือผิดทั้งสองระดับจะได้ 0 คะแนน

4) การคิดคะแนนความมั่นใจของชั้นคำตอบและเหตุผล มีรายละเอียดดังนี้

4.1) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (Mean confidence of students for tier or item: CF) คือ ผลรวมคะแนนความมั่นใจทั้งหมดหาร ด้วยคะแนนรวมของความมั่นใจ

4.2) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ถูกต้อง (Mean confidence of students who gave correct responses for tier or item: CFC) คือ ผลรวมคะแนนความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบถูกต้องหาร ด้วยคะแนนรวมของความมั่นใจ

4.3) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ผิด (Mean confidence of students who gave incorrect responses for tier or item: CFW) คือ ผลรวมคะแนนความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบผิดหาร ด้วยคะแนนรวมของความมั่นใจ

4.4) คะแนนความมั่นใจในการจำแนก (Mean Confidence discrimination quotient: CDQ) มีค่าเท่ากับ $\frac{CFC - CFW}{\text{ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความมั่นใจ}}$ ซึ่งค่าของ CDQ เป็นค่าที่บ่งบอกว่า

แบบทดสอบสามารถจำแนกระหว่างนักเรียนที่รู้และนักเรียนที่ไม่รู้ ซึ่งค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ควรมีค่าเป็นค่าบวก เนื่องจากเป็นผลต่างของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ถูกต้องกับคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ผิด

แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับชั้นของ Caleon and Subramaniam (2010) ได้กำหนดระดับความมั่นใจแบบมาตราปรมาณค่าของลิเคิร์ต 6 ระดับ จากระดับที่หนึ่งถึงระดับที่หก คือ เดา ไม่นับใจมาก ไม่นับใจ นับใจ นับใจมาก และนับใจมากที่สุด ตามลำดับ แล้วนำข้อมูลค่าความมั่นใจมาจำแนกกลุ่มมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ดังนี้

1) กลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่มีนัยสำคัญ (Significant Alternative Conceptions) คือ กลุ่มที่ตอบคำถามในแบบทดสอบขั้นคำตอบและเหตุผลผิด อย่างน้อยร้อยละ 10 จากกลุ่มตัวอย่าง

2) กลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่เด่นชัดหรือชัดเจนอย่างมาก (Strong Alternative Conceptions) คือ กลุ่มที่ตอบคำถามในแบบทดสอบขั้นคำตอบและเหตุผลผิด และมีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (Mean confidence of students for tier or item: CF) มากกว่า 4

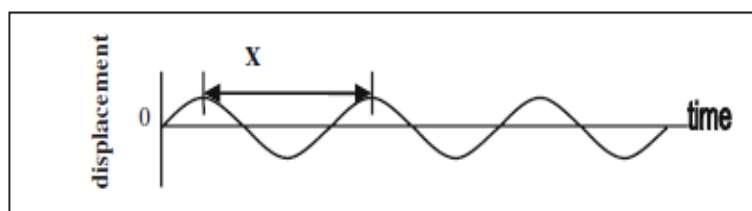
3) กลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่เด่นชัดหรือชัดเจนมาก (Moderate Alternative Conceptions) คือ กลุ่มที่ตอบคำถามในแบบทดสอบขั้นคำตอบและเหตุผลผิด และมีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (Mean confidence of students for tier or item: CF) มากกว่า 3.5 แต่น้อยกว่า 4.0

4) กลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่เด่นชัดหรือชัดเจน (Genuine Alternative Conceptions) คือ กลุ่มที่ตอบคำถามในแบบทดสอบขั้นคำตอบและเหตุผลผิด และมีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (Mean confidence of students for tier or item: CF) มากกว่า 3.5

5) กลุ่มที่คาดว่าจะมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Spurious Alternative Conceptions) คือ กลุ่มที่ตอบคำถามในแบบทดสอบขั้นคำตอบและเหตุผลผิด และมีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (Mean confidence of students for tier or item: CF) น้อยกว่า 3.5

ตัวอย่าง ข้อคำถามของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้นของ Caleon and Subramaniam (2010)

คำถามคือ กราฟในรูปด้านล่างมีการแสดงเคลื่อนที่ของอนุภาคในระดับปานกลางกับเวลาที่คลื่นแพร่กระจายโดยผ่านตัวกลางจงหาว่าเครื่องหมาย X คือสิ่งใด



ขั้นคำตอบ

ก. ความถี่

ข. คาบ

ค. ความยาวคลื่น

ชั้นความมั่นใจของคำตอบ

- ก. เด่า
- ข. ไม่มั่นใจมาก
- ค. ไม่มั่นใจ
- ง. มั่นใจ
- จ. มั่นใจมาก
- ฉ. มั่นใจมากที่สุด

ชั้นเหตุผล เหตุผลของชั้นคำตอบ

- ก. ค่า X คือ ระยะห่างระหว่างจุดยอดของ 2 จุดของคลื่นในกราฟ
- ข. ค่า X คือ ระยะห่างระหว่างสองจุดใด ๆ ที่กระจัดสูงสุดของอนุภาคที่เกิดขึ้น
- ค. ค่า X คือ ช่วงเวลาสำหรับอนุภาคของคลื่นที่เคลื่อนที่ครบรอบหนึ่งรอบ
- ง. ค่า X คือ จำนวนของคลื่นที่สมบูรณ์ที่ผ่านอนุภาคในเวลาที่กำหนด

ชั้นความมั่นใจของเหตุผล

- ก. เด่า
- ข. ไม่มั่นใจมาก
- ค. ไม่มั่นใจ
- ง. มั่นใจ
- จ. มั่นใจมาก
- ฉ. มั่นใจมากที่สุด

งานวิจัยของ D. C. Yang and Lin (2015) ศึกษาการประเมินผลสัมฤทธิ์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ความรู้ลึกเชิงจำนวนของนักเรียนอายุ 10 ถึง 11 ปี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยดีลำดับชั้น ซึ่งมีการประยุกต์การคิดคะแนนความมั่นใจของชั้นคำตอบและเหตุผล และมีการนำค่าของกลุ่มที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่มีนัยสำคัญร้อยละ 10 ของงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) มาประยุกต์ใช้งานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้และตาราง 11 และ 12

โดยงานวิจัยนี้มีเกณฑ์การประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ดังนี้

1) นักเรียนที่ตอบในชั้นคำตอบ หากตอบผิดมากกว่า 35% (25% + 10%) แสดงว่ามีนัยสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งชั้นคำตอบในแต่ละข้อมีตัวเลือก 4 ตัวเลือก

2) นักเรียนที่ตอบชั้นเหตุผล หากตอบผิดมากกว่า 21% (11% + 10%) แสดงว่ามีนัยสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งในชั้นเหตุผลในแต่ละข้อมีการตัวเลือกรวม 9 เหตุผล เพราะมีการแยกเหตุผลในแต่ละข้อของคำตอบ

3) ในชั้นความมั่นใจของคำตอบและเหตุผล เป็นแบบมาตราประมาณค่าของลิเคิร์ต 4 ค่า ดังนี้ เดา = 0 ไม่มั่นใจ = 1 มั่นใจ = 2 และมั่นใจมาก = 3 โดยมีเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

3.1 ค่าเฉลี่ยของความมั่นใจในชั้นคำตอบ (ACONF) หรือชั้นเหตุผล (RCONF) มากกว่า 1.8 แสดงว่า มีนัยสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสูง

3.2 ค่าเฉลี่ยของความมั่นใจในชั้นคำตอบ (ACONF) หรือชั้นเหตุผล (RCONF) มากกว่า 1.5 แต่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.8 แสดงว่า มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนปานกลาง

3.3 ค่าเฉลี่ยระดับความมั่นใจในชั้นคำตอบ (ACONF) หรือชั้นเหตุผล (RCONF) น้อยกว่า 1.5 แสดงว่า ไม่มีนัยสำคัญของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ตาราง 11 ค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกต้องในชั้นคำตอบและเหตุผล และแสดงค่าเฉลี่ยของความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล โดยแสดงค่าในแต่ละด้านของแบบทดสอบ

ด้าน	ANS	SD.	ACONF	SD.	RSN	SD.	RCONF	SD.	ACONF-RCONF
F1	53%	0.20	1.84	0.56	26%	0.20	1.62	0.70	7.83*
F2	49%	0.28	1.92	0.60	19%	0.18	1.61	0.72	9.80*
F3	49%	0.21	1.79	0.59	27%	0.20	1.55	0.75	7.96*
F4	44%	0.22	1.85	0.58	40%	0.16	1.59	0.74	7.95*
F5	47%	0.22	1.90	0.58	58%	0.16	1.68	0.70	7.22*
รวม	48%	0.17	1.86	0.55	55%	0.20	1.61	0.69	9.26*

มีจำนวน 195 คน ANS คือ ร้อยละจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในชั้นคำตอบ

ACONF คือ ค่าเฉลี่ยความมั่นใจในชั้นคำตอบ RSN คือ ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในชั้นเหตุผล

RCONF คือ ค่าเฉลี่ยของความมั่นใจในชั้นเหตุผล

ACONF-RCONF คือ ค่า t-test ที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างชั้นความมั่นใจของคำตอบและเหตุผล

F1 คือ การความเข้าใจในความหมายของจำนวนและการดำเนินการ F2 คือ การรับรู้ขนาดของจำนวน

F3 คือ การเลือกรูปแบบการแสดงผลของจำนวนและการดำเนินการ F4 คือ การรับรู้ผลของการดำเนินการของ

จำนวน และ F5 คือ การตัดสินใจความสมเหตุสมผลของการคำนวณ

*p < 0.01

ตาราง 12 คะแนนความมั่นใจที่แตกต่างกันระหว่างนักเรียนที่ตอบถูกและผิด

ด้าน	C-ACONF	IN-ACONF	Δ ANS	C-RCONF	IN-RCONF	Δ RSN
F1	2.00	1.67	0.59	2.16	1.43	1.04
F2	2.12	1.74	0.63	2.18	1.48	0.97
F3	1.94	1.65	0.49	2.16	1.32	1.12
F4	2.01	1.73	0.48	2.24	1.49	1.01
F5	2.02	1.81	0.36	2.10	1.61	0.70
รวม	2.02	1.72	0.55	2.17	1.47	1.01

C-ACONF คือ คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบข้อคำตอบถูก
 IN-ACONF คือ คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบข้อคำตอบผิด
 Δ ANS คือ $\frac{(C-ACONF)-(IN-ACONF)}{\text{ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความมั่นใจ}}$
 C-RCONF คือ คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบข้อเหตุผลถูก
 IN-RCONF คือ คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบข้อเหตุผลผิด
 Δ RSN คือ $\frac{(C-RCONF)-(IN-RCONF)}{\text{ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความมั่นใจ}}$

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น ทำให้พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นสามารถวิเคราะห์และจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการตอบแบบทดสอบได้รายละเอียดที่ชัดเจนกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบอื่น และงานวิจัยของ D. C. Yang and Lin (2015) และ Caleon and Subramaniam (2010) มีหลักเกณฑ์การคิดคะแนนของคำตอบในแต่ละชั้นได้ชัดเจน แต่อาจมีรูปแบบในการนำเสนอที่แตกต่างกัน

4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกหลายลำดับชั้น

4.1 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือก

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบเป็นคุณสมบัติเบื้องต้นของแบบทดสอบ เพื่อให้ได้ข้อมูลของแบบทดสอบที่ถูกต้องและมีคุณภาพ เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยมีรายละเอียดการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบอิงเกณฑ์ ดังนี้

- 1) ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ (Validity)
- 2) ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability)
- 3) ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (Difficulty index or power of difficulty: p) และ
- 4) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (Discrimination: D)

1. ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ (Validity)

ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ (Validity) เป็นคุณสมบัติหนึ่งที่สำคัญของแบบทดสอบ หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 99 และ 164) กล่าวว่า ความเที่ยงตรง เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องมือวัด ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณภาพของเครื่องมือในด้านความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือที่วัด ทำให้สามารถนำคะแนนที่ได้ไปแปลความหมายถึงสิ่งที่ต้องการมุ่งวัดได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริง เพราะว่าถ้าผลจากการวัดมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงมากเพียงใด ก็ถือว่าการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้น แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูงจะเป็นเครื่องมือที่วัดคุณลักษณะที่ต้องการได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด ดังนั้นความเที่ยงตรงจึงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือหรือแบบทดสอบ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1) ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) เป็นคุณสมบัติของแบบทดสอบว่า แบบทดสอบได้วัดในเนื้อหาที่ต้องการวัดอย่างถูกต้องและครอบคลุม และเป็นตัวแทนของมวลเนื้อหาที่ต้องการมุ่งวัด นิยมตรวจสอบโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

2) ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) เป็นคุณสมบัติของแบบทดสอบว่า แบบทดสอบได้วัดคุณลักษณะที่มุ่งวัดได้สอดคล้องกับโครงสร้าง และความหมายของทางทฤษฎีของคุณลักษณะที่มุ่งวัด นิยมตรวจสอบโดย การตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ การเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มที่ทราบผลแล้ว การทดลอง การวิเคราะห์เมตริกซ์พหุลักษณะ-พหุวิธี (MTMM) และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ

3) ความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion related validity) เป็นคุณสมบัติของแบบทดสอบว่า แบบทดสอบได้ให้ผลการวัดที่สอดคล้องกับคุณลักษณะหรือสิ่งที่ต้องการวัดได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอก นิยมตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดกับคะแนนที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐานอื่นที่สามารถวัดสิ่งนั้นได้ในสภาพปัจจุบันหรือสภาพที่เกิดขึ้นในอนาคต

ล้วน สายยศ และ อังคนา สายยศ (2543, น. 196) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบอิงเกณฑ์เกี่ยวกับความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาว่า เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามเนื้อหาที่ต้องการจะวัด ส่วนความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ คือ คุณภาพของเครื่องมือที่เอาผลการวัดของแบบทดสอบไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่ต้องการ ส่วนเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง คือ คุณภาพของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือตามทฤษฎีต่าง ๆ ของโครงสร้างนั้น

บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์ (2526, น. 88-89) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อสอบอิงเกณฑ์ว่า เป็นการประเมินคุณภาพรายข้อและคุณภาพที่สำคัญของข้อสอบอิงเกณฑ์ คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

1) ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบอิงเกณฑ์ หมายถึง ความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมที่ข้อสอบวัดได้กับพฤติกรรมที่ระบุไว้ในจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2) ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของข้อสอบอิงเกณฑ์ หมายถึง คุณลักษณะภายในตัวผู้สอบที่แสดงถึงการมีความสามารถครบถ้วนตามจุดประสงค์ และข้อสอบสามารถวัดออกมาได้ว่าเป็นผู้รอบรู้ และเป็นผู้ไม่มีความรอบรู้

2. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability)

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) คือ ความสามารถของเครื่องมือวัดหรือแบบทดสอบที่สามารถวัดลักษณะ คุณสมบัติ สิ่งที่ต้องการวัดได้ค่อนข้างคงที่แน่นอน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 99) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น คือ คุณสมบัติประการหนึ่งของแบบทดสอบ การให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงเดิมเมื่อให้ผู้สอบคนเดิมภายใต้สภาพของการทดสอบที่เหมือนเดิม นั่นคือ ความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลคะแนนที่ได้จากการวัดซ้ำ ถ้าการวัดสิ่งเดียวหลาย ๆ ครั้งได้ค่าค่อนข้างคงเส้นคงวาสูงขึ้นเพียงใดก็ถือว่า การวัดมีค่าความเชื่อมั่นมากขึ้นเพียงนั้น แบบทดสอบหรือเครื่องมือที่มีความเชื่อมั่นสูงจะเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการได้ผลอย่างคงเส้นคงวา

บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์ (2545, น. 229-235) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเป็นดัชนีที่บ่งชี้ว่าแบบทดสอบนั้นมีคุณภาพหรือไม่ ในการสร้างแบบทดสอบทุกครั้งจึงจำเป็นต้องตรวจหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์มีข้อแตกต่างไปจากแบบอิงกลุ่มเล็กน้อย เพราะแบบทดสอบอิงเกณฑ์มีคุณลักษณะสำคัญเพิ่มเติมเข้ามา คือ คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด โดยแบ่งกลุ่มวิธีการหาค่าความเชื่อมั่นออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) วิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นในการตัดสินจำแนกความรอบรู้ (Reliability of Mastery Classification Decisions) อาศัยนิยามในรูปของความสอดคล้องในการตัดสินความรอบรู้ จากการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกันสองครั้ง หรือจากการสอบด้วยแบบทดสอบคู่ขนานสองฉบับ แล้วนำผลการสอบไปแจกแจง และหาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องในการตัดสินความรอบรู้จากผลการสอบทั้งสองครั้งหรือสองฉบับ สามารถคำนวณได้สองสูตรดังนี้

- สูตร P_0 เป็นวิธีของแฮมเบิลตัน และโนวิก (Hambleton and Novick, 1973) มีสูตรดังนี้

$$P_0 = P_{11} + P_{22}$$

เมื่อ P_0 แทน สัดส่วนความสอดคล้องในการตัดสินจำแนกผู้รอบรู้

P_{11} แทน สัดส่วนของผู้ถูกตัดสินว่ารอบรู้ตรงกันสองฉบับหรือสองครั้ง

P_{22} แทน สัดส่วนของผู้ถูกตัดสินว่าไม่รอบรู้ตรงกันสองฉบับหรือสองครั้ง

- สูตรสัมประสิทธิ์-แคปปา (K) เป็นวิธีของสวามินาธาน แฮมเบิลตัน และอัลจินา (Swaminathan, Hambleton and Algina) ปรับแก้สูตร P_0 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (K) ของโคเฮน (Cohen) มีสูตรดังนี้

$$K = \frac{(P_0 - P_c)}{(1 - P_c)}$$

เมื่อ K แทน ความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแบบอิงเกณฑ์

P_0 แทน สัดส่วนความสอดคล้องในการตัดสินจำแนกผู้รอบรู้จากการสอบซ้ำหรือแบบทดสอบคู่ขนานสองฉบับ

$$P_0 = P_{11} + P_{22}$$

P_c แทน สัดส่วนความสอดคล้องที่คาดหวังซึ่งเกิดขึ้นโดยบังเอิญ

$$P_c = (P_{1.})(P_{.1}) + (P_{2.})(P_{.2})$$

2) วิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่น โดยพิจารณาจากความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Reliability of criterion-Referenced Test Scores) เป็นการหาค่าความสอดคล้องของฟังก์ชันการสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนน มีวิธีดังนี้

- วิธีของลิวิงสตัน (Livingston, 1972) มีสูตรในการคำนวณคือ

$$r_{cc} = \frac{r_{tt} s_x^2 + (\bar{x} - c)^2}{s_x^2 + (\bar{x} - c)^2}$$

เมื่อ r_{cc}	แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
r_{tt}	แทน ความเชื่อมั่นของแบบวัดคำนวณตามสูตร KR-20
s_x^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนการสอบ
\bar{x}	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการสอบ
c	แทน คะแนนเกณฑ์ตัดสินความรอบรู้ทั้งฉบับ

- วิธีของราจู (Raju) มีสูตรในการคำนวณคือ

$$r_{cc} = \frac{1}{[1 - \sum p_1^2]} \left[1 - \frac{\sum [s_i^2 + (\bar{x}_i - c_i)^2]}{[s_x^2 + (\bar{x} - c)^2]} \right]$$

เมื่อ r_{cc}	แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
s_x^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนการสอบ
\bar{x}	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการสอบ
c	แทน คะแนนเกณฑ์ตัดสินความรอบรู้ทั้งฉบับ
s_i^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนการสอบในแต่ละจุดประสงค์
\bar{x}_i	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการสอบในแต่ละจุดประสงค์
c_i	แทน คะแนนเกณฑ์ตัดสินความรอบรู้ในแต่ละจุดประสงค์
n_i	แทน จำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์
$\sum n_i$	แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด
$P_i = \frac{n}{\sum n_i}$	

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, น. 232-244) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ว่าเป็นผลของคะแนนที่สอบได้ มีความคงที่ในการจำแนกเป็นผู้รอบรู้หรือไม่รอบรู้ในเรื่องสอบ สำหรับวิธีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี คือ

1) ความเชื่อมั่นแบบหาความคงที่ของความรอบรู้ (Stability Reliability) เป็นการหาค่าความเชื่อมั่นโดยการนำแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์มาสอบซ้ำ 2 ครั้ง โดยใช้สูตรของชรอดและคอนสแควร์ลี

2) ความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องในการตัดสินใจ (Decision Consistency Reliability) เป็นการหาความสอดคล้องระหว่างการสอบ 2 ครั้ง จากแบบทดสอบฉบับเดียว หรือแบบทดสอบที่คู่ขนานกัน 2 ฉบับ โดยใช้สูตรของคาร์เวอร์ (Carver. 1970) แฮมเบิลตันและโนวิก (Hambleton and Novick. 1973) ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Agreement Coefficient)

3) คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยมีรายละเอียด คือ

- โดยใช้สูตรความเชื่อมั่นจากสูตรของลิวิงสตัน (Livingston. 1972)
- ความเชื่อมั่นจากสูตรไบโนเมียล (Binomial formula) ของโลเวทท์ (Lovett. 1978)
- การหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyt's Anova Procedure)
- การหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ โดยใช้สูตรสเปียร์แมนบราวน์ (Spearman-Brown) แล้วใช้สูตรปรับแก้ของแองกอฟฟ์ (Angoff. 1953)
- การหาค่าความเชื่อมั่นโดยสูตรของแฮร์ริส (Harris. 1972) เป็นการหาค่าความเชื่อมั่นที่คำนึงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบทดสอบอิงเกณฑ์

4) การหาความเชื่อมั่นของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ที่คำนึงถึงจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นราชู (Raju. 1982) ได้เสนอสูตรคอนเจนเนอริค (Congeneric)

3. ความยากง่ายของข้อสอบ (Item Difficulty)

ค่าความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงคุณภาพของข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับระดับความยากของข้อคำถามในแบบทดสอบที่ได้มาจากการหาค่าจากสัดส่วนของจำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้องต่อจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด ซึ่งถ้าค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย ส่วนถ้าค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก

สมนึก ภัททิยธนี (2562, น. 210) ความยากของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ที่ใช้สูตรคล้ายกับการหาค่ายากของข้อสอบแบบอิงกลุ่ม และมีความหมายอย่างเดียวกัน คือ อัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมด

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 237-238) กล่าวว่า ความยากของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ (Item Difficulty: P) สามารถพิจารณาได้จาก กลุ่มเป้าหมาย (Criterion Groups) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการเรียนเรื่องนั้นมาแล้วหรือเป็นกลุ่มที่รอบรู้เรื่องนั้นแล้ว กับกลุ่มนักเรียนที่ยังไม่ได้เรียนเรื่องนั้นหรือกลุ่มที่ไม่รอบรู้เรื่องนั้น โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ลักษณะของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ที่ดี ควรมีค่าความยากสูงสำหรับกลุ่มที่รอบรู้เรื่องนี้แล้ว (0.70-1.00) และมีค่าต่ำสำหรับกลุ่มที่ไม่รอบรู้ (0-0.50)

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2545, น. 159) กล่าวว่า การวิเคราะห์ความยากง่ายแบบอิงเกณฑ์ มีวิธีวิเคราะห์อย่างง่ายคล้ายกับการวิเคราะห์แบบอิงกลุ่ม โดยทำการทดสอบครั้งเดียว แล้วแบ่งกลุ่มผู้ตอบเป็นสองกลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่มผู้รอบรู้ กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ โดยใช้คะแนนจุดตัดถาวรเป็นจุดแบ่ง ซึ่งอาจทำให้กลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้มีจำนวนคนไม่เท่ากัน ดังนั้น ค่าความยากง่ายของข้อสอบจึงเป็นค่ากึ่งกลางระหว่างสัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ หรือค่ากึ่งกลางระหว่างความยากง่ายสำหรับกลุ่มผู้รอบรู้ กับความยากง่ายสำหรับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, น. 196) กล่าวว่า ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์จะพิจารณา ค่าความยากของข้อสอบแตกต่างจากแบบอิงกลุ่ม โดยข้อสอบอิงเกณฑ์ในแต่ละข้อ จะต้องมียุทธศาสตร์น้อยกว่า 0.40 ก่อนที่นักเรียนจะได้รับการสอนและเมื่อนักเรียนได้รับการสอนแล้ว ข้อสอบแต่ละข้อจะต้องมียุทธศาสตร์มากกว่า 0.75 ทั้งนี้เป็นเพราะการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ไม่ได้เน้นที่จะนำค่าความยากง่ายเพื่อมาเลือกข้อสอบ แต่เน้นที่คุณภาพในการสอนของครู กล่าวคือ ถ้าครูยังไม่ได้อสอนเนื้อหา นั้น ข้อสอบควรจะยากคือมีค่า p ต่ำกว่า 0.40 แต่ถ้าครูทำการสอนแล้วและครูสอนดีนักเรียนควรจะเรียนรู้ในเนื้อหา นั้นและควรจะทำข้อสอบนั้นได้ ซึ่งข้อสอบควรง่ายคือมีค่ามากกว่า 0.75

4. อำนาจจำแนกของข้อสอบ (Discrimination)

ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination: D หรือ r) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงความสามารถของข้อคำถามในการจำแนกความแตกต่างระหว่างผู้สอบที่มีคุณสมบัติหรือมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต่างกัน

สมนึก ภัททิยธนี (2562, น. 210-212) คือ ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะหรือความสามารถที่แตกต่างออกจากกันได้ มี 2 วิธี คือ

- 1) การหาค่าอำนาจจำแนกจากผลสอบสองครั้ง (ก่อนเรียนและหลังเรียน) ซึ่งนำเสนอโดย Kryspin & Feldhuson เรียกว่า ค่าอำนาจจำแนกว่า ดัชนีเอส (S-Index or Sensitivity Index) คือ อัตราส่วนผลต่างระหว่างจำนวนคนหลังเรียนตอบถูกกับจำนวนคนก่อนเรียนตอบถูกต้องจำนวนคนทั้งหมด
- 2) การหาค่าอำนาจจำแนกจากผลสอบครั้งเดียว (หลังเรียน) เพื่อจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มรอบรู้ (สอบผ่านเกณฑ์) กับกลุ่มไม่รอบรู้ (สอบไม่ผ่านเกณฑ์) ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าอำนาจจำแนกโดย Brennan ค่าอำนาจจำแนกนี้เรียกว่า B-Index หรือ Brennan Index คือ ผลต่างระหว่างอัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกต้องจำนวนคนในกลุ่มรอบรู้ (สอบผ่านเกณฑ์) ทั้งหมดกับอัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกต้องจำนวนคนในกลุ่มไม่รอบรู้ (สอบไม่ผ่านเกณฑ์)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 238) กล่าวว่า ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ สามารถพิจารณาได้จากการหาค่าอำนาจจำแนกได้จากดัชนีความไว (Sensitivity Index: S_i) คือ ผลต่างระหว่างสัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกหลังเรียนหรือเป็นกลุ่มรอบรู้ กับ สัดส่วนผู้ที่ตอบถูกต้องก่อนเรียนหรือเป็นกลุ่มที่ไม่รอบรู้ ค่าดัชนีความไวมีค่าตั้งแต่ -1.0 ถึง 1.0 ถ้าค่าดัชนีความไวมีค่าเป็นบวก และมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า ข้อสอบข้อนั้นสามารถจำแนกผู้รอบรู้จากผู้ไม่รอบรู้ได้ดี ซึ่งค่าดัชนีความไวควรมีค่าเป็นบวก

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2545, น.164) กล่าวว่า ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์ เป็นการแยกผู้สอบที่มีความรอบรู้ออกจากกลุ่มผู้สอบที่ยังไม่รอบรู้ จึงเป็นฟังก์ชันผลต่างของสัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ โดยกลุ่มผู้รอบรู้ คือ ผู้ที่สอบสูงกว่าคะแนนจุดตัดถาวร หรือเท่ากับผลต่างระหว่างความยากง่ายสำหรับกลุ่มผู้รอบรู้ กับความยากง่ายสำหรับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, น. 197) กล่าวว่า ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์นั้น จะเป็นค่าอำนาจจำแนกระหว่างกลุ่มที่ยังไม่ได้รับการเรียนหรือกลุ่มที่ยังไม่รู้ (Nonmaster) กับกลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้แล้วหรือที่รู้แล้ว (Master) ข้อสอบอิงเกณฑ์ไม่เน้นที่ค่าอำนาจจำแนก เนื่องจากแบบทดสอบอิงเกณฑ์จะใช้ในการวัดผลที่ใช้การเรียนการสอนแบบมีระบบ (Systematic instruction) เช่นการเรียนแบบรอบรู้ นักเรียนทุกคนจะเรียนรู้หมด คือมีคะแนนเต็มหรือใกล้เต็มทุกคน เมื่อหาค่าอำนาจจำแนกจะมีค่าเป็น 0 หรือใกล้ 0 ทั้งนี้ ดังนั้น ดัชนีค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอิงเกณฑ์ควรมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น

ตัวอย่างงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศที่เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น โดยมีรายละเอียดในการหาคุณภาพของแบบทดสอบดังนี้

ธีระวัฒน์ การะเกตุ (2561) ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน วิชา ชีววิทยา เรื่องการแบ่งเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบปรนัยที่มี 4 ตัวเลือกเท่ากันในชั้นคำตอบและเหตุผล ส่วนระดับความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล มี 4 ระดับ คือ คาดเดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ และมั่นใจมาก มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 420 คน โดยมีการตรวจสอบคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน มีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 และการหาค่าความยากง่ายจากสัดส่วนจำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกต้องจำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมด โดยค่าในชั้นคำตอบและเหตุผล คือ 0.18-0.68 และ 0.15-0.59 ตามลำดับ ส่วนค่าอำนาจจำแนกเป็นการหาจากผลต่างของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงกับจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ โดยค่าในชั้นคำตอบและเหตุผลมีค่า คือ 0.13-0.62 และ 0.03-0.50 ตามลำดับ และในส่วนของวิเคราะห์กลุ่มมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้มีประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) คือการหาค่าคะแนนความมั่นใจของการตอบของนักเรียน มีค่าดังนี้ 1) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) 2) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) 3) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ผิด (CFW) และ 4) คะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่า แบบทดสอบสามารถจำแนกระหว่างนักเรียนที่รู้และนักเรียนที่ไม่รู้

ศักดิ์ดา กิ่งไก่อ (2560) ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้นและตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3,239 คน โดยแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบปรนัยที่มี 4

ตัวเลือกเท่ากันในชั้นคำตอบและเหตุผล ส่วนระดับความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล มี 5 ระดับ คือ เดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก และมั่นใจมากที่สุด โดยมีการตรวจสอบคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน มีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร Lovett ค่าความยากง่ายใช้การหาแบบอิงเกณฑ์ ค่าอำนาจจำแนก คำนวณแบบอิงเกณฑ์โดยใช้สูตร B-Index ของ Brennan โดยมีการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยใช้เกณฑ์ 50% ของคะแนนเต็ม

Habiddin and Page (2019) ศึกษาการพัฒนาและความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับเกี่ยวกับจลนศาสตร์เคมี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 จำนวน 397 คน แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบปรนัยที่มี 4 ตัวเลือกเท่ากันในชั้นคำตอบและเหตุผล ส่วนระดับความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล มี 5 ระดับ คือ ไม่มั่นใจมาก ไม่ค่อยมั่นใจ ปานกลาง ค่อนข้างมั่นใจ และมั่นใจมาก มีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคที่ระดับความมั่นใจ 95% และมีการหาค่าความยากง่ายจากสัดส่วนจำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกต้องจำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบทั้งหมด ส่วนค่าอำนาจจำแนกเป็นการหาจากผลต่างของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงกับจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ และมีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และมีการกำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์ค่าความมั่นใจในแต่ละชั้นไว้ดังนี้ คือ คะแนนเต็มความมั่นใจอยู่ที่ 5 คะแนน โดยหากนักเรียนที่ตอบผิดและมีค่าความมั่นใจที่มากกว่า 2.75 แสดงว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอย่างแท้จริง (genuine misconception) และหากตอบผิดและมีค่าความมั่นใจน้อยกว่า 2.75 แสดงว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนปลอม (spurious misconception)

D. C. Yang and Lin (2015) ศึกษาการประเมินผลสัมฤทธิ์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนช่วงอายุ 10-11 ปี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 195 คน แบบทดสอบวินิจฉัยเป็นแบบปรนัยที่มี 4 ตัวเลือกในชั้นคำตอบ ส่วนในชั้นเหตุผลมีจำนวนไม่เท่ากันในแต่ละข้อขึ้นอยู่กับเหตุผลในแต่ละข้อ ส่วนระดับความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล มี 4 ระดับ คือ เดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ และมั่นใจมาก โดยมีการตรวจสอบคุณภาพในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน มีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค และมีการหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และมีการหาคะแนนความมั่นใจของการตอบของนักเรียน มีรายละเอียดดังนี้ 1) ค่าเฉลี่ยของความมั่นใจในชั้นคำตอบ (ACONF), ค่าเฉลี่ยของความมั่นใจในชั้นเหตุผล (RCONF) ซึ่งค่ามีวิธีการคิดเหมือนกับค่า CF ในงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) 2) RSN

ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในชั้นเหตุผล และ3) ค่า t-test ที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างความมั่นใจของชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นจะพบว่า มีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้นเหมือนกับแบบทดสอบวินิจฉัยทั่วไป คือ การหาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยมีส่วนที่เพิ่มเติมคือ การหาค่าคะแนนความมั่นใจ เพื่อนำมาวิเคราะห์การจำแนกกลุ่มนักเรียน โดยในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบในด้านต่าง ๆ ดังนี้ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบใช้วิธีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ในด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบใช้วิธีการหาค่าความเชื่อมั่นจากสูตรของลิวิงสตัน (Livingston) ส่วนในด้านค่าความยากง่ายของข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบใช้วิธีอิงเกณฑ์ของ บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2545) และการคำนวณค่าคะแนนความมั่นใจของแบบทดสอบผู้วิจัยมีการประยุกต์มาจากงานวิจัยของ D. C. Yang and Lin (2015) และ Caleon and Subramaniam (2010)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบสองลำดับชั้น ถึง สี่ลำดับชั้น

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกหลายตัวเลือก โดยแยกตามลำดับชั้น สองลำดับชั้น สามลำดับชั้น และสี่ลำดับชั้น ในวิชาคณิตศาสตร์ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ดังตาราง 13

ตาราง 13 งานวิจัยที่ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายลำดับชั้น

ระดับ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง
สองลำดับชั้น	1) การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสุ่อ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมกับแบบสองระดับ	วนิดา ภู่อี่ยม (2550)
	2) Development and application of a two-tier diagnostic instrument to assess middle-years students' proportional reasoning	Hilton et al. (2013)
	3) Diagnosing Students' Misconceptions in Number Sense via a Web-Based Two-Tier Test	Lin et al. (2016)
	4) Development of an interactive mathematics learning system based on a two-tier test diagnostic and guiding strategy	T. C. Yang, Fu, Hwang, and Yang (2017)
สามลำดับชั้น	1) การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น ในวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุทัยธานี เขต 2	พิมณภรณ์ คำดี (2561)
	2) การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน.	มนัสสิริ อินทร์สวาท (2559)
	3) Sixth Grade Students' Performance, Misconception, and Confidence on a Three-Tier Number Sense Test	Ching and Jonri (2021)
	4) Development of a three-tier number sense test for fifth-grade students	D. C. Yang (2019)
	5) Assessing students' conceptual understanding using an online three-tier diagnostic test	D. C. Yang and Sianturi (2019)
	6) Development and Application of a Three-tier Test Diagnostic Instrument to Assess Junior High School Student' Misconceptions in Algebra	Djam'an and Arsyad (2019)
	7) Performance of sixth graders in Hong Kong on a number sense three-tier test	Cheung and Yang (2020)
	8) Examining the differences of Hong Kong and Taiwan students' performance on the number sense three-tier test	Cheung and Yang (2018)

ตาราง 13 (ต่อ)

ระดับ	ชื่อเรื่อง	ผู้แต่ง
สี่ลำดับขั้น	1) การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้นและตัวแบบกิจกรรมการปรับลด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง.	ศักดิ์ดา กิ่งไก่อ (2560)
	2) Four-Tier Diagnostic Test Method to Identify Conceptual Understanding in Calculus	Fadhilatullathifi et al. (2020)
	3) IDENTIFICATION OF STUDENTS' MISCONCEPTIONS ON INTEGRAL TOPIC USING A FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST	Fadhilah et al. (2020)
	4) Assessing 10- to 11 – year old children's performance and misconceptions in number sense using a four – tier diagnostic test	D. C. Yang and Lin (2015)

จากงานวิจัยในตาราง 13 ทางผู้วิจัยได้นำงานวิจัยบางเรื่องมายกตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดของงานวิจัยดังต่อไปนี้

ศักดิ์ดา กิ่งไก่อ (2560) ศึกษาการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้นและตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และหาสาเหตุที่ทำให้ให้นักศึกษาเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน แล้วนำไปพัฒนาตัวแบบกิจกรรมในการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 และทำการเปรียบเทียบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียนวิชา แคลคูลัส 1 ของนักศึกษาที่เข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามตัวแบบ (model) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปวช ชั้นปีที่ 1 จากวิทยาลัยเทคนิคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปีการศึกษา 2558 โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่ง จำนวน 3,239 คน จาก 12 มหาวิทยาลัย กลุ่มที่สองกลุ่มทดลอง 36 คน กลุ่มควบคุม 33 คน และกลุ่มที่ 3 จำนวน 240 คนจาก 8 ห้องเรียน เครื่องมือในงานวิจัยคือ 1) แบบสำรวจจุดบกพร่องมีจำนวนห้าฉบับ ฉบับละ 15 ข้อ เป็นอัตนัย 2) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับขั้น ระดับเนื้อหาและระดับเหตุผลมีตัวเลือก 4 ตัวเลือก ส่วนในระดับความมั่นใจเป็นแบบมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ คือ เดา ไม่มั่นใจ มั่นใจ มั่นใจมาก มั่นใจมากที่สุด จำนวน 19 ฉบับ จำนวนทั้งหมด 491 ข้อ ซึ่งเกณฑ์ในการตอบถูกคือ นักเรียนจะต้องถูกในระดับเนื้อหาและเหตุผล และตอบความมั่นใจในระดับมั่นใจขึ้นไป และ 3) ตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1

ผลการวิจัยพบว่า 1) ในด้านคุณภาพของแบบทดสอบเข้าเกณฑ์ทั้ง 19 ฉบับ จำนวนทั้งหมด 491 ข้อ ซึ่งเกณฑ์ในการตอบถูกคือ นักเรียนจะต้องถูกในระดับเนื้อหาและเหตุผล และตอบความมั่นใจในระดับมั่นใจขึ้นไป และ3) ตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1

ผลการวิจัยพบว่า 1) ในด้านคุณภาพของแบบทดสอบเข้าเกณฑ์ทั้ง 19 ฉบับ ในด้านค่าความยาก รายข้อในชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 3 มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.80 และ 0.20-0.76 ตามลำดับ ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.80 และ 0.20-0.82 ตามลำดับ ส่วนค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าตั้งแต่ 0.72-0.89 และ0.71-0.89 ตามลำดับ 2) สาเหตุที่ทำให้ นักศึกษามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 พบว่า มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในด้านบทนิยามและทฤษฎีบท ในเรื่องบทนิยามของอนุพันธ์มากที่สุด ด้านสัญลักษณ์คือ เรื่องลิมิตมากที่สุด ด้านการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาคือ เรื่องความต่อเนื่องมากที่สุด และด้านกฎสูตรคือ เรื่องสูตรค่าเชิงอนุพันธ์มากที่สุด 3) ตัวแบบ (Model) มีองค์ประกอบในตัวแบบที่สอดคล้องกัน จากการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้วิจัยจำนวน 5 คน พบว่า ตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในภาพรวมมีความเหมาะสม องค์ประกอบในตัวแบบมีการส่งเสริมและเกี่ยวข้องกัน 4) คะแนนเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการของ นักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่านักศึกษาที่เข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ด้วยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากกว่ากลุ่มควบคุม และพบว่าปริมาณมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ลดลงในทุกด้าน

มนัสสิริ อินทร์สวาท (2559) ศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้กับการทดลองการใช้เครื่องมือคัดเลือกจากผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานในภาคเรียนที่ผ่านมา โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน กลุ่มละ 20 คน รวมเป็น 60 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้กับการทดลองจริง คัดเลือกแบบเจาะจงจากคำแนะนำของครูผู้สอนคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำการคัดเลือกจากโรงเรียนวัดราชาธิวาสและโรงเรียนราชวินิตมัธยม จาก 5 ห้องเรียน จำนวนทั้งหมด 36 คน ในแต่ละโรงเรียน รวมเป็น 72 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามระดับ จำนวน 2 ฉบับ โดยมีคำถามและตัวเลือกเหมือนกัน จำนวน 40 ข้อ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ระดับแรกคือ ระดับเนื้อหา (content tier) วัดความรู้เนื้อหาที่สำคัญ ระดับสองคือ ระดับเหตุผล (reason tier) วัดเหตุผลที่สนับสนุนในการตอบ ระดับแรก ทั้งสองระดับเป็นคำถามแบบเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ส่วนระดับสามคือ ระดับความมั่นใจ (confidence tier) มีการใช้คำถามเดียวกันทั้งสองฉบับ แตกต่างกันในระดับความ

มั่นใจ ฉบับที่หนึ่ง ระดับความมั่นใจมี 2 ระดับ ได้แก่ มั่นใจและไม่มั่นใจ ฉบับที่สอง ระดับความมั่นใจ 3 ระดับ ได้แก่ มั่นใจ ไม่แน่ใจ และไม่มั่นใจ 2) แบบคิดออกเสียงสำหรับวินิจฉัยชั้นในทัศนที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน จำนวน 8 ข้อคำถามที่มีเนื้อหาการวัดตามสัณฐานประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้งหมด 8 วัดประสงค์ มีการสัมภาษณ์โดยใช้คำถามย่อยให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการคิด การให้เหตุผล พร้อมทั้งถามถึงความมั่นใจในการตอบแต่ละข้อ เพื่อให้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนมีทัศนคติอย่างไรและจัดอยู่ในกลุ่มใดซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับวินิจฉัยได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่หนึ่ง ผู้ที่มีทัศนคติที่ถูกต้อง กลุ่มที่สอง ผู้ที่มีทัศนคติที่คลาดเคลื่อน กลุ่มที่สาม ผู้ที่เดาคำตอบถูก และกลุ่มที่สี่ ผู้ที่ขาดความรู้ โดยผลการวินิจฉัยจะใช้เป็นเกณฑ์ภายนอกเพื่อเปรียบเทียบความเที่ยงตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยในแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับกับผลการวินิจฉัยของการคิดออกเสียง

ผลการวิจัยพบว่า การวินิจฉัยตามรูปแบบการตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับ ฉบับที่หนึ่ง ที่มีระดับความมั่นใจ 2 ระดับ แบ่งนักเรียนเป็น 8 ลักษณะ และฉบับที่สอง ที่มีระดับความมั่นใจ 3 ระดับ แบ่งนักเรียนเป็น 12 ลักษณะซึ่งทั้งฉบับแบ่งนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม คือ นักเรียนที่มีทัศนคติที่ถูกต้อง นักเรียนที่มีทัศนคติที่คลาดเคลื่อน นักเรียนที่มีการเดาคำตอบ และนักเรียนที่ขาดความรู้ ค่าร้อยละในแต่ละกลุ่มฉบับที่หนึ่ง คือ 55.56, 27.78, 0, และ 33.33 ตามลำดับ ฉบับที่สอง คือ 63.89, 13.89, 2.78 และ 30.56 ตามลำดับ ในด้านมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้แบ่งนักเรียนที่มีทัศนคติที่คลาดเคลื่อน 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบที่หนึ่ง คือ นักเรียนที่ตอบในระดับเหตุผลผิด แบบที่สอง คือ นักเรียนที่ตอบในระดับเนื้อหาผิด และแบบที่สาม คือ นักเรียนที่ตอบในระดับเนื้อหาและเหตุผลผิด โดยค่าในฉบับที่หนึ่ง คือ ร้อยละ 13.89, 0.00 และ 63.89 ตามลำดับ ส่วนฉบับที่สอง คือ ร้อยละ 22.22, 11.11 และ 47.22 ตามลำดับ ในด้านการวิเคราะห์คุณภาพข้อคำถามรายข้อพบว่า ค่าเฉลี่ยความยากของข้อสอบฉบับที่หนึ่ง คือ 0.38 ฉบับที่สอง คือ 0.35 ค่าเฉลี่ยอำนาจจำแนกของข้อสอบฉบับที่หนึ่งและสอง คือ 0.19 ในด้านผลการเปรียบเทียบคุณภาพของความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับทั้งสองฉบับพบว่า 1) ความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายในโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคพบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับทั้งสองฉบับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความเที่ยงตรง ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของการวินิจฉัยเมื่อเทียบกับเกณฑ์ภายนอก พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามระดับที่มีระดับความมั่นใจ 3 ระดับ มีช่วงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์มากกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามระดับที่มีระดับความมั่นใจสองระดับ ในด้านความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของความสัมพันธ์ระหว่างคำตอบของนักเรียนในระดับเนื้อหาและเหตุผล กับ

คำตอบในระดับความมั่นใจ พบว่า แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับทั้งสองฉบับมีค่าความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธระหว่างคำตอบของนักเรียนในระดับเนื้อหาและเหตุผล กับคำตอบในระดับความมั่นใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อดูจากคุณภาพความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงถือว่า การวินิจฉัยโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับฉบับที่หนึ่ง ระดับความมั่นใจ 2 ระดับ และแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับฉบับที่สอง ระดับความมั่นใจ 3 ระดับ มีคุณภาพในการวินิจฉัยไม่แตกต่างกัน

วนิดา ภู่อี่ยม (2550) ศึกษาการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมกับแบบสองระดับ กลุ่มตัวอย่างที่แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เก็บข้อมูลจริงได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานครปีการศึกษา 2550 จำนวน 686 คน จาก 8 โรงเรียน และกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสำหรับตรวจคุณภาพของแบบทดสอบด้วยความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธด้วยเทคนิคคิดออกเสียง (thinking aloud) มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากโรงเรียนละ 5 คน รวมจำนวนนักเรียน 40 คน และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 8 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบสำรวจมโนทัศน์เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบจำนวน 12 ข้อ เป็นแบบ 4 ตัวเลือก 2) แบบทดสอบวินิจฉัยเรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบจำนวน 12 ข้อ มีเนื้อหาแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ เนื้อหาที่หนึ่งคือ การบวกจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มลบ เนื้อหาที่สองคือ การบวกจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบ และเนื้อหาที่สามคือ การบวกจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มบวก ซึ่งแบ่งเป็น 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมประกอบด้วย 4 ตัวเลือก ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับ ประกอบด้วยคำถามในระดับเนื้อหาและเหตุผลเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกทั้งสองระดับชั้น หรือในระดับเหตุผลสามารถใส่เหตุผลอย่างอิสระได้ นักเรียนจะต้องตอบถูกทั้งสองระดับจึงจะได้ 1 คะแนน หากตอบถูกในระดับใดระดับหนึ่งหรือผิดทั้งสองระดับได้ 0 คะแนน 3) แบบทดสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีการคิดออกเสียง วินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการบวกเลขจำนวนเต็มลบของนักเรียนเป็นรายบุคคล 4) แบบสำรวจความคิดเห็นเป็นแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างคำถามเพื่อให้ครูสามารถแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะได้อย่างอิสระ

ผลการวิจัยพบว่า จากแบบทดสอบเชิงสำรวจ นักเรียนมีมโนทัศน์เรื่อง การบวกเลขจำนวนเต็มลบ ในแต่ละเนื้อหา นักเรียนมีมโนทัศน์การคิด 8 รูปแบบ ในด้านคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับมีค่าเฉลี่ยความยาก 0.63 และ 0.53

แสดงว่า แบบทดสอบมีค่าความยากในระดับง่ายและค่อนข้างง่าย ตามลำดับค่าเฉลี่ยอำนาจจำแนก 0.54 และ 0.51 ตามลำดับ แสดงว่าแบบทดสอบทั้งสองฉบับสามารถจำแนกนักเรียนได้ในระดับดี ในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และมีค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคคือ 0.84 และ 0.82 ในส่วนผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ของนักเรียนจากผลคะแนนรวมแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับ พบว่า 1) ในด้านความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวินิจฉัยทั้งสองฉบับ พบว่าสามารถจำแนกนักเรียนผู้ที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ โดยแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับมีความถูกต้อง แม่นยำ และมีความละเอียดในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ดีกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม เพราะแบบทดสอบประเพณีนิยมนักเรียนมีโอกาสการเดาคำตอบได้มากกว่าการตอบที่มาจากมโนทัศน์ที่แท้จริง ส่วนในด้านคุณภาพความเชื่อมั่นพบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมสูงกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับซึ่งอาจมาจากการที่แบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีมีเพียง 4 ตัวเลือก โอกาสการเดาตัวเลือกอาจส่งผลต่อความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายในของการวินิจฉัยได้เช่นกัน 2) ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของคะแนนการวินิจฉัยด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละช่วงของเนื้อหาที่ศึกษา พบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีมีค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าแสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบประเพณีสามารถวัดความสามารถของนักเรียนได้คงที่กว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงมีค่าสูงตามจำนวนเนื้อหา แต่ในความเป็นจริงแบบทดสอบวินิจฉัยควรเป็นแบบทดสอบที่วัดเนื้อหาเฉพาะ เพราะต้องการวัดมโนทัศน์ย่อยที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นในการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจึงควรเลือกเนื้อหาที่น้อย แต่ปรับจำนวนข้อให้เพิ่มขึ้น

Ching and Jonri (2021) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และความมั่นใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ความรู้สึกเชิงจำนวน โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับชั้น กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนที่อยู่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (อายุ 11 ถึง 13 ปี) จำนวน 308 คน ที่มีจากโรงเรียนที่แตกต่างกันอยู่ในเมือง ชนบท และเมืองเล็ก ๆ ซึ่งนักเรียนที่ถูกคัดเลือกมีความรู้ความเข้าใจ ในเรื่องจำนวนและการดำเนินการในระดับปานกลาง มีการเก็บรวบรวมจากนักเรียนหลายพันคน จากการทดสอบคำถามปลายเปิด การทดสอบแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้น และสามารถระดับชั้นที่เป็นแบบออนไลน์ เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้นที่เกี่ยวกับความรู้สึกเชิงจำนวนใน 5 องค์ประกอบ จำนวน 40 ข้อ โดยเป็นการทดสอบแบบออนไลน์ เนื้อหาของคำถามจะประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ (C1-C5) รายละเอียดใน

แบบทดสอบ คือ ระดับเนื้อหาที่มีคำตอบให้เลือก 4 ตัวเลือก ถ้าตอบถูกได้ 4 คะแนน ระดับเหตุผล จะมีตัวเลือกให้เลือกตอบตามตัวเลือกในระดับเนื้อหาเพื่อให้นักเรียนได้เลือกเหตุผลที่ตรงกับคำตอบในระดับเนื้อหาโดยแต่ละเนื้อหาจะมีตัวเลือกของเหตุผลอย่างน้อย 2 ตัวเลือก จึงทำให้ตัวเลือกในระดับเหตุผลจะมีอย่างน้อย 8 ตัวเลือก ถ้าเหตุผลที่เลือกมีวิธีคิดถูกต้องตามความรู้ที่เชิงจำนวนได้ 4 คะแนน หากถูกต้องหลักทั่วไปได้ 2 คะแนน หากมีโน้ตสคริปต์คลาดเคลื่อนได้ 1 คะแนน ถ้าเดาจะได้ 0 คะแนน โดยคะแนนระดับเนื้อหาและระดับเหตุผลรวมกันจะได้คะแนนมากไปน้อย คือ 8, 6, 5, 4 และ 0 ตามลำดับ ส่วนระดับความมั่นใจมี 5 ระดับ คือ 5=มั่นใจมาก 4=มั่นใจ 3=เป็นกลาง 2=ไม่มั่นใจ และ 1=เดา

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ในแต่ละองค์ประกอบเรื่องความรู้ที่เชิงจำนวนได้ไม่ดี เนื่องจากค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26.99 ถึง 35.01 จากคะแนนเต็ม 64 ส่วนระดับความมั่นใจนักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเชื่อมั่นค่อนข้างสูงซึ่งคำตอบของนักเรียนอาจถูกหรือผิด 2) จากค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทั้ง 5 จากแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กันเชิงบวก 3) มีการแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม คือ มีความรู้เชิงจำนวนในระดับดีมาก ดีมากถึงปานกลาง ปานกลางถึงต่ำ และต่ำ ตามลำดับ ส่วนระดับความมั่นใจแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ มั่นใจมาก ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ โดย 73.38% ของนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มที่มีความรู้เชิงจำนวนในระดับปานกลางถึงต่ำ ซึ่งมีนักเรียน 56.16% ที่มีความมั่นใจในการตอบในระดับที่สูง แสดงว่านักเรียนกลุ่มนี้มีโน้ตสคริปต์ที่คลาดเคลื่อนอย่างมากเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ 4) นักเรียนมีมีโน้ตสคริปต์ที่คลาดเคลื่อนในระดับที่สูงจำนวน 27 ข้อคำถามจาก 40 ข้อ จากการศึกษาพบว่านักเรียนยังมีมีโน้ตสคริปต์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ เรื่องทศนิยม เช่น นักเรียนมีความเข้าใจว่าทศนิยมที่อยู่ระหว่าง 3.8 มีเพียงสองค่าคือ 3.7 และ 3.8 ซึ่งมีนักเรียนที่ตอบในลักษณะนี้อยู่ 16.88 % และมีความเชื่อมั่นเฉลี่ย 4.08 จากงานวิจัยทำให้ได้ข้อสรุปว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ส่วนใหญ่มีความรู้ที่เชิงจำนวนในระดับที่ต่ำอาจเกิดจากการที่มีมีโน้ตสคริปต์ที่คลาดเคลื่อน และมีความเชื่อมั่นที่มากเกินไป ขาดความรู้จึงนำไปสู่การเดา

Fadhilatullathifi et al. (2020) ศึกษาในทศนิยมเรื่อง แคลคูลัส โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น เนื่องจากแคลคูลัสเป็นวิชาที่สำคัญ และมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการหาอนุกรมของลิมิต, ฟังก์ชัน, อนุพันธ์และอินทิกรัล ซึ่งเรื่องเหล่านี้เป็นหัวข้อสำคัญในวิชาคณิตศาสตร์ โดยเนื้อหาแคลคูลัสสามารถแบ่งได้เป็น 2 หัวข้อหลัก คือ อนุพันธ์และอินทิกรัล กลุ่มที่ทำการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเมืองมาเกอลัง (Magelang) ในประเทศอินโดนีเซีย ช่วงเดือนสิงหาคม ปี 2019 จำนวน 110 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้น คือ เรื่อง

อนุพันธ์ที่เกี่ยวกับ การหาค่าต่ำสุด สูงสุดของฟังก์ชัน และเรื่องของอินทิกรัล โดยในระดับเนื้อหา เป็นแบบมีคำตอบให้เลือก 5 ตัวเลือก ระดับเหตุผลเป็นแบบมีคำตอบให้เลือก 4 ตัวเลือก ส่วน ระดับความมั่นใจในระดับเนื้อหาและระดับความมั่นใจมี 2 ระดับคือ มั่นใจ และไม่มั่นใจ ดัง ภาพประกอบ 5 ที่เป็นตัวอย่างข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัย โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจาก แบบทดสอบวินิจฉัยลำดับขั้นสามารถแบ่งนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อน, กลุ่มนักเรียนที่ไม่เข้าใจในมโนทัศน์, กลุ่มนักเรียนที่เข้าใจมโนทัศน์ และกลุ่มนักเรียน ที่เข้าใจมโนทัศน์บางส่วน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มนักเรียนที่ไม่เข้าใจในมโนทัศน์มีจำนวนมากที่สุด คือ 49 คน รองลงมาคือ กลุ่มนักเรียนที่เข้าใจมโนทัศน์มีจำนวน 38 คน กลุ่มนักเรียนที่เข้าใจมโน ทรรศน์บางส่วนมี 21 คน และกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีจำนวน 2 คน และนักเรียน ส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ เรื่อง แคลคูลัส อยู่ในระดับที่ต่ำ มีการไม่มั่นใจในระดับของเนื้อหาและนักเรียน ไม่สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องของคำตอบ

1. Unknown $f(x) = \frac{4x-1}{2x-4}$ and $f'(x)$ is the first derivative of $f(x)$. Value $f'(1) = \dots$

A. -24
B. -13
C. 13
D. $\frac{13}{5}$
E. 24

Are you sure with the answer. . .

A. Yes
B. Not

The reason why you choose the answer is . . .

A. Supposing $f(x) = \frac{u(x)}{v(x)}$, then $u'(x) = 3$ $v'(x) = 4$
B. Supposing $f(x) = \frac{u(x)}{v(x)}$, then $u'(x) = 4$ $v'(x) = 3$
C. Supposing $f(x) = \frac{u(x)}{v(x)}$, then $u'(x) = 4x$ $v'(x) = 3x$
D. Supposing $f(x) = \frac{u(x)}{v(x)}$, then $u'(x) = 3-4$ $v'(x) = 4-1$

Are you sure?

A. Yes
B. Not

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น เรื่องแคลคูลัส ของ Fadhilatullathifi et al. (2020)

Djam'an and Arsyad (2019) สร้างและพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้น เพื่อ ประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง พีชคณิต ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มี วัตถุประสงค์เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ระบุเนื้อหาที่นักเรียนผิดพลาด มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนใน พีชคณิต กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้เกรด A, B และ C ในเมืองซู

ลาเวซีใต้ (South Sulawesi) ประเทศอินโดนีเซีย จำนวน 167 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบทดสอบวินิจฉัยสามลำดับขั้นจำนวน 10 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่ถูกต้อง 20.4% กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ 26.1% และกลุ่มนักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 53.5% โดยมีการแบ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแง่บวก (False positive) คือ นักเรียนที่ตอบถูกในระดับเนื้อหาแต่ตอบผิดในระดับเหตุผล และมั่นใจในระดับความมั่นใจ ส่วนกลุ่มนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแง่ลบ (False negative) คือ นักเรียนที่ตอบผิดในระดับเนื้อหาแต่ตอบถูกในระดับเหตุผล หรือตอบผิดทั้งสองระดับและมั่นใจในระดับความมั่นใจ ซึ่งร้อยละจำนวนนักเรียนที่มีมีโนทัศน์คลาดเคลื่อนในแง่ลบมีมากกว่า ซึ่งหมายความว่า นักเรียนมีประสบปัญหาในการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้นและอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และนักเรียนขาดความรู้ มีความเข้าใจไม่ถูกต้องในเรื่องการแก้สมการเชิงเส้นในรูปเศษส่วนอยู่มาก โดยมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีรายละเอียดอยู่ดังนี้ 1) การกำหนดดีกรีของตัวแปร นักเรียนเข้าใจไม่ถูกต้องเกี่ยวกับนิยามของดีกรีของตัวแปร 2) การกำหนดตัวแปร สัมประสิทธิ์ และค่าคงที่ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจ ไม่ทราบแยกแยะระหว่างตัวแปร สัมประสิทธิ์ และค่าคงที่ โดยประสบการณ์ที่ผ่านมาอาจส่งผลต่อความเข้าใจในการใช้สัญลักษณ์ในวิชาคณิตศาสตร์ 3) การกำหนดตัวแปร สัมประสิทธิ์ และค่าคงที่ในสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ซึ่งนักเรียนไม่สามารถระบุค่าต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง 4) การค่า x จากสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาจึงนำมาประยุกต์ในการหาค่าไม่ถูก 5) การกำหนดเซตคำตอบของอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นักเรียนมีความเข้าใจไม่ถูกต้องเกี่ยวกับคำว่า "อสมการ" ทำให้ไม่สามารถหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง และยังไม่เข้าใจความหมายในการตีความของคำในทางคณิตศาสตร์เช่นคำว่า "ไม่เกิน" หรือคำว่า "น้อยกว่า" 6) โจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นและอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ปัญหาที่เจอคือ การแปลความหมายของโจทย์ปัญหา ซึ่งนักเรียนขาดการฝึกฝน และนักเรียนมีการแก้สมการและอสมการที่ผิดพลาด

Ay (2017) ได้ศึกษาบทความงานวิจัยเกี่ยวกับมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ระหว่างปี ค.ศ .2004-2015 จำนวน 21 บทความ ที่ทำการตีพิมพ์เป็นภาษาอังกฤษและภาษาตุรกีใน Education Resources Information Center (ERIC) และ Turkish Academic Network and Information Center: ULAKBIM โดยมีการแสดงรายละเอียดของแต่ละบทความในเรื่อง หัวข้อที่ทำการศึกษามีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน วิธีการวิจัยเป็นแบบคุณภาพ ปริมาณ หรือแบบผสมผสานวิธีรูปแบบเครื่องมือของเก็บข้อมูล วิธีการตรวจสอบคุณภาพ โดยกลุ่มตัวอย่างในบทความ คือ ระดับชั้นประถมศึกษา ถึง ระดับมหาวิทยาลัย โดยกลุ่มตัวอย่างที่พบมากที่สุดคือ ระดับชั้น

ประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา มีจำนวนเท่ากันคือ ระดับชั้นละ 6 บทความ โดยเรื่องที่ทำการศึกษาในทศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับประถมศึกษา คือ พีชคณิตและความรู้สึกเชิงตัวเลข ส่วนระดับมัธยมศึกษา คือ ตรรกณิต คณิตศาสตร์ ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหนึ่งลำดับหรือแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ โดยมีจำนวน 15 บทความ ส่วนแบบทดสอบวินิจฉัยหลายลำดับชั้นมีจำนวนน้อย เช่น การวินิจฉัยแบบสองระดับชั้นมีจำนวน 2 บทความ และแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับชั้นมีจำนวน 1 บทความ

D. C. Yang and Lin (2015) ศึกษาการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องความรู้สึกเชิงจำนวนของนักเรียนอายุ 10 ถึง 11 ปี โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับชั้น ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญเรื่อง ความรู้สึกเชิงจำนวน (number sense) ว่าเป็นเรื่องที่สำคัญในการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ จึงต้องการระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องความรู้สึกเชิงจำนวนว่าคืออะไร เพื่อเป็นข้อมูลให้ครูผู้สอนได้ทราบและนำไปช่วยแก้ไขมโนทัศน์ที่ถูกต้องให้กับนักเรียน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ช่วงอายุ 10 ถึง 11 ปี) จำนวน 195 คน ที่อยู่ในเขตเมืองไซนภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มาจากครอบครัวชนชั้นกลาง ซึ่งเมื่อเทียบกับโรงเรียนอื่นๆ ในเมืองนี้ นักเรียนเหล่านี้มีผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ในปานกลาง เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นที่เกี่ยวกับความรู้สึกเชิงจำนวนใน 5 องค์ประกอบ จำนวน 40 ข้อ โดยมีการทำแบบทดสอบบนเว็บไซต์ ในระดับเนื้อหาจะมีคำตอบให้เลือก 4 ตัวเลือก ในระดับเหตุผลจะมีตัวเลือกให้เลือกตอบตามตัวเลือกในระดับเนื้อหาเพื่อให้นักเรียนได้เลือกเหตุผลที่ตรงกับคำตอบในระดับเนื้อหา ส่วนระดับความมั่นใจในระดับเนื้อหาและเหตุผล เป็นมาตราประมาณค่าแบบลิเคิร์ต 4 ระดับ คือ 3=มั่นใจมาก 2=มั่นใจ 1=ไม่มั่นใจ และ 0=เดา เนื้อหาของคำถามจะประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ (F1-F5) คือ F1: นักเรียนเข้าใจความหมายของจำนวนและการดำเนินการในระดับพื้นฐาน F2: นักเรียนสามารถรับรู้ขนาดของจำนวนได้ F3: นักเรียนสามารถใช้จำนวนต่าง ๆ แสดงการแทนจำนวนและการดำเนินการได้ F4: นักเรียนสามารถจำแนกรับรู้ผลลัพธ์ที่เกิดจากการดำเนินการของจำนวนได้ F5: นักเรียนสามารถตัดสินใจในการหาผลลัพธ์ได้อย่างสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ในการคำนวณ แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับชั้นนี้จะแตกต่างกับแบบทดสอบวินิจฉัยในวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอาจเลือกเหตุผลเดียวกันเพื่ออธิบายคำตอบที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบในระดับเนื้อหาแล้วจะทำการแสดงเหตุผลให้นักเรียนเลือกโดยแต่ละเนื้อหาจะมีตัวเลือกของเหตุผลอย่างน้อย 2 ตัวเลือก จึงทำให้ตัวเลือกในระดับเหตุผลจะมีอย่างน้อย 8 ตัวเลือก

รูปแบบนี้จะเป็นการที่นักเรียนสามารถพิจารณาเหตุผลที่เกี่ยวข้องไม่ก็เหตุผลแทนที่จะเห็นตัวเลือกที่เป็นไปได้ทั้งหมด ซึ่งทำให้น่าจะได้ผลการวิเคราะห์ที่ให้ความหมายมากกว่า

ผลการวิจัยพบว่า 1) จากผลการทดสอบ t-test เพื่อหาความแตกต่างระหว่างคะแนนความมั่นใจในระดับเนื้อหาและเหตุผล พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจในการตอบระดับเนื้อหาสูงกว่าระดับเหตุผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยค่าเฉลี่ยของระดับความมั่นใจในการตอบระดับเนื้อหาสูงกว่าระดับเหตุผลในทุกองค์ประกอบ (F1-F5) 2) นักเรียน 68% มีแนวโน้มที่มีความมั่นใจในระดับเนื้อหาเท่ากับระดับเหตุผล 34% ที่นักเรียนมีความมั่นใจในระดับเนื้อหาสูงกว่าระดับเหตุผล และ 8% ที่นักเรียนมีความมั่นใจในระดับเนื้อหาน้อยกว่าระดับเหตุผล 3) นักเรียนที่ตอบคำตอบถูกต้องในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผล มีค่าเฉลี่ยความมั่นใจสูงกว่านักเรียนที่ตอบผิดในระดับเนื้อหาหรือระดับเหตุผล และ 4) มี 16 มโนทัศน์ที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยส่วนใหญ่จะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับที่สูง (นักเรียนที่ตอบคำตอบไม่ถูกต้องและมีค่าระดับความมั่นใจที่มากกว่า 1.8 จากคะแนนเต็ม ซึ่งงานวิจัยนี้จะพบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับขั้นสามารถระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนและสามารถนำมาใช้ในการศึกษาทางคณิตศาสตร์ได้

Answer Tier	Question 4/ The test contains 40 questions
	Question 4 Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$? <input type="radio"/> 0.1280 <input type="radio"/> 1.28 <input type="radio"/> 12.8 <input type="radio"/> 1280 <input type="button" value="Submit"/>
	114s Remaining
Confidence Rating for Answer	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 <input type="radio"/> Just Guessing <input type="radio"/> Unconfident <input type="radio"/> Confident <input type="radio"/> Very Confident <input type="button" value="Submit"/>
	84s Remaining
Reason Tier	Given $784+496=1280$, what is the result of $7.84+4.96$? Your choice is: 0.1280 My Reason for the Choice <input type="radio"/> There are four decimals altogether, so the result should be four digits after the decimal point. <input type="radio"/> 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 <input type="radio"/> There is one integer in both of 7.84 and 4.96, so the answer would have one integer. <input type="radio"/> 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 <input type="radio"/> By calculation $\begin{array}{r} 7.84 \\ +4.96 \\ \hline 12.80 \end{array}$ <input type="radio"/> 7.84 is about 8; 4.96 is about 5; the sum is about 13. The closest one is 12.8 <input type="radio"/> 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 <input type="radio"/> They are all the same numbers to be added, so the answer is still 1280. <input type="radio"/> The decimal point has no influence on the answer, so it is still 1280
68s Remaining	
Confidence Rating for Reason Tier	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 <input type="radio"/> Just Guessing <input type="radio"/> Unconfident <input type="radio"/> Confident <input type="radio"/> Very Confident <input type="button" value="Submit"/>
	44s Remaining

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เรื่อง ความรู้สึกเชิงจำนวน ของ D. C. Yang and Lin (2015)

Hilton et al. (2013) ศึกษาการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้น เพื่อประเมินเรื่อง การให้เหตุผลเชิงสัดส่วนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น การศึกษานี้มี

โรงเรียนที่เข้าร่วมจำนวน 28 โรงเรียน ซึ่งเป็น 6 โรงเรียนในออสเตรเลียใต้และควีนส์แลนด์ โดยประกอบด้วยครูและผู้บริหารจำนวน 120 คน และนักเรียนประมาณ 2,100 คน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 9 (อายุ 10 ถึง 14 ปี) โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ 1) ให้ข้อมูลกับคุณครูแต่ละคนที่เกี่ยวกับนักเรียนในชั้นเรียนของตนและการใช้เหตุผลที่ไม่ถูกต้องของนักเรียน 2) ให้ข้อมูลกับทีมวิจัยเพื่อใช้ในการออกแบบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรียนรู้ทางวิชาชีพครู โดยมีการทดสอบนำร่องกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ถึง 6 (อายุ 11 ถึง 12 ปี) จำนวน 140 คน จาก 2 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้น ในระดับเนื้อหาเป็นรูปแบบให้เลือกถูกหรือผิด ส่วนระดับเหตุผลเป็นรูปแบบให้เลือกตอบสี่ตัวเลือก มีจำนวน 12 ข้อ เวลา 30-40 นาที โดยข้อคำถามมีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาของการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน โดยที่ไม่ได้บอกสัดส่วนมาให้ นักเรียนต้องมีการประยุกต์ใช้ความคิด การตีความในการแปลงสถานการณ์เป็นสัดส่วน ส่วนใหญ่คำถามมุ่งเน้นการคิดประยุกต์ใช้การคิดตามสัดส่วน การคิดคำนวณจึงเป็นอย่างไรไม่ได้ซับซ้อนมาก และในระดับเหตุผลได้ออกแบบเพื่อกำหนดว่านักเรียนใช้เหตุผลเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ แบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้นนี้ได้รับการตรวจสอบและแก้ไขจากทีมวิจัยที่มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา มีการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นและกลุ่มตัวอย่างของนักเรียนหลังจากการทำแบบทดสอบวินิจฉัยสองลำดับชั้นเสร็จเพื่อรับฟังสิ่งที่ต้องการและคำแนะนำ นอกจากนี้ยังมีการสนทนากลุ่มกับนักเรียนเพื่อให้ระบุคำถามที่ทำให้เกิดความสับสนหรือผิดปกติ โดยมีหัวข้อในแบบทดสอบวินิจฉัยได้แก่ แบบไม่ใช่สัดส่วน-คงที่, แบบไม่ใช่สัดส่วน-วิธีบวก, แบบการหาค่าที่หายไปมีลักษณะเป็นส่วนย่อยไปหาทั้งหมด, แบบการเปลี่ยนแปลงของขนาดในรูป 1 มิติ หรือ 2 มิติ, แบบหาความสัมพันธ์ย้อนกลับ, แบบหาอัตราของค่าที่ให้มา, แบบกลุ่มที่นำมามีความสัมพันธ์กัน และแบบการให้สัดส่วนแบบย้อนกลับ

ตัวอย่างข้อคำถาม มีสถานการณ์ที่กำหนดให้คือ น้ำยาซักผ้ายี่ห้อ A จำนวน 1 กิโลกรัม ราคา 4 เหรียญ สามารถซักผ้าได้จำนวน 20 ชิ้น ส่วนน้ำยาซักผ้ายี่ห้อ B จำนวน 1.5 กิโลกรัม ราคา 6.50 เหรียญ สามารถซักผ้าได้จำนวน 30 ชิ้น จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่า “น้ำยาซักผ้ายี่ห้อ A ให้ความคุ้มค่าดีที่สุด” ถูกหรือผิด

ขั้นคำตอบ

ก. ถูก

ข. ผิด

ขั้นเหตุผล

ก. ผลลัพธ์ที่ทำให้ความสะอาดยี่ห้อ A จ่ายเงินน้อยที่สุด

- ข. ผลิตรถยนต์ที่ทำความสะอาดยี่ห้อ B จ่ายเงินเพิ่มเล็กน้อยแต่สามารถซักผ้าเพิ่มได้
- ค. ราคาต่อจำนวนชิ้นของผลิตรถยนต์ที่ทำความสะอาดยี่ห้อ A จ่ายน้อยสุด
- ง. ผลิตรถยนต์ที่ทำความสะอาดของทั้งสองยี่ห้อให้ความคุ้มค่าเท่ากัน

จากคำตอบของนักเรียนทำให้ทราบว่า มีนักเรียนบางส่วนที่มีความเข้าใจของสถานการณ์ในเชิงคุณภาพ ซึ่งการสอนของครูเป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้นักเรียนมีเข้าใจได้ดีมากยิ่งขึ้น ในข้อคำถามที่ไม่ได้เป็นสัดส่วนมีนักเรียนส่วนใหญ่เลือกการคิดแบบวิธีการคูณซึ่งไม่ถูกต้อง ส่วนในสถานการณ์ที่เป็นสัดส่วนพบว่านักเรียนที่ตอบไม่ถูกต้อง และในสถานการณ์อื่น ๆ เช่น แบบกลุ่มที่นำมามีความสัมพันธ์กัน, แบบการเปลี่ยนแปลงของขนาดในรูป 1 มิติ หรือ 2 มิติ ยังพบว่าข้อคำถามเหล่านี้ก็เป็นปัญหาสำหรับนักเรียนเช่นกัน ผลการวิจัยนี้ทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับเหตุผลที่นักเรียนใช้ในสถานการณ์ ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการวินิจฉัยนักเรียนเพื่อวางแผนและเลือกกิจกรรมในการเสริมสร้าง พัฒนาทักษะและการเข้าใจในทัศนที่เกี่ยวข้องการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน รวมถึงเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบการฝึกอบรมในการประชุมเชิงปฏิบัติการเรียนรู้ทางวิชาชีพของครู

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกแบบทั่วไป ซึ่งไม่สามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ละเอียดและชัดเจน จากข้อจำกัดนี้จึงมีการพัฒนาและสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น สามลำดับขั้น และสี่ลำดับขั้นขึ้นมา โดยแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้นสามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ชัดเจน เนื่องจากมีการถามระดับความมั่นใจของคำตอบและเหตุผลแยกออกจากกัน จึงสามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนได้ว่านักเรียนตอบถูกเพราะมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องหรือเดาคำตอบที่ถูกต้อง และนักเรียนตอบผิดเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือขาดความรู้ โดยในระยะหลังมีงานวิจัยการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับขั้น สามลำดับขั้น และสี่ลำดับขั้นในวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น เช่น งานวิจัยของ Lin et al. (2016), มนัสสิริ อินทร์สวาท (2559), Cheung and Yang (2020), ศักดา กิ่งไก่อ (2560), Fadhilatullathifi et al. (2020) และ D. C. Yang and Lin (2015) เป็นต้น ทางผู้วิจัยจึงสนใจการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น
3. การวิเคราะห์ข้อมูล
4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนอยู่ในปีการศึกษา 2564 สังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ มีจำนวนทั้งหมด 7 เขต คือ บางเขน ดอนเมือง จตุจักร ลาดพร้าว บางซื่อ หลักสี่และสายไหม โดยเป็นโรงเรียนที่มีนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 18 โรงเรียน เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ 12 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 6 โรงเรียน มีจำนวน 54 ห้อง และมีนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1,933 คน
ดังตาราง 14

ตาราง 14 จำนวนประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำแนกตามโรงเรียน

ลำดับ	เขต	ขนาดโรงเรียน	ชื่อโรงเรียน	จำนวนห้องเรียน	จำนวนนักเรียน(คน)
1	จตุจักร	ขนาดใหญ่	โรงเรียนเสนานิคม	3	116
2	จตุจักร	ขนาดใหญ่	โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์	10	395
3	ดอนเมือง	ขนาดใหญ่	โรงเรียนบำรุงวิจิตรวิทยานุกูล (ทุ่งสีกัน)	2	53
4	ดอนเมือง	ขนาดใหญ่	โรงเรียนประชาอุทิศ (จันทาบอนุสรณ์)	2	92
5	ดอนเมือง	ขนาดใหญ่	โรงเรียนวัดเวฬุวนาราม (สินทรัพย์อนุสรณ์)	3	105
6	บางเขน	ขนาดใหญ่	โรงเรียนไทยนิยมสงเคราะห์	8	227
7	ลาดพร้าว	ขนาดใหญ่	โรงเรียนวัดลาดพร้าว	3	75
8	สายไหม	ขนาดใหญ่	โรงเรียนวัดเกาะสุวรรณาราม	4	152
9	สายไหม	ขนาดใหญ่	โรงเรียนวัดหนองใหญ่	4	173
10	สายไหม	ขนาดใหญ่	โรงเรียนสายไหม	3	130
11	หลักสี่	ขนาดใหญ่	โรงเรียนเคหะทุ่งสองห้องวิทยา 1	2	65
12	หลักสี่	ขนาดใหญ่	โรงเรียนการเคหะท่าทราย	2	69
13	สายไหม	ขนาดกลาง	โรงเรียนประชานุกูล	1	46
14	หลักสี่	ขนาดกลาง	โรงเรียนเคหะทุ่งสองห้องวิทยา 2	1	31
15	หลักสี่	ขนาดกลาง	โรงเรียนทุ่งสองห้อง (คุปต์วิเชียรอุทิศ)	2	53
16	หลักสี่	ขนาดกลาง	โรงเรียนบางเขน (ไว้สาลินอนุสรณ์)	1	39
17	บางซื่อ	ขนาดกลาง	โรงเรียนวัดมัชฌันติการาม	1	48
18	ลาดพร้าว	ขนาดกลาง	โรงเรียนลอยสายอนุสรณ์	2	64
จำนวนรวม				54	1,933

หมายเหตุ: โรงเรียนขนาดกลาง จำนวนนักเรียนตั้งแต่ 401-800 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวนนักเรียนมากกว่า 800 คน ขึ้นไป

ที่มา: รายงานสถิติการศึกษาปีการศึกษา 2564 โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน), 2564)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนอยู่ในปีการศึกษา 2564 สังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ

สาเหตุที่ผู้วิจัยพิจารณาเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เพราะเป็นกลุ่มนักเรียนที่ต้องเรียนเนื้อหาเรื่องนี้ที่ซับซ้อนกว่าในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และได้มีการเรียนรู้ในเนื้อหาพื้นฐานของเรื่องนี้มาก่อนแล้ว เพราะฉะนั้นจะทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่ต้องการวัดตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา วิเคราะห์เนื้อหาหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และลักษณะของหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่องจำนวนตรรกยะที่ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) สมบัติของจำนวนเต็ม และ 3) ทศนิยมและเศษส่วน โดยเนื้อหาเหล่านี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญและอยู่ในหลักสูตรการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หากนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้เนื้อหาในเรื่องอื่น ๆ เพราะเนื้อหาเหล่านี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาต่อในชั้นที่สูงขึ้น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เพื่อนำข้อมูลมาสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จำนวน 95 คน มีการคัดเลือกโรงเรียนจาก 3 เขต ใน 7 เขต คือ เขตหลักสี่ เขตจตุจักร และเขตบางเขน ที่มีผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2560 ที่อยู่ในระดับต่ำในแต่ละเขต คือ โรงเรียนทุ่งสองห้อง (คุปต์ชูชัยรุทธิศ) มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.17 โรงเรียนเสนานิคม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.42 และโรงเรียนไทยนิยมสงเคราะห์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.64 (สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดกรุงเทพมหานคร, 2560)

กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น จำนวน 110 คน มีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) ดังนี้

ขั้นที่ 1 สุ่มเขตโรงเรียนจากกลุ่มกรุงเทพเหนือมา 2 เขต จากทั้งหมด 7 เขต โดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) ทำให้ได้เขตหลักสี่ และลาดพร้าว จำนวน 7 โรงเรียน แบ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ 3 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 4 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มโรงเรียนในแต่ละขนาดด้วยการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น และโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ซึ่งเลือกจากโรงเรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มที่ 1 ทำให้ได้โรงเรียนขนาดใหญ่ 1 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 2 โรงเรียน

ขั้นที่ 3 สุ่มห้องเรียนโดยทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) มาโรงเรียนละ 1 ห้อง ทำให้ได้ห้องเรียนจำนวน 3 ห้อง จำนวนนักเรียน 110 คน

กลุ่มที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มและวิเคราะห์หิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 195 คน โดยใช้เกณฑ์ในการประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนประชากร (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนประชากรทั้งหมดเป็นหลักพัน จึงควรกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10-15 ของจำนวนประชากร ดังนั้น จากจำนวนประชากรทั้งหมด 1,933 คน จึงต้องใช้กลุ่มตัวอย่าง 194-290 คน ผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) ดังนี้

ขั้นที่ 1 สุ่มเขตโรงเรียนจากกลุ่มกรุงเทพมหานครเหนือมา 4 เขต จากทั้งหมด 7 เขต โดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) ทำให้ได้เขตบางซื่อ เขตหลักสี่ เขตจตุจักร และเขตบางเขน จำนวน 9 โรงเรียน แบ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ 5 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 4 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มโรงเรียนในแต่ละขนาดด้วยการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น และโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ทำให้ได้โรงเรียนขนาดใหญ่ 3 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 2 โรงเรียน

ขั้นที่ 3 สุ่มห้องเรียนโดยทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) มาโรงเรียนละ 1 – 2 ห้อง ทำให้ได้ห้องเรียนจำนวน 6 ห้อง จำนวนนักเรียน 195คน

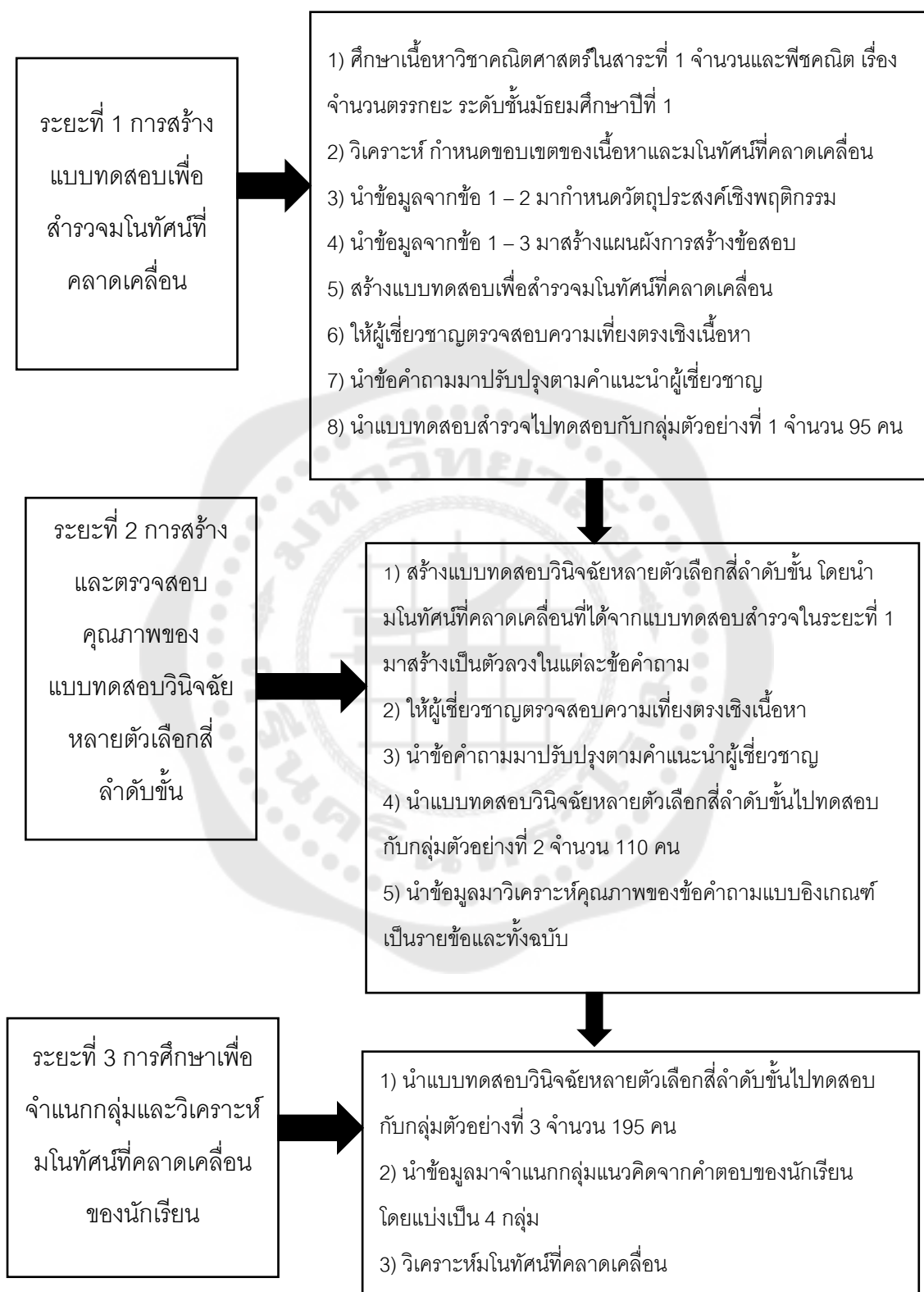
กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ทำให้ได้นักเรียนรวมทั้งหมด 400 คน ดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

ขนาด โรงเรียน	เขต	โรงเรียน	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย					
			กลุ่มที่ 1		กลุ่มที่ 2		กลุ่มที่ 3	
			ห้อง เรียน	นัก เรียน	ห้อง เรียน	นัก เรียน	ห้อง เรียน	นัก เรียน
กลาง	บางซื่อ	โรงเรียนวัดมัชฌันติการาม	-	-	-	-	1	48
กลาง	หลักสี่	โรงเรียนทุ่งสองห้อง (คุปต์ฯเสีयरชฎิศ)	1	30	-	-	1	27
กลาง	หลักสี่	โรงเรียนบางเขน (ไว้สาสี่อนุสรณ์)	-	-	1	35	-	-
กลาง	ลาดพร้าว	โรงเรียนวัดลาดพร้าว	-	-	1	40	-	-
ใหญ่	จตุจักร	โรงเรียนเสนานิคม	1	30	-	-	1	30
ใหญ่	บางเขน	โรงเรียนไทยนิยมสงเคราะห์	1	35	-	-	2	60
ใหญ่	ลาดพร้าว	โรงเรียนลอยสายอนุสรณ์	-	-	1	35	-	-
ใหญ่	หลักสี่	โรงเรียนการเคหะท่าทราย	-	-	-	-	1	30
จำนวนรวม			3	95	3	110	6	195

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) สมบัติของจำนวนเต็ม และ 3) ทศนิยมและเศษส่วน โดยมีขั้นตอนแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละระยะ

ระยะที่หนึ่ง เป็นการกำหนด ขอบเขตของเนื้อหาและมโนทัศน์ที่ต้องการวัด เพื่อนำมาสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีรายละเอียดดังนี้

1) ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่องจำนวนตรรกยะ จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร คู่มือครูและแบบเรียนคณิตศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย เช่น งานวิจัยของสุวิมล เสวกสุริยวงศ์ (2553) ไข่มุก เลื่องสุนทร (2552) วียดา ช่อนขำ (2551) Lin et al. (2016) และ D. C. Yang and Lin (2015) เพื่อนำมาวิเคราะห์และกำหนดเนื้อหาในการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการศึกษา

2) วิเคราะห์ กำหนดขอบเขตของเนื้อหาและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จากการศึกษาในข้อที่ 1 ทำให้พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก 8 เนื้อหาย่อย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. จำนวนเต็ม

1.1 ความหมายของจำนวนเต็ม

1.2 เปรียบเทียบจำนวนเต็ม

1.3 การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหาร ของจำนวนเต็ม

2. สมบัติของจำนวนเต็ม

3. ทศนิยมและเศษส่วน

3.1 ความหมายของทศนิยมและเศษส่วน

3.2 เปรียบเทียบ หาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยม

3.3 เปรียบเทียบ หาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยมเศษส่วน

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างทศนิยมและเศษส่วน

3) กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องจำนวนตรรกยะ โดยยึดตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางในสาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 16

ตาราง 16 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา กับ จุดประสงค์การเรียนรู้

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้
1) จำนวนเต็ม	1. นักเรียนเข้าใจ และอธิบายความหมายของจำนวนเต็มได้ถูกต้อง 2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจำนวนเต็มได้ถูกต้อง 3. นักเรียนสามารถหาหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหาร ของจำนวนเต็มได้ถูกต้อง 4. นักเรียนตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของจำนวนเต็มที่ได้
2) สมบัติของจำนวนเต็ม	5. นักเรียนสามารถนำความรู้และสมบัติการดำเนินการของจำนวนเต็มไปใช้ในการแก้ปัญหา
3) ทศนิยมและเศษส่วน	6. นักเรียนเข้าใจ และอธิบายความหมายของทศนิยม และเศษส่วนได้ถูกต้อง 7. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบทศนิยม หาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยมได้ถูกต้อง 8. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบเศษส่วน หาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของเศษส่วนได้ถูกต้อง 9. นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับทศนิยมและเศษส่วนไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง 10. นักเรียนตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยมและเศษส่วนที่ได้

4) นำข้อมูลจากข้อ 1- 3 มาสร้างแผนผังการสร้างข้อสอบ (Table of Specification)

โดยมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 17

ตาราง 17 แผนผังการสร้างข้อสอบ (Table of Specification)

เนื้อหาหลัก	มโนทัศน์	จำนวนข้อที่สร้าง
1) จำนวนเต็ม	1. จำนวนเต็ม หมายถึง จำนวนเต็มบวก หรือจำนวนเต็มลบ หรือศูนย์ ซึ่งจำนวนที่เขียนอยู่ในรูปเศษส่วนที่ตัวหารหารลงตัว และจำนวนเต็มที่เขียนอยู่ในรูปทศนิยมซ้ำศูนย์ก็เป็นจำนวนเต็มเช่นกัน	2 ข้อ
	2. การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม สามารถทำการเปรียบเทียบโดยใช้เส้นจำนวน คือ จำนวนเต็มที่อยู่ทางขวาจะมีค่ามากกว่าค่าที่อยู่ทางซ้ายเสมอ	1 ข้อ
	3. ความหมายของค่าสัมบูรณ์ คือ ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มใด ๆ ที่หาได้จากระยะที่จำนวนเต็มนั้นอยู่ห่างจากศูนย์บนเส้นจำนวน	1 ข้อ
	4. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของจำนวนเต็ม <ul style="list-style-type: none"> - การบวกระหว่างจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มลบ โดยการนำค่าสัมบูรณ์มาบวกกันแล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ - การบวกระหว่างจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์ไม่เท่ากันให้นำค่าสัมบูรณ์ที่มากกว่าลบด้วยค่าสัมบูรณ์ที่น้อยกว่า แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มบวกหรือจำนวนเต็มลบตามจำนวนที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า - การบวกระหว่างจำนวนเต็มบวกกับจำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์ที่เท่ากันผลบวกเท่ากับศูนย์ - การลบจำนวนเต็ม ตัวตั้ง - ตัวลบ หรือ ตัวตั้ง + จำนวนตรงข้ามของตัวลบ - การคูณจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มบวก หรือการคูณจำนวนเต็มบวกด้วยจำนวนเต็มลบ หรือการคูณจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ จะได้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวกที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของจำนวนนั้น - การคูณจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มบวก หรือการคูณจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบ จะได้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบที่มีค่าสัมบูรณ์เท่ากับผลคูณของค่าสัมบูรณ์ของจำนวนนั้น - การหารจำนวนเต็ม ถ้าตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มบวกทั้งคู่ หรือ ตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งและค่าสัมบูรณ์ของตัวหารมาหารกัน แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มบวก - การหารจำนวนเต็ม ถ้าตัวตั้งหรือตัวหารตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ โดยที่อีกตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก ให้นำค่าสัมบูรณ์ของตัวตั้งและค่าสัมบูรณ์ของตัวหารมาหารกัน แล้วตอบเป็นจำนวนเต็มลบ 	6 ข้อ
	รวม	10 ข้อ

ตาราง 17 (ต่อ)

เนื้อหาหลัก	มโนทัศน์	จำนวนข้อ ที่สร้าง
2) สมบัติของ จำนวน	<p>5. เข้าใจความหมายของสมบัติการสลับที่ การเปลี่ยนหมู่ และการแจกแจง</p> <p>– สมบัติการสลับที่สำหรับการบวกและการคูณ โดยนำจำนวน 2 จำนวนที่นำมาบวกหรือคูณกัน สามารถสลับที่กันได้โดยได้ผลลัพธ์เท่าเดิม</p> <p>สมบัติการสลับที่ ถ้า a และ b แทนจำนวนเต็มใด ๆ แล้ว</p> $a + b = b + a$ เรียกว่า สมบัติการสลับที่สำหรับการบวก $a \times b = b \times a$ เรียกว่า สมบัติการสลับที่สำหรับการคูณ <p>- สมบัติการเปลี่ยนกลุ่มสำหรับการบวกและการคูณ โดยนำจำนวน 3 จำนวนที่นำมาบวกหรือคูณกัน จะนำมาบวกหรือคูณกับ 2 จำนวนใดก่อนแล้วจึงนำไปบวกหรือคูณกับจำนวนที่เหลือแล้วได้ผลลัพธ์เท่าเดิม</p> <p>สมบัติการเปลี่ยนหมู่ ถ้า a, b และ c แทนจำนวนเต็มใด ๆ แล้ว</p> $(a + b) + c = a + (b + c)$ เรียกว่า สมบัติการเปลี่ยนหมู่สำหรับการบวก $(a \times b) \times c = a \times (b \times c)$ เรียกว่า สมบัติการเปลี่ยนหมู่สำหรับการคูณ <p>- สมบัติการแจกแจง จำนวนใด ๆ คูณกับจำนวน 2 จำนวน ที่บวกหรือหือลบกัน ผลลัพธ์จะเท่ากับผลคูณของจำนวนนั้นกับจำนวนแรกบวกหรือลบด้วยผลคูณของจำนวนที่สอง</p> <p>สมบัติการแจกแจง ถ้า a, b และ c แทนจำนวนเต็มใด ๆ แล้ว</p> $a \times (b + c) = (a \times b) + (a \times c)$ และ $(b + c) \times a = (b \times a) + (c \times a)$	7 ข้อ
	<p>6. เข้าใจการดำเนินการทางคณิตศาสตร์</p> <p>กฎพื้นฐานในการดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากซ้ายไปขวา</p> <p>ลำดับที่ 1 ดำเนินการในส่วนที่อยู่ในวงเล็บก่อน</p> <p>ลำดับที่ 2 ตามด้วยดำเนินการในส่วนที่เลขยกกำลังหรือราก</p> <p>ลำดับที่ 3 จากนั้นดำเนินการในส่วนที่เป็นการคูณและหารทั้งหมด โดยแก้สมการทางคณิตศาสตร์จากซ้ายไปขวา</p> <p>ลำดับที่ 4 ดำเนินการสุดท้ายเสมอ คือ การบวกและลบทั้งหมด โดยแก้สมการทางคณิตศาสตร์จากซ้ายไปขวาเช่นกัน</p>	1 ข้อ
	รวม	8 ข้อ

ตาราง 17 (ต่อ)

เนื้อหาหลัก	มโนทัศน์	จำนวนข้อที่สร้าง
3) ทศนิยม และ เศษส่วน	7. ความหมายของทศนิยม คือ ทศนิยมประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นจำนวนเต็มและทศนิยม ซึ่งมีจุด (.) คั่นระหว่างสองจำนวนนั้น ซึ่งจะมีค่าประจำหลักของเลขโดดแต่ละตัวในตำแหน่งต่าง ๆ ของทศนิยม	3 ข้อ
	8. การแบ่งค่าของทศนิยมบนเส้นจำนวน เหมือนกับจำนวนเต็มโดยค่าในแต่ละช่องจะต้องมีค่าเท่ากันบนเส้นจำนวน	1 ข้อ
	9. การเปรียบเทียบทศนิยม สามารถเปรียบเทียบโดยใช้เส้นจำนวน คือ ทศนิยมที่อยู่ทางขวาจะมากกว่าทศนิยมที่อยู่ทางซ้ายเสมอ	1 ข้อ
	10. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยม - การบวก และการลบทศนิยม ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการบวก ลบ จำนวนเต็ม คือ จัดเลขโดดที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันให้ตรงกันแล้วบวก ลบ กัน - การคูณทศนิยม ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการคูณจำนวนเต็ม และใส่จุดทศนิยมให้ถูกที่ คือ ถ้าตัวตั้งเป็นทศนิยมที่มี a ตำแหน่ง ตัวคูณเป็นทศนิยมที่มี b ตำแหน่ง ผลคูณจะเป็นทศนิยมที่มี a + b ตำแหน่ง - การหารทศนิยม ให้ทำตัวหารเป็นจำนวนเต็มก่อน ดำเนินการหารเช่นเดียวกับการหารจำนวนเต็ม แล้วใส่จุดทศนิยมที่ผลหารให้ตรงกับตำแหน่งจุดทศนิยมของตัวตั้ง	6 ข้อ
	11. ความหมายของเศษส่วน - เศษส่วน เป็นจำนวนที่เขียนได้ในรูป $\frac{a}{b}$ เมื่อ a เป็นจำนวนเต็ม และ b เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เท่ากับศูนย์ - เข้าใจหลักการในการทำจำนวนคละให้อยู่ในรูปเศษเกิน	5 ข้อ
	12. การเปรียบเทียบเศษส่วน สามารถใช้เส้นจำนวนในการเปรียบเทียบ โดยหลักเกณฑ์เหมือนจำนวนเต็มคือ จำนวนที่อยู่ทางขวาจะมีค่ามากกว่าค่าที่อยู่ทางซ้ายเสมอ หรือสามารถเปรียบเทียบโดยทำให้เท่ากัน มีวิธีการคือ - เมื่อตัวส่วนของเศษส่วนเท่ากัน ให้พิจารณาตัวเศษ เศษส่วนที่มีตัวเศษมากกว่าจะมากกว่าเศษส่วนที่มีตัวเศษน้อยกว่า - เมื่อตัวส่วนไม่เท่ากัน ให้ทำตัวส่วนให้เท่ากันแล้วเปรียบเทียบตามเกณฑ์ตัวส่วนที่เท่ากัน	3 ข้อ

ตาราง 17 (ต่อ)

เนื้อหาหลัก	มโนทัศน์	จำนวนข้อที่สร้าง
3) ทศนิยม และ เศษส่วน	<p>13. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของเศษส่วน</p> <p>- การบวกลบเศษส่วน ใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการบวกและการลบจำนวนเต็ม แต่มีข้อเพิ่มเติมคือ เศษส่วนที่มีตัวส่วนเท่ากันให้นำตัวเศษมาบวกหรือลบกัน โดยตัวส่วนยังคงเดิม แต่ถ้าตัวส่วนไม่เท่ากัน ให้ทำตัวส่วนให้เท่ากับตัวคูณร่วมน้อย (ค.ร.น.) ของตัวส่วนก่อนแล้วจึงนำตัวเศษมาบวกหรือลบกัน</p> <p>- การคูณเศษส่วน เมื่อ $\frac{a}{b}$ และ $\frac{c}{d}$ เป็นเศษส่วนใด ๆ ผลคูณของ $\frac{a}{b}$ และ $\frac{c}{d}$ เป็นไปตามข้อตกลงต่อไปนี้ $\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{a \times c}{b \times d}$</p> <p>- การหารเศษส่วน เมื่อ $\frac{a}{b}$ และ $\frac{c}{d}$ เป็นเศษส่วนใด ๆ $\frac{a}{b}$ หาร $\frac{c}{d}$ เป็นไปตามข้อตกลงต่อไปนี้ $\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{a \times d}{b \times c}$</p> <p>ในกรณีที่เศษส่วนที่นำมาเป็นจำนวนคละให้ทำจำนวนคละเป็นเศษเกินก่อนในการบวก ลบ คูณ และหารของเศษส่วน</p>	6 ข้อ
	14. ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้จากทศนิยมและเศษส่วน โดยใช้หลักเกณฑ์การบวก ลบ คูณ และหารในการหาผลลัพธ์ของคำตอบ	4 ข้อ
	15. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทศนิยมและเศษส่วนได้ คือ	3 ข้อ
	<p>- เปลี่ยนเศษส่วนเป็นทศนิยมได้ โดยการนำตัวส่วนไปหารตัวเศษจะทำให้ได้ค่าของตัวเลขเป็นทศนิยม</p> <p>- เปลี่ยนทศนิยมซ้ำศูนย์ให้อยู่ในรูปเศษส่วน</p> <p>- เปรียบเทียบจำนวนในรูปทศนิยมและเศษส่วน</p>	
	รวม	32 ข้อ
	รวมทั้งหมด	50 ข้อ

5) สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นข้อสอบแบบอัตนัยให้เขียนตอบ แสดงวิธีทำ และบอกเหตุผลในการตอบ โดยมีข้อคำถามที่ครอบคลุมทั้ง 3 หัวข้อหลัก

6) ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบที่ได้จากข้อ 5 เพื่อทำการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of item –

objective congruence: IOC) โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เป็นผู้เชี่ยวชาญการสอน คณิตศาสตร์จำนวน 3 คน และเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 2 คน มีเกณฑ์การแปลความหมายของค่า IOC ดังนี้ เกณฑ์การพิจารณาค่า IOC (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2526, น. 90)

ค่า IOC	ความหมาย
น้อยกว่า 0.50	ข้อสอบข้อนั้นไม่เป็นตัวแทนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50	ข้อสอบข้อนั้นเป็นตัวแทนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

7) คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.50 แล้วนำแบบทดสอบสำรวจไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 95 คน เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และรวบรวมคำตอบที่ผิด เพื่อนำมาใช้เป็นตัวลงในส่วนของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น โดยจะทำการแบ่งข้อสอบเป็น 2 ชุด ชุดละ 25 ข้อ รวมเป็น 50 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 60 นาทีต่อชุด ซึ่งจะทำการทดสอบเป็นจำนวน 2 ครั้ง เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความเหนื่อยล้าจากการทำแบบทดสอบสำรวจ

ตัวอย่างแบบทดสอบสำรวจ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

วิชา คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

จำนวน 50 ข้อ เวลา 120 นาที

ชื่อ - นามสกุล ห้องเรียน.....โรงเรียน.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมข้อความสั้น ๆ พร้อมระบุเหตุผลลงในช่องว่าง

1) $\frac{24}{3}$, 9.0000, $(-\frac{17}{17})$, 0, และ $2\frac{3}{3}$ จากจำนวนที่กำหนดให้มีจำนวนเต็มกี่จำนวน

ตอบ.....

เหตุผลหรือแสดงวิธีคิดของคำตอบ

.....

2) 0.586×0.45 มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ตอบ.....

เหตุผลหรือแสดงวิธีคิดของคำตอบ

.....

3) (-45.888), (-0.45888), (-4588.8), 458.88 และ 4.5888 จากจำนวนที่กำหนดให้

จงเรียงลำดับจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

ตอบ.....

เหตุผลหรือแสดงวิธีคิดของคำตอบ

.....

ระยะที่สอง การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกที่ลำดับชั้น มีรายละเอียดดังนี้

1) นำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกที่ลำดับชั้นที่สร้างขึ้น โดยใช้ข้อคำถามและตัวเลือกผิดมากที่สุดสามอันดับแรกมาสร้างเป็นตัวลวงซึ่งได้จากแบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระยะเวลาที่หนึ่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ เพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of item – objective congruence: IOC)

2) คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.50 ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 110 คน โดยจะทำการแบ่งข้อสอบเป็น 2 ชุด ชุดละ 25 ข้อ รวมเป็น 50 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาทีต่อชุด ซึ่งจะทำการทดสอบเป็นจำนวน 2 ครั้ง เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความเหนื่อยล้าจากการทำแบบทดสอบ และก่อนการสอบผู้วิจัยได้ทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับรายละเอียดของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกที่ลำดับชั้น รวมถึงวิธีการตอบข้อสอบ เพราะเป็นแบบทดสอบที่นักเรียนไม่ค่อยคุ้นชิน เนื่องจากในหนึ่งข้อประกอบด้วย 4 ส่วนย่อย ดังนี้

ขั้นที่หนึ่ง คือ ขั้นคำตอบ (A-tier) ประกอบด้วย 4 ตัวเลือก มีตัวเลือกที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก ตัวเลือกที่ผิด 3 ตัวเลือก ซึ่งได้จากการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ขั้นที่สอง คือ ขั้นความมั่นใจในคำตอบ (CA-tier) ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

ขั้นที่สาม คือ ขั้นเหตุผล (R-tier) ประกอบด้วย 4 ตัวเลือกที่สนับสนุนคำตอบในขั้นคำตอบ มีตัวเลือกที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก ตัวเลือกที่ผิด 3 ตัวเลือก ซึ่งได้จากการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ขั้นที่สี่ คือ ขั้นความมั่นใจในเหตุผล (CR-tier) ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

ตัวอย่างแบบทดสอบวินิจฉัยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่คลาดเคลื่อนแบบหลายตัวเลือกลำดับชั้น

วิชา คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชื่อ – นามสกุล ห้องเรียน.....โรงเรียน.....

คำชี้แจง

1. ลักษณะแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้น เรื่องจำนวนตรรกยะ ในแต่ละข้อ ประกอบด้วยข้อคำถาม 4 ข้อย่อย คือ ชั้นคำตอบ(A-tier) ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) **โดยนักเรียนต้องตอบคำถามในทุกข้อย่อย**

2. การตอบคำตอบแบบทดสอบ ให้กากบาท (x) ลงในช่องกระดาษคำตอบที่แจกให้ โดยทำการตอบให้ครบทุกชั้นในแต่ละข้อ และทำการเลือกคำตอบเพียงข้อเดียวในแต่ละชั้น

ตัวอย่าง หากนักเรียนทำข้อ 1

ชั้นคำตอบ(A-tier)	ตอบตัวเลือก ค
ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier)	ตอบตัวเลือก มั่นใจมาก
ชั้นเหตุผล (R-tier)	ตอบตัวเลือก ก
ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier)	ตอบตัวเลือก ไม่มั่นใจมาก

ข้อ ที่	ชั้นคำตอบ				ชั้นความมั่นใจของคำตอบ				ชั้นเหตุผล				ชั้นความมั่นใจของเหตุผล			
	ก	ข	ค	ง	มั่นใจ มาก	มั่นใจ	ไม่ มั่นใจ	ไม่ มั่นใจ มาก	ก	ข	ค	ง	มั่นใจ มาก	มั่นใจ	ไม่ มั่นใจ	ไม่ มั่นใจ มาก
1			x		x				x							x

3. หากนักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ใช้ยางลบหรือปากกาถูคำตอบเดิมให้สะอาดเรียบร้อยหรือกากบาท แล้วจึงกากบาทในตัวเลือกใหม่

4. ข้อมูลคำตอบของนักเรียนจะไม่มีผลต่อคะแนนที่ใช้ในการชั้นเรียนหรือการตัดเกรดของนักเรียน เนื่องจากแบบทดสอบนี้ทำเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

เนื้อหาหลัก ทศนิยมและเศษส่วน
 เนื้อหาย่อย เปรียบเทียบ หาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยม
 จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของผลคูณของทศนิยมได้ถูกต้อง
 ตัวอย่าง ข้อคำถามข้อที่ 1

1.1) 0.586×0.45 มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. 0.02637

ข. 0.2637

ค. 2.637

ง. 26.37

1.2) ระดับความมั่นใจของคำตอบใน 1.1

มั่นใจมาก

มั่นใจ

ไม่มั่นใจ

ไม่มั่นใจมาก

1.3) เพราะเหตุใดคำตอบในข้อ 1.1 จึงเป็นเช่นนั้น

ก. ผลคูณจะมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับตัวตั้ง (ตัวแรก)

ข. ผลคูณจะมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับตัวคูณ (ตัวที่สอง)

ค. ผลคูณมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับผลรวมของจำนวนตำแหน่งทศนิยมตัวตั้ง
กับตัวคูณ

ง. ผลคูณมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับหรือน้อยกว่าผลรวมของจำนวนตำแหน่ง
ทศนิยมตัวตั้งกับตัวคูณ

1.4) ระดับความมั่นใจของเหตุผลของคำตอบในข้อ 1.3

มั่นใจมาก

มั่นใจ

ไม่มั่นใจ

ไม่มั่นใจมาก

เนื้อหาหลัก ทศนิยมและเศษส่วน
 เนื้อหาย่อย หาผลบวกของทศนิยม
 จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถหาผลบวกของทศนิยมได้ถูกต้อง
 ตัวอย่าง ข้อคำถามข้อที่ 2

2.1) $876.53 + 0.036$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. 0.87689

ข. 876.566

ค. 876.89

ง. 880.13

2.2) ระดับความมั่นใจของคำตอบใน 2.1

มั่นใจมาก

มั่นใจ

ไม่มั่นใจ

ไม่มั่นใจมาก

2.3) เพราะเหตุใดคำตอบในข้อ 2.1 จึงเป็นเช่นนั้น

ก. นำเลขโดดที่อยู่ตำแหน่งเดียวกันมาตั้งให้ตรงจุดทศนิยมแล้วทำการบวก

ข. มีการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงโดยเรียงจากซ้ายไปขวาแล้วทำการบวก

ค. มีการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงโดยเรียงจากขวาไปซ้ายแล้วทำการบวก

ง. ทำการบวกโดยนำจุดทศนิยมออกโดยผลลัพธ์จะมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับผลรวมของจำนวนตำแหน่งทศนิยมของทั้งสองตัว

2.4) ระดับความมั่นใจของเหตุผลของคำตอบในข้อ 2.3

มั่นใจมาก

มั่นใจ

ไม่มั่นใจ

ไม่มั่นใจมาก

3) นำข้อมูลมาวิเคราะห์คุณภาพของข้อคำถามแบบอิงเกณฑ์เป็นรายข้อและทั้งฉบับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1) วิเคราะห์คุณภาพของข้อคำถามรายข้อและทั้งฉบับตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ของข้อคำถามในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) คือ ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อคำถามแบบอิงเกณฑ์ในด้านความยากง่าย มักจะไม่ได้นำมาเป็นเกณฑ์สำคัญในการคัดเลือก แต่จะคำนึงถึงความสามารถในการวัดตามประสงค์เป็นหลัก (สมนึก ภัททิยธนี, 2562, น. 110) งานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การแปลความหมายของค่าความยากง่ายของข้อคำถามดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, น. 226)

ค่าความยากง่าย (p)	การแปลความหมาย
0.81 – 1.00	ง่ายมาก
0.60 – 0.80	ง่าย
0.40 – 0.59	ปานกลาง
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก
0.00 – 0.19	ยากมาก

เกณฑ์การแปลความหมายผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถามแบบอิงเกณฑ์จะมีค่าตั้งแต่ - 1 ถึง +1 เช่นเดียวกับแบบอิงกลุ่ม และมีการแปลความหมายคล้ายคลึงกัน โดยข้อสอบที่ถือว่ามีความคุณภาพจะต้องมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2545, น. 107)

ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (r)	ความหมาย
+1.00	จำแนกผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องทุกคน
0.50 – 0.99	จำแนกผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
0.20 – 0.49	จำแนกผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องบางส่วน
0.00 – 0.19	จำแนกผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ ได้ถูกต้องน้อยมากหรือไม่ถูกเลย
ค่าติดลบ	จำแนกผู้รอบรู้ – ไม่รอบรู้ ได้ผิดพลาด หรือตรงข้ามกับความเป็นจริง

3.2) วิเคราะห์คุณภาพของข้อคำถามในชั้นความมั่นใจของคำตอบ และชั้นความมั่นใจของเหตุผล โดยใช้ค่าของคะแนนความมั่นใจ มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ย (CF)

3.2.2 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC)

3.2.3 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW)

3.2.4 คะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ซึ่งค่าของ CDQ เป็นค่าที่บ่งบอกว่า แบบทดสอบสามารถจำแนกระหว่างนักเรียนที่เป็นกลุ่มผู้รอบรู้และนักเรียนกลุ่มผู้ไม่รอบรู้

ระยะที่สาม ศึกษาการจำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน จากแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น มีรายละเอียดดังนี้

1) นำแบบทดสอบวินิจฉัยเลือกตอบสี่ลำดับขั้นไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ 3 จำนวน 190 คน ซึ่งได้ข้อมูลมาจากการปรับปรุงข้อมูลระยะที่สองตามเกณฑ์ที่กำหนด

2) นำข้อมูลที่ได้จากการทำแบบทดสอบวินิจฉัยเลือกตอบสี่ลำดับขั้นจากข้อที่ 1 มาทำการจำแนกกลุ่มแนวคิด โดยสามารถนำมาแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

2.1 กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)

2.2 กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มี 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลบวกลวง (False positive :FP)

แบบที่ 2 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลลบลวง (False negative: FN)

แบบที่ 3 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC)

2.3 กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK)

2.4 กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (Luck guess: LG)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้น

1.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานโดยใช้สถิติบรรยาย คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

1.2 การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยเลือกตอบสี่ลำดับชั้น คือ

1.2.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เป็นการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถาม (Index of item – objective congruence: IOC)

1.2.2 ความยากง่าย (Difficulty index: p) คือ สัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้

1.2.3 อำนาจจำแนก (Discrimination: r) คือ ค่ากึ่งกลางระหว่างสัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้

1.2.4 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) พิจารณาความเชื่อมั่นแบบทดสอบอิงเกณฑ์จากการทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยคำนวณจากสูตร ลิวิงสตัน (Livingston)

2. เกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละชั้น มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) มีเกณฑ์ให้คะแนนทั้งตาราง 18

- การวิเคราะห์แยกในแต่ละชั้นของคำตอบและเหตุผล ตอบถูกได้ 1 คะแนน หากตอบผิดได้ 0 คะแนน ผลของคะแนนคิดแยกในแต่ละชั้น

- การวิเคราะห์รวมในชั้นของคำตอบและเหตุผล (Both-tiers) ถ้าตอบถูกทั้งสองระดับในชั้นคำตอบและเหตุผล ได้คะแนน 1 คะแนน แต่หากตอบถูกในชั้นคำตอบหรือเหตุผลเพียงหนึ่งชั้นหรือตอบผิดทั้งสองชั้น ได้ 0 คะแนน โดยประยุกต์เกณฑ์การให้คะแนนมาจากการวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010)

ตาราง 18 เกณฑ์การให้คะแนนในชั้นคำตอบและเหตุผลของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับชั้น

ชั้นคำตอบ (A-tier)	ชั้นเหตุผล (R-tier)	คะแนนชั้นคำตอบ (A-tier)	คะแนนชั้นเหตุผล (R-tier)	คะแนนของชั้นคำตอบ และเหตุผล (Both-tiers)
ตอบถูก	ตอบถูก	1 คะแนน	1 คะแนน	1 คะแนน
ตอบถูก	ตอบผิด	1 คะแนน	0 คะแนน	0 คะแนน
ตอบผิด	ตอบถูก	0 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ตอบผิด	ตอบผิด	0 คะแนน	0 คะแนน	0 คะแนน

2.2 ชั้นของระดับความมั่นใจ ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) มี 4 ระดับ คือ ถ้าตอบมั่นใจมาก = 4 คะแนน มั่นใจ = 3 คะแนน ไม่มั่นใจ = 2 คะแนน และไม่มั่นใจมาก = 1 คะแนน โดยจะมีการนำค่ามาทำการคำนวณความมั่นใจในแต่ละชั้น และทั้งสองชั้นของความมั่นใจของคำตอบและเหตุผล (Both-tiers) จากนั้นทำการคำนวณความมั่นใจในแต่ละข้อ ซึ่งมีการดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ D. C. Yang and Lin (2015) และ ธีระวัฒน์ การระเกตุ (2561) มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) คือ ค่าที่บอกถึงระดับของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มีเกณฑ์การแบ่งระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 19

2.2.2 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC)

2.2.3 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW)

2.2.4 คะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) โดยค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ควรมีค่าเป็นค่าบวก เนื่องจากเป็นผลต่างของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ถูกต้องกับคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด

ตาราง 19 เกณฑ์การแบ่งมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละระดับ

ระดับของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF)
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับสูง	ค่า $CF > 2.5$
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับปานกลาง	ค่า $2.0 < CF \leq 2.5$
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับต่ำ	ค่า $CF \leq 2.0$

ตัวอย่างการวิเคราะห์คะแนนความมั่นใจแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

ข้อ ที่	ร้อยละของนักเรียน ที่ตอบถูก			ชั้นคำตอบ (A-tier)				ชั้นเหตุผล (R-tier)				ชั้นคำตอบและเหตุผล (Both-tier)			
	A-tier	R-tier	Both-tier	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ
1															
2															

3. การจำแนกกลุ่มแนวคิดของนักเรียน โดยดูจากลักษณะคำตอบของแบบทดสอบ
วินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 เกณฑ์การกำหนดรหัสในแบบทดสอบวินิจฉัยเลือกตอบสี่ลำดับชั้น มีส่วนที่
นักเรียนต้องตอบอยู่ 4 ชั้น โดยจะมีการระบุคะแนนและการแปลคำตอบดังตาราง 20

ชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) จะมี 4 ตัวเลือก โดยจะมี 1
ตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 3 ตัวเลือกจะเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier)
มี 4 ตัวเลือก คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

ตาราง 20 การระบุคะแนนและการแปลคำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยเลือกตอบสี่ระดับชั้น

ชั้นของคำถาม	คำตอบและรหัส
ชั้นคำตอบ (A-tier)	ตอบถูก = 1 ตอบผิด = 0
ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier)	ตอบมั่นใจมาก = 4 มั่นใจ = 3 ไม่มั่นใจ = 2 และไม่มั่นใจมาก = 1
ชั้นเหตุผล (R-tier)	ตอบถูก = 1 ตอบผิด = 0
ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier)	ตอบมั่นใจมาก = 4 มั่นใจ = 3 ไม่มั่นใจ = 2 และไม่มั่นใจมาก = 1

เช่น 1301 หมายถึง นักเรียนตอบถูกในชั้นคำตอบ ตอบมั่นใจในชั้นความมั่นใจของคำตอบ
ตอบผิดในชั้นเหตุผล และตอบไม่มั่นใจมากในชั้นความมั่นใจของเหตุผล

3.2 เกณฑ์ในการจำแนกกลุ่มนักเรียนที่ได้จากการตอบในแบบทดสอบวินิจฉัย
หลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น มีการประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010)
และ ธีระวัฒน์ การะเกตุ (2561) ซึ่งสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) คือ ตอบคำถาม
ถูกต้องในชั้นคำตอบและเหตุผล และตอบมั่นใจมาก หรือ มั่นใจ ในชั้นความมั่นใจ ได้แก่ กลุ่มที่มี
การลงรหัส 1414, 1413, 1313 และ 1314

2) นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

2.1 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 คือ แบบผลบวกลวง (False positive: FP) คือ ตอบถูกในชั้นคำตอบ ส่วนชั้นความมั่นใจในคำตอบตอบ มั่นใจมาก, มั่นใจ, ไม่มั่นใจ, ไม่มั่นใจมาก ตอบผิดในชั้นเหตุผล และตอบมั่นใจมากหรือมั่นใจ ในชั้นเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงทะเบียน 1103, 1104, 1203, 1204, 1303, 1304, 1403 และ 1404

2.2 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 คือ แบบผลลบลวง (False negative: FN) คือ ตอบผิดในชั้นคำตอบตอบมั่นใจมากหรือมั่นใจในชั้นของคำตอบ ตอบถูกในชั้นเหตุผล และตอบมั่นใจมาก, มั่นใจ, ไม่มั่นใจ, ไม่มั่นใจมากในชั้นเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงทะเบียน 0311, 0312, 0313, 0314, 0411, 0412, 0413 และ 0414

2.3 มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)

- ตอบผิดทั้งชั้นคำตอบและเหตุผล ตอบ ไม่มั่นใจมากหรือไม่มั่นใจ กับ มั่นใจหรือมั่นใจมาก อย่างใดอย่างหนึ่งในชั้นคำตอบหรือเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงทะเบียน 0103, 0104, 0203, 0204, 0301, 0302, 0401, และ 0402

- ตอบผิดทั้งชั้นคำตอบและเหตุผล ตอบมั่นใจมากหรือมั่นใจทั้งในชั้นคำตอบหรือเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงทะเบียน 0303, 0304, 0403 และ 0404

3) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge) คือ กลุ่มนักเรียนที่มีความรู้ไม่เพียงพอที่จะนำความรู้ที่มีมาตอบคำถามได้ คือ

- ตอบถูกในชั้นคำตอบ โดยตอบมั่นใจมาก, มั่นใจ, ไม่มั่นใจ, ไม่มั่นใจมากในชั้นคำตอบ และตอบผิดในชั้นเหตุผล โดยตอบไม่มั่นใจหรือไม่มั่นใจมากในชั้นเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงทะเบียน 1101, 1102, 1201, 1202, 1301, 1302, 1401 และ 1402

- ตอบผิดในชั้นคำตอบ โดยตอบไม่มั่นใจมากหรือไม่มั่นใจในชั้นคำตอบ และตอบถูกในชั้นเหตุผล โดยตอบมั่นใจมาก, มั่นใจ, ไม่มั่นใจ, ไม่มั่นใจมากในชั้นเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงทะเบียน 0111, 0112, 0113, 0114, 0211, 0212, 0213 และ 0214

- ตอบผิดในชั้นคำตอบและเหตุผล ตอบไม่มั่นใจมากหรือไม่มั่นใจทั้งในชั้นคำตอบและเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงทะเบียน 0101, 0102, 0201 และ 0202

4) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (Luck guess: LG) หรือกลุ่มนักเรียนที่ขาดความมั่นใจ (Lack of confidence) คือ

- ตอบถูกในชั้นคำตอบและเหตุผล และตอบไม่มั่นใจมากหรือไม่มั่นใจทั้งในชั้นคำตอบและระดับเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงทะเบียน 1111, 1112, 1211 และ 1212

- ตอบถูกในชั้นคำตอบและเหตุผล และ ไม่มั่นใจมากหรือไม่มั่นใจ กับ มั่นใจหรือมั่นใจมาก อย่างใดอย่างหนึ่งในชั้นคำตอบหรือเหตุผล ได้แก่ กลุ่มที่มีการลงรหัส 1113, 1114, 1213, 1214, 1311, 1312, 1411 และ 1412

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ความถี่, ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย (Mean: \bar{X}) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D)

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย

2.1) ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีของโรวินอลลีและแฮมเบิลตัน ดังสมการ โดยเกณฑ์ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2526)

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

เมื่อ IOC_i คือ ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบข้อที่ i กับจุดประสงค์ การเรียนรู้ที่ต้องการวัด มีค่าอยู่ระหว่าง -1 กับ +1

$\sum R$	แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาวิชาทั้งหมด
+1	คะแนน แทน ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้น
0	คะแนน แทน ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้นหรือไม่
-1	คะแนน แทน ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์ข้อนั้น
N	แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา

2.2) ค่าความยากง่ายของข้อคำถาม (Power of difficulty or difficulty index: p) เป็นค่ากึ่งกลางระหว่างสัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ โดยงานวิจัยนี้มีคะแนนจุดตัดที่เท่ากับ 61 คะแนนจากคะแนนเต็ม 88 คะแนน (มาจากข้อคำถาม 44 ข้อ ในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) ชั้นละ 44 คะแนน) โดยใช้วิธีการหาคะแนนจุดตัดตามวิธีของ บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์ (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2545, น. 159-160)

$$P = \frac{P_m + P_n}{2}$$

เมื่อ	P	แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ
	P_m	แทน สัดส่วนจำนวนคนในกลุ่มผู้รอบรู้ (M) ที่ตอบถูก
	P_n	แทน สัดส่วนจำนวนคนในกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ (N) ที่ตอบถูก

$$C = \frac{K(A+1) + 3\sqrt{K(A-1)}}{2A}$$

เมื่อ	C	แทน คะแนนจุดตัด
	K	แทน จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ
	A	แทน จำนวนตัวเลือกในข้อคำถาม

2.3) ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม (Discrimination: r) เป็นคุณลักษณะที่ต้องการวัดกับผู้ที่ไม่มีความรู้ที่ ต้องการวัดออกจากกันได้ เป็นค่าผลต่างของสัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2545, น. 164)

$$r = P_M - P_N$$

เมื่อ	r	แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	P_M	แทน สัดส่วนจำนวนคนในกลุ่มผู้รอบรู้ (M) ที่ตอบถูก
	P_N	แทน สัดส่วนจำนวนคนในกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ (N) ที่ตอบถูก

2.4) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เป็นการทดสอบเพียงครั้งเดียวมีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนน โดยคำนวณได้จากสูตร ลิวิงสตัน (Livingston) (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2545, น. 233)

$$r_{cc} = \frac{r_{tt} S_x^2 + (\bar{x} - c)^2}{S_x^2 + (\bar{x} - c)^2}$$

เมื่อ	r_{cc}	แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอิงเกณฑ์
	r_{tt}	แทน ความเชื่อมั่นของแบบวัดคำนวณตามสูตร KR-20
	S_x^2	แทน ความแปรปรวนของคะแนนการสอบ

\bar{x}	แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการสอบ
C	แทน คะแนนที่ใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินว่าใครเป็นผู้ที่รอบรู้

3. คะแนนความมั่นใจในการทำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้น มีการดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) และ D. C. Yang and Lin (2015) และ ชีระวัฒน์ การะเกตุ (2561) และมีการคำนวณค่าของคะแนนความมั่นใจดังนี้

3.1) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (Mean confidence of students for tier or item: CF)

$$CF \equiv \frac{\text{ผลรวมคะแนนความมั่นใจทั้งหมด}}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมด}}$$

3.2) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (Mean confidence of students who gave correct responses for tier or item: CFC)

$$CFC \equiv \frac{\text{ผลรวมคะแนนความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบถูกต้อง}}{\text{จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก}}$$

3.3) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (Mean confidence of students who gave incorrect responses for tier or item: CFW)

$$CFW \equiv \frac{\text{ผลรวมคะแนนความมั่นใจของนักเรียนที่ตอบผิด}}{\text{จำนวนนักเรียนที่ตอบผิด}}$$

3.4) คะแนนความมั่นใจในการจำแนก (Mean Confidence discrimination quotient: CDQ) เป็นค่าที่บ่งบอกว่า แบบทดสอบสามารถจำแนกนักเรียนที่รอบรู้และนักเรียนที่ไม่รอบรู้

$$CDQ \equiv \frac{CFC - CFW}{\text{ความเป็ยเบนมาตรฐานของความมั่นใจ}}$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

A-tier	แทน	ชั้นคำตอบ
CA-tier	แทน	ชั้นระดับความมั่นใจในคำตอบ
R-tier	แทน	ชั้นเหตุผล
CR-tier	แทน	ชั้นระดับความมั่นใจในเหตุผล
p	แทน	ค่าความยากง่ายของข้อสอบ
r	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
Avg.P	แทน	ค่าความยากง่ายเฉลี่ยของแบบทดสอบ
Avg.r	แทน	ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบ
P_m	แทน	สัดส่วนจำนวนคนในกลุ่มผู้รอบรู้ที่ตอบถูก
P_n	แทน	สัดส่วนจำนวนคนในกลุ่มผู้ไม่รอบรู้ที่ตอบถูก
r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร KR-20
r_{cc}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์
CC	แทน	กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง
M	แทน	กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้ง 3 แบบ
FP	แทน	กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แบบผลบวกวง
FN	แทน	กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 แบบผลลบวง
MC	แทน	กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 3
LK	แทน	กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้
LG	แทน	กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง
CF	แทน	คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม
CFC	แทน	คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง
CFW	แทน	คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด
CDQ	แทน	คะแนนความมั่นใจในการจำแนก

การวิจัยนี้ มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น สำหรับศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้นที่สร้างขึ้นในด้านความเที่ยง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น และ 3) เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ซึ่งทางผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

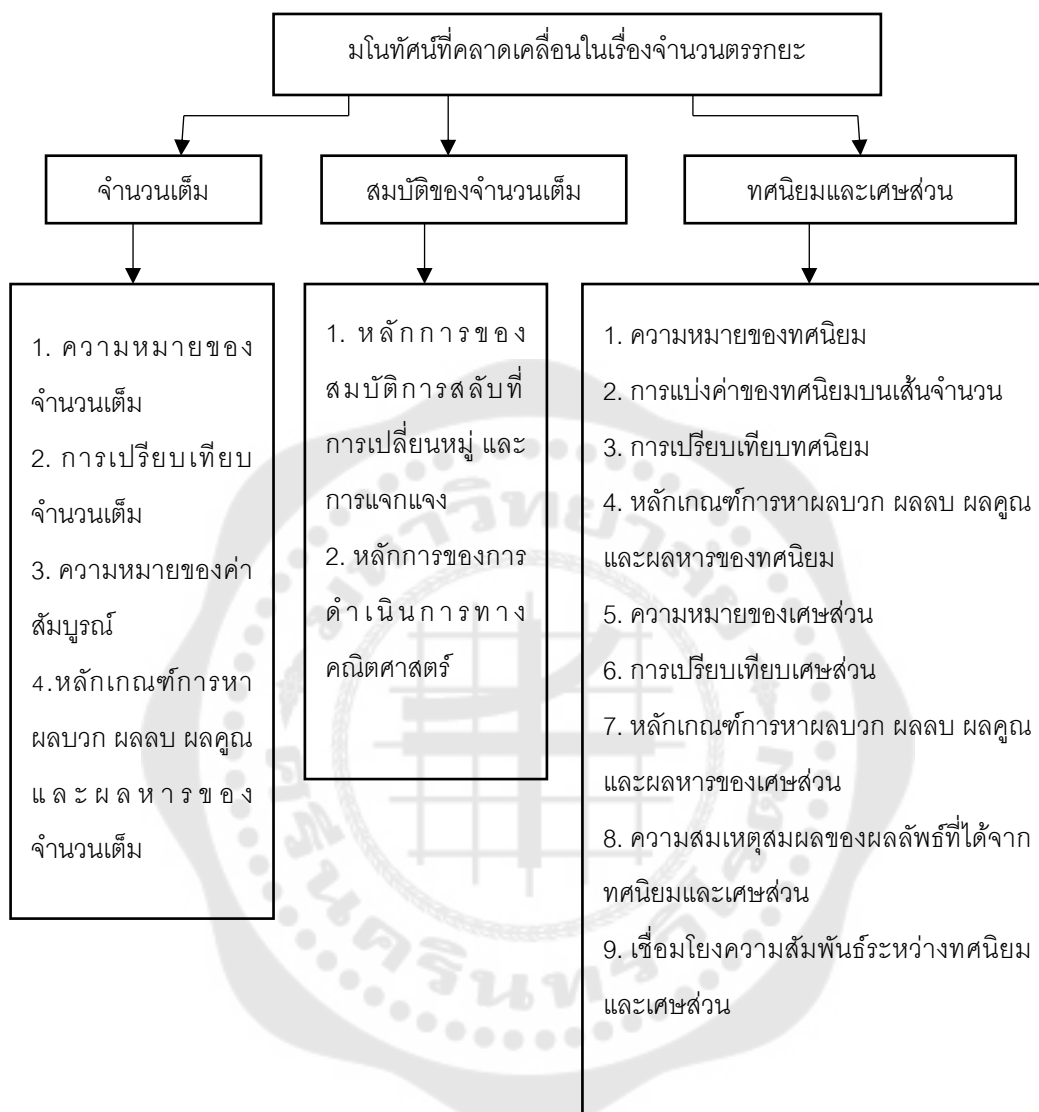
ตอนที่ 2 ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

ตอนที่ 4 ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

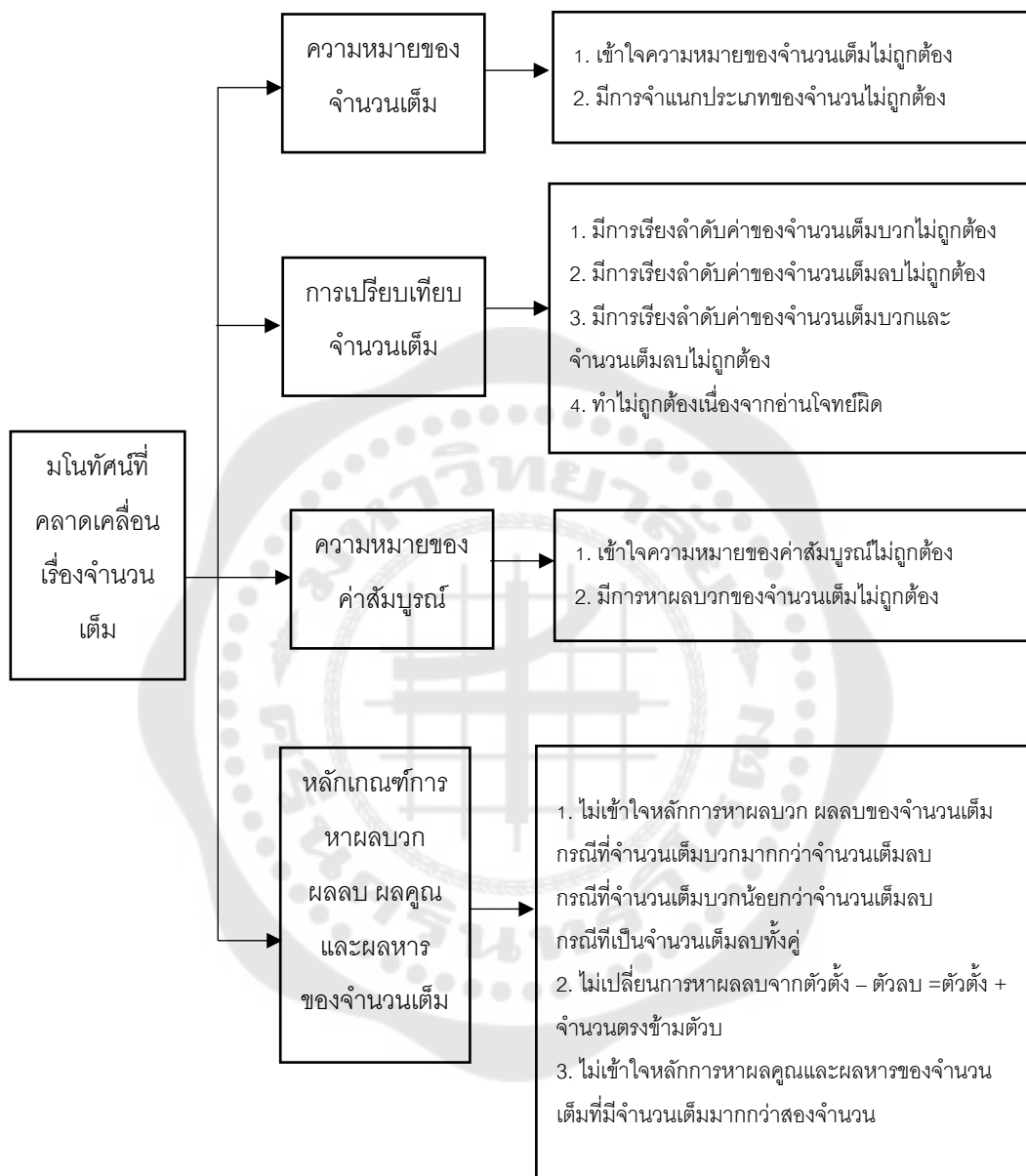
ตอนที่ 1 ผลสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 50 ข้อ มีลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย ให้นักเรียนเขียนคำตอบ และแสดงเหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบในแต่ละข้อ เนื้อหาในแบบทดสอบประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก ได้แก่ 1) จำนวนเต็ม 2) สมบัติของจำนวนเต็ม และ 3) ทศนิยมและเศษส่วน โดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ จากผลการตรวจสอบพบว่า มีค่า IOC = 0.60 จำนวน 6 ข้อ ค่า IOC = 0.80 จำนวน 8 ข้อ และมีค่า IOC = 1.00 จำนวน 36 ข้อ ผลการพิจารณารายละเอียดแต่ละข้อปรากฏดังภาคผนวก ข และทางผู้วิจัยได้แก้ไขข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เช่น มีการแก้ไขข้อความให้มีความชัดเจน และมีการเน้นข้อความที่สำคัญให้ชัดเจนมากขึ้น เป็นต้น จากนั้นจึงนำแบบทดสอบสำรวจไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 95 คน จาก 3 โรงเรียน โดยนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จำนวน 15 มโนทัศน์ โดยมีรายละเอียดดังภาพประกอบ 8

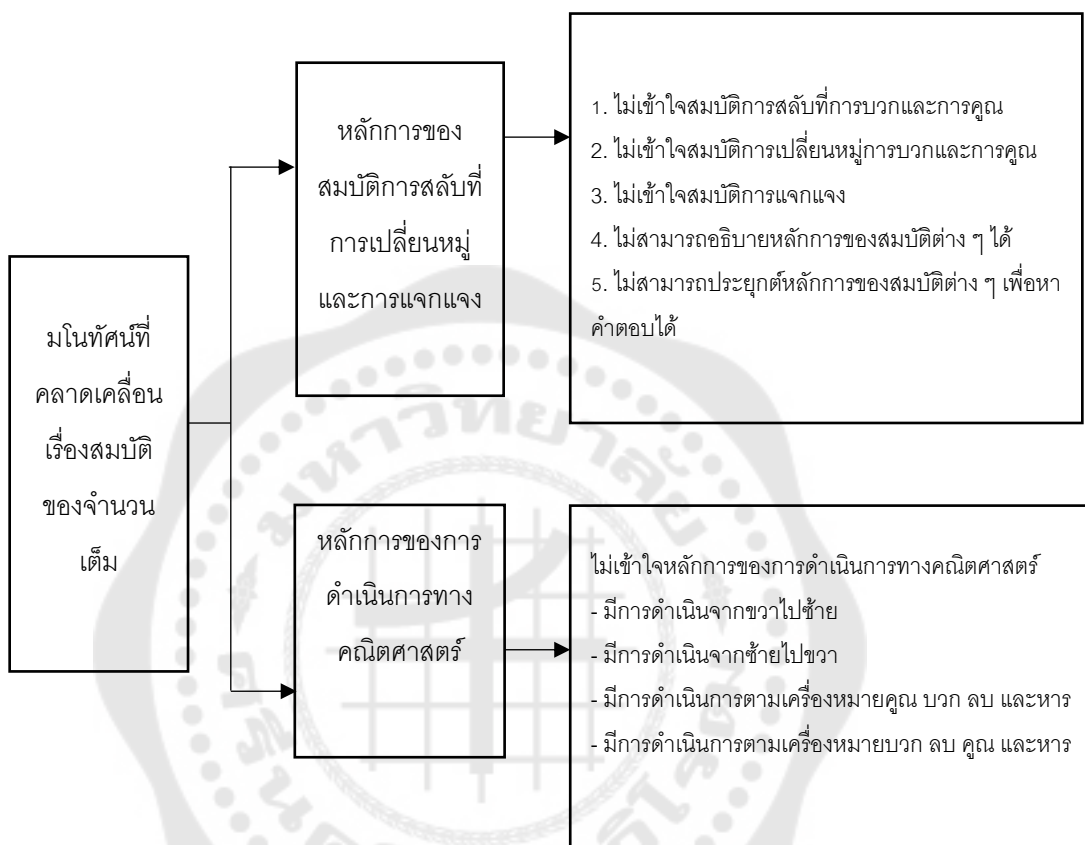


ภาพประกอบ 8 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องจำนวนตรรกยะ จำนวน 15 มโนทัศน์

จากภาพประกอบ 8 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องจำนวนตรรกยะ จำนวน 15 มโนทัศน์ พบว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนใน 3 เนื้อหาหลัก คือ เรื่องจำนวนเต็ม มี 4 มโนทัศน์ เรื่องสมบัติของจำนวนเต็ม มี 2 มโนทัศน์ และเรื่องทศนิยมและเศษส่วน มี 9 มโนทัศน์ โดยรายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบในแต่ละเนื้อหาหลักแสดงในภาพประกอบที่ 9 – 11



ภาพประกอบ 9 รายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของจำนวนเต็ม



ภาพประกอบ 10 รายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของสมบัติของจำนวนเต็ม



ภาพประกอบ 11 รายละเอียดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของทศนิยมและเศษส่วน

ตอนที่ 2 ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากผลสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในตอนต้นที่ 1 มาสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 50 ข้อ มีเนื้อหาหลัก 3 เรื่อง คือ

- 1) เรื่องจำนวนเต็ม ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ
- 2) เรื่องสมบัติของจำนวนเต็มประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ
- 3) เรื่องทศนิยมและเศษส่วน ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 32 ข้อ

ตาราง 21 รายละเอียดมโนทัศน์ในแต่ละเนื้อหาหลักของข้อคำถาม 50 ข้อ

เนื้อหาหลัก	มโนทัศน์	จำนวนข้อ คำถาม
1) จำนวน เต็ม	1. ความหมายของจำนวนเต็ม	2 ข้อ
	2. การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม	1 ข้อ
	3. ความหมายของค่าสัมบูรณ์	1 ข้อ
	4. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของจำนวนเต็ม	6 ข้อ
	จำนวนรวม	10 ข้อ
2) สมบัติ ของจำนวน เต็ม	1. หลักการของสมบัติการสลับที่ การเปลี่ยนหมู่ และการแจกแจง	7 ข้อ
	2. หลักการของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์	1 ข้อ
	จำนวนรวม	8 ข้อ
3) ทศนิยม และ เศษส่วน	1. ความหมายของทศนิยม	3 ข้อ
	2. การแบ่งค่าของทศนิยมบนเส้นจำนวน	1 ข้อ
	3. การเปรียบเทียบทศนิยม	1 ข้อ
	4. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยม	6 ข้อ
	5. ความหมายของเศษส่วน	5 ข้อ
	6. การเปรียบเทียบเศษส่วน	3 ข้อ
	7. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของเศษส่วน	6 ข้อ
	8. ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้จากทศนิยมและเศษส่วน	4 ข้อ
	9. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทศนิยมและเศษส่วน	3 ข้อ
จำนวนรวม	32 ข้อ	
จำนวนรวมทั้งหมด		50 ข้อ

รูปแบบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ โดยมี 4 ส่วนย่อยใน 1 ข้อคำถาม คือ

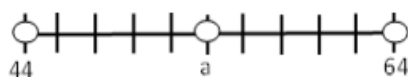
ชั้นคำตอบ (Answer tier: A-tier) เป็นการวัดความรู้เนื้อหาตามวัตถุประสงค์ ข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (Confidence of answer tier: CA-tier) เป็นการวัดความมั่นใจของคำตอบในชั้นคำตอบว่านักเรียนมั่นใจมากน้อยเพียงใด ข้อคำถามเป็นแบบมาตราประมาณค่า 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

ชั้นเหตุผล (Reason tier: R-tier) เป็นการวัดเหตุผลที่สนับสนุนความรู้ของนักเรียนในการตอบคำถามในชั้นเหตุผล ข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (Confidence of reason tier: CR-tier) เป็นการวัดความมั่นใจของคำตอบในชั้นเหตุผลว่านักเรียนมั่นใจมากน้อยเพียงใด ข้อคำถามเป็นแบบมาตราประมาณค่า 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

1) จงหาค่า a บนเส้นจำนวนที่กำหนดให้



ก. 54

ข. 49

ค. 39

ง. 0

ชั้นคำตอบ (A-tier)

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier)

เหตุผล

ก. ค่าที่อยู่ตรงกลางมีค่าเท่ากับศูนย์

ข. ค่าแต่ละช่องบนเส้นจำนวน = 1 แล้วนำไปหักกับ 44

ค. ค่าแต่ละช่องบนเส้นจำนวน = 1 แล้วนำไปบวกกับ 44

ง. ค่าแต่ละช่องบนเส้นจำนวน = 2 แล้วนำไปบวกกับ 44

ชั้นเหตุผล (R-tier)

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (RA-tier)

ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นใน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ได้นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และนำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 110 คน เพื่อนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบประกอบด้วย 1) ค่าความยากง่าย 2) ค่าอำนาจจำแนก 3) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบในด้านค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3.1 ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ จากผลการตรวจสอบจำนวน 50 ข้อ พบว่ามีค่า IOC = 0.80 จำนวน 6 ข้อ และมีค่า IOC = 1.00 จำนวน 44 ข้อ ผลการพิจารณารายละเอียดข้อปรากฏดังภาคผนวก ค โดยค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.80 – 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกข้อ แสดงว่าแบบทดสอบนี้มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบในด้านค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ จำนวน 50 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 110 คน จาก 3 โรงเรียน จากนั้นนำข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างตอบในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) มาวิเคราะห์คุณภาพด้านความยากง่าย อำนาจจำแนก โดยมีคะแนนจุดตัดที่ 69 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการแบ่งนักเรียนที่รอบรู้และไม่รอบรู้ ของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 22

ตาราง 22 ผลการตอบของนักเรียนในแต่ละตัวเลือก ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อของแบบทดสอบ

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P _m	P _n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวหลง									
		ก	ข	ค	ง						
1	ชั้นคำตอบ (A-tier)	83*	15	4	8	0.88	0.75	0.81	0.13	ข้อคำถามง่ายมาก จำแนกได้น้อยมาก	ใช้ไม่ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	19	32	10	49*	0.75	0.42	0.59	0.33	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ตัดออก
2	ชั้นคำตอบ (A-tier)	12	52	23	23*	0.63	0.18	0.40	0.45	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	11	41*	43	15	0.75	0.34	0.55	0.41	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
3	ชั้นคำตอบ (A-tier)	23	9	64*	14	0.88	0.56	0.72	0.32	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	13	49*	38	10	0.88	0.41	0.64	0.46	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
4	ชั้นคำตอบ (A-tier)	36	34	25*	15	0.63	0.20	0.41	0.43	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	34*	19	34	23	0.63	0.28	0.45	0.34	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
5	ชั้นคำตอบ (A-tier)	27	15	54*	14	0.88	0.46	0.67	0.41	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	14	28	22	46*	0.75	0.39	0.57	0.36	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้

* หมายถึง คำตอบที่ถูกต้องในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวลวง									
		ก	ข	ค	ง						
6	ชั้นคำตอบ (A-tier)	28 25.45	60* 54.55	13 11.82	9 8.18	1.00	0.51	0.75	0.49	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้ เก็บไว้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	50* 45.45	40 36.36	9 8.18	11 10.00	1.00	0.41	0.71	0.59	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ส่วนใหญ่	
7	ชั้นคำตอบ (A-tier)	51* 46.36	25 22.73	16 14.55	18 16.36	1.00	0.42	0.71	0.58	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ส่วนใหญ่	ใช้ได้ เก็บไว้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	37 33.64	38* 34.55	23 20.91	12 10.91	0.88	0.30	0.59	0.57	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้ส่วนใหญ่	
8	ชั้นคำตอบ (A-tier)	10 9.09	36 32.73	12 10.91	52* 47.27	1.00	0.43	0.72	0.57	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ส่วนใหญ่	ใช้ได้ เก็บไว้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	28 25.45	21 19.09	40* 36.36	21 19.09	1.00	0.31	0.66	0.69	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ส่วนใหญ่	
9	ชั้นคำตอบ (A-tier)	45* 40.91	32 29.09	21 19.09	12 10.91	1.00	0.36	0.68	0.64	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ส่วนใหญ่	ใช้ได้ เก็บไว้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	19 17.27	26 23.64	21 19.09	43* 39.09	0.75	0.36	0.56	0.39	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	
10	ชั้นคำตอบ (A-tier)	16 14.55	38 34.55	39* 35.45	16 14.55	0.75	0.32	0.54	0.43	ข้อคำถาม ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้ เก็บไว้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	16 14.55	39 35.45	42* 38.18	12 10.91	0.63	0.36	0.49	0.26	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวลวง									
		ก	ข	ค	ง						
11	ชั้นคำตอบ (A-tier)	12	34	31	33*	0.75	0.26	0.51	0.49	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	23	22	37*	28						
12	ชั้นคำตอบ (A-tier)	21	21	23*	45	0.50	0.19	0.34	0.31	ข้อคำถามค่อนข้างยาก จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	35	26*	33	16						
13	ชั้นคำตอบ (A-tier)	20	16	37	37*	0.63	0.31	0.47	0.31	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	29*	16	32	33						
14	ชั้นคำตอบ (A-tier)	48*	26	22	14	0.75	0.41	0.58	0.34	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	19	19	38*	34						
15	ชั้นคำตอบ (A-tier)	20	38	43*	9	0.50	0.38	0.44	0.12	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้น้อยมาก	ใช้ไม่ได้
	เหตุผล (R-tier)	28	20	32	30*						

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวลวง									
		ก	ข	ค	ง						
16	ชั้นคำตอบ (A-tier)	53*	23	19	15	0.75	0.46	0.61	0.29	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ บางส่วน	ใช้ได้ เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	13.64	31.82	30.00	24.55						
17	ชั้นคำตอบ (A-tier)	25	30	31*	24	0.50	0.26	0.38	0.24	ข้อคำถามค่อนข้าง ง่ายจำแนก ได้บางส่วน	ใช้ได้ เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	22.73	27.27	28.18	21.82						
18	ชั้นคำตอบ (A-tier)	11	20	51*	28	0.88	0.43	0.65	0.44	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ บางส่วน	ใช้ได้ เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	10.00	18.18	46.36	25.45						
19	ชั้นคำตอบ (A-tier)	7	16	15	72*	1.00	0.63	0.81	0.37	ข้อคำถาม ง่ายมากจำแนก ได้บางส่วน	ใช้ไม่ได้ ตัดออก
	เหตุผล (R-tier)	6.36	14.55	13.64	65.45						
20	ชั้นคำตอบ (A-tier)	17	54*	15	24	1.00	0.45	0.73	0.55	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ ส่วนใหญ่	ใช้ได้ เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	15.45	49.09	13.64	21.82						

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวลวง									
		ก	ข	ค	ง						
21	ชั้นคำตอบ (A-tier)	23	36	23	28*	0.50	0.24	0.37	0.26	ข้อคำถาม ค่อนข้างยาก จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้ เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	20.91	32.73	20.91	25.45						
22	ชั้นคำตอบ (A-tier)	21	46*	28	15	1.00	0.37	0.69	0.63	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ส่วนใหญ่	ใช้ได้ เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	19.09	41.82	25.45	13.64						
23	ชั้นคำตอบ (A-tier)	15	14	29	52*	0.88	0.44	0.66	0.43	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้ เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	13.64	12.73	26.36	47.27						
24	ชั้นคำตอบ (A-tier)	23	13	14	60*	1.00	0.51	0.75	0.49	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้ เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	20.91	11.82	12.73	54.55						
25	ชั้นคำตอบ (A-tier)	12	80*	12	6	1.00	0.71	0.85	0.29	ข้อคำถามง่ายมาก จำแนกได้บางส่วน	ใช้ ไม่ได้
	เหตุผล (R-tier)	10.91	72.73	10.91	5.45						
	ชั้นคำตอบ (A-tier)	42*	12	24	32	0.50	0.37	0.44	0.13	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้น้อยมาก	ตัด ออก
	เหตุผล (R-tier)	38.18	10.91	21.82	29.09						

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวลวง									
		ก	ข	ค	ง						
26	ชั้นคำตอบ (A-tier)	15	24	47*	24	1.00	0.38	0.69	0.62	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ ส่วนใหญ่	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	37*	20	29	24	0.63	0.31	0.47	0.31	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
27	ชั้นคำตอบ (A-tier)	38	22	16	34*	0.75	0.27	0.51	0.48	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	40*	16	31	23	0.75	0.33	0.54	0.42	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
28	ชั้นคำตอบ (A-tier)	29	60*	11	10	0.88	0.52	0.70	0.36	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	16	18	44	32*	0.63	0.26	0.44	0.36	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
29	ชั้นคำตอบ (A-tier)	45	17	45*	3	0.75	0.38	0.57	0.37	ข้อคำถาม ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	34*	35	14	27	0.50	0.29	0.40	0.21	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
30	ชั้นคำตอบ (A-tier)	35*	24	45	6	0.63	0.29	0.46	0.33	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	38	24	33*	15	0.50	0.28	0.39	0.22	ข้อคำถาม ค่อนข้างยาก จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของการเลือกคำตอบถูกและตัวลวง				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		ก	ข	ค	ง						
31	ชั้นคำตอบ (A-tier)	30 27.27	31 28.18	16 14.55	33* 30.00	0.50	0.28	0.39	0.22	ข้อคำถามค่อนข้างยากจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	29 26.36	33 30.00	29* 26.36	19 17.27						
32	ชั้นคำตอบ (A-tier)	18 16.36	6 5.45	13 11.82	73* 66.36	0.75	0.66	0.70	0.09	ข้อคำถามง่ายจำแนกได้น้อยมาก	ใช้ไม่ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	48* 43.64	22 20.00	31 28.18	9 8.18						
33	ชั้นคำตอบ (A-tier)	52 47.27	11 10.00	29 26.36	18* 16.36	0.50	0.14	0.32	0.36	ข้อคำถามค่อนข้างยากจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	17 15.45	43 39.09	19 17.27	31* 28.18						
34	ชั้นคำตอบ (A-tier)	42* 38.18	46 41.82	18 16.36	4 3.64	0.63	0.36	0.49	0.26	ข้อคำถามยากง่ายปานกลางจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	47 42.73	25 22.73	34* 30.91	4 3.64						
35	ชั้นคำตอบ (A-tier)	11 10.00	7 6.36	84* 76.36	8 7.27	0.88	0.75	0.81	0.12	ข้อคำถามง่ายมากจำแนกได้น้อยมาก	ใช้ไม่ได้
	ชั้นเหตุผล (R-tier)	19 17.27	74* 62.27	14 12.73	3 2.73						

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวลวง									
		ก	ข	ค	ง						
36	ชั้นคำตอบ (A-tier)	14	58*	26	12	1.00	0.49	0.75	0.51	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ส่วนใหญ่	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	25	13	20	52*	0.88	0.44	0.66	0.43	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
37	ชั้นคำตอบ (A-tier)	27	42*	19	22	0.63	0.36	0.49	0.26	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลางจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	25	54*	17	14	0.75	0.47	0.61	0.28	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
38	ชั้นคำตอบ (A-tier)	30	38*	28	14	0.63	0.32	0.47	0.30	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลางจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	35	27	29*	19	0.50	0.25	0.37	0.25	ข้อคำถามค่อนข้างยาก จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
39	ชั้นคำตอบ (A-tier)	39	21	40*	10	0.63	0.34	0.48	0.28	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลางจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	23*	24	40	23	0.63	0.18	0.40	0.45	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลางจำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
40	ชั้นคำตอบ (A-tier)	54*	17	21	18	1.00	0.45	0.73	0.55	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้ส่วนใหญ่	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	17	16	27	50*	0.75	0.43	0.59	0.32	ข้อคำถามยากง่าย ปานกลางจำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวลวง									
		ก	ข	ค	ง						
41	ชั้นคำตอบ (A-tier)	33	25	36*	16	0.63	0.30	0.46	0.32	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	30.00	22.73	32.73	14.55						
42	ชั้นคำตอบ (A-tier)	42*	28	27	13	0.63	0.36	0.49	0.26	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	38.18	25.45	24.55	11.82						
43	ชั้นคำตอบ (A-tier)	19	32	53*	6	0.75	0.46	0.61	0.29	ข้อคำถามง่าย จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	17.27	29.09	48.18	5.45						
44	ชั้นคำตอบ (A-tier)	27	28	18	37*	0.63	0.31	0.47	0.31	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	24.55	25.45	16.36	33.64						
45	ชั้นคำตอบ (A-tier)	31	47*	22	10	0.75	0.40	0.58	0.35	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	28.18	42.73	20.00	9.09						
46	ชั้นคำตอบ (A-tier)	33	20	40*	17	0.63	0.34	0.48	0.28	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	30.00	18.18	36.36	15.45						
47	ชั้นคำตอบ (A-tier)	35	13	50*	12	0.75	0.43	0.59	0.32	ข้อคำถามปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	31.82	11.82	45.45	10.91						
48	ชั้นคำตอบ (A-tier)	11	49*	33	17	0.75	0.42	0.59	0.33	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	10.00	44.55	30.00	15.45						
49	ชั้นคำตอบ (A-tier)	26	31	39*	14	0.63	0.33	0.48	0.29	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	23.64	28.18	35.45	12.73						
50	ชั้นคำตอบ (A-tier)	16	43*	33	18	0.63	0.37	0.50	0.25	ข้อคำถามยากง่ายปานกลาง จำแนกได้บางส่วน	เก็บไว้
	เหตุผล (R-tier)	14.55	39.09	30.00	16.36						

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ชั้นของคำตอบ	จำนวนนักเรียนและร้อยละของ				P_m	P_n	P	r	การแปลผล	สรุปผล
		การเลือกคำตอบถูกและตัวลวง									
		ก	ข	ค	ง						
46	ชั้นคำตอบ (A-tier)	25	18	34*	33	0.50	0.29	0.40	0.21	ข้อคำถามยากง่ายปานกลางจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	17*	35	38	20						
47	ชั้นคำตอบ (A-tier)	25	48*	22	15	0.75	0.41	0.58	0.34	ข้อคำถามยากง่ายปานกลางจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	52*	26	14	18						
48	ชั้นคำตอบ (A-tier)	56*	23	22	9	0.88	0.48	0.68	0.39	ข้อคำถามง่ายจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	29	45*	22	14						
49	ชั้นคำตอบ (A-tier)	34	13	36*	27	0.88	0.28	0.58	0.59	ข้อคำถามยากง่ายปานกลางจำแนกได้ส่วนใหญ่	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	23	20	47*	20						
50	ชั้นคำตอบ (A-tier)	24	37	35*	14	0.63	0.29	0.46	0.33	ข้อคำถามยากง่ายปานกลางจำแนกได้บางส่วน	ใช้ได้
	เหตุผล (R-tier)	24	20	33	33*						

ตาราง 23 ช่วงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ในชั้นคำตอบ (A-tier) และ ชั้นเหตุผล (R-tier) ของข้อคำถามจำนวน 50 ข้อ

ช่วงค่าความ ยากง่าย (p)	ชั้นคำตอบ (A-tier)	ชั้นเหตุผล (R-tier)	ช่วงค่าอำนาจจำแนก (r)	ชั้นคำตอบ (A-tier)	ชั้นเหตุผล (R-tier)
0.00 - 0.19	-	-	0.00 - 0.19	4	4
0.20-0.29	-	1	0.20-0.29	11	20
0.30-0.39	6	11	0.30-0.39	16	12
0.40-0.49	12	14	0.40-0.49	10	9
0.50-0.59	9	13	0.50-0.59	6	4
0.60-0.69	10	9	0.60-0.69	3	1
0.70-0.79	9	2	0.70-0.79	-	-
0.80-0.89	4	-	0.80-0.89	-	-
0.90-0.99	-	-	0.90-0.99	-	-
Avg.P	0.58	0.51	Avg.r	0.37	0.33

จากตาราง 22 เมื่อพิจารณาในคำตอบของนักเรียน พบว่าจำนวนและร้อยละของตัว
ลงในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) นักเรียนทำการตอบตัวลงในทุกข้อของคำถาม
โดยมีตัวเลือกในบางข้อที่นักเรียนทำการเลือกตัวลงมากกว่าคำตอบที่ถูกต้อง แสดงว่าตัวลงมี
ประสิทธิภาพแต่ก็ต้องคำนึงถึงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ด้วย

จากตาราง 22 และ 23 เมื่อพิจารณาค่าความยากง่าย (p) พบว่ามีค่าความยากง่าย
เฉลี่ยของแบบทดสอบในชั้นคำตอบ (A-tier) เท่ากับ 0.58 มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.32 – 0.85
โดยมีค่าอยู่ระดับค่อนข้างยาก ($p = 0.20-0.39$) จำนวน 6 ข้อ อยู่ในระดับยากง่ายปานกลาง
($p = 0.40-0.59$) จำนวน 21 ข้อ และอยู่ในระดับค่อนข้างง่ายถึงง่ายมาก ($p = 0.60-0.89$) จำนวน
23 ข้อ ส่วนค่าความยากง่ายเฉลี่ยของแบบทดสอบในชั้นเหตุผล (R-tier) เท่ากับ 0.51 มีค่าความ
ยากง่ายตั้งแต่ 0.26 -0.71 โดยมีค่าความยากง่ายอยู่ระดับค่อนข้างยาก ($p = 0.20 - 0.39$) จำนวน
12 ข้อ อยู่ในระดับยากง่ายปานกลาง ($p = 0.40-0.59$) จำนวน 27 ข้อ และอยู่ในระดับค่อนข้างง่าย
(0.60-0.79) จำนวน 11 ข้อ โดยค่าความยากง่าย (p) ในชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าน้อยกว่าในชั้น
คำตอบ (A-tier) เล็กน้อย แสดงว่าในชั้นเหตุผล (R-tier) มีความยากมากกว่าในชั้นคำตอบ (A-tier)

ในด้านค่าอำนาจจำแนก (r) พบว่า มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบในชั้นคำตอบ (A-tier) เท่ากับ 0.37 มีค่าตั้งแต่ 0.09 – 0.64 แสดงว่า ข้อคำถามมีความสามารถในการจำแนกได้น้อยมากถึงจำแนกได้ส่วนใหญ่ โดยมีความสามารถในการจำแนกได้เป็นส่วนใหญ่ ($r = 0.50 - 0.99$) จำนวน 9 ข้อ มีความสามารถในการจำแนกได้บางส่วน ($r = 0.50 - 0.99$) จำนวน 37 ข้อ และมีความสามารถในการจำแนกได้น้อยมาก ($r = 0.00 - 0.19$) จำนวน 4 ข้อ ส่วนค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบในชั้นเหตุผล (R-tier) เท่ากับ 0.33 มีค่าตั้งแต่ 0.08 – 0.69 แสดงว่า ข้อคำถามมีความสามารถในการจำแนกได้น้อยมากถึงจำแนกได้ส่วนใหญ่ โดยมีความสามารถในการจำแนกได้เป็นส่วนใหญ่ ($r = 0.50 - 0.99$) จำนวน 5 ข้อ มีความสามารถในการจำแนกได้บางส่วน ($r = 0.50 - 0.99$) จำนวน 41 ข้อ และมีความสามารถในการจำแนกได้น้อยมาก ($r = 0.00 - 0.19$) จำนวน 4 ข้อ ข้อ โดยค่าอำนาจจำแนก (r) ทั้งในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) ส่วนใหญ่มีความสามารถในการจำแนกผู้รอบรู้กับผู้ไม่รอบรู้ได้บางส่วน

จากการพิจารณาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) พบว่ามีจำนวน 6 ข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ข้อที่ 1, 15, 19, 25, 32 และ 35 เนื่องจากมีค่าอำนาจจำแนก (r) ที่น้อยกว่า 0.20 เพราะเป็นข้อคำถามที่มีการจำแนกผู้รอบรู้กับผู้ไม่รอบรู้ได้ถูกต้องน้อยมาก ทำให้หลังการคัดเลือกข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้น วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ จากเดิม 50 ข้อ มีจำนวนเหลือเป็น 44 ข้อ มีคะแนนจุดตัดจากเดิม 69 คะแนน (100 คะแนน) เป็น 61 คะแนน (จากคะแนนเต็ม 88 คะแนน) ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่าใครเป็นผู้รอบรู้ โดยคุณภาพของแบบทดสอบหลังการคัดเลือกพบว่า ค่าความยากง่ายเฉลี่ยของแบบทดสอบในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) คือ 0.56 ($p = 0.32 - 0.75$) และ 0.50 ($p = 0.26 - 0.71$) ในส่วนของค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) คือ 0.40 ($r = 0.21 - 0.64$) และ 0.35 ($r = 0.21 - 0.69$) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร KR-20 มีค่าเท่ากับ 0.92 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ r_{cc} จากสูตรลิวิงตัน (Livingston) มีค่าเท่ากับ 0.98 ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนและหลังการคัดเลือก โดยแสดงค่าต่างๆ ไว้ในตาราง 24

ตาราง 24 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนคัดเลือกและหลังคัดเลือก

เรื่อง	ขั้นคำตอบ (A-tier)		ขั้นเหตุผล (R-tier)		ขั้นคำตอบ (A-tier)		ขั้นเหตุผล (R-tier)	
	p	Avg.P	p	Avg.P	r	Avg.r	r	Avg.r
ก่อนคัดเลือก								
จำนวนเต็ม (10 ข้อ)	0.40-0.81	0.64	0.45-0.71	0.58	0.13-0.64	0.44	0.26-0.69	0.44
สมบัติของจำนวนเต็ม(8 ข้อ)	0.34-0.65	0.50	0.32-0.53	0.44	0.12-0.49	0.32	0.11-0.45	0.31
ทศนิยมและเศษส่วน(32ข้อ)	0.32-0.85	0.59	0.26-0.71	0.50	0.09-0.63	0.36	0.08-0.56	0.30
ทั้งหมด (50 ข้อ)	0.32-0.85	0.58	0.26-0.71	0.51	0.09-0.64	0.37	0.08-0.69	0.33
หลังคัดเลือก								
จำนวนเต็ม (9 ข้อ)	0.40-0.75	0.62	0.45-0.71	0.58	0.32-0.64	0.48	0.26-0.69	0.45
สมบัติของจำนวนเต็ม(7 ข้อ)	0.34-0.65	0.51	0.36-0.53	0.46	0.24-0.49	0.35	0.21-0.45	0.34
ทศนิยมและเศษส่วน(28ข้อ)	0.32-0.75	0.56	0.26-0.66	0.49	0.21-0.63	0.38	0.21-0.56	0.32
ทั้งหมด (44 ข้อ)	0.32-0.75	0.56	0.26-0.71	0.50	0.21-0.64	0.40	0.21-0.69	0.35

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ที่ผู้วิจัยสร้างจำนวน 50 ข้อ ได้นำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 110 คน แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ พบว่ามีจำนวน 44 ข้อที่ผ่านเกณฑ์ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก คือ เรื่องจำนวนเต็ม 9 ข้อ เรื่องสมบัติของจำนวนเต็ม 7 ข้อ และเรื่องทศนิยมและเศษส่วน 28 ข้อ โดยมีรายละเอียดข้อคำถามในแต่ละเนื้อหาหลักก่อนคัดเลือกและหลังคัดเลือกดังตาราง 25

ตาราง 25 รายละเอียดมติในทัศนียภาพในแต่ละเนื้อหาหลักก่อนคัดเลือกและหลังคัดเลือก

เนื้อหาหลัก	มติทัศนียภาพ	จำนวนข้อก่อนคัดเลือก	จำนวนข้อหลังคัดเลือก
1) จำนวนเต็ม	1. ความหมายของจำนวนเต็ม	2 ข้อ	1 ข้อ
	2. การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม	1 ข้อ	1 ข้อ
	3. ความหมายของค่าสัมบูรณ์	1 ข้อ	1 ข้อ
	4. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของจำนวนเต็ม	6 ข้อ	6 ข้อ
	จำนวนรวม	10 ข้อ	9 ข้อ
2) สมบัติของจำนวนเต็ม	1. หลักการของสมบัติการสลับที่ การเปลี่ยนหมู่ และการแจกแจง	7 ข้อ	6 ข้อ
	2. หลักการของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์	1 ข้อ	1 ข้อ
	จำนวนรวม	8 ข้อ	7 ข้อ
3) ทศนิยมและเศษส่วน	1. ความหมายของทศนิยม	3 ข้อ	2 ข้อ
	2. การแบ่งค่าของทศนิยมบนเส้นจำนวน	1 ข้อ	1 ข้อ
	3. การเปรียบเทียบทศนิยม	1 ข้อ	1 ข้อ
	4. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยม	6 ข้อ	5 ข้อ
	5. ความหมายของเศษส่วน	5 ข้อ	3 ข้อ
	6. การเปรียบเทียบเศษส่วน	3 ข้อ	3 ข้อ
	7. หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของเศษส่วน	6 ข้อ	6 ข้อ
	8. ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้จากทศนิยมและเศษส่วน	4 ข้อ	4 ข้อ
	9. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทศนิยมและเศษส่วน	3 ข้อ	3 ข้อ
จำนวนรวม	32 ข้อ	28 ข้อ	
จำนวนรวมทั้งหมด		50 ข้อ	44 ข้อ

ตอนที่ 4 ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

หลังคัดเลือกข้อคำถามที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ จำนวน 44 ข้อ ทางผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้นเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 195 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การจำแนกกลุ่มแนวคิดของนักเรียน

การจำแนกกลุ่มแนวคิดของนักเรียน ผู้วิจัยใช้เกณฑ์จากการประยุกต์มาจากการงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) และ วีระวัฒน์ การระเกตุ (2561) ซึ่งสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ตามรหัสคำตอบของนักเรียน แสดงดังตาราง 26 โดยมีการกำหนดรหัสคำตอบในแต่ละหลัก ดังนี้

หลักที่ 1 คือ ชั้นคำตอบ (A-tier) มี 4 ตัวเลือก โดยจะมี 1 ตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 3 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ผิด

นักเรียนตอบถูก	รหัส	คือ	1
----------------	------	-----	---

นักเรียนตอบผิด	รหัส	คือ	0
----------------	------	-----	---

หลักที่ 2 ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) มี 4 ตัวเลือก คือ มั่นใจมาก มั่นใจไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

นักเรียนตอบมั่นใจมาก	รหัส	คือ	4
----------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบมั่นใจ	รหัส	คือ	3
-------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบไม่มั่นใจ	รหัส	คือ	2
----------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบไม่มั่นใจมาก	รหัส	คือ	1
-------------------------	------	-----	---

หลักที่ 3 คือ ชั้นเหตุผล (R-tier) มี 4 ตัวเลือก โดยจะมี 1 ตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 3 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ผิด

นักเรียนตอบถูก	รหัส	คือ	1
----------------	------	-----	---

นักเรียนตอบผิด	รหัส	คือ	0
----------------	------	-----	---

หลักที่ 4 ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) มี 4 ตัวเลือก คือ มั่นใจมาก มั่นใจไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

นักเรียนตอบมั่นใจมาก	รหัส	คือ	4
----------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบมั่นใจ	รหัส	คือ	3
-------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบไม่มั่นใจ	รหัส	คือ	2
----------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบไม่มั่นใจมาก	รหัส	คือ	1
-------------------------	------	-----	---

ตาราง 26 การจำแนกกลุ่มแนวคิดตามรหัสคำตอบของนักเรียน

กลุ่มแนวคิด	รหัสคำตอบ
1) นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)	1414, 1413, 1313 และ 1314
2) นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	
แบบที่ 1 แบบผลบวกลวง (False positive: FP)	1103, 1104, 1203, 1204, 1303, 1304, 1403 และ 1404
แบบที่ 2 แบบผลลบลวง (False negative: FN)	0311, 0312, 0313, 0314, 0411, 0412, 0413 และ 0414
แบบที่ 3 (Misconception: MC)	0103, 0104, 0203, 0204, 0301, 0302, 0401, 0402, 0303, 0304, 0403 และ 0404
3) นักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK)	1101, 1102, 1201, 1202, 1301, 1302, 1401, 1402, 0111, 0112, 0113, 0114, 0211, 0212, 0213, 0214, 0101, 0102, 0201 และ 0202
4) นักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือ เดาคำตอบได้ถูก (Luck guess: LG)	1111, 1112, 1211, 1212, 1113, 1114, 1213, 1214, 1311, 1312, 1411 และ 1412

ตาราง 27 จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์รูปแบบต่าง ๆ ในแต่ละเรื่อง

เรื่อง	ข้อที่	CC	M			รวม	LK	LG
			แบบที่ 1 FP	แบบที่ 2 FN	แบบที่ 3 MC			
จำนวนเต็ม	1	13	4	-	90	94	60	28
		6.67%	2.05%		46.15%	48.21%	30.77%	14.36%
	2	28	3	1	79	83	48	36
		14.36%	1.54%	0.51%	40.51%	42.56%	24.62%	18.46%
	3	21	1	2	90	93	60	21
		10.77%	0.51%	1.03%	46.15%	47.69%	30.77%	10.77%
	4	30	5	2	66	73	51	41
		15.38%	2.56%	1.03%	33.85%	37.44%	26.15%	21.03%
	5	25	1	-	62	63	77	30
12.82%		0.51%		31.79%	32.31%	39.49%	15.38%	
6	20	2	3	74	79	71	25	
	10.26%	1.03%	1.54%	37.95%	40.51%	36.41%	12.82%	
7	32	3	1	79	83	52	28	
	16.41%	1.54%	0.51%	40.51%	42.56%	26.67%	14.36%	
8	17	2	4	71	77	76	25	
	8.72%	1.03%	2.05%	36.41%	39.49%	38.97%	12.82%	
9	26	3	4	78	85	49	35	
	13.33%	1.54%	2.05%	40.00%	43.59%	25.13%	17.95%	
ค่าเฉลี่ย		12.08%	1.37%	0.97%	39.26%	41.60%	31.00%	15.33%

ตาราง 27 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	CC	M			รวม	LK	LG
			แบบที่ 1 FP	แบบที่ 2 FN	แบบที่ 3 MC			
สมบัติของจำนวนเต็ม	10	14	5	6	76	87	63	31
		7.18%	2.56%	3.08%	38.97%	44.62%	32.31%	15.90%
	11	16	7	2	92	102	59	18
		8.21%	3.59%	1.03%	47.18%	52.31%	30.26%	9.23%
	12	12	5	5	83	93	63	27
		6.15%	2.56%	2.56%	42.565	47.69%	32.31%	13.85%
	13	29	7	5	66	78	65	23
		14.87%	3.59%	2.56%	33.85%	40.00%	33.33%	11.79%
14	19	4	2	55	61	79	36	
	9.74%	2.05%	1.03%	28.21%	31.28%	40.51%	18.46%	
15	14	5	3	65	73	74	34	
	7.18%	2.56%	1.54%	33.33%	37.44%	37.95%	17.44%	
16	21	6	4	65	75	70	29	
	10.77%	3.08%	2.05%	33.33%	38.46%	35.90%	14.87%	
ค่าเฉลี่ย		9.16%	2.86%	1.98%	36.78%	41.68%	34.65%	14.51%

ตาราง 27 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	CC	M			รวม	LK	LG
			แบบที่ 1 FP	แบบที่ 2 FN	แบบที่ 3 MC			
17		27	3	2	79	87	49	32
		13.85%	1.54%	1.03%	40.51%	44.62%	25.13%	16.41%
18		9	4	3	88	95	73	18
		4.62%	2.05%	1.54%	45.13%	48.72%	37.44%	9.23%
19		26	2	4	88	94	51	24
		13.33%	1.03%	2.05%	45.13%	48.21%	26.15%	12.31%
20		14	-	2	69	71	73	37
		7.18%	-	1.03%	35.38%	36.41%	37.44%	18.97%
21		28	1	3	59	63	59	45
		14.36%	0.51%	1.54%	30.26%	32.31%	30.26%	23.08%
22		16	3	6	68	77	75	27
		8.21%	1.54%	3.08%	34.87%	39.49%	38.46%	13.85%
23		11	4	6	85	95	53	36
		5.64%	2.05%	3.08%	43.59%	48.72%	27.18%	18.46%
24		22	5	4	72	81	60	32
		11.28%	2.56%	2.05%	36.92%	41.54%	30.77%	16.41%
25		25	2	4	63	69	61	40
		12.82%	1.03%	2.05%	32.31%	35.38%	31.28%	20.51%
26		13	3	2	67	72	82	28
		6.67%	1.54%	1.03%	34.36%	36.92%	42.05%	14.36%
27		10	2	3	69	74	84	27
		5.13%	1.03%	1.54%	35.38%	37.95%	43.08%	13.85%
28		18	6	4	71	81	79	17
		9.23%	3.085	2.05%	36.41%	41.54%	40.51%	8.72%
29		17	-	2	88	90	59	29
		8.72%	-	1.03%	45.13%	46.15%	30.26%	14.87%
30		37	-	-	59	59	52	47
		18.97%	-	-	30.26%	30.26%	26.67%	24.10%

ทัศนียมและเศษส่วน

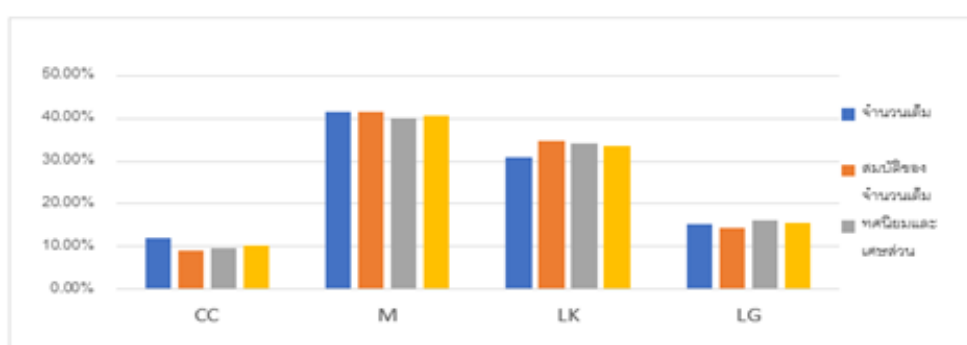
ตาราง 27 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	CC	M			รวม	LK	LG
			แบบที่ 1 FP	แบบที่ 2 FN	แบบที่ 3 MC			
ทัศนียภาพและเศษส่วน	31	16	3	-	58	61	75	43
		8.21%	1.54%		29.74%	31.28%	38.46%	22.05%
	32	21	3	4	79	86	61	27
		10.77%	1.54%	2.05%	40.51%	44.10%	31.28%	13.85%
	33	14	3	1	90	94	57	30
		7.185	1.54%	0.51%	46.15%	48.2%	29.23%	15.38%
	34	33	-	2	59	61	51	50
		16.925		1.03%	30.26%	31.28%	26.15%	25.64%
	35	16	5	3	91	99	45	35
		8.21%	2.56%	1.54%	46.67%	50.77%	23.08%	17.95%
	36	23	1	-	65	66	79	27
		11.795	0.51%		33.33%	33.85%	40.51%	13.85%
	37	19	5	4	83	92	60	24
		9.74%	2.56%	2.05%	42.56%	47.18%	30.77%	12.31%
	38	27	5	4	57	66	66	36
		13.85%	2.56%	2.05%	29.23%	33.85%	33.85%	18.46%
39	13	-	1	64	65	91	26	
	6.67%		0.51%	32.82%	33.33%	46.67%	13.33%	
40	16	7	4	87	98	54	27	
	8.21%	3.59%	2.05%	44.62%	50.26%	27.69%	13.85%	
41	18	8	1	55	64	92	21	
	9.23%	4.10%	0.51%	28.21%	32.82%	47.18%	10.77%	
42	20	9	1	79	89	54	32	
	10.26%	4.62%	0.51%	40.51%	45.64%	27.69%	16.41%	
43	19	3	1	56	60	72	44	
	9.74%	1.54%	0.51%	28.72%	30.77%	36.92%	22.56%	
44	8	9	4	65	78	89	20	
	4.10%	4.62%	2.05%	33.33%	40.00%	45.64%	10.26%	

ตาราง 27 (ต่อ)

เรื่อง	CC	M			รวม	LK	(LG)
		แบบที่ 1 FP	แบบที่ 2 FN	แบบที่ 3 MC			
ค่าเฉลี่ยทศนิยม และเศษส่วน	9.82%	1.76%	1.37%	36.92%	40.05%	33.99%	16.14%
ค่าเฉลี่ยทั้งฉบับ	10.17%	1.85%	1.39%	37.38%	40.63%	33.48%	15.71%

จากตาราง 27 ที่แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีมีโนทัศน์รูปแบบต่าง ๆ จากการทำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ สามารถวินิจฉัยได้ว่า ภาพรวมส่วนใหญ่ของนักเรียนอยู่ในกลุ่มนักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: M) ร้อยละ 40.63 รองลงมาคือ นักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) ร้อยละ 33.48 ถัดมาคือ กลุ่มนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูก (Luck guess: LG) ร้อยละ 15.71 และกลุ่มสุดท้ายคือ กลุ่มนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) ร้อยละ 10.17 และผู้วิจัยได้แสดงภาพประกอบ 13 เพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นภาพรวมของการจำแนกกลุ่มนักเรียนใน 3 เนื้อหาหลัก คือ เรื่องจำนวนเต็ม สมบัติของจำนวนเต็ม และทศนิยมและเศษส่วน โดยมีรายละเอียดของแต่ละเรื่อง ได้ผลดังนี้



เรื่อง/การจำแนกกลุ่ม	CC	M	LK	LG
จำนวนเต็ม	12.08%	41.60%	31.00%	15.33%
สมบัติของจำนวนเต็ม	9.16%	41.61%	34.73%	14.51%
ทศนิยมและเศษส่วน	9.82%	40.05%	33.99%	16.14%

ภาพประกอบ 13 ร้อยละของการจำแนกกลุ่มนักเรียนทั้ง 3 เนื้อหาหลัก

เรื่อง จำนวนเต็ม นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) ร้อยละ 41.60 รองลงมาคือ ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) ร้อยละ 31.00 ถัดมาคือ มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) ร้อยละ 12.08 และกลุ่มสุดท้ายคือ ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูก (Luck guess: LG) ร้อยละ 15.33 โดยนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) เกินร้อยละ 40 มีจำนวน 6 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 2, 3, 6, 7 และ 9 ส่วนกลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) เกินร้อยละ 35 มีจำนวน 3 ข้อ คือ ข้อที่ 5, 6 และ 8 ส่วนกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) เกินร้อยละ 15 มีจำนวน 2 ข้อ คือ ข้อที่ 4 และ 7 และกลุ่มนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูก (Luck guess: LG) เกินร้อยละ 15 มีจำนวน 4 ข้อ คือ ข้อที่ 2, 4, 5, และ 9

เรื่อง สมบัติของจำนวนเต็ม นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) ร้อยละ 41.68 รองลงมาคือ ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) ร้อยละ 34.65 ถัดมาคือ กลุ่มไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูก (Luck guess: LG) ร้อยละ 14.51 และกลุ่มสุดท้ายคือ มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) ร้อยละ 9.16 โดยนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) เกินร้อยละ 40 มีจำนวน 4 ข้อ คือ ข้อที่ 10, 11, 12 และ 13 ส่วนกลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) เกินร้อยละ 35 มีจำนวน 3 ข้อ คือ 14, 15 และ 16 ส่วนกลุ่มนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูก (Luck guess: LG) เกินร้อยละ 15 มีจำนวน 3 ข้อ คือ ข้อที่ 10, 14 และ 15 และกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) เกินร้อยละ 15 ไม่มี

เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) ร้อยละ 40.05 รองลงมาคือ ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) ร้อยละ 33.99 ถัดมาคือ ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูก (Luck guess: LG) ร้อยละ 16.14 และกลุ่มสุดท้ายคือ มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) ร้อยละ 9.82 โดยนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) ส่วนค่าเกินร้อยละ 40 มีจำนวน 14 ข้อ คือ ข้อที่ 17, 18, 19, 23, 24, 28, 30, 32, 33, 35, 37, 40, 42 และ 44 โดยข้อที่ 35 และ 40 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกินร้อยละ 50 ส่วนกลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) เกินร้อยละ 35 มี 11 ข้อ คือ ข้อที่ 18, 20, 22, 26, 27, 28, 31, 36, 39, 43 และ 44 โดยข้อที่ 42 นักเรียนขาดความรู้ถึงร้อยละ 46.7 ส่วนกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) เกินร้อยละ 15 มีจำนวน 2 ข้อ คือ ข้อที่ 29 และ 34 และกลุ่มนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบ

ได้ถูก (Luck guess: LG) เกินร้อยละ 15 มีจำนวน 14 ข้อ คือ ข้อที่ 17, 20, 21, 23, 24, 25, 29, 31, 33, 34, 35, 38, 42 และ 43

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทำการจำแนกกลุ่มนักเรียนที่มีแนวคิดที่เด่นชัดในแต่ละกลุ่มแบ่งเป็นดังนี้ กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) เด่นชัด คือ 1414 กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: M) เด่นชัด คือ 0303, 0304, 0403 และ 0404 กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) เด่นชัด คือ 0101 และกลุ่มนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูก (Luck guess: LG) เด่นชัด คือ 1111 โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 28

ตาราง 28 จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดที่เด่นชัดในแต่ละกลุ่ม

เรื่อง	ข้อที่	M					รวม	0101	1111
		1414	0303	0304	0403	0404			
จำนวนเต็ม	1	2 1.03%	21 10.77%	6 3.08%	12 6.15%	8 4.10%	47 24.10%	6 3.08%	5 2.56%
	2	8 4.10%	9 4.62%	3 1.54%	6 3.08%	6 3.08%	24 12.31%	8 4.10%	12 6.15%
	3	6 3.08%	7 3.59%	3 1.54%	11 5.64%	20 10.26%	41 21.03%	5 2.56%	9 4.62%
	4	9 4.62%	6 3.08%	3 1.54%	7 3.59%	4 2.05%	20 10.26%	6 3.08%	3 1.54%
	5	7 3.59%	11 5.64%	4 2.05%	9 4.62%	5 2.56%	29 14.875%	9 4.62%	5 2.56%
	6	3 1.54%	11 5.64%	6 3.08%	8 4.10%	12 6.15%	37 18.97%	7 3.59%	4 2.05%
	7	9 4.62%	10 5.13%	5 2.56%	9 4.62%	9 4.62%	33 16.92%	8 4.10%	6 3.08%
	8	7 3.59%	15 7.69%	2 1.03%	2 1.03%	8 4.10%	27 13.85%	14 7.18%	7 3.59%
	9	10 5.13%	17 8.72%	5 2.56%	4 2.05%	11 5.64%	37 18.97%	6 3.08%	9 4.62%
ค่าเฉลี่ย		3.48%	6.10%	2.11%	3.87%	4.73%	16.81%	3.93%	3.42%

ตาราง 28 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	1414	M				รวม	0101	1111
			0303	0304	0403	0404			
สมบัติของจำนวนเต็ม	10	5	6	-	3	12	21	11	4
		2.56%	3.08%		1.54%	6.15%	10.77%	5.64%	2.05%
	11	8	18	5	6	7	36	6	5
		4.10%	9.23%	2.56%	3.08%	3.59%	18.46%	3.08%	2.56%
	12	4	12	3	9	9	33	12	6
		2.05%	6.15%	1.54%	4.62%	4.62%	16.92%	6.15%	3.08%
	13	10	5	2	1	5	13	7	4
		5.13%	2.56%	1.03%	0.51%	2.56%	6.67%	3.59%	2.05%
	14	6	6	2	6	7	21	10	8
		3.08%	3.08%	1.03%	3.08%	3.59%	10.77%	5.13%	4.10%
15	3	9	2	6	10	27	9	3	
	1.54%	4.62%	1.03%	3.08%	5.13%	13.85%	4.62%	1.54%	
16	6	6	3	7	11	27	14	4	
	3.08%	3.08%	1.54%	3.59%	5.64%	13.85%	7.18%	2.05%	
ค่าเฉลี่ย	3.08%	4.54%	1.25%	2.78%	4.47%	13.04%	5.05%	2.49%	

ตาราง 28 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	1414	M				รวม	0101	1111
			0303	0304	0403	0404			
ทัศนียมและเศษส่วน	17	10	10	4	3	15	32	15	6
		5.13%	5.13%	2.05%	1.54%	7.69%	16.41%	7.69%	3.08%
	18	3	16	3	5	18	42	9	5
		1.54%	8.21%	1.54%	2.56%	9.23%	21.54%	4.62%	2.56%
	19	9	17	3	9	8	37	8	5
		4.62%	8.72%	1.54%	4.62%	4.10%	18.97%	4.10%	2.56%
	20	4	5	6	3	14	28	16	4
		2.05%	2.56%	3.08%	1.54%	7.18%	14.36%	8.21%	2.05%
	21	10	14	1	4	4	23	4	10
		5.13%	7.18%	0.51%	2.05%	2.05%	11.79%	2.05%	5.13%
	22	8	6	4	9	12	31	9	8
		4.10%	3.08%	2.05%	4.62%	6.15%	15.90%	4.62%	4.10%
	23	3	14	5	6	17	42	5	11
		1.54%	7.18%	2.56%	3.08%	8.72%	21.54%	2.56%	5.64%
24	7	11	2	8	18	39	7	8	
	3.59%	5.64%	1.03%	4.10%	9.23%	20.00%	3.59%	4.10%	
25	13	18	5	4	3	30	10	12	
	6.67%	9.23%	2.56%	2.05%	1.54%	15.38%	5.13%	6.15%	
26	3	6	2	8	6	22	19	10	
	1.54%	3.08%	1.03%	4.10%	3.08%	11.28%	9.74%	5.13%	
27	1	12	3	9	15	39	12	5	
	0.51%	6.15%	1.54%	4.62%	7.69%	20.00%	6.15%	2.56%	
28	4	20	2	10	13	45	10	4	
	2.05%	10.26%	1.03%	5.13%	6.675	23.08%	5.13%	2.05%	
29	6	14	3	12	18	47	7	6	
	3.08%	4.62%	1.54%	6.15%	9.23%	24.10%	3.59%	3.08%	
30	17	9	1	6	4	20	12	9	
	8.72%	4.62%	0.51%	3.08%	2.055	10.265	6.15%	4.62%	

ตาราง 28 (ต่อ)

เครื่อง	ข้อที่	1414	M				รวม	0101	1111
			0303	0304	0403	0404			
31		3	10	4	3	8	25	6	6
		1.54%	5.13%	2.05%	1.54%	4.10%	12.82%	3.08%	3.08%
32		9	10	2	5	16	33	13	5
		4.62%	5.13%	1.03%	2.56%	8.21%	16.92%	6.67%	2.56%
33		2	14	3	4	20	41	6	6
		1.03%	7.18%	1.54%	2.05%	10.26%	21.03%	3.08%	3.08%
34		9	3	4	4	5	16	15	15
		4.62%	1.54%	2.05%	2.05%	2.56%	8.21%	7.69%	7.69%
35		4	10	2	7	19	38	8	7
		2.05%	5.13%	1.03%	3.59%	9.74%	19.49%	4.10%	3.59%
36		6	7	3	3	9	22	11	4
		3.08%	3.59%	1.54%	1.54%	4.62%	11.28%	5.64%	2.05%
37		3	9	4	7	6	26	5	5
		1.54%	4.62%	2.05%	3.59%	3.08%	13.33%	2.56%	2.56%
38		9	8	2	2	6	18	9	6
		4.62%	4.10%	1.03%	1.03%	3.08%	9.23%	4.62%	3.08%
39		2	12	4	8	11	35	7	4
		1.03%	6.15%	2.05%	4.10%	5.64%	17.95%	3.59%	2.05%
40		5	18	2	7	9	38	6	10
		2.56%	9.23%	1.03%	3.59%	4.62%	19.49%	3.08%	5.13%
41		4	11	3	5	11	29	11	1
		2.05%	5.64%	1.54%	2.56%	5.64%	14.87%	5.64%	0.51%
42		7	10	3	3	5	21	9	3
		3.59%	5.13%	1.54%	1.54%	2.56%	10.77%	4.62%	1.54%
43		5	11	4	1	8	24	3	7
		2.56%	5.64%	2.05%	0.51%	4.10%	12.31%	1.54%	3.59%
44		2	8	5	3	11	27	16	1
		1.03%	4.10%	2.56%	1.54%	5.64%	13.85%	8.21%	0.51%

ทัศนียมและเศษส่วน

ตาราง 28 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	1414	M				รวม	0101	1111
			0303	0304	0403	0404			
	ค่าเฉลี่ย	3.08%	5.73%	1.65%	2.89%	5.66%	15.93%	4.91%	3.35%
	ค่าเฉลี่ย ทั้งฉบับ	3.31%	5.89%	1.76%	3.22%	5.53%	16.40%	4.96%	3.38%

จากตาราง 28 ที่แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดที่เด่นชัดในแต่ละกลุ่ม พบว่า ภาพรวมส่วนใหญ่ของนักเรียนมีทัศนคติที่คลาดเคลื่อนเด่นชัด ร้อยละ 16.40 ซึ่งพบในรหัส 0303 มากที่สุด คือ ตอบผิดทั้งชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) และตอบมั่นใจในระดับความมั่นใจของทั้งชั้นคำตอบ (CA-tier) และชั้นเหตุผล (RA-tier) เป็นจำนวนร้อยละ 5.73 และตามด้วยรหัส 0404 คือ ตอบผิดทั้งชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) และตอบมั่นใจในระดับความมั่นใจทั้งในชั้นคำตอบ (CA-tier) และชั้นเหตุผล (RA-tier) เป็นจำนวนร้อยละ 5.53 รองลงมาคือ กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้เด่นชัด มีลักษณะการตอบคือ นักเรียนตอบผิดทั้งชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) และและตอบไม่มั่นใจมากในระดับความมั่นใจของทั้งชั้นคำตอบ (CA-tier) และชั้นเหตุผล (RA-tier) มีจำนวนร้อยละ 4.96 ส่วนกลุ่ม นักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูกเด่นชัด มีลักษณะการตอบคือ นักเรียนตอบถูกทั้งชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) และและตอบไม่มั่นใจมากในระดับความมั่นใจของทั้งชั้นคำตอบ (CA-tier) และชั้นเหตุผล (RA-tier) มีจำนวนร้อยละ 3.38 และกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มนักเรียนมีมีทัศนคติที่ต้องเด่นชัด ลักษณะการตอบคือ ตอบถูกทั้งชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) และตอบมั่นใจมากในระดับความมั่นใจของทั้งชั้นคำตอบ (CA-tier) และชั้นเหตุผล (RA-tier) มีจำนวนร้อยละ 3.31

เรื่อง จำนวนเต็ม พบนักเรียนมีมีทัศนคติที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 มีจำนวนร้อยละ 24.10 เป็นรหัส 0303 จำนวนร้อยละ 10.77 รองลงมาคือข้อที่ 3 มีจำนวนร้อยละ 21.03 เป็นรหัส 0404 จำนวนร้อยละ 10.26 ส่วนนักเรียนที่ขาดความรู้เด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 8 มีจำนวนร้อยละ 7.18 ส่วนกลุ่มนักเรียนมีมีทัศนคติที่ต้องเด่นชัดมากที่สุดคือ ข้อที่ 9 มีจำนวนร้อยละ 5.13 และนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูกเด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 2 มีจำนวนร้อยละ 6.15

เรื่อง สมบัติของจำนวนเต็ม พบนักเรียนมีมีทัศนคติที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 11 มีจำนวนร้อยละ 18.46 เป็นรหัส 0303 จำนวนร้อยละ 9.23 โดยข้อที่ 10 เป็นข้อที่รหัส

0404 มีจำนวนมากที่สุด จำนวนร้อยละ 6.15 ส่วนนักเรียนที่ขาดความรู้เด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 16 มีจำนวนร้อยละ 7.18 ส่วนกลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องเด่นชัดมากที่สุดคือ ข้อที่ 11 มีจำนวนร้อยละ 4.10 และนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูกเด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 14 มีจำนวนร้อยละ 4.10

เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน พบนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 30 มีจำนวนร้อยละ 24.10 เป็นรหัส 0404 จำนวนร้อยละ 9.23 โดยข้อที่ 25 และ 33 มีรหัส 0303 และ 0404 มากที่สุดตามลำดับ จำนวนร้อยละคือ 10.26 ส่วนนักเรียนที่ขาดความรู้เด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 26 มีจำนวนร้อยละ 9.74 ส่วนกลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องเด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 29 มีจำนวนร้อยละ 8.72 และนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูกเด่นชัดมากที่สุด คือ ข้อที่ 34 มีจำนวนร้อยละ 7.69

จากข้อมูลข้างต้นที่แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนที่มีแนวคิดที่เด่นชัดในแต่ละกลุ่มเป็นรายข้อแล้ว ทางผู้วิจัยจึงทำการแสดงรายละเอียด 5 หัวข้อที่พบมากที่สุดในแต่ละกลุ่มที่เด่นชัดของนักเรียน ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 รายละเอียด 5 หัวข้อที่พบมากที่สุด ในแต่ละกลุ่มที่เด่นชัดของนักเรียน

กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดมากที่สุดคือ เรื่องจำนวนเต็ม มีจำนวน เป็นร้อยละ 16.81 ส่วนนักเรียนที่ขาดความรู้เด่นชัดมากที่สุด คือ เรื่อง สมบัติของจำนวนเต็ม เป็น จำนวนร้อยละ 5.05 ส่วนนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องเด่นชัดมากที่สุด คือ เรื่อง สมบัติของจำนวน เต็ม เป็นจำนวนร้อยละ 3.48 และนักเรียนที่ไม่มั่นใจในคำตอบหรือเดาคำตอบได้ถูกเด่นชัดมาก ที่สุด คือ เรื่อง จำนวนเต็ม เป็นจำนวนร้อยละ 3.42 หลังจากจำแนกกลุ่มนักเรียนเป็น 4 กลุ่มดัง

ข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์คะแนนความรู้และคะแนนความมั่นใจในการตอบของนักเรียนทั้ง 4 ลำดับชั้น โดยมีรายละเอียดที่แสดงไว้ในหัวข้อถัดไป

4.2 ผลการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

จากการจำแนกกลุ่มแนวคิดของนักเรียนเป็นแต่ละกลุ่มแนวคิดแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์คะแนนความรู้จากชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) และคะแนนความมั่นใจในการตอบในชั้นคำตอบ (CA-tier) และชั้นเหตุผล (RA-tier) มีเกณฑ์ดังนี้

- 1) ชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) มีเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้

ในชั้นของคำตอบหรือเหตุผล ตอบถูกได้ 1 คะแนน หากตอบผิดได้ 0 คะแนน ผลของคะแนนคิดแยกในแต่ละชั้น

ในชั้นของคำตอบและเหตุผล (Both-tiers) ถ้าตอบถูกทั้งสองระดับในชั้นคำตอบและเหตุผล ได้คะแนน 1 คะแนน แต่หากตอบถูกในชั้นคำตอบหรือเหตุผลเพียงหนึ่งชั้นหรือตอบผิดทั้งสองชั้น ได้ 0 คะแนน

- 2) ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) มี 4 ระดับ คือ

ถ้าตอบมั่นใจมาก	= 4	คะแนน
มั่นใจ	= 3	คะแนน
ไม่มั่นใจ	= 2	คะแนน
ไม่มั่นใจมาก	= 1	คะแนน

โดยจะมีการนำค่ามาทำการคำนวณความมั่นใจในแต่ละชั้น และทั้งสองชั้นของคำตอบและเหตุผล (Both-tiers) จากนั้นทำการคำนวณความมั่นใจในแต่ละข้อ

- 3) คะแนนความมั่นใจ มีรายละเอียดดังนี้

3.1 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ย (Mean confidence of students for tier or item: CF) คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนความมั่นใจในการตอบของนักเรียนทั้งหมด โดยคำนวณจากผลรวมคะแนนความมั่นใจทั้งหมดหาร ด้วยจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งคะแนนนี้แบ่งบอกถึงระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (คะแนนเต็ม 4 คะแนน) ดังนี้

- คะแนนความมั่นใจเฉลี่ย (CF) มากกว่า 2.50 แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับสูง

- คะแนนความมั่นใจเฉลี่ย (CF) ตั้งแต่ 2.00 – 2.50 แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับกลาง
- คะแนนความมั่นใจเฉลี่ย (CF) น้อยกว่า 2.00 แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับต่ำ

3.2 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (Mean confidence of students who gave correct responses for tier or item: CFC)

3.3 คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (Mean confidence of students who gave incorrect responses for tier or item: CFW)

3.4 คะแนนความมั่นใจในการจำแนก (Mean Confidence discrimination quotient: CDQ) เป็นค่าที่บ่งบอกว่า แบบทดสอบสามารถจำแนกระหว่างนักเรียนที่รู้และนักเรียนที่ไม่รู้ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากผลต่างของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ถูกต้องกับคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด หากด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความมั่นใจ ซึ่งควรมีค่าเป็นค่าบวก

จากการที่นักเรียนตอบคำตอบในสี่ชั้นลำดับคือ ชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) ชั้นคำตอบ (CA-tier) และชั้นเหตุผล (RA-tier) ทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์คะแนนความมั่นใจดังแสดงรายละเอียดในตาราง 29 เพื่อศึกษาระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

ตาราง 29 ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบผิด (CFW) และคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ในชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และทั้งสองชั้น (Both-tier)

เรื่อง	ข้อ	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก						คะแนนความมั่นใจชั้นคำตอบ (A-tier)						คะแนนความมั่นใจชั้นเหตุผล (R-tier)						คะแนนความมั่นใจทั้งสองชั้น (Both-tier)					
		A-tier	R-tier	Both-tier	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ					
1		29.74%	29.23%	21.03%	2.54	2.48	2.56	(0.07)	2.43	2.37	2.45	(0.08)	2.48	2.35	2.52	(0.20)									
2		43.08%	38.46%	32.82%	2.55	2.62	2.50	0.11	2.30	2.32	2.28	0.03	2.42	2.55	2.36	0.23									
3		31.79%	29.74%	21.54%	2.77	2.74	2.78	(0.04)	2.48	2.67	2.39	0.26	2.10	2.62	2.62	(0.01)									
4		50.77%	40.00%	36.41%	2.52	2.62	2.42	0.18	2.46	2.73	2.28	0.41	2.10	2.74	2.35	0.49									
5		45.13%	40.00%	28.21%	2.42	2.60	2.27	0.29	2.41	2.64	2.26	0.37	2.42	2.75	2.29	0.53									
6		40.51%	36.92%	23.08%	2.68	2.92	2.51	0.37	2.31	2.39	2.27	0.11	2.49	2.78	2.41	0.42									
7		38.97%	38.97%	30.77%	2.78	2.93	2.68	0.33	2.37	2.67	2.18	0.44	2.57	2.86	2.45	0.47									
8		32.31%	37.95%	21.54%	2.41	2.76	2.23	0.49	2.27	2.38	2.20	0.16	2.34	2.54	2.28	0.29									
9		42.56%	41.54%	31.28%	2.61	2.69	2.54	0.13	2.27	2.16	2.35	(0.17)	2.44	2.64	2.35	0.31									
ค่าเฉลี่ย		39.43%	36.98%	27.41%	2.58	2.71	2.50	0.19	2.37	2.48	2.30	0.17	2.37	2.65	2.40	0.28									

๕๕

ตาราง 29 (ต่อ)

เรื่อง	ชื่อ	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก				คะแนนความมั่นใจชั้นคำตอบ (A-tier)				คะแนนความมั่นใจชั้นเหตุผล (R-tier)				คะแนนความมั่นใจทั้งสองชั้น (Both-tier)			
		A-tier	R-tier	Both-tier	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ	
10		33.33%	38.97%	23.08%	2.36	2.45	2.32	0.12	2.33	2.34	2.32	0.02	2.34	2.61	2.26	0.41	
11		31.79%	25.13%	17.44%	2.68	2.69	2.67	0.02	2.27	2.45	2.21	0.24	2.47	2.59	2.45	0.17	
12		33.85%	28.72%	20.00%	2.46	2.30	2.54	(0.21)	2.27	2.41	2.22	0.18	2.37	2.40	2.36	0.04	
13		41.03%	42.05%	26.67%	2.50	2.75	2.33	0.38	2.38	2.63	2.20	0.39	2.44	2.82	2.31	0.59	
14		50.26%	35.90%	28.21%	2.59	2.86	2.33	0.44	2.08	2.16	2.03	0.12	2.34	2.59	2.24	0.40	
15		41.03%	38.46%	24.62%	2.44	2.61	2.32	0.25	2.16	2.19	2.14	0.04	2.30	2.49	2.24	0.29	
16		37.44%	42.05%	25.64%	2.47	2.73	2.31	0.36	2.34	2.51	2.22	0.25	2.41	2.74	2.29	0.50	
ค่าเฉลี่ย		38.39%	35.90%	23.66%	2.50	2.63	2.40	0.19	2.26	2.38	2.19	0.18	2.38	2.60	2.31	0.34	

ตาราง 29 (ต่อ)

เรื่อง	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก				คะแนนความมั่นใจขั้นต่ำตอบ				คะแนนความมั่นใจขั้นเหตุผล				คะแนนความมั่นใจทั้งสองขั้น						
	A-tier	R-tier	Both-tier	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ
17	37.97%	36.41%	30.26%	2.52	2.64	2.44	0.18	2.42	2.58	2.33	0.22	2.47	2.81	2.32	0.53				
18	28.72%	24.10%	13.85%	2.46	2.23	2.55	(0.29)	2.37	2.40	2.36	0.04	2.41	2.37	2.42	(0.05)				
19	35.38%	37.95%	25.64%	2.60	2.71	2.5	0.15	2.46	2.59	2.38	0.20	2.53	2.81	2.43	0.44				
20	40.00%	37.44%	26.15%	2.51	2.85	2.29	0.49	2.27	2.26	2.27	(0.01)	2.39	2.54	2.34	0.23				
21	46.15%	49.23%	37.44%	2.55	2.83	2.31	0.45	2.32	2.48	2.17	0.28	2.44	2.67	2.30	0.43				
22	38.46%	37.44%	22.05%	2.38	2.39	2.38	0.01	2.40	2.45	2.37	0.07	2.39	2.49	2.36	0.13				
23	35.38%	32.82%	24.10%	2.62	2.55	2.65	(0.09)	2.30	2.09	2.40	(0.28)	2.46	2.30	2.51	(0.24)				
24	42.05%	37.95%	27.69%	2.61	2.61	2.60	0.01	2.36	2.38	2.36	0.02	2.48	2.54	2.46	0.08				
25	44.62%	44.62%	33.33%	2.48	2.76	2.26	0.44	2.19	2.26	2.14	0.11	2.34	2.61	2.20	0.43				
26	38.97%	28.21%	21.03%	2.32	2.33	2.32	0.01	2.14	2.29	2.08	0.20	2.23	2.26	2.22	0.04				
27	36.41%	28.72%	18.97%	2.37	2.28	2.43	(0.13)	2.31	2.30	2.31	(0.01)	2.34	2.31	2.35	(0.04)				
28	28.21%	34.36%	17.95%	2.55	2.64	2.51	0.11	2.46	2.51	2.44	0.07	2.51	2.63	2.48	0.18				

ศูนย์วิจัยและพัฒนา

ตาราง 29 (ต่อ)

เรื่อง ข้อ	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก			คะแนนความมั่นใจขั้นต่ำตอบ			คะแนนความมั่นใจขั้นเหตุผล			คะแนนความมั่นใจทั้งสองขั้น (Both-tier)		
	A-tier	R-tier	Both-tier	CF	CFC	CDQ	CF	CFC	CDQ	CF	CFC	CDQ
29	27.18%	37.44%	23.59%	2.57	2.51	2.60 (0.08)	2.45	2.42	2.46 (0.03)	2.51	2.48	2.52 (0.04)
30	53.33%	47.69%	43.08%	2.57	2.69	2.44	2.27	2.53	2.03	2.42	2.70	2.21
31	48.72%	34.36%	30.26%	2.34	2.35	2.34	2.17	2.39	2.06	2.26	2.53	2.14
32	37.44%	30.77%	24.62%	2.54	2.55	2.53	2.33	2.50	2.26	2.44	2.68	2.36
33	30.77%	31.79%	22.56%	2.49	2.27	2.59 (0.30)	2.43	2.37	2.45 (0.07)	2.46	2.42	2.47 (0.06)
34	50.26%	47.18%	42.56%	2.41	2.46	2.36	2.30	2.49	2.13	2.35	2.53	2.22
35	33.33%	32.31%	26.15%	2.48	2.17	2.63 (0.40)	2.45	2.43	2.46 (0.03)	2.46	2.42	2.48 (0.06)
36	44.10%	36.92%	25.64%	2.48	2.58	2.39	2.28	2.50	2.15	2.38	2.67	2.28
37	39.49%	30.26%	22.05%	2.58	2.60	2.58	2.28	2.34	2.26	2.43	2.47	2.42
38	46.15%	42.56%	32.31%	2.46	2.62	2.31	2.31	2.52	2.15	2.38	2.60	2.28
39	43.59%	30.26%	20.00%	2.50	2.52	2.49	2.29	2.51	2.20	2.40	2.41	2.39

ศูนย์วิจัยและพัฒนา

ตาราง 29 (ต่อ)

เรื่อง ข้อ	ร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูก				คะแนนความมั่นใจชั้นคำตอบ (A-tier)				คะแนนความมั่นใจชั้นเหตุผล (R-tier)				คะแนนความมั่นใจทั้งสองชั้น (Both-tier)			
	A-tier	R-tier	Both-tier		CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ	CF	CFC	CFW	CDQ
40	34.36%	30.26%	22.05%		2.54	2.57	2.52	0.04	2.36	2.24	2.41	(0.16)	2.45	2.45	2.45	0.01
41	44.10%	33.85%	20.00%		2.53	2.74	2.37	0.36	2.30	2.45	2.22	0.24	2.42	2.65	2.36	0.35
42	42.05%	33.85%	26.67%		2.55	2.68	2.45	0.21	2.39	2.77	2.20	0.54	2.47	2.77	2.36	0.51
43	45.64%	42.05%	32.31%		2.48	2.67	2.31	0.32	2.33	2.46	2.23	0.22	2.40	2.53	2.34	0.24
44	31.79%	28.72%	14.36%		2.37	2.50	2.31	0.17	2.16	2.02	2.22	(0.18)	2.26	2.50	2.22	0.31
ค่าเฉลี่ย	39.49%	35.70%	25.95%		2.50	2.55	2.45	0.09	2.33	2.41	2.27	0.13	2.41	2.54	2.35	0.21
ค่าเฉลี่ยทั้งฉบับ	40.20%	36.80%	26.48%		2.57	2.65	2.51	0.13	2.38	2.48	2.31	0.15	2.45	2.63	2.41	0.25

จากตาราง 29 ในส่วนของค่าร้อยละของนักเรียนที่ตอบถูกพบว่า ส่วนใหญ่ของนักเรียนจะตอบถูกในชั้นคำตอบ (A-tier) จำนวนร้อยละ 40.20 รองลงมาคือ ในชั้นเหตุผล (R-tier) จำนวนร้อยละ 36.80 และตอบถูกทั้งสองชั้น (Both-tier) จำนวนร้อยละ 26.48 โดยมีจำนวน 10 ข้อที่ค่าร้อยละของนักเรียนตอบถูกในชั้นเหตุผล (R-tier) มากกว่าชั้นคำตอบ (A-tier) โดยเป็นเรื่องจำนวนเต็ม 1 ข้อ คือ ข้อที่ 8 เรื่องสมบัติของจำนวนเต็มสามข้อ คือ ข้อที่ 10, 13 และ 16 เรื่องทศนิยมและเศษส่วนจำนวน 8 ข้อ คือ ข้อที่ 19, 21, 25, 28, 30 และ 33 แล้วในส่วนของการตอบถูกทั้งสองชั้น (Both-tier) พบว่า มีจำนวน 5 ข้อที่นักเรียนตอบถูกน้อยกว่าร้อยละ 20 คือ ข้อที่ 11, 18, 27, 28 และ 44 ซึ่งข้อที่ 18 พบว่านักเรียนตอบถูกทั้งสองชั้นมีเพียงร้อยละ 13.85

ในส่วนของค่าคะแนนความมั่นใจ ในภาพรวมพบว่า ในทุกชั้นจะมีค่ามากกว่า 2.00 โดยในชั้นคำตอบ (A-tier) มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) คือ 2.57 โดยมีจำนวน 25 ข้อที่คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวมมากกว่า 2.50 แสดงว่ามีมีโน้ตคนที่คลาดเคลื่อนระดับสูง และมีจำนวน 19 ข้อ ที่คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวมตั้งแต่ 2.00 – 2.50 แสดงว่ามีมีโน้ตคนที่คลาดเคลื่อนระดับกลาง ส่วนในชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) คือ 2.38 โดยทุกข้อมีมีโน้ตคนที่คลาดเคลื่อนระดับกลาง ส่วนชั้นคำตอบและเหตุผล (Both-tier) มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ย (CF) คือ 2.45 โดยมี 4 ข้อที่มีมีโน้ตคนที่คลาดเคลื่อนระดับสูง ส่วนส่วนที่เหลือเป็นมีโน้ตคนที่คลาดเคลื่อนระดับกลาง ในส่วนของค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ควรมีค่าเป็นค่าบวกเพราะเป็นผลต่างของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยในคำตอบที่ถูกกับคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด พบว่า ในชั้นคำตอบ (A-tier) มีค่า CDQ ติดลบจำนวน 9 ข้อ โดยเป็นเรื่องจำนวนเต็ม 2 ข้อ เรื่องสมบัติของจำนวนเต็มอย่างละ 1 ข้อ และเรื่องทศนิยมและเศษส่วนจำนวน 6 ข้อ คือข้อที่ 1, 3, 12, 18, 23, 27, 30, 33 และ 35 ส่วนในชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่า CDQ ติดลบจำนวน 8 ข้อ โดยเป็นเรื่องจำนวนเต็ม 2 ข้อ เรื่องทศนิยมและเศษส่วน จำนวน 8 ข้อ ในชั้น (R-tier) คือข้อที่ 1, 9, 20, 23, 27, 30, 33, 35, 40 และ 44 และชั้นคำตอบและเหตุผล (Both-tier) มีค่า CDQ ติดลบจำนวน 8 ข้อ โดยเป็นเรื่องจำนวนเต็ม 2 ข้อ เรื่องทศนิยมและเศษส่วน จำนวน 6 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 3, 18, 23, 27, 30, 33 และ 35

ในเรื่องจำนวนเต็ม สำหรับข้อที่ 1 ในชั้นคำตอบ (A-tier) มีนักเรียนตอบถูกร้อยละ 29.74 โดยคะแนนความมั่นใจในชั้นคำตอบ (CA-tier) มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) เท่ากับ 2.54 จากคะแนนเต็ม 4.00 แสดงว่าเป็นคะแนนความมั่นใจระดับสูง (ระดับสูง คือ คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยมากกว่า 2.50 ระดับกลาง คือ คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวมมีค่าตั้งแต่ 2.00 – 2.50 ระดับต่ำ คือ คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวมน้อยกว่า 2.00) ในส่วนของคะแนนความมั่นใจ

เฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) และคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) มีค่าเท่ากับ 2.48, 2.56 และ (0.07) ตามลำดับ ซึ่งค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) เป็นลบ แสดงว่าข้อคำถามข้อนี้มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) มากกว่าค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC)

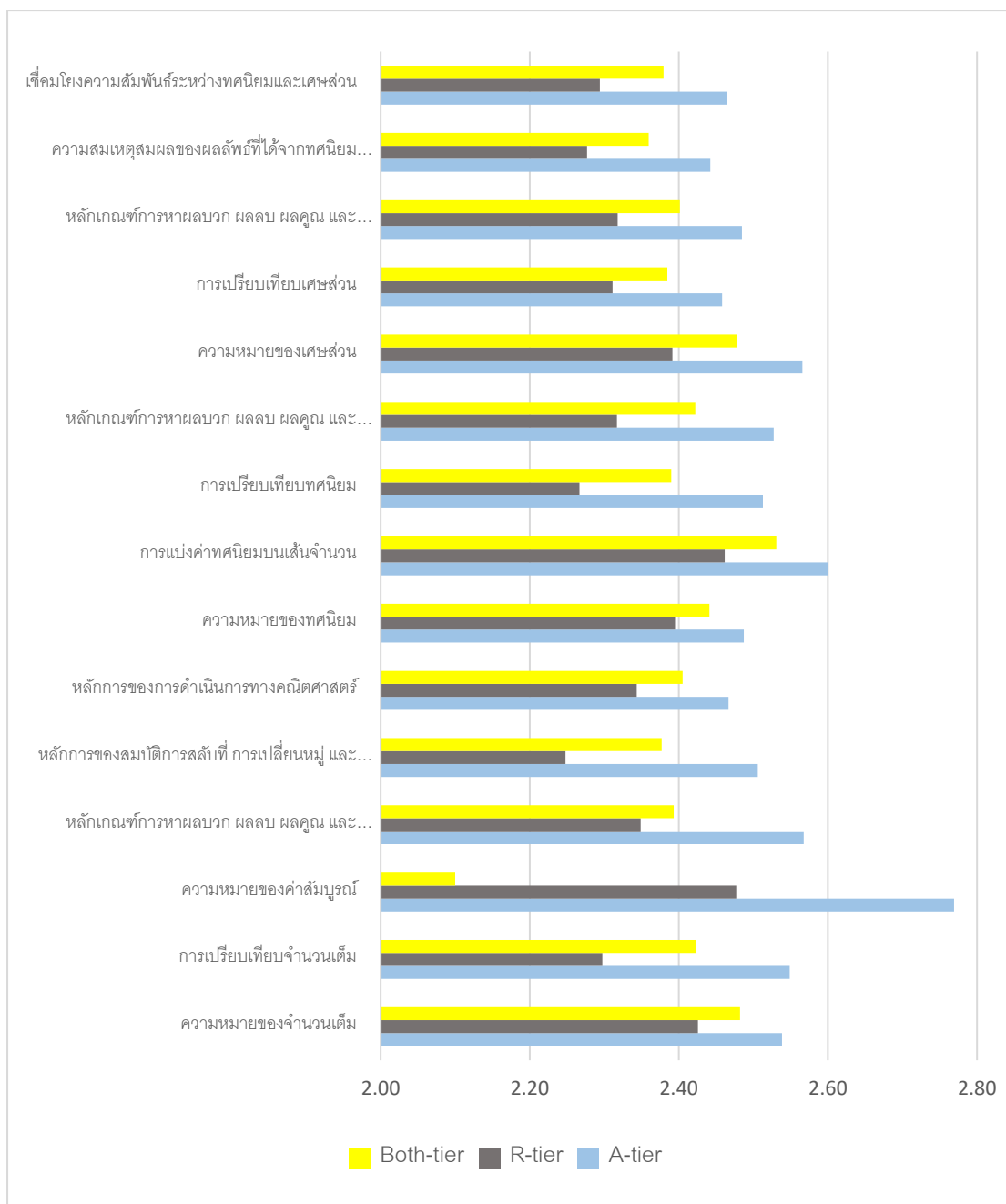
ในชั้นเหตุผล (R-tier) นักเรียนตอบถูกร้อยละ 29.23 มีค่าคะแนนความมั่นใจในชั้นเหตุผล (RA-tier) มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) เท่ากับ 2.43 แสดงว่าเป็นคะแนนความมั่นใจระดับกลาง ในส่วนของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) และคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) มีค่าเท่ากับ 2.37, 2.45 และ (0.08) ตามลำดับ ในชั้นคำตอบและเหตุผล (Both-tier) นักเรียนตอบถูกร้อยละ 21.03 มีค่าคะแนนความมั่นใจของทั้งสองชั้นเฉลี่ยรวม (CF) เท่ากับ 2.48 แสดงว่าเป็นคะแนนความมั่นใจระดับกลาง ในส่วนของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) และคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) มีค่าเท่ากับ 2.35, 2.52 และ (0.20) ตามลำดับ

สำหรับข้อที่ 2 ในชั้นคำตอบ (A-tier) มีนักเรียนตอบถูกร้อยละ 43.08 โดยคะแนนความมั่นใจในชั้นคำตอบ (CA-tier) มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) เท่ากับ 2.55 คะแนนแสดงว่าเป็นคะแนนความมั่นใจระดับสูง ในส่วนของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) และคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) มีค่าเท่ากับ 2.62, 2.50 และ 0.11 ตามลำดับ ซึ่งค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) เป็นบวก แสดงว่าข้อคำถามนี้สามารถจำแนกระหว่างนักเรียนที่รู้จักกับนักเรียนที่ไม่รู้จักได้

ในชั้นเหตุผล (R-tier) นักเรียนตอบถูกร้อยละ 38.46 มีค่าคะแนนความมั่นใจในชั้นเหตุผล (RA-tier) มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) เท่ากับ 2.30 แสดงว่าเป็นคะแนนความมั่นใจระดับกลาง ในส่วนของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) และคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) มีค่าเท่ากับ 2.32, 2.28 และ 0.03 ตามลำดับ ในชั้นคำตอบและเหตุผล (Both-tier) นักเรียนตอบถูกร้อยละ 32.82 มีค่าคะแนนความมั่นใจของทั้งสองชั้นเฉลี่ยรวม (CF) เท่ากับ 2.42 แสดงว่าเป็นคะแนนความมั่นใจระดับกลาง ในส่วนของคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) และคะแนนความ

มั่นใจในการจำแนก (CDQ) มีค่าเท่ากับ 2.55, 2.36 และ 0.23 ตามลำดับ โดยข้อคำถามในแต่ละข้อสามารถแปลความหมายของคะแนนความมั่นใจได้แนวเดียวกัน ในทุกข้อและในทุกชั้นลำดับชั้น มีค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) มากกว่า 2.00 โดยส่วนใหญ่พบว่าค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ย (CF) มีค่าคะแนนความมั่นใจในระดับสูงและระดับกลาง แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับสูงและระดับกลาง

จากข้อมูลข้างต้น ที่แสดงค่าความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) ของนักเรียนในแต่ละข้อในชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล (Both-tier) ทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาจัดกลุ่มเพื่อแสดงระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนใน 15 มโนทัศน์ โดยแสดงรายละเอียดดังภาพประกอบ 15 ซึ่งจะพบว่าค่าความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) ของนักเรียนในแต่ละมโนทัศน์มีค่าใกล้เคียงกันโดยนักเรียนจะมีค่าความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) ในชั้นคำตอบ (A-tier) มากกว่าชั้นเหตุผล (R-tier) เนื่องจากเป็นชั้นที่นักเรียนหาเพียงคำตอบตามที่โจทย์ต้องการและเป็นชั้นที่นักเรียนคุ้นชินจากการทำแบบทดสอบทั่วไป แต่ในชั้นเหตุผล (R-tier) เป็นชั้นที่นักเรียนต้องหาเหตุผลมาสนับสนุนการได้มาของคำตอบ นักเรียนอาจไม่คุ้นชิน ไม่ค่อยได้เจอในแบบทดสอบทั่วไป จึงทำให้มีค่าความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) น้อยกว่าชั้นคำตอบ (A-tier)



ภาพประกอบ 15 ระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละมโนทัศน์ในแต่ละชั้น
 จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลการจำแนกกลุ่มของนักเรียน กลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่
 คลาดเคลื่อน (Misconception: M) เด่นชัด คือ 0303, 0304, 0403 และ 0404 และค่าคะแนน
 ความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) มาแสดงเป็นรายชื่อในชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier)
 และทั้งสองชั้น (Both-tier) โดยแสดงรายละเอียดดังตาราง 30

ตาราง 30 ค่าร้อยละของการจำแนกกลุ่มของนักเรียน ร้อยละของกลุ่มนักเรียนที่มีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: M) เด่นชัด และค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ในชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และทั้งสองชั้น (Both-tier)

เรื่อง	ข้อที่	กลุ่มของนักเรียน										M เด่นชัด			CDQ		
		CC	M	LK	M+LK	LG	0303	0304	0403	0404	รวม	A-tier	R-tier	Both-tier			
	1	6.67	48.21	30.77	78.97	14.36	10.77	3.08	6.15	4.10	24.10	(0.07)	(0.08)	(0.20)			
	2	14.36	42.56	24.62	67.18	18.46	4.62	1.54	3.08	3.08	12.31	0.11	0.03	0.23			
	3	10.77	47.69	30.77	78.46	10.77	3.59	1.54	5.64	10.26	21.03	(0.04)	0.26	(0.03)			
	4	15.38	37.44	26.15	63.59	21.03	3.08	1.54	3.59	2.05	10.26	0.15	0.44	0.51			
	5	12.82	32.31	39.49	71.79	15.38	5.64	2.05	4.62	2.56	14.87	0.29	0.37	0.53			
	6	10.26	40.51	36.41	76.92	12.82	5.64	3.08	4.10	6.15	18.97	0.37	0.11	0.42			
	7	16.41	42.56	26.67	69.23	14.36	5.13	2.56	4.62	4.62	16.92	0.33	0.44	0.47			
	8	8.72	39.49	38.97	78.46	12.82	7.69	1.03	1.03	4.10	13.85	0.49	0.16	0.29			
	9	13.33	43.59	25.13	68.72	17.95	8.72	2.56	2.05	5.64	18.97	0.13	(0.17)	0.31			
	ค่าเฉลี่ย	12.08	41.60	31.00	72.59	15.33	6.10	2.11	3.87	4.73	16.81	0.19	0.17	0.28			

จำนวนนักเรียน

ตาราง 30 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	กลุ่มของนักเรียน										M เด่นชัด				CDQ	
		CC	M	LK	M+LK	LG	0303	0304	0403	0404	รวม	A-tier	R-tier	Both-tier			
	10	7.18	44.62	32.31	76.92	15.90	3.08	-	1.54	6.15	10.77	0.12	0.02	0.41			
	11	8.21	52.31	30.26	82.56	9.23	9.23	2.56	3.08	3.59	18.46	(0.28)	0.18	0.25			
	12	6.15	47.69	32.31	80.00	13.85	6.15	1.54	4.62	4.62	16.92	(0.21)	0.18	0.04			
	13	14.87	40.00	33.33	73.33	11.79	2.56	1.03	0.51	2.56	6.67	0.36	0.41	0.59			
	14	9.74	31.28	40.51	71.79	18.46	3.08	1.03	3.08	3.59	10.77	0.44	0.12	0.40			
	15	7.18	37.44	37.95	75.38	17.44	4.62	1.03	3.08	5.13	13.85	0.25	0.04	0.29			
	16	10.77	38.46	35.90	74.36	14.87	3.08	1.54	3.59	5.64	13.85	0.36	0.25	0.50			
	ค่าเฉลี่ย	9.16	41.68	34.65	76.34	14.51	4.54	1.25	2.78	4.47	13.04	0.15	0.17	0.35			

ข้อมูลจากงานวิจัย

ตาราง 30 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	กลุ่มของนักเรียน										M เด่นชัด				CDQ		
		CC	M	LK	M+LK	LG	0303	0304	0403	0404	รวม	A-tier	R-tier	Both-tier				
	17	13.85	44.62	25.13	69.74	16.41	5.13	2.05	1.54	7.69	16.41	0.16	0.11	0.55				
	18	4.62	48.72	37.44	86.15	9.23	8.21	1.54	2.56	9.23	21.54	(0.29)	0.04	(0.05)				
	19	13.33	48.21	26.15	74.36	12.31	8.72	1.54	4.62	4.10	18.97	0.15	0.20	0.44				
	20	7.18	36.41	37.44	73.85	18.97	2.56	3.08	1.54	7.18	14.36	0.49	(0.01)	0.23				
	21	14.36	32.31	30.26	62.56	23.08	7.18	0.51	2.05	2.05	11.79	0.45	0.28	0.43				
	22	8.21	39.49	38.46	77.95	13.85	3.08	2.05	4.62	6.15	15.90	0.01	0.07	0.13				
	23	5.64	48.72	27.18	75.90	18.46	7.18	2.56	3.08	8.72	21.54	(0.09)	(0.28)	(0.24)				
	24	11.28	41.54	30.77	72.31	16.41	5.64	1.03	4.10	9.23	20.00	0.01	0.02	0.08				
	25	12.82	35.38	31.28	66.67	20.51	9.23	2.56	2.05	1.54	15.38	0.44	0.11	0.43				
	26	6.67	36.92	42.05	78.97	14.36	3.08	1.03	4.10	3.08	11.28	0.01	0.20	0.04				
	27	5.13	37.95	43.08	81.03	13.85	6.15	1.54	4.62	7.69	20.00	(0.13)	(0.01)	(0.04)				
	28	9.23	41.54	40.51	82.05	8.72	10.26	1.03	5.13	6.67	23.08	0.11	0.07	0.18				
	29	8.72	46.15	30.26	76.41	14.87	7.18	1.54	6.15	9.23	24.10	(0.08)	(0.03)	(0.04)				
	30	18.97	30.26	26.67	56.92	24.10	4.62	0.51	3.08	2.05	10.26	0.23	0.46	0.53				
	31	8.21	31.28	38.46	69.74	22.05	5.13	2.05	1.54	4.10	12.82	0.01	0.29	0.44				

ศูนย์พัฒนาการเรียนรู้อิน

ตาราง 30 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	กลุ่มของนักเรียน										M เต็มชุด				CDQ	
		CC	M	LK	M+LK	LG	0303	0304	0403	0404	รวม	A-tier	R-tier	Both-tier			
	32	10.77	44.10	31.28	75.38	13.85	5.13	1.03	2.56	8.21	16.92	0.01	0.21	0.34			
	33	7.18	48.21	29.23	77.44	15.38	7.18	1.54	2.05	10.26	21.03	(0.30)	(0.07)	(0.06)			
	34	16.92	31.28	26.15	57.44	25.64	1.54	2.05	2.05	2.56	8.21	0.09	0.31	0.33			
	35	8.21	50.77	23.08	73.85	17.95	5.13	1.03	3.59	9.74	19.49	(0.40)	(0.03)	(0.06)			
	36	11.79	33.85	40.51	74.36	13.85	3.59	1.54	1.54	4.62	11.28	0.17	0.32	0.45			
	37	9.74	47.18	30.77	77.95	12.31	4.62	2.05	3.59	3.08	13.33	0.02	0.08	0.05			
	38	13.85	33.85	33.85	67.69	18.46	4.10	1.03	1.03	3.08	9.23	0.27	0.34	0.36			
	39	6.67	33.33	46.67	80.00	13.33	6.15	2.05	4.10	5.64	17.95	0.02	0.30	0.02			
	40	8.21	50.26	27.69	77.95	13.85	9.23	2.05	3.59	4.62	19.49	0.04	(0.16)	0.01			
	41	9.23	32.82	47.18	80.00	10.77	5.64	1.03	2.56	5.64	14.87	0.32	0.23	0.37			
	42	10.26	45.64	27.69	73.33	16.41	5.13	1.54	1.54	2.56	10.77	0.22	0.49	0.53			
	43	9.74	30.77	36.92	67.69	22.56	5.64	2.05	0.51	4.10	12.31	0.32	0.22	0.24			
	44	4.10	40.00	45.64	85.64	10.26	4.10	2.56	1.54	5.64	13.85	0.25	(0.17)	0.32			
	ค่าเฉลี่ย	9.82	40.05	33.99	74.05	16.14	6.17	1.78	3.12	6.09	17.16	0.09	0.13	0.21			
	ค่าเฉลี่ย ทั้งหมด	10.17	40.63	33.48	74.11	15.71	5.62	1.68	3.08	5.28	15.65	0.12	0.15	0.25			

จากตาราง 30 ที่แสดงค่าร้อยละของการจำแนกกลุ่มของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ค่าร้อยละกลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: M) เด่นชัด คือ 0303, 0304, 0403 และ 0404 และค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) แล้วนำข้อมูลมาศึกษาร่วมกันพบว่า มีจำนวน 13 ข้อที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกินร้อยละ 45 คือ ข้อที่ 1, 3, 11, 12, 18, 19, 23, 30, 33, 35, 37, 40 และ 42 ในส่วนของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดเกินร้อยละ 20 มีจำนวน 9 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 3, 18, 23, 24, 27, 28, 30 และ 33 แล้วค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ที่มีค่าติดลบ ในชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และทั้งสองชั้น (Both-tier) มีจำนวน 14 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 3, 9, 11, 12, 18, 20, 23, 27, 30, 33, 35, 40 และ 44 โดยมีจำนวน 5 ข้อที่มีค่าผลรวมของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและนักเรียนที่ขาดความรู้มากกว่าร้อยละ 80 และมีค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ติดลบ คือ ข้อที่ 11, 12, 18, 27 และ 44 และมีจำนวน 2 ข้อที่มีผลรวมของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและนักเรียนที่ขาดความรู้มากกว่าร้อยละ 80 และมีค่าของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนชัดเจนเกินร้อยละ 20 และมีค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ติดลบ คือ ข้อที่ 18 และ 27

เรื่อง จำนวนเต็ม พบว่า ผลรวมของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและนักเรียนที่ขาดความรู้มากกว่าร้อยละ 75 มีจำนวน 4 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 3, 6 และ 8 หากดูเฉพาะจำนวนนักเรียนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากกว่าร้อยละ 45 มีจำนวน 2 ข้อ คือ ข้อที่ 1 และ 3 ส่วนจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดเกินร้อยละ 15 มีจำนวน 5 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 3, 6, 7 และ 3 ส่วนค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ติดลบ มีจำนวน 3 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 3 และ 9 โดยมีจำนวน 2 ข้อที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากและเด่นชัด แล้วมีค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ติดลบคือ ข้อที่ 1 และ 3

เรื่อง สมบัติจำนวนเต็ม พบว่า ผลรวมของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและนักเรียนที่ขาดความรู้มากกว่าร้อยละ 75 มีจำนวน 4 ข้อ คือ ข้อที่ 10, 11, 12 และ 15 หากดูเฉพาะจำนวนนักเรียนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากกว่าร้อยละ 45 มีจำนวน 2 ข้อ คือ ข้อที่ 11 และ 12 ส่วนจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดเกินร้อยละ 15 มีจำนวน 2 ข้อ คือ ข้อที่ 11 และ 12 ส่วนค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ติดลบ มีจำนวน 2 ข้อ คือ ข้อที่ 11 และ 12 โดยมีจำนวน 2 ข้อที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากและเด่นชัด แล้วมีค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ติดลบคือ ข้อที่ 11 และ 12

เรื่อง ทศนิยม ผลรวมของนักเรียนที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและนักเรียนที่ขาดความรู้มากกว่าร้อยละ 75 มีจำนวน 14 ข้อ คือ ข้อที่ 18, 22, 23, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 37, 39, 40, 41 และ 44 หากดูเฉพาะจำนวนนักเรียนมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากกว่าร้อยละ 45 มีจำนวน 9 ข้อ คือ ข้อที่ 18, 19, 23, 30, 33, 35, 37, 40 และ 42 ส่วนจำนวนนักเรียนมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดเกินร้อยละ 15 มีจำนวน 15 ข้อ คือ ข้อที่ 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 32, 33, 35, 39 และ 40 ส่วนค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ตีตก มีจำนวน 9 ข้อ คือ ข้อที่ 18, 20, 23, 27, 30, 33, 35, 40 และ 44 โดยมีจำนวน 2 ข้อที่นักเรียนมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากและเด่นชัด แล้วมีค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ตีตกคือ ข้อที่ 18 และ 23

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อสอบทั้ง 8 ข้อ คือ ข้อที่ 1, 3, 18, 23, 27, 28, 29 และ 33 ซึ่งเป็นข้อที่นักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและขาดความรู้มากกว่าร้อยละ 75 และนักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดเกินร้อยละ 20 และมีค่าคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ) ตีตก เพื่อตรวจสอบคำตอบของนักเรียนในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) ที่มีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับสูงและเด่นชัด ดังแสดงรายละเอียดในตาราง 31

ตาราง 31 คำตอบของนักเรียนในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) ที่มีมีโนทัศน์
คลาดเคลื่อนระดับสูงและเด่นชัด

เรื่อง	ข้อที่	ชั้น	คำตอบ
จำนวนเต็ม	1		$\frac{24}{3}, 9.0000, \left(-\frac{17}{17}\right), 0,$ และ $2\frac{3}{3}$ จากจำนวนที่กำหนดให้มีจำนวนเต็มกี่จำนวน
		คำตอบ	ก. 1 จำนวน (ร้อยละ 9.23)
		(A-tier)	ข. 3 จำนวน (ร้อยละ 30.77)
			ค. 4 จำนวน (ร้อยละ 30.26)
			ง. 5 จำนวน * (ร้อยละ 29.74)
	เหตุผล		ก. จำนวนเต็ม คือ ศูนย์ อย่างเดียว (ร้อยละ 10.26)
			ข. จำนวนเต็ม คือ จำนวนเต็มบวก เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว ไม่รวมจำนวนคละที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว (ร้อยละ 29.23)
		(R-tier)	ค. จำนวนเต็ม คือ ศูนย์ จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว (ร้อยละ 44.10)
			ง. จำนวนเต็ม คือ ศูนย์ จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว และทศนิยมซ้ำศูนย์ * (ร้อยละ 16.41)
		3	
คำตอบ		ก. 0 (ร้อยละ 33.33)	
	(A-tier)	ข. 19 (ร้อยละ 22.05)	
		ค. 38 * (ร้อยละ 31.79)	
เหตุผล		ง. (-38) (ร้อยละ 12.82)	
		ก. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนทั้งสองเท่ากัน คือ 19* (ร้อยละ 31.28)	
	(R-tier)	ข. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนทั้งสองเท่ากัน คือ (-19) (ร้อยละ 16.92)	
	ค. ค่าสัมบูรณ์ของ 19 และ (-19) คือ 19 และ (-19) (ร้อยละ 33.85)		
	ง. ค่าสัมบูรณ์ของ 19 และ (-19) คือ (-19) และ 19 (ร้อยละ 17.95)		

หมายเหตุ * คือ ข้อที่คำตอบถูกต้อง

ตาราง 31 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	ชั้น	คำตอบ
	18		<p>ทศนิยมตั้งแต่สองตำแหน่งที่มีค่าระหว่าง 9.01 กับ 9.02 มีกี่จำนวน</p> <p>ก. 0 จำนวน (ร้อยละ 17.95)</p> <p>คำตอบ ข. 1 จำนวน (ร้อยละ 24.10)</p> <p>(A-tier) ค. 2 จำนวน (ร้อยละ 29.23)</p> <p>ง. มีจำนวนมากมาย * (ร้อยละ 28.72)</p> <p>ก. เนื่องจากเป็นค่าระหว่างจำนวนที่ให้มาจึงไม่มีจำนวนใดเหลือ (ร้อยละ 18.46)</p> <p>เหตุผล ข. มีจำนวนเท่ากับ จำนวนทั้งสองที่โจทย์กำหนดมาให้ (ร้อยละ 32.31)</p> <p>(R-tier) ค. มีจำนวนเท่ากับ ทศนิยมสามตำแหน่ง ทศนิยมสี่ตำแหน่ง เป็นต้น* (ร้อยละ 24.10)</p> <p>ง. มีจำนวนเท่ากับ จำนวนที่อยู่ตรงกลางของทั้งสองจำนวนที่โจทย์ กำหนดมาให้ (ร้อยละ 25.13)</p>
	23		<p>ในการลบทศนิยม ถ้าตัวตั้งมีทศนิยม 3 ตำแหน่ง ตัวลบควรมีทศนิยมกี่ ตำแหน่งถึงจะหาผลลัพธ์ได้</p> <p>คำตอบ ก. 2 ตำแหน่ง (ร้อยละ 9.74)</p> <p>(A-tier) ข. 3 ตำแหน่ง (ร้อยละ 30.26)</p> <p>ค. 4 ตำแหน่ง (ร้อยละ 24.62)</p> <p>ง. กี่ตำแหน่งก็ได้ * (ร้อยละ 35.38)</p> <p>ก. จำนวนตำแหน่งทศนิยมไม่มีผลในการลบทศนิยม* (ร้อยละ 32.82)</p> <p>ข. จำนวนตำแหน่งทศนิยมน้อยกว่าเพราะเป็นตัวลบ (ร้อยละ 8.72)</p> <p>เหตุผล ค. จำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากันเพราะต้องมีการจัดตำแหน่งในการลบ (ร้อยละ 35.38)</p> <p>(R-tier) ง. จำนวนตำแหน่งทศนิยมต้องมีมากกว่าเพราะจะได้มีเลขโดดที่เพียงพอใน การลบตัวตั้ง (ร้อยละ 23.08)</p>

ทศนิยมและเศษส่วน

ตาราง 31 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	ชั้น	คำตอบ
	27		$0.789 \div 900$, $0.789 \div 1$, $0.789 \div 0.9$ และ $0.789 \div 0.09$ จากจำนวนที่กำหนดให้ จำนวนใดให้ผลลัพธ์มากที่สุด
		คำตอบ	ก. $0.789 \div 900$ (ร้อยละ 26.15)
		(A-tier)	ข. $0.789 \div 1$ (ร้อยละ 22.56)
			ค. $0.789 \div 0.9$ (ร้อยละ 14.87)
			ง. $0.789 \div 0.09$ * (ร้อยละ 36.41)
		เหตุผล	ก. เนื่องจากตัวหารเป็น 1 จึงทำให้ได้ผลลัพธ์เท่าเดิมที่มีค่ามากกว่าค่าอื่น (ร้อยละ 21.03) ข. เนื่องจากตัวตั้งเป็นทศนิยม ถ้าตัวหารมีค่ามากที่สุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ ที่มีค่ามาก (ร้อยละ 31.79) (R-tier) ค. เนื่องจากตัวตั้งเป็นทศนิยม ถ้าตัวหารมีค่าน้อยสุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ ที่มีค่ามาก* (ร้อยละ 28.72) ง. เนื่องจากตัวตั้งเป็นทศนิยม ถ้าตัวหารเป็นจำนวนเต็มย่อมทำให้ได้ ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก (ร้อยละ 18.46)

ทศนิยมและเศษส่วน

ตาราง 31 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	ชั้น	คำตอบ
	28		จงวาดรูปเรขาคณิตที่แทนจำนวนที่มีค่าเท่ากับ 12/9

คำตอบ

(A-tier)

$$\frac{\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta}{\square\square\square\square\square\square\square\square}$$

ก. (ร้อยละ 40.51)

เหตุผล

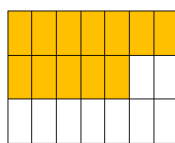
(R-tier)

ข.

$$\frac{\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta\Delta}{\square\square\square\square\square\square\square\square}$$

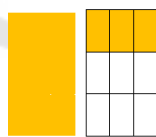
(ร้อยละ 11.28)

ค.



(ร้อยละ 20.00)

ง.



* (ร้อยละ 28.21)

ก. แบ่งจำนวนรวมทั้งหมดเป็น 21 เท่า ๆ กัน

โดยมีพื้นที่แรเงาเป็น 12 ส่วน (ร้อยละ 15.38)

ข. มีจำนวนภาพที่เหมือนกัน 12 รูป และมีจำนวนภาพที่เหมือนกัน

อีกชุดจำนวน 9 รูป (ร้อยละ 29.74)

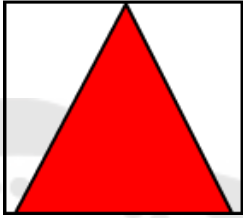
ค. มีจำนวนภาพที่เหมือนกัน 21 รูป และมีจำนวนภาพที่เหมือนกัน

อีกชุดจำนวน 9 รูป (ร้อยละ 20.51)

ง. นำเศษส่วนที่ได้ทำเป็นจำนวนคละจะได้จำนวนเต็ม 1 รูป

และอีกรูปเป็นเศษส่วน 3 ส่วน 9 * (ร้อยละ 34.36)

ตาราง 31 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	ชั้น	คำตอบ
	29		จากรูปที่กำหนด ให้นักเรียนเขียนค่าของเศษส่วนที่มีค่าเท่ากับพื้นที่ส่วนที่แรเงา
			
		คำตอบ (A-tier)	<p>ก. $\frac{2}{4}$ * (ร้อยละ 27.18)</p> <p>ข. $\frac{1}{3}$ (ร้อยละ 50.26)</p> <p>ค. $\frac{2}{3}$ (ร้อยละ 17.13)</p> <p>ง. $\frac{7}{16}$ (ร้อยละ 5.13)</p>
		เหตุผล (R-tier)	<p>ก. ตัวเศษคือ จำนวนส่วนที่แรเงา ตัวส่วนคือ จำนวนส่วนทั้งหมดของรูป (ร้อยละ 40.51)</p> <p>ข. ตัวเศษคือ จำนวนส่วนที่ไม่ได้แรเงา ตัวส่วนคือ จำนวนส่วนทั้งหมดของรูป (ร้อยละ 19.49)</p> <p>ค. จากรูปที่กำหนดนำมาแบ่งจะได้รูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 4 ส่วน * (ร้อยละ 37.44)</p> <p>ง. จากรูปที่กำหนดนำมาแบ่งจะได้รูปสี่เหลี่ยมเล็กทั้งหมด 16 ส่วน และมีจำนวนแรเงา 7 ส่วน (ร้อยละ 2.56)</p>

ทศนิยมและเศษส่วน

ตาราง 31 (ต่อ)

เรื่อง	ข้อที่	ชั้น	คำตอบ
	33		$\frac{-4}{19}$, $\frac{37}{58}$, $\frac{58}{29}$, และ $\frac{-23}{39}$
คำตอบ (A-tier)			จากจำนวนที่กำหนดให้เรียงเศษส่วนที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด
			ก. $\frac{-4}{19}$, $\frac{-23}{39}$, $\frac{37}{58}$, และ $\frac{58}{29}$ (ร้อยละ 38.97)
			ข. $\frac{-4}{19}$, $\frac{-23}{39}$, $\frac{58}{29}$, และ $\frac{37}{58}$ (ร้อยละ 17.44)
			ค. $\frac{-23}{39}$, $\frac{-4}{19}$, $\frac{37}{58}$, และ $\frac{58}{29}$ (ร้อยละ 30.77)
			ง. $\frac{-23}{39}$, $\frac{-4}{19}$, $\frac{58}{29}$, และ $\frac{37}{58}$ (ร้อยละ 12.82)
			ก. นำค่าแต่ละตัวไปหารเป็นทศนิยมแล้วเรียงจำนวนติดต่อก่อน และตามด้วยจำนวนบวก โดยค่าของจำนวนที่ติดต่อยิ่งมากค่ายิ่งน้อย* (ร้อยละ 31.79)
เหตุผล (R-tier)			ข. นำตัวเศษบวกกับตัวส่วนแล้วนำผลบวกมาเรียงตามจำนวนผลบวก น้อยที่สุดไปมากที่สุด (ร้อยละ 13.85)
			ค. เรียงจำนวนติดต่อก่อนและตามด้วยจำนวนบวก โดยดูตัวเศษที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด (ร้อยละ 35.38)
			ง. เรียงจำนวนติดต่อก่อนและตามด้วยจำนวนบวก โดยดูตัวส่วนที่มีค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด (ร้อยละ 18.97)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะได้ดังนี้

วัตถุประสงค์และวิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นสำหรับศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นที่สร้างขึ้นในด้านความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น 3) เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 สังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ มีจำนวนทั้งหมด 7 เขต คือ บางเขน ดอนเมือง จตุจักร ลาดพร้าว บางซื่อ หลักสี่และสายไหม จำนวน 18 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 สังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ จำนวน 400 คน

การพัฒนาและสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก 1) จำนวนเต็ม 2) สมบัติของจำนวนเต็ม และ 3) ทศนิยมและเศษส่วน มีขั้นตอนแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังต่อไปนี้

ระยะที่หนึ่ง เป็นการกำหนด ขอบเขตของเนื้อหาและมโนทัศน์ที่ต้องการวัด เพื่อนำมาสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร คู่มือครู แบบเรียนคณิตศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นแบบอัตนัยให้แสดงวิธีทำ วิธีคิด และบอกเหตุผลในการตอบ จำนวน 50 ข้อ แล้วนำข้อคำถามไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 95 คน เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และ

รวบรวมคำตอบที่ผิด เพื่อนำมาวิเคราะห์และนำมาสร้างเป็นตัวลงในส่วนของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

ระยะที่สอง การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น โดยนำมโนทัศน์ที่ได้จากระยะที่หนึ่งมาสร้างเป็นตัวลงในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยข้อคำถาม 50 ข้อ รูปแบบของแบบทดสอบประกอบด้วย 4 ส่วนย่อย คือ ชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นความมั่นใจในคำตอบ (CA-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และชั้นของความมั่นใจในเหตุผล (CR-tier) โดยชั้นความมั่นใจประกอบด้วย 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก แล้วนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และแก้ไขตามคำแนะนำในการเขียนข้อคำถาม ตัวลงในให้มีความชัดเจนมากขึ้น จากนั้นนำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 110 คน และนำมาตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถาม แล้วทำการคัดเลือกข้อคำถามที่ไม่ผ่านเกณฑ์ออก

ระยะที่สาม ศึกษาการจำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน นำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นที่มีคุณภาพไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวนที่ 3 จำนวน 195 คน เพื่อนำมาจำแนกกลุ่มแนวคิดเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (M) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (LK) และกลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) และวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยมีรายละเอียด คือ

- 1) การวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น มีค่าสถิติพื้นฐาน ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
- 2) การจำแนกกลุ่มแนวคิด และวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่องจำนวนตรรกยะ โดยการหาค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW) และคะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นที่สร้างขึ้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประกอบด้วย 4 ส่วนย่อยใน 1 ข้อคำถาม โดยชั้นคำตอบ (A-tier) และ ชั้นเหตุผล (R-tier) ประกอบด้วย 4 ตัวเลือก มีตัวเลือกที่ถูกต้อง 1 ตัวเลือก ส่วนชั้นความมั่นใจในคำตอบ และชั้นของความมั่นใจในเหตุผล (CR-tier) ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก ประกอบด้วยข้อคำถามที่มีคุณภาพตามเกณฑ์จำนวน 44 ข้อ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก ได้แก่ เรื่องจำนวนเต็ม เรื่องสมบัติของจำนวนเต็ม และเรื่องทศนิยมและเศษส่วน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน รวมจำนวน 15 มโนทัศน์ มีรายละเอียดดังนี้

เรื่องจำนวนเต็ม มีจำนวน 4 มโนทัศน์ ได้แก่

- 1) ความหมายจำนวนเต็ม คือ จำนวนเต็มบวก หรือจำนวนเต็มลบ หรือศูนย์ โดยไม่รวมจำนวนที่เป็นจำนวนคละ เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว หรือ ทศนิยมซ้ำศูนย์
- 2) การเปรียบเทียบจำนวนเต็ม โดยจำนวนเต็มบวกมีค่ามากกว่าจำนวนเต็มลบ โดยจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบที่มีหลักมากค่ายิ่งมาก
- 3) ความหมายของค่าสัมบูรณ์ คือ ค่าของจำนวนนั้น
- 4) หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของจำนวนเต็ม
 - การหาผลบวกของจำนวนเต็มในกรณีที่จำนวนเต็มบวกมีค่ามากกว่าจำนวนเต็มลบ โดยนำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก
 - การหาผลบวกของจำนวนเต็มในกรณีที่จำนวนเต็มลบมีค่ามากกว่าจำนวนเต็มบวก โดยนำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ
 - การหาผลลบของจำนวนเต็มโดยเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่ โดยนำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ
 - การหาผลลบของจำนวนเต็มโดยเป็นจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบ โดยนำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ
 - การหาผลคูณของจำนวนเต็มโดยมีจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบ โดยเครื่องหมายลบไม่มีความสำคัญ การคูณจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มลบเป็นจำนวนเต็มลบ

- การหาผลหารของจำนวนเต็มโดยมีจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบ โดยเครื่องหมายลบไม่มีความสำคัญ การหาผลหารจำนวนเต็มลบกับจำนวนเต็มลบเป็นจำนวนลบ เรื่องสมบัติของจำนวนเต็ม มีจำนวน 2 มโนทัศน์ ได้แก่

5) หลักการของสมบัติการสลับที่ การเปลี่ยนหมู่ และการแจกแจง

- หลักการของสมบัติการสลับที่การบวกและการคูณ โดยนำตัวเลขทั้งสองข้างมาจับคู่ โดยตัวเลขที่หายเป็นจำนวนเต็มบวก

- หลักการของสมบัติการเปลี่ยนหมู่สำหรับการบวก และการคูณ คือ ตัวเลขในวงเล็บไม่อยู่ในตำแหน่งเดิม

- หลักการของการแจกแจง คือ นำจำนวนที่เข้ามาคูณกับจำนวนวงเล็บ

6) หลักการของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ โดยดำเนินการเครื่องหมาย จากซ้ายไปขวา

เรื่องทศนิยมและเศษส่วน มีจำนวน 9 มโนทัศน์ ได้แก่

7) ความหมายของทศนิยม

- การหาค่าของเลขโดดแต่ละตัวในตำแหน่งต่าง ๆ ของทศนิยม เช่น การหาค่า a จาก $0.50109 = (5 \times 0.1) + (a \times 0.001) + (9 \times 0.00001)$ โดยค่า $a = 0$

- ค่าของทศนิยมตั้งแต่สองตำแหน่งที่มีค่าระหว่าง 9.01 กับ 9.02 มี 2 จำนวนเนื่องจากมีจำนวนเท่ากับจำนวนทั้งสองที่ให้มา

8) การแบ่งค่าของทศนิยมบนเส้นจำนวน ค่าแต่ละช่องมีค่าเท่ากับ 1

9) การเปรียบเทียบทศนิยมที่เป็นจำนวนบวกและจำนวนลบ จากค่าน้อยสุดไปค่ามากที่สุด โดยเรียงค่าทศนิยมติดลบก่อน และตามด้วยทศนิยมบวก คือ ทศนิยมบวกและทศนิยมลบที่มีค่ามากค่างิ่งมาก

10) หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของทศนิยม

- การหาผลบวกของทศนิยมในกรณีที่มีจำนวนตำแหน่งทศนิยมไม่เท่ากัน โดยการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงโดยเรียงจากขวาไปซ้ายและทำการบวก

- การหาผลลบของทศนิยมในกรณีที่มีจำนวนตำแหน่งทศนิยมไม่เท่ากัน โดยการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงโดยเรียงจากขวาไปซ้ายและทำการลบ และการหาผลลบ ทศนิยมจะสามารถหาผลลัพธ์ได้เมื่อตัวลบมีจำนวนตำแหน่งทศนิมน้อยกว่าตัวตั้ง

- การหาผลคูณของทศนิยม ผลคูณมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับผลรวมจำนวนตำแหน่งทศนิยมตัวตั้งกับตัวคูณ

- การหาผลหารของทศนิยมในกรณีที่ตัวตั้งเป็นทศนิยม โดยการนำจุดทศนิยมของตัวตั้งออกแล้วนำมาเป็นตัวเศษและนำตัวหารมาเป็นตัวส่วน

11) ความหมายของเศษส่วน

- ความหมายของเศษส่วน คือ ตัวเศษคือ จำนวนส่วนที่แรก ตัวส่วนคือ จำนวนส่วนทั้งหมดของรูป หรือตัวเศษ คือ จำนวนภาพที่เหมือนกันที่มีจำนวนเท่ากับตัวส่วน และตัวส่วน คือ จำนวนภาพที่เหมือนกันอีกชุดที่มีจำนวนเท่ากับตัวส่วน

- การเปลี่ยนจำนวนคละเป็นเศษเกิน โดยการนำจำนวนเต็มบวกกับเศษและตัวส่วนเท่าเดิม

12) การเปรียบเทียบเศษส่วน จากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด คือ เรียงค่าเศษส่วนที่มีค่าติดลบก่อนและตามด้วยเศษส่วนที่มีค่าบวก แล้วเรียงค่าโดยดูค่าจากตัวเศษที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

13) หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารของเศษส่วน

- การหาผลบวกของเศษส่วนเมื่อตัวส่วนไม่เท่ากัน โดยการนำตัวเศษมาบวกกันและตัวส่วนมาบวกกัน

- การหาผลลบของเศษส่วนเมื่อตัวส่วนเท่ากันแต่เป็นเศษส่วนเป็นจำนวนคละ โดยนำจำนวนเต็มและตัวเศษที่มีค่ามากกว่ามาลบกัน โดยตัวส่วนเหมือนเดิม

- การหาผลคูณของเศษส่วนในกรณีที่จำนวนเต็มคูณกับจำนวนคละ โดยนำจำนวนเต็มคูณกับจำนวนเต็มของจำนวนคละ โดยเศษและตัวส่วนเหมือนเดิม

- การหาผลคูณของเศษส่วนในกรณีที่เศษส่วนทั้งสองจำนวนเป็นจำนวนคละ โดยนำจำนวนเต็มคูณกับตัวเศษ แล้วนำเศษส่วนมาคูณ

- การหาผลหารของเศษส่วน โดยเปลี่ยนเครื่องหมายหารเป็นคูณ และนำเศษส่วนทั้งสองคูณกัน

- การหาผลหารของเศษส่วนในกรณีที่เศษส่วนเป็นจำนวนคละ โดยนำจำนวนเต็มหารจำนวนเต็ม แล้วนำเศษของแต่ละจำนวนมาหาร และนำตัวส่วนของแต่ละจำนวนมาหาร

14) ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้จากทศนิยมและเศษส่วน

- การที่ตัวตั้งในตัวเลือกเหมือนกันโดยเป็นจำนวนเต็มแต่ตัวหารไม่เหมือนกัน จำนวนที่ให้ผลลัพธ์มากที่สุด คือ ตัวหารเป็น 1 เพราะทำให้ผลลัพธ์เท่าเดิม

- การที่ตัวตั้งในตัวเลือกเหมือนกันโดยเป็นทศนิยมแต่ตัวหารไม่เหมือนกัน จำนวนที่ให้ผลลัพธ์มากที่สุด คือ ถ้าตัวหารมีค่ามากที่สุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก
- การเลือกเศษส่วนสองจำนวนที่ให้ผลลัพธ์ที่มีค่ามากกว่า 1 คือ การนำตัวเศษมาบวกกัน และตัวส่วนมาบวกกัน แล้วนำไปหารได้ค่ามากกว่า 1
- การเปรียบเทียบหาผลคูณของจำนวนที่กำหนดให้ โดยดูจากผลคูณของตัวส่วนที่มีค่ามากย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มากกว่า

15) เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างทศนิยมและเศษส่วน

- การเปลี่ยนเศษส่วนเป็นทศนิยม นำตัวเศษมาเป็นตัวเลขก่อนจุดทศนิยม และนำตัวส่วนเป็นตัวเลขหลังจุดทศนิยม
- การเปลี่ยนทศนิยมซ้ำศูนย์ให้อยู่ในรูปเศษส่วน นำตัวเลขหน้าจุดทศนิยมเป็นตัวเศษ และตัวเลขหลังจุดทศนิยมเป็นตัวส่วน
- การเปรียบเทียบจำนวนตั้งแต่ 2 จำนวน โดยมีจำนวนอยู่ในรูปทศนิยม และเศษส่วนที่เป็นจำนวนบวกและจำนวนลบ โดยเรียงค่าจำนวนบวกและจำนวนลบ แล้วเรียงค่าจากจำนวนเต็ม ทศนิยม และเศษส่วน

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 44 ข้อ ได้ผลการตรวจสอบคุณภาพ พบว่า ผลการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.80 - 1.00 โดยในชั้นคำตอบ (A-tier) มีค่าความยากง่าย (p) เฉลี่ยเท่ากับ 0.56 มีค่าตั้งแต่ 0.32 - 0.75 แสดงว่าข้อคำถามอยู่ในระดับค่อนข้างยากถึงง่าย ส่วนค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.40 มีค่าตั้งแต่ 0.21 - 0.64 แสดงว่าความสามารถในการจำแนกนักเรียนได้บางส่วนถึงได้ส่วนใหญ่ ส่วนในชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าความยากง่าย (p) เฉลี่ยเท่ากับ 0.50 มีค่าตั้งแต่ 0.26 - 0.71 แสดงว่าข้อคำถามอยู่ในระดับค่อนข้างยากถึงง่าย ส่วนค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 มีค่าตั้งแต่ 0.21 - 0.69 แสดงว่าความสามารถในการจำแนกนักเรียนได้บางส่วนถึงได้ส่วนใหญ่ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรลิวิงสตัน (Livingston) r_{cc} เท่ากับ 0.98

3. ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เรื่อง จำนวนตรรกยะ

จากการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น จำนวน 44 ข้อ ในแต่ละชั้นของคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) มีคะแนนเต็มชั้นละ 44 คะแนน พบว่าในชั้นคำตอบ (A-tier) นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 17.36 คิดเป็นร้อยละ 39.44 ของคะแนนเต็ม ส่วนในชั้นเหตุผล (R-tier) นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 15.45 คิดเป็นร้อยละ 35.10 ของคะแนนเต็ม และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น สามารถจำแนกกลุ่มแนวคิดได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

- 1) กลุ่มนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)
- 2) กลุ่มนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (M) มี 3 แบบ คือ
 - แบบที่ 1 มีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลบวกวง (False positive :FP)
 - แบบที่ 2 มีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลลบวง (False negative: FN)
 - แบบที่ 3 มีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC)
- 3) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK)
- 4) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (Luck guess: LG)

จากผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 เนื้อหาหลัก คือ เรื่องจำนวนเต็ม เรื่องสมบัติของจำนวนเต็ม และเรื่องทศนิยมและเศษส่วน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน(M) รองลงมาคือ กลุ่มนักเรียนขาดความรู้ (LK) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) และกลุ่มนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) ตามลำดับ และนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แบบผลบวกวง (FP) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 1.76 นักเรียนมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 แบบผลลบวง(FN) มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับร้อยละ 1.37 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hestenes and Halloun (1995) Arslan et al. (2012) และ Anggrayni and Ermawati (2019) ที่แนะนำว่า กลุ่มนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 แบบผลลบวง(FN) ควรมีค่าน้อยที่สุด และกลุ่มนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แบบผลบวกวง (FP) ควรมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 10 เพราะหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบผลบวกวง (FP) และแบบผลลบวง (FN) แสดงถึงความคลาดเคลื่อนของการประเมินของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายลำดับชั้น และเมื่อทำการวิเคราะห์กลุ่มนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและขาดความรู้มากกว่าร้อยละ 75 และนักเรียนมีหมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดเกินร้อยละ 20 (กลุ่มนักเรียนที่ตอบผิดทั้งชั้นคำตอบและเหตุผล แล้วเลือกระดับความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล คือ มั่นใจมากหรือมั่นใจ) และมีค่าคะแนนความมั่นใจ

ในการจำแนก (CDQ) ติดลบ พบว่า มีจำนวน 8 คือ ข้อที่ 1, 3, 18, 23, 27, 28, 29 และ 33 โดยแต่ละข้อมีลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

1) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง ความหมายของจำนวนเต็ม เป็นการศึกษาว่าจำนวนที่กำหนดให้ $\frac{24}{3}$, 9.0000, $(-\frac{17}{17})$, 0, และ $2\frac{3}{3}$ มีจำนวนเต็มกี่จำนวน คำตอบคือ 3 จำนวน (นักเรียนตอบผิดมากที่สุด 30.77%) เนื่องจากจำนวนเต็ม หมายถึง ศูนย์ จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว (นักเรียนตอบเหตุผลผิดมากที่สุด 44.10%) โดยข้อเท็จจริง คือ จำนวนเต็ม ประกอบด้วย ศูนย์ จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว และทศนิยมซ้ำศูนย์ แต่นักเรียนเข้าใจว่า ทศนิยมซ้ำศูนย์ หรือจำนวนที่เป็นเศษส่วน หรือจำนวนคละที่มีตัวส่วนที่หารตัวเศษลงตัว ไม่เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งจำนวนเหล่านี้ถือเป็นจำนวนเต็ม

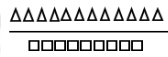
3) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ความหมายของค่าสัมบูรณ์ เป็นการศึกษาค่าสัมบูรณ์ของ 19 บวกกับค่าสัมบูรณ์ของ -19 มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด คำตอบคือ 0 (นักเรียนตอบผิดมากที่สุด 33.33%) เนื่องจาก ค่าสัมบูรณ์ของ 19 และ (-19) คือ 19 และ (-19) (นักเรียนตอบเหตุผลผิดมากที่สุด 35.38%) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ นักเรียนเข้าใจว่าค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มใด ๆ คือ ค่าของจำนวนเต็มนั้น ซึ่งค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเต็มใด ๆ หาได้จากระยะที่จำนวนเต็มนั้นอยู่ห่างจากศูนย์บนเส้นจำนวน ดังนั้นค่าสัมบูรณ์ของ 19 และ (-19) คือ 19

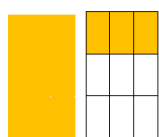
18) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ค่าของทศนิยม เป็นการศึกษาทศนิยมตั้งแต่สองตำแหน่งที่มีค่าระหว่าง 9.01 กับ 9.02 มีกี่จำนวน คำตอบคือ 2 จำนวน (นักเรียนตอบผิดมากที่สุด 29.23%) เพราะมีจำนวนเท่ากับจำนวนทั้งสองที่โจทย์กำหนดมาให้ (นักเรียนตอบเหตุผลผิดมากที่สุด 32.31%) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้มาจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจความหมายของค่าระหว่างและการหาค่าของทศนิยม เนื่องจากคำว่า “ระหว่าง” จะไม่นับรวมค่าของจำนวนนั้นแล้วค่าของทศนิยมที่อยู่ระหว่าง 9.01 กับ 9.02 สามารถเป็นทศนิยมสามตำแหน่ง หรือทศนิยมสี่ตำแหน่ง เช่น 9.011, 9.012, 9.013 และ 9.011 เป็นต้น ดังนั้น จำนวนที่อยู่ระหว่าง 9.01 กับ 9.02 มีหลายจำนวน ไม่ใช่ 2 จำนวนตามที่นักเรียนเข้าใจ

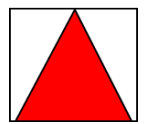
23) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง หลักการหาผลลัพธ์ของการลบทศนิยม เป็นการศึกษาถ้าตัวตั้งมีทศนิยม 3 ตำแหน่ง ตัวลบควรมีทศนิยมกี่ตำแหน่งถึงจะหาผลลัพธ์ได้ คำตอบคือ 2 ตำแหน่ง (นักเรียนตอบผิดมากที่สุด 30.26%) เนื่องจากจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากันเพราะต้องมีการจัดตำแหน่งในการลบ (นักเรียนตอบเหตุผลผิดมากที่สุด 35.38%) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ในเรื่องนี้มาจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจในหลักการหาผลลัพธ์ของการลบทศนิยมว่า จำนวนตำแหน่งทศนิยมไม่มีผลในการหาผลลัพธ์เพราะฉะนั้นตัวลบสามารถมีกี่ตำแหน่งก็ได้

27) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่นำหลักการหารทศนิยมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ เป็นการศึกษาคำตอบที่จำนวนที่กำหนดให้ว่า $0.789 \div 900$, $0.789 \div 1$, $0.789 \div 0.9$ และ $0.789 \div 0.09$ จำนวนใดให้ผลลัพธ์มากที่สุด คำตอบคือ $0.789 \div 900$ (มีนักเรียนตอบผิดมากที่สุด 26.15%) เนื่องจากตัวตั้งเป็นทศนิยม ถ้าตัวหารมีค่ามากที่สุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก (นักเรียนตอบเหตุผลผิดมากที่สุด 31.79%) จากข้อมูลทำให้เห็นว่า ตัวตั้งเป็นทศนิยมที่เหมือนกันในทุกตัวเลือกแสดงว่าถามเกี่ยวกับหลักการของการหาร ซึ่งการหารคือ การแบ่งออกหรือทำให้ลดลงครั้งละเท่า ๆ กัน แสดงว่า การที่ผลลัพธ์จะได้ค่ามากที่สุด ตัวหารย่อมต้องเป็นค่าที่น้อยที่สุด ดังนั้น $0.789 \div 900$ เป็นจำนวนที่ให้ผลลัพธ์ที่มากที่สุด

28) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง ความหมายของเศษเกิน เป็นการศึกษาคำถามการวาดรูปเรขาคณิตที่แทนจำนวนที่มีค่าเท่ากับ $\frac{12}{9}$ คำตอบคือ  (มีนักเรียนตอบผิดมากที่สุด 40.15%) เนื่องจากมีจำนวนภาพที่เหมือนกัน 12 รูป และมีจำนวนภาพที่เหมือนกันอีกชุดจำนวน 9 รูป (นักเรียนตอบเหตุผลผิดมากที่สุด 29.74%) การที่นักเรียนจะวาดภาพของเศษเกินได้ถูกต้อง นักเรียนต้องเข้าใจวิธีการเปลี่ยนเศษเกินเป็นจำนวนคละก่อน โดยทำเศษเกินของ $\frac{12}{9}$ เป็นจำนวนคละที่มีค่าเท่ากับ $1\frac{3}{9}$ แล้วนำจำนวนคละนี้มาวาดภาพ ซึ่งเศษส่วนคือ การแบ่งของหนึ่งขึ้นออกเป็นส่วนที่เท่า ๆ กัน โดยจำนวนส่วนที่ต้องการหรือสนใจเท่ากับตัวเศษ และจำนวน

ส่วนแบ่งทั้งหมดที่เท่า ๆ กันเท่ากับตัวส่วน ดังนั้น ภาพที่มีค่าเท่ากับ $\frac{12}{9}$ คือ  เพราะ $\frac{12}{9} = 1\frac{3}{9}$ จึงได้จำนวนเต็ม 1 รูป และอีกรูปคือเศษส่วน $\frac{3}{9}$ โดยนำขึ้นส่วนหนึ่งมาแบ่งให้เท่า ๆ กันเป็นจำนวน 9 ส่วน โดยตัวเศษมีค่าเท่ากับจำนวนขึ้นส่วนที่แรก และตัวส่วนมีค่าเท่ากับจำนวนขึ้นส่วนทั้งหมด

29) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง การอ่านค่าของเศษส่วน เป็นการศึกษาคำถามจากรูปที่กำหนด  ให้นักเรียนเขียนค่าของเศษส่วนที่มีค่าเท่ากับพื้นที่ส่วนที่แรเงา คำตอบคือ $\frac{1}{3}$ (มีนักเรียนตอบผิดมากที่สุด 50.26%) เนื่องจากตัวเศษคือ จำนวนส่วนที่แรเงา ตัวส่วน

คือ จำนวนส่วนทั้งหมดของรูป (นักเรียนตอบเหตุผลผิดมากที่สุด 40.51%) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนี้มาจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจว่า ต้องแบ่งรูปสี่เหลี่ยมที่กำหนดให้เป็นส่วนที่เท่า ๆ กันก่อน โดยจะได้เป็นรูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทั้งหมด 4 ส่วน มีส่วนแรเงา 2 ส่วน แล้วจึงจะสามารถหาค่าของเศษส่วนได้ คือ $\frac{2}{4}$

33) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง การเปรียบเทียบเศษส่วน เป็นการศึกษาจากจำนวนที่กำหนด $\frac{-4}{19}$, $\frac{37}{58}$, $\frac{58}{29}$, และ $\frac{-23}{39}$ โดยเรียงเศษส่วนที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด คำตอบคือ $\frac{-4}{19}$, $\frac{-23}{39}$, $\frac{37}{58}$, และ $\frac{58}{29}$ (มีนักเรียนตอบผิดมากที่สุด 38.97%) เพราะเรียงจำนวนติดลบก่อนและตามด้วยจำนวนบวก โดยดูตัวเศษที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด (นักเรียนตอบเหตุผลผิดมากที่สุด 35.38%) การที่นักเรียนจะเรียงเศษส่วนได้ถูกต้อง นักเรียนจะต้องเข้าใจเรื่องการเปรียบเทียบเศษส่วนที่เป็นค่าบวก และเศษส่วนที่เป็นค่าลบ โดยการนำตัวส่วนให้เท่ากับตัวคูณร่วมน้อย (ค.ร.น.) ของตัวส่วนก่อน แล้วจึงทำการเรียงเศษส่วนที่เป็นค่าลบก่อนและตามด้วยเศษส่วนที่เป็นค่าบวก โดยเศษส่วนที่เป็นค่าลบหากตัวเศษมีค่ามากเศษส่วนนั้นจะมีค่าน้อย แต่เศษส่วนที่เป็นค่าบวกหากตัวเศษมีค่ามากเศษส่วนนั้นก็จะมีค่ามากเช่นกัน หรือนักเรียนจะทำการเปรียบเทียบโดยเปลี่ยนเศษส่วนเป็นทศนิยม ซึ่งนักเรียนต้องเข้าใจหลักการเปลี่ยนเศษส่วนเป็นทศนิยม โดยนำตัวเศษมาเป็นตัวตั้งและนำตัวส่วนมาเป็นตัวหารแล้วหาผลลัพธ์ แล้วเรียงทศนิยมที่เป็นค่าลบก่อนและตามด้วยทศนิยมที่เป็นค่าบวก โดยทศนิยมที่เป็นค่าลบที่เป็นค่ามากค่าน้อย แต่ทศนิยมที่เป็นค่าบวกหากมีค่ามากย่อมมีค่ามากเช่นกัน ดังนั้นการเรียงเศษส่วนที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด คือ $\frac{-23}{39}$, $\frac{-4}{19}$, $\frac{37}{58}$, และ $\frac{58}{29}$

อภิปรายผล

จากผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องจำนวนตรรกยะ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายไว้ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ 2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ และ 3) ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนตรรกยะ

1. ผลการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นนี้ มีการสำรวจและกำหนดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องจำนวนตรรกยะ หลังจากนั้นได้สร้างแบบทดสอบสำรวจ จำนวน 50 ข้อ ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย ให้นักเรียนเติมคำตอบ พร้อมทั้งบอกเหตุผลของคำตอบในแต่ละข้อ เพื่อนำข้อมูลที่นักเรียนตอบในคำตอบและเหตุผลที่ไม่ถูกต้อง มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนมาสร้างเป็นตัวลวงของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น จำนวน 50 ข้อ โดยแบ่งเป็น 3 เนื้อหาหลัก จำนวน 15 มโนทัศน์ คือ เรื่องจำนวนเต็ม 4 มโนทัศน์ เรื่องสมบัติของจำนวนเต็ม 2 มโนทัศน์ และทศนิยมและเศษส่วน 9 มโนทัศน์ โดยในหนึ่งข้อคำถามของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น นักเรียนจะต้องตอบ 4 ชั้น คือ ชั้นคำตอบ (A-tier) ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) การมีชั้นความมั่นใจในคำตอบและชั้นความมั่นใจในเหตุผลมีเพื่อช่วยวินิจฉัยว่าคำตอบนั้นไม่ได้เกิดจากการเดา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ D. C. Yang and Lin (2015) ที่พบว่า ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น สามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างตรงประเด็น และวิธีการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุระเดช อนันตสวัสดิ์ (2560, น. 17) ที่กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยเพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จะต้องกำหนดเนื้อหาและวัตถุประสงค์ แล้วนำผลคำตอบจากแบบทดสอบสำรวจมาวิเคราะห์และสร้างเป็นตัวลวงของแบบทดสอบวินิจฉัย ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ เพื่อเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ครูผู้สอนรู้ถึงข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ตรงจุด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและช่วยแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ถูกต้อง

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมา ในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 ซึ่งค่า IOC มากกว่า 0.50 แสดงว่าข้อคำถามเป็นตัวแทนจุดประสงค์ สามารถให้ข้อมูลได้ตรงตามจุดมุ่งหมายของการวัด (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2545, น. 179) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น.

237) ที่กล่าวว่า ถ้าจำนวนผู้เชี่ยวชาญตัดสินว่าสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.80 ถือว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับขั้นที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ข้อคำถามสามารถวัดได้สอดคล้องกับมโนทัศน์ที่ต้องการวัด

ในด้านความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับขั้นที่ผู้วิจัยสร้าง จำนวน 50 ข้อ พบว่า มีข้อคำถามจำนวน 6 ข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.20 ซึ่งเป็นข้อคำถามที่จำแนกผู้ที่รอบรู้กับผู้ไม่รอบรู้ได้น้อยมาก ในการคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับขั้น จะแตกต่างจากแบบทดสอบวินิจฉัยทั่วไป คือ คำถามที่ผ่านเกณฑ์ จะต้องคัดเลือกจากข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ทั้งสองชั้นในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) เช่น ข้อคำถามข้อที่ 1 ในชั้นคำตอบ (A-tier) มีค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.81 และ 0.13 ซึ่งมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์ ส่วนในชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.59 และ 0.33 ซึ่งมีค่าผ่านเกณฑ์ แต่ข้อคำถามข้อนี้ไม่ผ่านเกณฑ์ เนื่องจากมีเพียงหนึ่งชั้นที่ผ่านเกณฑ์ไม่ได้ผ่านเกณฑ์ทั้งสองชั้น เมื่อทำการคัดเลือกเฉพาะข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 44 ข้อ พบว่า มีค่าความยากง่ายเฉลี่ยในชั้นคำตอบ (A-tier) มีค่าเท่ากับ 0.56 มีค่าตั้งแต่ 0.32 - 0.75 ชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าเท่ากับ 0.50 มีค่าตั้งแต่ 0.26 - 0.71 ส่วนค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยในชั้นคำตอบ (A-tier) มีค่าเท่ากับ 0.40 มีค่าตั้งแต่ 0.21 - 0.64 ชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าเท่ากับ 0.35 มีค่าตั้งแต่ 0.21 - 0.69 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรลิวิงสตัน (Livingston) เท่ากับ 0.98 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนบดี อินหาดกรวด (2560, น. 47) ที่พบว่า คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์หลายลำดับขั้น (สองลำดับขั้นถึงสี่ลำดับขั้น) จาก 7 งานวิจัย ที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.07-0.94 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.35-0.59 ในด้านความเชื่อมั่นส่วนใหญ่มียุทธวิธีตั้งแต่ 0.40-0.98 รวมถึงงานวิจัยของ Habiddin and Page (2019) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับขั้นเกี่ยวกับจุลนาศาสตร์เคมีของนักศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 พบว่า มีค่าความยากง่ายเฉลี่ยในชั้นคำตอบ (A-tier) และ ชั้นเหตุผล (R-tier) เท่ากับ 0.33 และ 0.28 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยในชั้นคำตอบ (A-tier) และ ชั้นเหตุผล (R-tier) เท่ากับ 0.30 และ 0.25 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบในชั้นคำตอบ (A-tier) และ ชั้นเหตุผล (R-tier) เท่ากับ 0.56 และ 0.65 ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับขั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องจำนวนตรรกยะ แต่อาจจะมีข้อจำกัด

เนื่องจากเป็นแบบทดสอบที่นักเรียนยังไม่เคยเจอ ไม่คุ้นเคย ดังนั้นเวลาในการทำแบบทดสอบนักเรียนอาจเกิดความไม่เข้าใจในการเลือกคำตอบและระดับความมั่นใจในแต่ละขั้นข้อคำถาม

3. ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม คือ กลุ่มนักเรียนมีหิมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) กลุ่มนักเรียนมีหิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (M) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (LK) และกลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) โดยทั้งสามเนื้อหาหลัก คือ เรื่องจำนวนเต็ม เรื่องสมบัติของจำนวนเต็ม และเรื่องทศนิยม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มนักเรียนมีหิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน(M) รองลงมาคือ กลุ่มนักเรียนขาดความรู้ (LK) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) และกลุ่มนักเรียนมีหิมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) ตามลำดับ และเมื่อทำการคัดเลือกกลุ่มนักเรียนที่มีหิมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากและมีหิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดพบว่า มีจำนวน 8 หิมโนทัศน์ ได้แก่ 1) ความหมายของจำนวนเต็ม 2) ความหมายของค่าสัมบูรณ์ 3) ค่าของทศนิยม 4) หลักการหาผลลัพธ์ของการลบทศนิยม 5) ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่นำหลักการหารทศนิยมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ 6) ความหมายของเศษเกิน 7) การอ่านค่าของเศษส่วน และ 8) การเปรียบเทียบเศษส่วน ซึ่งการที่นักเรียนมีหิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัด แสดงว่านักเรียนมีความมั่นใจมากกว่าคำตอบและเหตุผลที่เลือกนั้นถูกต้อง แต่ความเป็นจริงคำตอบและเหตุผลที่นักเรียนเลือกนั้นไม่ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น ข้อที่ $\frac{24}{3}$, 9.0000, $(-\frac{17}{17})$, 0, และ $2\frac{3}{3}$ จากจำนวนที่กำหนดให้มีจำนวนเต็มกี่จำนวน จากข้อมูลจะพบว่านักเรียนตอบ 3 จำนวน ซึ่งการที่นักเรียนตอบผิดอาจมาจากการที่คิดว่า ทศนิยมซ้ำศูนย์ และจำนวนคละไม่เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งในความเป็นจริงจำนวนเหล่านี้บางจำนวนเป็นจำนวนเต็ม เช่น ทศนิยมซ้ำศูนย์ หรือจำนวนคละที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไช่มุก เลื่องสุนทร (2552) ที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องระบบจำนวนเต็ม นักเรียนมีข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในด้านการปิดเปิดนทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสมบัติมากที่สุด รวมถึงงานวิจัยของ Mohyuddin and Khalil (2016) ที่ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา พบว่า นักเรียนแสดงข้อผิดพลาดในการเปรียบเทียบเศษส่วน การแก้ปัญหาคำตอบ ก ลบ คูณ หาร เศษส่วน เป็นต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไช่มุก เลื่องสุนทร (2552) ที่พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มี

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดในเรื่องระบบจำนวนเต็ม ในด้านการบิดเบือนทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม สมบัติและข้อเท็จจริง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sarwadi and Shahrill (2014) ที่พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเศษส่วน และทศนิยม เช่น นักเรียนไม่รู้วิธีการในการหารเศษส่วน การเปลี่ยนจำนวนคละเป็นเศษส่วนเกินไม่ถูกต้อง ซึ่งการที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากการที่นักเรียนเรียนโดยการจำมากกว่าเข้าใจ ขาดความเข้าใจอย่างแท้จริง และมโนทัศน์เหล่านี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้ หากนักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องในเรื่องเหล่านี้ ย่อมส่งผลกระทบต่อกระบวนการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในการต่อยอดเนื้อหาที่ซับซ้อนมากขึ้นดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น น่าจะเป็นเครื่องมือในการช่วยวินิจฉัย ข้อบกพร่องของนักเรียนได้ตรงจุดมากขึ้นและแก้ไขมโนทัศน์ของนักเรียนให้ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนสามารถนำลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวกับเรื่องจำนวนตรรกยะ โดยมีการเน้นย้ำ อธิบายความหมายของคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ให้ชัดเจน ในจุดที่นักเรียนมักเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพื่อให้ให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญและมีความระมัดระวังในการคำนวณมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนลดลง

1.2 แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น มีส่วนน้อยในการตอบคำถามในแต่ละข้อ และมีการถามในส่วนของระดับความมั่นใจในการตอบ ซึ่งระดับความมั่นใจมีผลต่อการวินิจฉัยกลุ่มของนักเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย นักเรียนและครูผู้สอนยังไม่คุ้นเคยกับแบบทดสอบ ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจและอธิบายให้นักเรียนให้ชัดเจนเกี่ยวกับการทำแบบทดสอบ โดยควรแนะนำนักเรียนก่อนการทำแบบทดสอบหรือให้นักเรียนทำข้อตัวอย่างพร้อมกัน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจก่อนการทำแบบทดสอบ และป้องกันการสับสนในการตอบ เนื่องจากนักเรียนต้องตอบให้ครบในส่วนย่อยในแต่ละข้อคำถาม

1.3 ผู้ที่สนใจในการนำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปใช้ ควรศึกษาคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เพื่อให้ผู้ได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ผู้เรียนได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยวิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง จำนวนตรรกยะ เป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญในการเชื่อมโยงในระดับชั้นที่สูงขึ้น ทำให้ครูผู้สอนทราบจุดบกพร่องของนักเรียน สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนรวมทั้งระดับความมั่นใจในการตอบ ซึ่งเป็นการแสดงถึงระดับของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งครูผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้องในวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถนำข้อมูลดังกล่าว เช่น ลักษณะที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัด จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม เป็นต้น มาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่าเกิดจากจุดใด หรือนำมาออกแบบหรือพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง จำนวนตรรกยะ เพื่อใช้เป็นแนวทางการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

2.2 การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบที่ใช้การเขียนตอบ (Paper-Pencil Test) ในครั้งต่อไป หากมีการออกแบบการทดสอบในลักษณะรูปแบบของออนไลน์ กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่น่าสนใจ เช่น มีการเพิ่มภาพและเสียง อาจจะทำให้เพิ่มความสนใจในการทำแบบทดสอบมากขึ้น หรือมีเพิ่มการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนกลับทันที เพื่อให้ให้นักเรียนทราบว่า ตัวเองมีจุดบกพร่อง มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องใด เนื้อหาส่วนใด และมโนทัศน์ที่ถูกต้องคืออะไร เป็นอย่างไร

2.3 การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก ทำให้มีจำนวนข้อคำถามหลายข้อในแบบทดสอบนี้ และในแต่ละข้อคำถามก็มี 4 ส่วนย่อยที่นักเรียนต้องทำให้ครบในหนึ่งข้อคำถาม จึงทำให้การทำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นย่อมใช้เวลามากกว่าการทำแบบทดสอบทั่วไป ดังนั้นในการสร้างแบบทดสอบครั้งต่อไป อาจจะมีการสร้างแบบทดสอบที่แบ่งตามเนื้อหาหลัก เช่น ฉบับที่ 1 เรื่อง จำนวนเต็ม ฉบับที่ 2 เรื่องสมบัติของจำนวนเต็ม ฉบับที่ 3 ทศนิยมและเศษส่วน เป็นต้น เพื่อให้มีจำนวนข้อในแต่ละฉบับที่ไม่มากเกินไป และนักเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้อย่างไม่เร่งรีบ

2.4 การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้น มีจุดในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบที่แตกต่างจากแบบทดสอบทั่วไป ผู้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกส์ลำดับชั้นจะต้องมีความระมัดระวังในการตรวจสอบคุณภาพ คือ ด้านความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) โดยจะต้องทำการพิจารณาคุณภาพทั้งสองชั้น คือ ชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) ในแต่ละข้อ โดยข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์จะต้องผ่านทั้งสองชั้นจะผ่านเพียงชั้นใดชั้นหนึ่งไม่ได้

บรรณานุกรม

- เวชฤทธิ์ อังคนะภักทธจ. (2546). ศึกษาโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/65750>
- ไข่มุก เลื่องสุนทร. (2552). การศึกษาโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 1. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/18973>
- ไพรัช จันทรงาม และ เฉลิมวุฒิ คำเมือง. (2560). การศึกษาและสร้างนวัตกรรมที่ใช้แก้ไขโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ในสาระจำนวนและการดำเนินการของนักศึกษาครูคณิตศาสตร์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. Paper presented at the การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 7 "มหาวิทยาลัยเพื่อรับใช้สังคม...พลังขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ยุค 4.0", มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. สืบค้นจาก <https://bit.ly/3iy9K2k>
- ญามัจฉรา สุดแท้. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ดวงเดือน อ่อนน่วม. (2533). การสอนซ่อมเสริมคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนบดี อินทาดกรวด. (2560). การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับ. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/60108>
- ธีระวัฒน์ การะเกตุ. (2561). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน วิชา ชีววิทยา เรื่องการแบ่งเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

- นพดล กองศิลป์. (2561). การสอนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. ปทุมธานี: บริษัท พิมพ์พิชิตร จำกัด.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2526). การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ : แนวคิดและวิธีการ: กรุงเทพฯ : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2545). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการวัดประเมินการเรียนรู้: กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พรธิดา สุขกรรม. (2557). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และ เขต 2. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/46141>
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิชชานันท์ แมคคอร์มิค. (2561). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยทางการเรียน เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ กลุ่มสาระการเรียนรู้ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาหนองบัวลำภู เขต 1. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม. สืบค้นจาก <http://202.28.34.124/dspace/handle123456789/474>
- พินณภรณ์ คำดี. (2561). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับขั้น ในวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาอุทัยธานี เขต 2 วารสารสถาบันวิจัยพิมลธรรม, 5(2), 131-142. สืบค้นจาก <http://www.ojs.mcu.ac.th/index.php/index/index>
- ภมรเมษย์ เลหาวิรุฬห์กุล. (2558). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นความเข้มข้นของมโนทัศน์ที่มีต่อมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/50924>
- มนัสสิริ อินทร์สวาท. (2559). การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน. (ปริญญา

- นิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/52379>
- ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- วนิดา ภู่อี่ยม. (2550). การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมกับแบบสองระดับ. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/44126>
- วิดา ซ่อนซ่า. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียน วิชาคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญาานิพนธ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- วิสารรัตน์ วงศ์ภูริ. (2556). การศึกษาการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สาระที่ 4 พีชคณิต เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาด้วยสมการ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (ปริญญาานิพนธ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศักดิ์ กิ่งไก่อ. (2560). การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสี่ขั้นและตัวแบบกิจกรรมการปรับลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. สืบค้นจาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th/dcms/files/53810160.pdf
- ศิริเดช สุชีวะ. (2538). การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <https://cuir.car.chula.ac.th/xmlui/handle/123456789/56547>
- ศิริเดช สุชีวะ. (2546). การวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็งของผู้เรียน. ในการประเมินผลการเรียนรู้ แนวใหม่. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2550). การวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็งของผู้เรียน (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 7 (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม)). กรุงเทพฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะครุศาสตร์.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน). (2564). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (3 O-NET) ชั้น ม.3 ปีการศึกษา 2564. Retrieved เข้าถึงเมื่อ 20 พ.ย. 2565 เข้าถึงได้จาก: <https://www.niets.or.th/th/content/view/23857>

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2015). รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015 สืบค้นจาก <http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/timss2015report>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560a). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. In. สืบค้นจาก <https://academic.obec.go.th/missiondetail.php?id=34>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560b). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. In. สืบค้นจาก https://drive.google.com/file/d/1F4_wAe-ZF13-WhvxEApXNiWchvpcQKW/view
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. สืบค้นจาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/>
- สมนึก ภัททิยธนี. (2562). การวัดผลการศึกษา *Educational Measurement* (พิมพ์ครั้งที่ 12). กอปกิสิณฐ์: ปรระสนนการพิมพ์.
- สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดกรุงเทพมหานคร. (2560). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษา กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2560 สืบค้นจาก <https://www.bkkedu.in.th/>
- สิทธิกร พิมพ์อักษร. (2554). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนสาระพีชคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญาานิพนธ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์: กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ พว.
- สุภาภรณ์ มณีประวัติ. (2562). การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 สหวิทยาเขตทองหลาง กรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.
- สุรเดช อนันตสวัสดิ์. (2560). การพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบ สอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาคุษฎ์บัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/59946>

- สุวิมล เสวกสุริยวงศ์. (2553). การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/34753>
- อัมพร ม้าคอง. (2559). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อานุกาฬ เฉชะกุล. (2548). การสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ. สืบค้นจาก <http://shorturl.at/uyFXY>
- Ahmann, J. S., & Glock, M. D. (1967). *Evaluating Pupil Growth: Principles of Tests and Measurements* (3rd ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Allen, D. G. (2007). Student thinking. Department of Mathematics. Texas; A&M University.
- Anggrayni, S., & Ermawati, F. (2019). *The validity of Four-Tier's misconception diagnostic test for Work and Energy concepts [Internet]*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Anne, D. C., & Littler, G. (2008). *Mathematical Misconceptions: A Guide for Primary Teachers*. In. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.4135/9781446269121>
- 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. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.680618>
- Ashlock, R. B. (2010). *Error patterns in computation: Using Error Patterns to Improve Instruction* (10th ed). New Jersey U.S.A: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Ay, Y. (2017). A review of research on the misconceptions in mathematics education. In: *Internet Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology 2017* (pp. 21-31). U.S.A: ISRES Publishing.
- Bell, T. (1981). *Redefining the Federal Role in Education*: Taylor & Francis.
- Bloom, B. S. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. U.S.A: McGraw-Hill Book Company.
- Brown, D. E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 17-34. Retrieved from: <https://doi.org/10.1002/tea.3660290104>

- Brown, F. G. (1983). *Principles of educational and psychological testing*: Wadsworth Publishing Company.
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2010). 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(3), 313-337. Retrieved from [http:// DOI:10.1007/s11165-009-9122-4](http://doi.org/10.1007/s11165-009-9122-4)
- Chai, C., & Ang, B. (1987). *Identifying the reasons underlying pupil's particular errors in simple algebraic expression and equations*. Paper presented at the Proceedings of Fourth Southeast Asian Conference on Mathematical Education (ICMI–SEAMS)(1-3).
- Chambers, P. (2008). *Teaching mathematics: Developing as a reflective secondary teacher* London: SAGE Publications Ltd.
- Chen, C.-C., & Lin, M.-L. (2001). *Developing a two-tier diagnostic instrument to assess high school students' understanding*. National Kaohsiung Normal University. (Department of Physics, Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University).
- Cheung, K. L., & Yang, D.-C. (2018). Examining the differences of Hong Kong and Taiwan students' performance on the number sense three-tier test. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), 3329-3345. Retrieved from <https://doi.org/10.29333/ejmste/91682>.
- Cheung, K. L., & Yang, D.-C. (2020). Performance of sixth graders in Hong Kong on a number sense three-tier test. *Educational Studies*, 46(1), 39-55. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/03055698.2018.1516631>
- Ching, Y. D., & Jonri, S. I. A. (2021). Sixth Grade Students' Performance, Misconception, and Confidence on a Three-Tier Number Sense Test. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(2), 355-375. Retrieved from <http://https://doi.org/10.1007/s10763-020-10051-3>
- Djam'an, N., & Arsyad, N. (2019). *Development and Application of a Three-tier Test Diagnostic Instrument to Assess Junior High School Students' Misconceptions in*

- Algebra*. Paper presented at the 1st International Conference on Advanced Multidisciplinary Research (ICAMR 2018).
- Eggen, P., & Kauchak, D. (2006). *Strategies and Models for Teachers: Teaching Content and Thinking Skills* (6th ed). Boston Allyn & Bacon.
- Fadhilah, R., Dwi, P. M., & Bagas, A. (2020). IDENTIFICATION OF STUDENTS' MISCONCEPTIONS ON INTEGRAL TOPIC USING A FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST. *MaPan: Jurnal Matematika dan Pembelajaran*, 8(1), 114-124. Retrieved from <http://https://doi.org/10.24252/mapan.2020v8n1a9>.
- Fadhilatullathifi, Z., Ardiyanto, B., Rahayu, D., Almukholani, T., Rinayah, I., & Rahmawati, F. (2020). *Four-Tier Diagnostic Test Method to Identify Conceptual Understanding in Calculus*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Good, C. V. (1973). Dictionary of Education, New York: McGraw Hill. In: Inc.
- Gunter, M. A., Estes, T. H., & Schwab, J. H. (1990). *Instruction: A models approach*: Allyn & Bacon.
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science 11(5), p. 989-1008. Retrieved from <https://https://open.metu.edu.tr/bitstream/handle/11511/38957/index.pdf>
- Habiddin, H., & Page, E. M. (2019). Development and validation of a four-tier diagnostic instrument for chemical kinetics (FTDICK). *Indonesian Journal of Chemistry*, 19(3), 720-736. Retrieved from <https://doi.org/10.22146/ijc.39218>
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics education*, 34(5), 294-299. Retrieved from <http://DOI:10.1088/0031-9120/34/5/304>
- Hestenes, D., & Halloun, I. (1995). Interpreting the force concept inventory: A response to March 1995 critique by Huffman and Heller. *The physics teacher*, 33(8), 502-502. Retrieved from <https://doi.org/10.1119/1.2344278>
- Hilton, A., Hilton, G., Dole, S., & Goos, M. (2013). Development and application of a two-tier diagnostic instrument to assess middle-years students' proportional reasoning.

- Mathematics Education Research Journal*, 25(4), 523-545. Retrieved from <https://DOI.10.1007/s13394-013-0083-6>
- Jordaan, T. (2005). *Misconceptions of the limit concept in a mathematics course for engineering students [Internet]*. University of South Africa. Retrieved from: <http://shorturl.at/pyBE9>
- Lin, Y.-C., Yang, D.-C., & Li, M.-N. (2016). Diagnosing students' misconceptions in number sense via a web-based two-tier test. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(1), 41-55. Retrieved from <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1420a>
- Mohyuddin, R. G., & Khalil, U. (2016). Misconceptions of Students in Learning Mathematics at Primary Level. *Bulletin of Education and Research*, 38(1), 133-162. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=EJ1210348>.
- Movshovitz-Hadar, N. (1987). An Empirical Classification Model for Errors in High School Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 18(1), 3.
- Sarwadi, H. R. H., & Shahrill, M. (2014). Understanding students' mathematical errors and misconceptions: The case of year 11 repeating students. *Mathematics Education Trends and Research*, 2014(2014), 1-10. Retrieved from <https://doi:10.5899/2014/metr-00051>
- Schnepper, L. C., & McCoy, L. P. (2013). Analysis of misconceptions in high school mathematics. *Networks: An Online Journal for Teacher Research*, 15(1), 625-625. Retrieved from <http://DOI:10.4148/2470-6353.1066>
- Suwimon Kiokaew. (1989). *Comparing college freshmen's concepts of covalent bonding and structure in the College of Science and the College of Education at Prince of Songkhla University, Thailand*. University of Missouri-Columbia.
- Taslidere, E. (2016). Development and use of a three-tier diagnostic test to assess high school students' misconceptions about the photoelectric effect. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 164-186. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1124409>

- 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. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Tuysuz, C. (2009). Development of two-tier diagnostic instrument and assess students' understanding in chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4(6), 626-631. Retrieved from <http://shorturl.at/arDGH>
- Underhill, R. (1972). *Teaching Elementary School Mathematics*. Columbus, Ohio: Charles' E. Merrill Company.
- Yamtinah, S., Indriyanti, N., Saputro, S., Mulyani, S., Ulfa, M., Mahardiani, L., . . . Shidiq, A. (2019). *The identification and analysis of students' misconception in chemical equilibrium using computerized two-tier multiple-choice instrument [Internet]*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Yang, D. C. (2019). Development of a three-tier number sense test for fifth-grade students. *Educational Studies in Mathematics*, 101(3), 405-424. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10649-018-9874-8>
- 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(4), 368-388. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00131881.2015.1085235>
- Yang, D. C., & Sianturi, I. A. J. (2019). Assessing students' conceptual understanding using an online three-tier diagnostic test. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(5), 678-689. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/jcal.12368>
- Yang, T. C., Fu, H. T., Hwang, G. J., & Yang, S. J. (2017). Development of an interactive mathematics learning system based on a two-tier test diagnostic and guiding strategy. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(1). Retrieved from <https://doi.org/10.14742/ajet.2154>



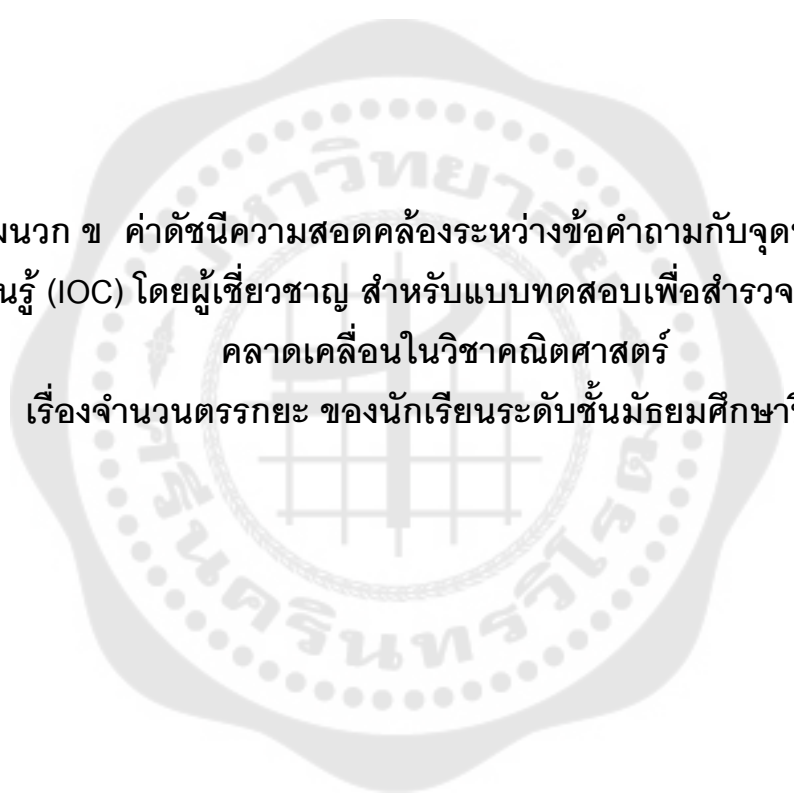
ภาคผนวก



ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตา ตูลย์เมธาการ คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวิกา ตั้งประภา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุลศักดิ์ สุขสบาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
4. นางสาวปรารภนา ศรีณย์ชล ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนศรีบุญยานนท์
5. นางสาวสุทัตตา บัวไข ครูชำนาญการ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนวัดมัชฌันติการาม



ภาคผนวก ข ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การ
เรียนรู้ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ สำหรับแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่
คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์
เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตาราง 32 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ สำหรับแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	-1	+1	+1	+1	0.60	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
12	+1	0	+1	0	+1	0.60	ใช้ได้
13	+1	0	+1	+1	0	0.60	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	0	+1	+1	0.80	ใช้ได้
23	+1	+1	0	+1	+1	0.80	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้


ตาราง 32 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
27	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
28	0	+1	+1	0	+1	0.60	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	0	+1	0.80	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
45	+1	0	+1	0	+1	0.60	ใช้ได้
46	+1	0	+1	0	+1	0.60	ใช้ได้
47	+1	0	+1	+1	+1	0.80	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

หมายเหตุ เกณฑ์ในการพิจารณา

ถ้าค่า IOC ≥ 0.5 ข้อคำถามข้อนั้นเป็นตัวแทนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ถ้าค่า IOC < 0.5 ข้อคำถามข้อนั้นไม่เป็นตัวแทนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม



ภาคผนวก ค ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC)
โดยผู้เชี่ยวชาญ สำหรับแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์
เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตาราง 33 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ สำหรับแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้


ตาราง 33 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่า IOC	การแปลผล
	1	2	3	4	5		
27	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	+1	0	0.80	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

หมายเหตุ เกณฑ์ในการพิจารณา

ถ้าค่า IOC ≥ 0.5 ข้อคำถามข้อนั้นเป็นตัวแทนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ถ้าค่า IOC < 0.5 ข้อคำถามข้อนั้นไม่เป็นตัวแทนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม



ภาคผนวก ง แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์
เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิชาคณิตศาสตร์

เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชื่อ - นามสกุล ห้องเรียน.....โรงเรียน.....

คำชี้แจง

1. ลักษณะแบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเขียนคำตอบ มี 13 หน้า จำนวน 50 ข้อ ใช้เวลา 120 นาที

2. ให้นักเรียนเติมคำตอบ และเหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบในแต่ละข้อลงในช่องว่าง

ตัวอย่างข้อคำถามและการตอบ

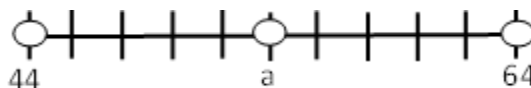
ข้อคำถาม 987.65432 ค่าประจำหลักของตัวเลขที่ขีดเส้นใต้มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ 10

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

คำตอบ เนื่องจาก 8 อยู่ในหลักสิบ จึงมีค่าประจำหลักเป็น 10

1) จงหาจงหาค่า a บนเส้นจำนวนที่กำหนดให้



คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

2) $\frac{24}{3}$, 9.0000 , $(-\frac{17}{17})$, 0 , และ $2\frac{3}{3}$ จากจำนวนที่กำหนดให้มีจำนวนเต็มกี่จำนวน

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

3) (-9999) , (-99) , 9 และ 999 จากจำนวนที่กำหนดให้

จงเรียงลำดับค่าค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

4) ค่าสัมบูรณ์ของ 19 บวกกับค่าสัมบูรณ์ของ -19 มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

5) $98 + (-59)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

6) $(-96) + 47$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

7) $(-69) - 54$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

8) $38 - (-74)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

9) $[(-7) \times (-4) \times (-9) \times 5 \times (-1)] [(-10) \times (-11)]$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

10) $(-144) \div 4 \div [(-12) \div (-3)]$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

11) ถ้า $(54 - 98) - 76 = 54 + (k - 76)$ แล้วค่า k มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

12) ถ้า $(-65) + a + (-76) = b + [c + d]$ แล้วค่า c มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

13) จาก $(-25) + 75 + 55 = 75 + (55 - 25)$ เป็นการใช้สมบัติใดของจำนวนเต็ม

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

14) ถ้า $54 \times [(-98) \times 78] = (54 \times m) \times 78$ จงหาค่า m

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

15) จาก $b \times (t \times s) = (b \times s) \times t$ เป็นการใช้สมบัติใดของจำนวนเต็ม

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

16) $a \times 678 = (600 \times 87) + (70 \times 87) + (8 \times 87)$ จงหาค่า a

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

17) $15b = (m \times b) + [(-5) \times b]$ จงหาค่า m

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

18) $100 \div 10 + 10 \times 10 - 10$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

19) จงเขียนจำนวน 403.0020100 ให้อยู่ในรูปกระจาย

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....
.....

20) $0.50109 = (5 \times 0.1) + (a \times 0.001) + (9 \times 0.00001)$ จงหาค่าของ a ว่ามีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

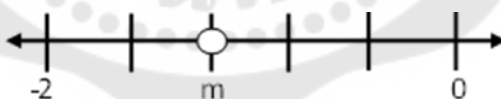
21) ทศนิยมที่มีค่าระหว่าง 9.01 กับ 9.02 มีกี่จำนวน

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

22) จงหาค่า m บนเส้นจำนวนที่กำหนดให้



คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

23) (-45.888) , (-0.45888) , (-4588.8) , 458.88 และ 4.5888 จากจำนวนที่กำหนดให้

จงเรียงลำดับจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

24) $876.53 + 0.036$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

25) $543.21 - 456.78$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

26) $0.70106 - 6$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

27) ในการลบทศนิยม ถ้าตัวตั้งเป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง ตัวลบจะต้องมีทศนิยมกี่ตำแหน่งถึงจะหาผลลัพธ์ได้

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

28) 0.586×0.45 มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

29) $0.59 \div 100$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

30) $1234 \div 4321$, $1234 \div 1$, $1234 \div 0.1$ และ $1234 \div 0.001$

จากจำนวนที่กำหนดให้ จำนวนใดให้ผลลัพธ์มากที่สุด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

31) $0.789 \div 900$, $0.789 \div 1$, $0.789 \div 0.9$ และ $0.789 \div 0.09$

จากจำนวนที่กำหนดให้ จำนวนใดให้ผลลัพธ์มากที่สุด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

32) จงวาดรูปเรขาคณิตที่แทนจำนวนที่มีค่าเท่ากับ $\frac{9}{12}$

คำตอบ



เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

33) จงวาดรูปเรขาคณิตที่แทนจำนวนที่มีค่าเท่ากับ $\frac{12}{9}$

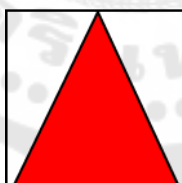
คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

34) จากรูปที่กำหนด ให้นักเรียนเขียนค่าของเศษส่วนที่มีค่าเท่ากับพื้นที่ส่วนที่แรเงา



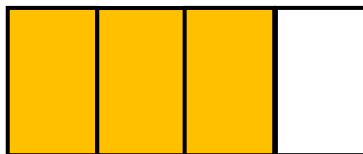
คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

35) จากรูปที่กำหนด ให้นักเรียนเขียนค่าของเศษส่วนที่มีค่าเท่ากับพื้นที่ส่วนที่แรเงา



คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

36) ให้นักเรียนเขียนจำนวนนี้ $7\frac{4}{9}$ ในรูปเศษส่วนเกิน

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

37) จงเปรียบเทียบเศษส่วนระหว่าง $\frac{17}{18}$ และ $\frac{28}{29}$ ว่าจำนวนใดมีค่ามากกว่า

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

38) $\frac{8}{17}$, $\frac{15}{13}$, $\frac{38}{38}$, และ $\frac{9}{21}$ จากจำนวนที่กำหนดให้นักเรียน

เรียงเศษส่วนที่มี ค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

39) $\frac{-4}{19}$, $\frac{37}{58}$, $\frac{58}{29}$, และ $\frac{-23}{39}$ จากจำนวนที่กำหนดให้นักเรียน

เรียงเศษส่วนที่มี ค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

40) $\frac{8}{11} + \frac{4}{7}$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

41) $9\frac{3}{8} - 5\frac{7}{8}$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

42) $3 \times \left(2\frac{4}{9}\right)$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

43) $\left(4\frac{3}{8}\right) \times \left(5\frac{2}{3}\right)$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

44) $\frac{2}{15} \div \frac{7}{11}$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

45) $\frac{8}{15} \div 3\frac{5}{4}$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

46) $\frac{22}{45} + \frac{10}{21}$, $\frac{1}{9} + \frac{1}{8}$ และ $\frac{16}{31} + \frac{15}{28}$ จากจำนวนที่กำหนดให้

จำนวนใดให้ผลลัพธ์ที่มีค่ามากกว่า 1

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

47) จากจำนวนทั้งสองชุดระหว่าง $\frac{1}{3} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{7}$ กับ $\frac{1}{15} \times \frac{1}{28}$

ว่าผลลัพธ์ของจำนวนใดมีค่ามากกว่า

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

48) $\frac{17}{19}$ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปทศนิยมสองตำแหน่งที่มีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

49) 98.706000 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเศษส่วนโดยมีค่าเท่ากับเท่าใด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....

50) $\frac{7}{6}$, $\frac{-13}{27}$, (-0.050) , 0.50 และ 1 จากจำนวนที่กำหนดให้


จงเรียงลำดับจากค่ามากที่สุดไปค่าน้อยที่สุด

คำตอบ

เหตุผลหรือวิธีคิดของคำตอบ

.....

.....



ภาคผนวก จ คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นในวิชา
คณิตศาสตร์
เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

คู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์

เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบ
 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด
 44 ข้อ มีเนื้อหาหลัก 3 เรื่อง คือ

- 1) เรื่องจำนวนเต็ม ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 9 ข้อ
- 2) เรื่องสมบัติของจำนวนเต็มประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 7 ข้อ
- 3) เรื่องทศนิยมและเศษส่วน ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 28 ข้อ

รูปแบบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่
 คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ประกอบด้วย 4 ส่วนย่อยใน 1 ข้อคำถาม คือ
 ชั้นคำตอบ (Answer tier: A-tier) เป็นการวัดความรู้เนื้อหาตามวัตถุประสงค์ ข้อ
 คำถามเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (Confidence of answer tier: CA-tier) เป็นการวัดความ
 มั่นใจของคำตอบในชั้นคำตอบว่านักเรียนมั่นใจมากน้อยเพียงใด ข้อคำถามเป็นแบบมาตร
 ประมาณค่า 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

ชั้นเหตุผล (Reason tier: R-tier) เป็นการวัดเหตุผลที่สนับสนุนความรู้ของนักเรียน
 ในการตอบคำถามในชั้นเหตุผล ข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (Confidence of reason tier: CR-tier) เป็นการวัดความ
 มั่นใจของคำตอบในชั้นเหตุผลว่านักเรียนมั่นใจมากน้อยเพียงใด ข้อคำถามเป็นแบบมาตร
 ประมาณค่า 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

ขั้นตอนในการดำเนินการสอบ

1) เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบประมาณ 60 นาที ในการทำ 25 ข้อ หรืออาจมีการกำหนดเวลาที่มากกว่าการทำแบบทดสอบหลายตัวเลือกทั่วไป เนื่องจากใน 1 ข้อนักเรียนต้องทำให้ครบใน 4 ส่วนย่อย และนักเรียนจะได้ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบอย่างเต็มที่ เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดแล้วสามารถวินิจฉัยชั้นของนักเรียนได้อย่างถูกต้อง

2) ผู้ดำเนินการจัดการสอบ มีการอธิบายคำชี้แจงเกี่ยวกับรายละเอียดของการทำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้นอย่างชัดเจนและมีการแสดงตัวอย่างข้อคำถามและวิธีการตอบคำถาม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจวิธีการทำแบบทดสอบที่ถูกต้องและผู้ดำเนินการสอบได้ข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วน

3) แจกแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้นและกระดาษคำตอบให้นักเรียน และให้นักเรียนเขียนรายละเอียดเกี่ยวกับตนเองที่กระดาษคำตอบให้ชัดเจนและครบถ้วน เพื่อที่จะได้นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาอธิบายนักเรียนได้ถูกต้อง

4) ผู้ดำเนินการจัดการสอบ อธิบายวิธีการทำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้นให้นักเรียนฟังอย่างละเอียดและชัดเจนอีกครั้งหลังแจกแบบทดสอบและกระดาษคำตอบ

5) ระหว่างการดำเนินการสอบ หากนักเรียนมีข้อสงสัย ไม่เข้าใจ ให้นักเรียนยกมือขึ้นถามผู้ดำเนินการจัดการสอบ

6) ระหว่างการดำเนินการสอบ ผู้ดำเนินการจัดการสอบควรดูแลนักเรียนไม่ให้มีการปรึกษา พูดคุย ซักถาม ลอกกัน ระหว่างดำเนินการสอบ เพื่อผลการวินิจฉัยที่เป็นจริงและถูกต้อง

7) เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้นเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นำแบบทดสอบและกระดาษคำตอบมาส่งกับผู้ดำเนินการจัดการสอบ โดยผู้ดำเนินการจัดการสอบทำการตรวจสอบข้อมูลในกระดาษคำตอบว่านักเรียนทำครบทุกข้อและทุกข้อย่อยหรือไม่ หากทำไม่ครบให้ส่งคืนนักเรียนเพื่อให้นักเรียนทำให้ครบ

8) เมื่อนักเรียนทำการส่งแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้นและกระดาษคำตอบเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนออกจากห้องสอบ เพื่อที่จะได้ไม่เป็นการรบกวนนักเรียนที่ยังทำแบบทดสอบไม่เสร็จ

9) เมื่อนักเรียนทำการส่งแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับชั้นและกระดาษคำตอบครบทุกคนแล้ว ผู้ดำเนินการจัดการสอบรวบรวมข้อมูลแล้วนำมากำหนดรหัสเพื่อทำการแปลผล

การกำหนดรหัสของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

การกำหนดรหัสตามคำตอบของนักเรียนในแต่ละหลัก มีรายละเอียดดังนี้

หลักที่ 1 คือ ชั้นคำตอบ (A-tier) มี 4 ตัวเลือก โดยจะมี 1 ตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 3 ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ผิด

นักเรียนตอบถูก	รหัส	คือ	1
----------------	------	-----	---

นักเรียนตอบผิด	รหัส	คือ	0
----------------	------	-----	---

หลักที่ 2 ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) มี 4 ตัวเลือก คือ มั่นใจมาก มั่นใจไม่
มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

นักเรียนตอบมั่นใจมาก	รหัส	คือ	4
----------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบมั่นใจ	รหัส	คือ	3
-------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบไม่มั่นใจ	รหัส	คือ	2
----------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบไม่มั่นใจมาก	รหัส	คือ	1
-------------------------	------	-----	---

หลักที่ 3 คือ ชั้นเหตุผล (R-tier) มี 4 ตัวเลือก โดยจะมี 1 ตัวเลือกที่ถูกต้อง และอีก 3
ตัวเลือกเป็นตัวเลือกที่ผิด

นักเรียนตอบถูก	รหัส	คือ	1
----------------	------	-----	---

นักเรียนตอบผิด	รหัส	คือ	0
----------------	------	-----	---

หลักที่ 4 ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) มี 4 ตัวเลือก คือ มั่นใจมาก มั่นใจไม่
มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก

นักเรียนตอบมั่นใจมาก	รหัส	คือ	4
----------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบมั่นใจ	รหัส	คือ	3
-------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบไม่มั่นใจ	รหัส	คือ	2
----------------------	------	-----	---

นักเรียนตอบไม่มั่นใจมาก	รหัส	คือ	1
-------------------------	------	-----	---

การจำแนกกลุ่มแนวคิดตามรหัสคำตอบของนักเรียน

จากรหัสคำตอบของนักเรียนสามารถจำแนกกลุ่มแนวคิดของนักเรียนได้ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) คือ นักเรียนที่มีความเข้าใจที่ถูกต้อง รหัสคำตอบ คือ 1414, 1413, 1313 และ 1314

2) กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: M) แบ่งเป็น 3 แบบ

2.1 มโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 แบบผลบวกวง (False positive: FP) คือ นักเรียนตอบคำถามในชั้นคำตอบถูกต้องแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง รหัสคำตอบ คือ 1103, 1104, 1203, 1204, 1303, 1304, 1403 และ 1404

2.2 มโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 แบบผลลบวง (False negative: FN) คือ นักเรียนตอบคำถามในชั้นคำตอบผิดแต่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง รหัสคำตอบ คือ 0311, 0312, 0313, 0314, 0411, 0412, 0413 และ 0414

2.3 มโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: MC) คือ นักเรียนตอบผิดทั้งชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล รหัสคำตอบ คือ 0103, 0104, 0203, 0204, 0301, 0302, 0401, 0402, 0303, 0304, 0403 และ 0404

3) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) คือ นักเรียนที่มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาไม่เพียงพอที่จะใช้ตอบคำถามได้ รหัสคำตอบ คือ 1101, 1102, 1201, 1202, 1301, 1302, 1401, 1402, 0111, 0112, 0113, 0114, 0211, 0212, 0213, 0214, 0101, 0102, 0201 และ 0202

4) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (Luck guess: LG) หรือกลุ่มนักเรียนที่ขาดความมั่นใจ (lack of confidence) คือ นักเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องแต่ไม่มั่นใจในความรู้ รหัสคำตอบ คือ 1111, 1112, 1211, 1212, 1113, 1114, 1213, 1214, 1311, 1312, 1411 และ 1412

การวิเคราะห์มิติทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน


การวิเคราะห์มิติทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ การวิเคราะห์ระดับมิติทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ซึ่งทำการวิเคราะห์จากคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) มี 3 ระดับดังนี้

1) ถ้ามีคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยมากกว่า 2.5 แสดงว่า นักเรียนมีระดับมิติทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสูง

2) ถ้ามีคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยระหว่าง 2.0 ถึง 2.5 แสดงว่า นักเรียนมีระดับมิติทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับปานกลาง

3) ถ้ามีคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.0 แสดงว่า นักเรียนมีระดับมิติทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับต่ำ

คะแนนความมั่นใจเฉลี่ย (Mean confidence of students for tier or item: CF) คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนความมั่นใจในการตอบของนักเรียนทั้งหมด โดยคำนวณจากผลรวมคะแนนความมั่นใจทั้งหมดหาร ด้วยจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยมีการกำหนดคะแนนดังนี้ มั่นใจมาก = 4 มั่นใจ = 3 ไม่มั่นใจ = 2 และ ไม่มั่นใจมาก = 1



ภาคผนวก จ แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับในวิชาคณิตศาสตร์
เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ชื่อ – นามสกุลห้องเรียน.....โรงเรียน.....

คำชี้แจง

1. ลักษณะแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เรื่องจำนวนตรรกยะ ในแต่ละข้อ ประกอบด้วยข้อคำถาม 4 ข้อย่อย คือ ชั้นคำตอบ(A-tier) ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) ชั้นเหตุผล (R-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) **โดยนักเรียนต้องตอบคำถามในทุกข้อย่อย**

2. การตอบคำตอบแบบทดสอบ ให้กากบาท (x) ลงในช่องกระดาษคำตอบที่แจกให้ โดยทำการตอบให้ครบทุกชั้นในแต่ละข้อ และทำการเลือกคำตอบเพียงข้อเดียวในแต่ละชั้น

ตัวอย่าง หากนักเรียนทำข้อ 1

ชั้นคำตอบ(A-tier)	ตอบตัวเลือก ค
ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier)	ตอบตัวเลือก มั่นใจมาก
ชั้นเหตุผล (R-tier)	ตอบตัวเลือก ก
ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier)	ตอบตัวเลือก ไม่มั่นใจมาก

ข้อ ที่	ชั้นคำตอบ				ชั้นความมั่นใจของคำตอบ				ชั้นเหตุผล				ชั้นความมั่นใจของเหตุผล			
	ก	ข	ค	ง	มั่นใจ มาก	มั่นใจ	ไม่ มั่นใจ	ไม่ มั่นใจ มาก	ก	ข	ค	ง	มั่นใจ มาก	มั่นใจ	ไม่ มั่นใจ	ไม่ มั่นใจ มาก
1			x		x				x							x

- หากนักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ใช้ยางลบหรือปากกาลบคำผิดลบข้อความเดิมให้สะอาดเรียบร้อยหรือกากบาท แล้วจึงกากบาทในตัวเลือกใหม่
- ข้อมูลคำตอบของนักเรียนจะไม่มีผลต่อคะแนนที่ใช้ในการชั้นเรียนหรือการตัดเกรดของนักเรียน เนื่องจากแบบทดสอบนี้ทำเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

1) $\frac{24}{3}$, 9.0000, $(-\frac{17}{17})$, 0, และ $2\frac{3}{3}$ จากจำนวนที่กำหนดให้มีจำนวนเต็มกี่จำนวน

ก. 1 จำนวน

ข. 3 จำนวน

ค. 4 จำนวน

ง. 5 จำนวน

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. จำนวนเต็ม คือ ศูนย์ อย่างเดียว

ข. จำนวนเต็ม คือ จำนวนเต็มบวก เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว ไม่รวมจำนวน
คละที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว

ค. จำนวนเต็ม คือ ศูนย์ จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลง
ตัว

ง. จำนวนเต็ม คือ ศูนย์ จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลง
ตัว และทศนิยมซ้ำศูนย์

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

2) (-9999), (-99), 9 และ 999 จากจำนวนที่กำหนดให้จงเรียงลำดับจาก **ค่ามากที่สุดไปหาค่า**

น้อยที่สุด

ก. 999, 9, (-9999) และ (-99)

ข. (-99), (-9999), 999 และ 9

ค. 999, 9, (-99) และ (-9999)

ง. (-9999), 999, (-99) และ 9

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. ตัวเลขที่มีหลักมากที่สุดคือ ค่าที่มากที่สุด โดยเรียงค่าตามจำนวนหลักของตัวเลข

ข. จำนวนเต็มบวกมีค่ามากกว่าจำนวนเต็มลบ โดยจำนวนเต็มบวกและจำนวนเต็มลบที่มีหลักมากค่ายิ่งมาก

ค. จำนวนเต็มบวกมีค่ามากกว่าจำนวนเต็มลบ โดยจำนวนเต็มบวกที่มีหลักมากค่ายิ่งมาก แต่จำนวนเต็มลบที่มีหลักน้อยค่ายิ่งมาก

ง. จำนวนเต็มบวกมีค่ามากกว่าจำนวนเต็มลบ โดยจำนวนเต็มบวกที่มีหลักมากค่ายิ่งมาก แต่จำนวนเต็มลบที่มีหลักมากค่ายิ่งมาก

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

3) ค่าสัมบูรณ์ของ 19 บวกกับค่าสัมบูรณ์ของ -19 มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. 0

ข. 19

ค. 38

ง. (-38)

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนทั้งสองเท่ากัน คือ 19

ข. ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนทั้งสองเท่ากัน คือ (-19)

ค. ค่าสัมบูรณ์ของ 19 และ (-19) คือ 19 และ (-19)

ง. ค่าสัมบูรณ์ของ 19 และ (-19) คือ (-19) และ 19

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

- 4) $98 + (-59)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
 ก. (-157) ข. (-39) ค. 39 ง. 41

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

- ก. นำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ
 ข. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ
 ค. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก
 ง. นำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

- 5) $(-96) + 47$ มีค่าเท่ากับเท่าใด
 ก. (-143) ข. (-49) ค. 49 ง. 143

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

- ก. นำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ
 ข. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ
 ค. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก
 ง. นำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

6) (-69) - 54 มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. (-123)

ข. (-15)

ค. 15

ง. 123

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ

ข. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ

ค. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก

ง. นำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

7) $38 - (-74)$ มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. (-112)

ข. (-36)

ค. 36

ง. 112

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ

ข. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มลบ

ค. นำค่าสัมบูรณ์มาบวกแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก*

ง. นำค่าสัมบูรณ์มาลบแล้วใส่เครื่องหมายให้คำตอบเป็นจำนวนเต็มบวก

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

8) $[(-7) \times (-4) \times (-9) \times 5 \times (-1)] [(-10) \times (-11)]$ มีค่าเท่ากับข้อใดมากที่สุด

ก. $[(7 \times 4 \times 9 \times 5 \times 1)] [(10 \times 11)]$

ข. $[-(7 \times 4 \times 9 \times 5 \times 1)] [-(10 \times 11)]$

ค. $[(7 \times 4 \times 9 \times 5 \times 1)] [-(10 \times 11)]$

ง. $[-(7 \times 4 \times 9 \times 5 \times 1)] [(10 \times 11)]$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เครื่องหมายลบไม่มีความสำคัญเพราะฉะนั้นทั้งตัวตั้งและตัวคูณเป็นค่าบวก

ข. ตัวตั้งและตัวคูณมีเครื่องหมายลบทั้งคู่เพราะฉะนั้นทั้งตัวตั้งและตัวคูณเป็นค่าลบ

ค. การคูณจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบจะได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มบวก

ง. การคูณจำนวนเต็มลบด้วยจำนวนเต็มลบจะได้ผลคูณเป็นจำนวนเต็มลบ

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

9) $[(-144) \div 4] \div [(-12) \div (-3)]$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. $\frac{144}{4} \div \frac{12}{3}$

ข. $\left(-\frac{144}{4}\right) \div \left(-\frac{12}{3}\right)$

ค. $\left(-\frac{144}{4}\right) \div \frac{12}{3}$

ง. $\frac{144}{4} \div \left(-\frac{12}{3}\right)$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เครื่องหมายลบไม่มีความสำคัญจึงเป็นค่าบวกทั้งคู่

ข. ตัวตั้งและตัวหารมีเครื่องหมายลบจึงเป็นค่าลบทั้งคู่

ค. ตัวตั้งหรือตัวหารตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มลบ จะได้ผลหารเป็นค่าลบ และหากตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่จะได้ผลหารเป็นค่าบวก

ง. ตัวตั้งหรือตัวหารตัวใดตัวหนึ่งเป็นจำนวนเต็มบวก จะได้ผลหารเป็นค่าลบ และหากตัวตั้งและตัวหารเป็นจำนวนเต็มลบทั้งคู่จะได้ผลหารเป็นค่าลบ

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

10) ถ้า $(54 - 98) - 76 = 54 + (k - 76)$ แล้วค่า k มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 130

ข. 98

ค. 22

ง. (-98)

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำตัวเลขที่อยู่ข้างเดียวกับ k มาหักลบกัน

ข. นำตัวเลขที่อยู่ข้างเดียวกับ k มาหักบวกกัน

ค. นำตัวเลขทั้งสองข้างมาจับคู่ โดยตัวเลขที่หยาบมีค่าเป็นลบ

ง. นำตัวเลขทั้งสองข้างมาจับคู่ โดยตัวเลขที่หยาบมีค่าเป็นบวก

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

11) ถ้า $[(-65) + a] + (-76) = b + [c + d]$ แล้วค่า c มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. (-141)

ข. (-11)

ค. a

ง. ไม่สามารถหาค่าได้

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. อีกฝั่งมีแต่ตัวอักษรไม่มีตัวเลข ค่าที่หายไปจึงไม่สามารถหาได้

ข. เป็นการใช้สมบัติการเปลี่ยนหมู่สำหรับการบวก และหาค่าโดยการเปรียบเทียบค่า

ค. เป็นการใช้สมบัติการสลับที่การบวก และหาค่าจากการนำค่าตัวเลขที่มีมาบวกกัน

ง. เป็นการใช้สมบัติการสลับที่การบวก และหาค่าจากการนำค่าตัวเลขที่มีมาลบกัน

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

- 12) จาก $[(-25) + 75] + 55 = 75 + (55 - 25)$ เป็นการใช้สมบัติใดของจำนวนเต็ม
- ก. สมบัติการสลับที่สำหรับการบวก
- ข. สมบัติที่การเปลี่ยนหมู่สำหรับการบวก
- ค. สมบัติที่การสลับที่สำหรับการบวกและการลบ
- ง. สมบัติที่การสลับที่และการเปลี่ยนหมู่สำหรับการบวก

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

- ก. เนื่องจากตัวเลขทุกตัวไม่อยู่ตำแหน่งเดิม
- ข. เนื่องจากตัวเลขในวงเล็บไม่อยู่ตำแหน่งเดิม
- ค. เนื่องจากตัวเลขทุกตัวในวงเล็บไม่อยู่ตำแหน่งเดิมและมีเครื่องหมายบวกและเครื่องหมายลบ
- ง. เนื่องจากตัวเลขในวงเล็บไม่อยู่ตำแหน่งเดิมและมีเครื่องหมายลบ

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

- 13) ถ้า $54 \times [(-98) \times 78] = (54 \times m) \times 78$ จงหาค่า m
- ก. (-98) ข. 98 ค. 4,212 ง. 412,776

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

- ก. นำตัวเลขที่อยู่ข้างเดียวกับ m มาคูณกัน
- ข. นำตัวเลขของอีกข้างมาคูณเพราะมีเครื่องหมายคูณ
- ค. นำตัวเลขทั้งสองข้างมาจับคู่ ตัวเลขที่ไม่มีคู่เป็นค่าบวกเพราะ m ไม่มีเครื่องหมายลบ
- ง. นำตัวเลขทั้งสองข้างมาจับคู่ ตัวเลขที่ไม่มีคู่ เป็นค่าลบเพราะ m ไม่มีเครื่องหมายลบ

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

14) $a \times 678 = (600 \times 87) + (70 \times 87) + (8 \times 87)$ จงหาค่า a

ก. 87

ข. 261

ค. 678

ง. 58,986

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. ค่า a คือ ค่าที่คูณกับค่า a

ข. ค่า a คือ ค่าที่ได้จากการใช้สมบัติการแจกแจงเพราะตัวเลขในแต่ละวงเล็บมีตัวเลขที่เหมือนกัน

ค. ค่า a คือ ค่าที่ได้จากการนำ 87 มาคูณ 3 เนื่องจากอีกข้างมีค่า 87 สามจำนวน

ง. ค่า a คือ ค่าที่ได้จากการหาผลลัพธ์ในแต่ละวงเล็บแล้วนำมาบวกกัน

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

15) $15b = (m \times b) + [(-5) \times b]$ จงหาค่า m

ก. (-5)

ข. 10

ค. 20

ง. ไม่สามารถหาค่าได้

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เนื่องจาก m เป็นค่าที่คูณกับ b ซึ่งเป็นตัวอักษรไม่ใช่ตัวเลข

ข. เนื่องจาก m เป็นค่าที่คูณกับ b จึงควรมีค่าเท่ากับค่าที่คูณกับ b

ค. เนื่องจากการใช้สมบัติการแจกแจงจึงทำการย้ายข้างหาค่าโดยนำค่าไปลบ

ง. เนื่องจากการใช้สมบัติการแจกแจงจึงทำการย้ายข้างหาค่าโดยนำค่าไปบวก

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

16) $100 \div 10 + 10 \times 10 - 10$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. 5

ข. 10

ค. 100

ง. 190

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. ดำเนินการเครื่องหมายจากซ้ายไปขวา

ข. ดำเนินการเครื่องหมายจากขวาไปซ้าย

ค. ดำเนินการเครื่องหมายบวกก่อนและตามด้วยเครื่องหมายคูณหาร

ง. ดำเนินการเครื่องหมายคูณหารก่อนและตามด้วยเครื่องหมายบวกลบ

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

17) $0.50109 = (5 \times 0.1) + (a \times 0.001) + (9 \times 0.00001)$ จงหาค่าของ a ว่ามีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 0

ข. 1

ค. 10

ง. 109

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. a เป็นค่าหลักสิบของจำนวนที่ให้มา

ข. a เป็นค่าหลักร้อยของจำนวนที่ให้มา

ค. a เป็นเลขโดดที่เป็นทศนิยมตำแหน่งที่ 1

ง. a เป็นเลขโดดที่เป็นทศนิยมตำแหน่งที่ 3

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

18) ทศนิยมตั้งแต่สองตำแหน่งที่มีค่าระหว่าง 9.01 กับ 9.02 มีกี่จำนวน

ก. 0

ข. 1

ค. 2

ง. มีจำนวนมากมาย

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เนื่องจากเป็นค่าระหว่างจึงไม่มีจำนวนใดเหลือ

ข. มีจำนวนเท่ากับจำนวนทั้งสองที่โจทย์กำหนดมาให้

ค. มีจำนวนเท่ากับ ทศนิยมสามตำแหน่ง ทศนิยมสี่ตำแหน่ง เป็นต้น

ง. มีจำนวนเท่ากับจำนวนที่อยู่ตรงกลางของทั้งสองจำนวนที่โจทย์กำหนดมาให้

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

19) จงหาค่า m บนเส้นจำนวนที่กำหนดให้



ก. (-1.8)

ข. (-1.2)

ค. (-1)

ง. 2

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เนื่องจากเป็นค่าที่ถัดไปจำนวน 2 ช่อง

ข. เนื่องจากเป็นจำนวนตรงข้ามของเลข 2

ค. เนื่องจากเป็นค่าที่อยู่ตรงกลางระหว่าง (-2) และ 0

ง. เนื่องจากแบ่งจำนวนช่องเท่ากันค่าที่ได้แต่ละช่อง คือ 0.4

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

20) (-45.888) , (-0.45888) , (-4588.8) , 458.88 และ 4.5888 จากจำนวนที่กำหนดให้จงเรียงลำดับจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

ก. (-4588.8) , 458.88 , (-45.888) , 4.5888 และ (-0.45888)

ข. (-0.45888) , 4.5888 , (-45.888) , 458.88 และ (-4588.8)

ค. (-0.45888) , (-45.888) , (-4588.8) , 4.5888 และ 458.88

ง. (-4588.8) , (-45.888) , (-0.45888) , 4.5888 และ 458.88

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เรียงตามจำนวนหลักที่มีหลังทศนิยม คือ จำนวนหลักหลังทศนิยมยิ่งมีจำนวนน้อยค่ายิ่งน้อย

ข. เรียงตามจำนวนหลักที่มีหลังทศนิยม คือ จำนวนหลักหลังทศนิยมยิ่งมีจำนวนมากค่ายิ่งน้อย

ค. เรียงค่าทศนิยมติดลบก่อน และตามด้วยทศนิยมบวก โดยมีหลักการ คือ ทศนิยมที่มีค่ามากถ้าติดลบค่ายิ่งมาก

ง. เรียงค่าทศนิยมติดลบก่อน และตามด้วยทศนิยมบวก โดยมีหลักการ คือ ทศนิยมที่มีค่ามากถ้าติดลบค่ายิ่งน้อย

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

21) $876.53 + 0.036$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. 876.89

ข. 880.13

ค. 0.87689

ง. 876.566

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำเลขโดดที่อยู่ตำแหน่งเดียวกันมาตั้งให้ตรงจุดทศนิยมแล้วทำการบวก

ข. มีการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงโดยเรียงจากซ้ายไปขวาแล้วทำการบวก

ค. มีการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงโดยเรียงจากขวาไปซ้ายแล้วทำการบวก

ง. ทำการบวกโดยนำจุดทศนิยมออกโดยผลลัพธ์จะมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับผลรวมของจำนวนตำแหน่งทศนิยมของทั้งสองตัว

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

22) $0.70106 - 6$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. 6.70106

ข. 5.29894

ค. (-5.29894)

ง. 0.70100

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำค่าที่มากเป็นตัวตั้งและทำการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงและทำการลบ โดยผลลัพธ์เป็นค่าบวก

ข. นำค่าที่มากเป็นตัวตั้งและทำการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงและทำการลบ โดยผลลัพธ์เป็นค่าลบ

ค. ทำการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงโดยเรียงจากขวาไปซ้ายและทำการลบ

ง. ทำการจัดตำแหน่งของเลขโดดให้ตรงโดยเรียงจากซ้ายไปขวาและทำการลบ

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

23) ในการลบทศนิยม ถ้าตัวตั้งเป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง ตัวลบจะต้องมีทศนิยมกี่ตำแหน่งถึงจะหาผลลัพธ์ได้

ก. 3 ตำแหน่ง

ข. 2 ตำแหน่ง

ค. 4 ตำแหน่ง

ง. กี่ตำแหน่งก็ได้

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. จำนวนตำแหน่งทศนิยมไม่มีผลในการลบทศนิยม

ข. จำนวนตำแหน่งทศนิยมต้องมีน้อยกว่าเพราะเป็นตัวลบ

ค. จำนวนตำแหน่งต้องเท่ากันเพราะต้องมีการจัดตำแหน่งในการลบ

ง. จำนวนตำแหน่งทศนิยมต้องมีมากกว่าเพราะจะได้มีเลขโดดที่เพียงพอในการลบตัวตั้ง

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

24) 0.586×0.45 มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. 0.02637

ข. 0.2637

ค. 2.637

ง. 26.37

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. ผลคูณจะมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับตัวตั้ง (ตัวแรก)

ข. ผลคูณจะมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับตัวคูณ (ตัวที่สอง)

ค. ผลคูณมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับผลรวมจำนวนตำแหน่งทศนิยมตัวตั้งกับตัวคูณ

ง. ผลคูณมีจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากับหรือน้อยกว่าผลรวมของจำนวนตำแหน่งทศนิยมตัวตั้งกับตัวคูณ

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

25) $0.59 \div 100$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. $\frac{59}{100}$

ข. $\frac{100}{59}$

ค. $\frac{59}{10,000}$

ง. 59.00

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำตัวตั้งมาเป็นตัวเศษและนำตัวหารมาเป็นตัวส่วนและนำตัวเลขมาคูณให้ตัวเศษเป็นจำนวนเต็ม

ข. นำตัวตั้งโดยไม่ต้องใส่จุดทศนิยมมาเป็นตัวเศษและนำตัวหารเป็นตัวส่วน

ค. นำตัวตั้งโดยไม่ต้องใส่จุดทศนิยมมาเป็นตัวส่วนและนำตัวหารมาเป็นตัวเศษ

ง. นำตัวตั้งโดยไม่ต้องใส่จุดทศนิยมมาเป็นจำนวนเต็มและตัวหารคือตัวเลขหลังทศนิยม

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

26) จำนวนในข้อใดเป็น จำนวนที่ให้ผลลัพธ์มากที่สุด

ก. $1234 \div 0.001$

ข. $1234 \div 0.1$

ค. $1234 \div 1$

ง. $1234 \div 4321$

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เนื่องจากตัวหารเป็น 1 จึงทำให้ได้ผลลัพธ์เท่าเดิมที่ทำให้ได้ค่ามากกว่าค่าอื่น

ข. เนื่องจากตัวตั้งเป็นจำนวนเต็มถ้าตัวหารมีค่ามากที่สุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก

ค. เนื่องจากตัวตั้งเป็นจำนวนเต็มถ้าตัวหารมีค่าน้อยสุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก

ง. เนื่องจากตัวตั้งเป็นจำนวนเต็มถ้าตัวหารเป็นจำนวนเต็มย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

27) จำนวนในข้อใดเป็นจำนวนที่ให้ผลลัพธ์มากที่สุด

ก. $0.789 \div 900$

ข. $0.789 \div 1$

ค. $0.789 \div 0.9$

ง. $0.789 \div 0.09$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เนื่องจากตัวหารเป็น 1 จึงทำให้ได้ผลลัพธ์เท่าเดิมที่มีค่ามากกว่าค่าอื่น

ข. เนื่องจากตัวตั้งเป็นทศนิยม ถ้าตัวหารมีค่ามากที่สุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก

ค. เนื่องจากตัวตั้งเป็นทศนิยม ถ้าตัวหารมีค่าน้อยสุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก

ง. เนื่องจากตัวตั้งเป็นทศนิยม ถ้าตัวหารเป็นจำนวนเต็มย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามาก

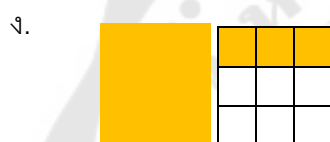
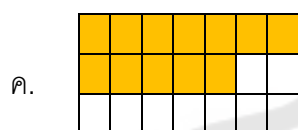
ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

28) จงวาดรูปเรขาคณิตที่แทนจำนวนที่มีค่าเท่ากับ $\frac{12}{9}$

ก.
$$\frac{\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle}{\square\square\square\square\square\square\square\square}$$

ข.
$$\frac{\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle}{\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle}$$

$$\frac{\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle\triangle}{\square\square\square\square\square\square\square\square}$$



ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. แบ่งจำนวนรวมทั้งหมดเป็น 21 เท่า ๆ กัน โดยมีพื้นที่แรเงาเป็น 12 ส่วน

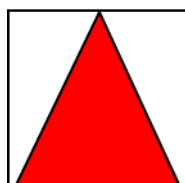
ข. มีจำนวนภาพที่เหมือนกัน 12 รูป และมีจำนวนภาพที่เหมือนกันอีกชุดจำนวน 9 รูป

ค. มีจำนวนภาพที่เหมือนกัน 21 รูป และมีจำนวนภาพที่เหมือนกันอีกชุดจำนวน 9 รูป

ง. นำเศษส่วนทำเป็นจำนวนคละจะได้จำนวนเต็ม 1 รูป และรูปเป็นเศษส่วน คือ 3 ส่วน 9

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

- 29) จากรูปที่กำหนดให้นักเรียนเลือกค่าของเศษส่วนที่มีค่าเท่ากับพื้นที่ส่วนที่แรเงา



ก. $\frac{2}{4}$

ข. $\frac{1}{3}$

ค. $\frac{2}{3}$

ง. $\frac{7}{16}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

- ก. ตัวเศษคือ จำนวนส่วนที่แรเงา ตัวส่วนคือ จำนวนส่วนทั้งหมดของรูป
 ข. ตัวเศษคือ จำนวนส่วนที่ไม่ได้แรเงา ตัวส่วนคือ จำนวนส่วนทั้งหมดของรูป
 ค. จากรูปที่ให้มาแบ่งจะได้รูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 4 ส่วน และมีจำนวนแรเงา 2 ส่วน
 ง. จากรูปที่ให้มาแบ่งจะได้รูปสี่เหลี่ยมเล็กทั้งหมด 16 ส่วน และมีจำนวนแรเงา 7 ส่วน

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

- 30) ให้นักเรียนเขียนจำนวนนี้ $7\frac{4}{9}$ ในรูปเศษส่วนเกิน

ก. $\frac{28}{63}$

ข. $\frac{67}{9}$

ค. $\frac{28}{9}$

ง. $\frac{11}{9}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

- ก. นำจำนวนเต็มคือเลข 7 คูณกับตัวเศษและตัวส่วน
 ข. นำจำนวนเต็มคือเลข 7 บวกกับเศษ และตัวส่วนเหมือนเดิม
 ค. นำจำนวนเต็มคือเลข 7 คูณกับตัวเศษ และตัวส่วนเหมือนเดิม
 ง. นำจำนวนเต็มคือเลข 7 คูณกับตัวส่วนแล้วบวกกับตัวเศษ และตัวส่วนเหมือนเดิม

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

31) จงเปรียบเทียบเศษส่วนระหว่าง $\frac{17}{18}$ และ $\frac{28}{29}$ ว่าจำนวนใดมีค่ามากกว่า

ก. $\frac{17}{18}$

ข. $\frac{28}{29}$

ค. เท่ากัน

ง. ไม่สามารถเปรียบเทียบได้

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. ผลต่างของตัวส่วนกับตัวเศษมีค่าเท่ากัน

ข. ทำการเปรียบเทียบโดยนำเศษส่วนไปหารเป็นทศนิยม

ค. ทำการเปรียบเทียบโดยดูค่าจากตัวเศษของทั้งสองจำนวน หากตัวเศษมีค่ามากกว่า ย่อมทำให้จำนวนนั้นมีค่ามากกว่า

ง. ทำการเปรียบเทียบโดยดูค่าจากตัวส่วนของทั้งสองจำนวน หากตัวส่วนมีค่ามากกว่า ย่อมทำให้จำนวนนั้นมีค่ามากกว่า

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

32) $\frac{8}{17}$, $\frac{15}{13}$, $\frac{38}{38}$, และ $\frac{9}{21}$ จากจำนวนที่กำหนดให้นักเรียนเรียงเศษส่วนที่มีค่าน้อย

ที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

ก. $\frac{8}{17}$, $\frac{9}{21}$, $\frac{15}{13}$, และ $\frac{38}{38}$

ข. $\frac{9}{21}$, $\frac{8}{17}$, $\frac{38}{38}$, และ $\frac{15}{13}$

ค. $\frac{15}{13}$, $\frac{8}{17}$, $\frac{9}{21}$, และ $\frac{38}{38}$

ง. $\frac{8}{17}$, $\frac{15}{13}$, $\frac{9}{21}$, และ $\frac{38}{38}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เรียงค่าโดยดูค่าจากตัวเศษที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

ข. เรียงค่าโดยดูค่าจากตัวส่วนที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

ค. เรียงค่าโดยนำค่าแต่ละตัวไปหารเป็นทศนิยมแล้วเรียงค่าน้อยที่สุดไปมากที่สุด

ง. เรียงค่าโดยนำตัวเศษบวกกับตัวส่วนแล้วเรียงตามจำนวนผลบวกน้อยที่สุดไปมากที่สุด

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

33) $\frac{-4}{19}$, $\frac{37}{58}$, $\frac{58}{29}$, และ $\frac{-23}{39}$ จากจำนวนที่กำหนดให้นักเรียนเรียงเศษส่วนที่มีค่าน้อย

ที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

ก. $\frac{-4}{19}$, $\frac{-23}{39}$, $\frac{37}{58}$, และ $\frac{58}{29}$

ข. $\frac{-4}{19}$, $\frac{-23}{39}$, $\frac{58}{29}$, และ $\frac{37}{58}$

ค. $\frac{-23}{39}$, $\frac{-4}{19}$, $\frac{37}{58}$, และ $\frac{58}{29}$

ง. $\frac{-23}{39}$, $\frac{-4}{19}$, $\frac{58}{29}$, และ $\frac{37}{58}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำค่าแต่ละตัวไปหารเป็นทศนิยมแล้วเรียงจำนวนติดต่อก่อนและตามด้วยจำนวนบวก โดยค่าของจำนวนที่ติดต่อยิ่งมากค่ายิ่งน้อย

ข. นำตัวเศษบวกกับตัวส่วนแล้วนำผลบวกมาเรียงตามจำนวนผลบวกน้อยที่สุดไปมากที่สุด

ค. เรียงจำนวนติดต่อก่อนและตามด้วยจำนวนบวก โดยดูตัวเศษที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด

ง. เรียงจำนวนติดต่อก่อนและตามด้วยจำนวนบวก โดยดูตัวส่วนที่มีค่ามากที่สุดไปหาค่าน้อยที่สุด

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

34) $\frac{8}{11} + \frac{4}{7}$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. $\frac{100}{77}$

ข. $\frac{32}{77}$

ค. $\frac{12}{77}$

ง. $\frac{12}{18}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำตัวเลขของทั้งสองตัวมาบวกกันและนำตัวส่วนของทั้งสองตัวมาบวกกัน

ข. นำตัวเลขของทั้งสองตัวมาบวกกันแต่ตัวส่วนของทั้งสองตัวนำมาคูณกัน

ค. นำตัวเลขของทั้งสองมาคูณกันและนำตัวส่วนของทั้งสองตัวมาคูณกัน

ง. นำตัวเลขมาคูณกับตัวส่วนโดยใช้หลักการคูณไขว้ แล้วนำมาบวกกันและนำตัวส่วนมาคูณกัน

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

35) $9\frac{3}{8} - 5\frac{7}{8}$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. $4\frac{4}{8}$

ข. $4\frac{-4}{8}$

ค. $\frac{28}{8}$

ง. $\frac{-8}{8}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำจำนวนคละทำให้เป็นเศษส่วนเกินและนำมาลบกัน

ข. นำจำนวนเต็มและตัวเลขมาลบกัน โดยตัวส่วนเหมือนเดิม

ค. นำจำนวนเต็มและตัวเลขที่มีค่ามากกว่ามาลบกัน โดยตัวส่วนเหมือนเดิม

ง. นำจำนวนเต็มคูณกับตัวเลขแล้วนำค่าที่ได้มาหักลบกัน โดยตัวส่วนเหมือนเดิม

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

36) $3 \times (2\frac{4}{9})$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. $\frac{24}{9}$

ข. $6\frac{4}{9}$

ค. $\frac{66}{9}$

ง. $\frac{66}{27}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำจำนวนเต็มคือ 3 คูณกับจำนวนเต็มและเศษ โดยตัวส่วนเหมือนเดิม

ข. นำจำนวนเต็มคือ 3 คูณกับจำนวนเต็ม โดยเศษและตัวส่วนเหมือนเดิม

ค. ทำจำนวนคละเป็นเศษส่วนเกินแล้วนำจำนวนเต็ม คือ 3 มาคูณทั้งเศษและส่วน

ง. ทำจำนวนคละเป็นเศษส่วนเกินแล้วนำจำนวนเต็ม คือ 3 มาคูณเฉพาะเศษและตัวส่วนเหมือนเดิม

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

37) $(4\frac{3}{8}) \times (5\frac{2}{3})$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. $20\frac{6}{24}$

ข. $\frac{35}{8} \times \frac{17}{3}$

ค. $\frac{12}{8} \times \frac{10}{3}$

ง. $\frac{15}{8} \times \frac{10}{3}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำจำนวนเต็มคูณกับตัวเศษ แล้วนำเศษส่วนทั้งสองมาคูณกัน

ข. นำจำนวนเต็มบวกกับตัวเศษ แล้วนำเศษส่วนทั้งสองมาคูณกัน

ค. นำจำนวนคละทำให้เป็นเศษเกิน แล้วนำเศษส่วนทั้งสองมาคูณกัน

ง. นำจำนวนเต็มคูณจำนวนเต็ม เศษคูณเศษ ส่วนคูณส่วน แล้วนำเศษส่วนทั้งสองมาคูณ

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

38) $\frac{2}{15} \div \frac{7}{11}$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. $\frac{14}{165}$

ข. $\frac{165}{14}$

ค. $\frac{22}{105}$

ง. $\frac{105}{22}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เปลี่ยนเครื่องหมายหารเป็นคูณ และนำเศษส่วนทั้งสองคูณกัน

ข. เปลี่ยนเครื่องหมายหารเป็นคูณ แล้วเปลี่ยนตัวหารให้เป็นส่วนกลับ และนำเศษส่วนทั้งสองคูณกัน

ค. เปลี่ยนเฉพาะตัวตั้งให้เป็นส่วนกลับ แล้วเปลี่ยนเครื่องหมายหารเป็นคูณ และนำเศษส่วนทั้งสองคูณกัน

ง. เปลี่ยนตัวตั้งและตัวหารให้เป็นส่วนกลับ แล้วเปลี่ยนเครื่องหมายหารเป็นคูณ และนำเศษส่วนทั้งสองคูณกัน

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

39) $6\frac{8}{15} \div 3\frac{5}{4}$ มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด

ก. $2\frac{8 \div 4}{15 \div 5}$

ข. $\frac{48}{90} \div \frac{15}{12}$

ค. $\frac{98}{15} \div \frac{17}{4}$

ง. $\frac{98 \div 17}{15 \div 4}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำจำนวนเต็มหารจำนวนเต็ม แล้วนำเศษกับส่วนหารไขว้

ข. นำจำนวนคละทำให้เป็นเศษเกิน แล้วนำเศษส่วนทั้งสองมาหารกัน

ค. นำจำนวนเต็มคูณกับตัวเศษและตัวส่วน แล้วนำเศษส่วนทั้งสองมาหารกัน

ง. นำจำนวนคละทำให้เป็นเศษเกิน แล้วนำตัวเศษมาหารตัวเศษและตัวส่วนหารตัวส่วน

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

40) จำนวนในข้อใดเป็น จำนวนที่ให้ผลลัพธ์มากกว่า 1

ก. $\frac{22}{45} + \frac{10}{21}$

ข. $\frac{1}{9} + \frac{1}{8}$

ค. $\frac{16}{31} + \frac{15}{28}$

ง. ไม่มีจำนวนใดมีค่ามากกว่า 1

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เนื่องจากตัวเศษมีค่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของตัวส่วนทั้งคู่

ข. เนื่องจากทั้งคู่เป็นเศษส่วนทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าน้อยมาก

ค. เนื่องจากนำตัวเศษตัวแรกบวกกับตัวส่วนแบบไขว้ แล้วนำไปหารได้ค่ามากกว่า 1

ง. เนื่องจากนำตัวเศษมาบวกกัน และตัวส่วนมาบวกกัน แล้วนำไปหารได้ค่ามากกว่า 1

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

41) จากจำนวนทั้งสองชุดระหว่าง $\frac{1}{3}x\frac{1}{5}x\frac{1}{6}x\frac{1}{7}$ กับ $\frac{1}{15}x\frac{1}{28}$ ว่าผลลัพธ์ของจำนวนใดมีค่ามากกว่า

ก. $\frac{1}{3}x\frac{1}{5}x\frac{1}{6}x\frac{1}{7}$

ข. $\frac{1}{15}x\frac{1}{28}$

ค. เท่ากัน

ง. เปรียบเทียบไม่ได้

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. เนื่องจากผลคูณของตัวส่วนมีค่าน้อย

ข. เนื่องจากมีเครื่องหมายคูณมากย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์มาก

ค. เนื่องจากมีเศษส่วนหลายจำนวนทำให้ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้

ง. เนื่องจากมีเศษเป็นเลขหนึ่งเหมือนกันจึงทำให้ได้ผลลัพธ์เหมือนกัน

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

42) $\frac{17}{19}$ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปทศนิยมสองตำแหน่งที่มีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. 0.89

ข. 1.12

ค. 17.19

ง. 19.17

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำเศษส่วนไปตั้งหารโดยนำตัวเศษไปหารตัวส่วน

ข. นำเศษส่วนไปตั้งหารโดยนำตัวส่วนไปหารตัวเศษ

ค. นำตัวเศษมาเป็นตัวเลขก่อนจุดทศนิยม และนำตัวส่วนเป็นตัวเลขหลังจุดทศนิยม

ง. นำตัวส่วนมาเป็นตัวเลขก่อนจุดทศนิยม และนำตัวเศษเป็นตัวเลขหลังจุดทศนิยม

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

43) 98.706000 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเศษส่วนโดยมีค่าเท่ากับเท่าใด

ก. $\frac{98}{706}$ ข. $\frac{706}{98}$ ค. $\frac{98,706}{1,000}$ ง. $\frac{98,706}{1,000,000}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. นำตัวเลขหน้าจุดทศนิยมเป็นตัวเศษ และตัวเลขหลังจุดทศนิยมเป็นตัวส่วน

ข. นำตัวเลขหลังจุดทศนิยมเป็นตัวเศษ และตัวเลขหน้าจุดทศนิยมเป็นตัวส่วน

ค. นำตัวเลขทศนิยมมาเขียนเป็นตัวเศษและตัวส่วนเป็นพันเพราะเป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง

ง. นำตัวเลขทศนิยมมาเขียนเป็นตัวเศษและตัวส่วนเป็นล้านเพราะเป็นทศนิยม 6 ตำแหน่ง

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

44) $\frac{7}{6}$, $\frac{-13}{27}$, (-0.050), 0.50 และ 1 จากจำนวนที่กำหนดให้ จงเรียงลำดับจากค่ามากที่สุดไปค่าน้อยที่สุด

ก. 1, 0.50, $\frac{7}{6}$, (-0.050) และ $\frac{-13}{27}$ ข. 1, 0.50, $\frac{7}{6}$, $\frac{-13}{27}$ และ (-0.050)
 ค. $\frac{7}{6}$, 1, 0.50, (-0.050) และ $\frac{-13}{27}$ ง. 1, 0.50, (-0.050), $\frac{7}{6}$ และ $\frac{-13}{27}$

ความมั่นใจในคำตอบ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล


ก. จำนวนเต็มย่อมมีค่ามากที่สุดเสมอ และตามด้วยทศนิยมและเศษส่วน

ข. เรียงค่าจำนวนบวกและตามด้วยจำนวนลบ แล้วเรียงค่าจากจำนวนเต็ม ทศนิยม และเศษส่วน

ค. เรียงค่าจำนวนบวกและตามด้วยจำนวนลบ แล้วนำเศษส่วนไปหาร โดยนำส่วนไปหารเศษและเปรียบเทียบกับทศนิยม

ง. เรียงค่าจำนวนบวกและตามด้วยจำนวนลบ แล้วนำเศษส่วนไปหาร โดยนำเศษไปหารส่วนและเปรียบเทียบกับทศนิยม

ความมั่นใจในเหตุผล มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก



ภาคผนวก ช ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสีลำดับ
ชั้นที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 3 เพื่อจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
ของนักเรียน เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตาราง 34 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ 3 เพื่อจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์ห้มนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเรื่องจำนวนตรรกยะ

ช่วงค่าความ ยากง่าย (p)	ชั้นคำตอบ (A-tier)	ชั้นเหตุผล (R-tier)	ช่วงค่าอำนาจจำแนก (r)	ชั้นคำตอบ (A-tier)	ชั้นเหตุผล (R-tier)
0.00 - 0.19	-	-	0.00 - 0.19	-	-
0.20-0.29	-	18	0.20-0.29	-	18
0.30-0.39	2	11	0.30-0.39	7	2
0.40-0.49	11	9	0.40-0.49	13	9
0.50-0.59	18	5	0.50-0.59	16	2
0.60-0.69	10	1	0.60-0.69	8	3
0.70-0.79	3	-	0.70-0.79	-	-
0.80-0.89	-	-	0.80-0.89	-	-
0.90-0.99	-	-	0.90-0.99	-	-
Avg.P	0.56	0.36	Avg.r	0.52	0.35
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ KR-20 = 0.90					
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ r_{cc} จากสูตรลิวิงตัน (Livingston) = 0.98					

ประวัติผู้เขียน

