

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

**พรพรรณ โตโภชนพันธุ์<sup>1\*</sup>, วิลัยลักษณ์ ลังกา<sup>2</sup>, พนิดา ศกุนตนาค<sup>3</sup>**

**Pornpun Tophochanapun<sup>1\*</sup>, Wilailak Langka<sup>2</sup>, Pandida Sakuntanak<sup>3</sup>**

<sup>1\*</sup>นิสิตสาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

<sup>2,3</sup>อาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

<sup>1</sup>M. Ed. Candidate in Educational Measurement and Research, Faculty of Education, Srinakharinwirot University

<sup>2,3</sup>Lecturer, Educational Measurement and Research department, Faculty of Education, Srinakharinwirot University. Thailand.

\*Corresponding Author E-mail : wantopho1234@gmail.com

**Received:** September 21, 2022; **Revised:** October 21, 2022; **Accepted:** November 4, 2022

### **บทคัดย่อ**

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นสำหรับศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รวมถึงตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น และศึกษาการจำแนกกลุ่มและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน โดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน มีขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ 1) การสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 2) การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น 3) การศึกษาเพื่อจำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องจำนวนตรรกยะ ทั้งหมด 15 มโนทัศน์ 2) ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตั้งแต่ 0.80–1.00 ค่าความยากง่ายเฉลี่ยในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผลคือ 0.57 และ 0.55 ส่วนค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผลคือ 0.40 และ 0.44 และค่าความเชื่อมั่นในชั้นคำตอบและชั้นเหตุผลคือ 0.97 และ 0.98 3) ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัด จำนวน 8 มโนทัศน์ ได้แก่ 1) ความหมายของจำนวนเต็ม 2) ความหมายของค่าสัมบูรณ์ 3) ค่าของทศนิยม 4) หลักการหาผลลัพธ์ของการลบทศนิยม 5) ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่นำหลักการหารทศนิยมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ 6) ความหมายของเศษเกิน 7) การอ่านค่าของเศษส่วน และ 8) การเปรียบเทียบเศษส่วน

**คำสำคัญ:** แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น, มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน, จำนวนตรรกยะ

## ABSTRACT

This research aimed to create a four-tier diagnostic test for studying misconceptions in Mathematics about rational numbers of seventh-grade students, including checking the quality of four-tier diagnostic tests, studying group classification and analyzing misconceptions. The sample size consisted of 400 eighth-grade students under the jurisdiction of Bangkok Metropolitan by multistage randomization. There were three phases of 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) Research to identify student misconceptions. The research results showed that: 1) Most of the students had misconceptions about 15 concepts of rational numbers. 2) The construction and quality validation of four-tier diagnostic tests. The content validity ranged from 0.80 – 1.00. The mean difficulty index in the answer-tier and reason-tier were 0.57 and 0.55, while the discrimination index in the answer-tier and reason-tier were 0.40 and 0.44, and reliability in the answer-tier and reason-tier were 0.97 and 0.98. 3) The result of a classification of concept groups and analysis of misconceptions was that most of the students belonged to the group that had misconceptions and strong significant misconceptions about 8 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 outcome of decimal subtraction 5) The reasonableness of results applying the principle of decimal division to find solution 6) The meaning of improper fraction 7) Reading fractions and 8) Comparing fractions

**Keywords:** Four-tier Diagnostic Test, Misconceptions, Rational Number

## บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการคิดค้นและพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ ๆ ประเทศใดมีบุคลากรที่มีศักยภาพในด้านความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์อย่างดีเป็นจำนวนมาก ก็จะเป็นเครื่องบ่งชี้ที่สำคัญประการหนึ่งว่าประเทศนั้นมีความเจริญก้าวหน้ามากกว่าประเทศอื่น (อัมพร ม้าคนอง, 2557, น. 2) ดังนั้น คณิตศาสตร์จึงมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การศึกษาคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วในยุคโลกาภิวัตน์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 1) แต่ปัจจุบันหากพิจารณาจากผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562 ระดับประเทศ พบว่า คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 26.73 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2562, น. 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) ที่จำแนกนักเรียนเป็น 4 ระดับ โดยในปี 2015 นักเรียนไทยระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ เท่ากับ 431 คะแนน อยู่กลุ่มนักเรียนระดับ 1 คือ มีความรู้พื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์อยู่บ้างในเนื้อหาเรื่องจำนวนเต็มและกราฟอย่างง่าย (Low International Benchmark คะแนนตั้งแต่ 400-474)

จากข้อมูลข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยมีความรู้ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ยังไม่ได้มาตรฐาน โดยสิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน คือ ความรู้พื้นฐาน ความไม่เข้าใจในเรื่องที่เรียน การเรียน

การสอนของครูผู้สอน เพื่อน และครอบครัว เป็นต้น (สิริพร ทิพย์คง, 2545, น. 118) ซึ่งการที่นักเรียนไม่เข้าใจเนื้อหาหยาบก่อนให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งตรงกับที่ Jordaan (2005, pp. 11-12) ได้กล่าวไว้ว่า “มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นการเรียนรู้ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ก่อนโดยเป็นความรู้ที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สมบูรณ์ครบถ้วน ซึ่งไม่สามารถมองข้ามได้เนื่องจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจะเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความเข้าใจที่ซับซ้อนของนักเรียนที่เป็นแนวคิดพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ให้ดี” ซึ่งสอดคล้องกับ Ashlock (2010, pp. 311-314) ที่กล่าวว่า “การพัฒนาการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนจำเป็นต้องรู้ว่าผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในจุดใด เรื่องใด มีลักษณะอย่างไร เพื่อเป็นข้อมูลในการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง และยังเป็นข้อมูลให้ครูผู้สอนได้ทราบถึงจุดที่ต้องระวังในการจัดการเรียนรู้ในบทเรียน” ดังนั้นหากนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนย่อมเป็นอุปสรรคต่อนักเรียนและครูผู้สอน

การวินิจฉัยความรู้และทักษะของผู้เรียนเป็นจุดประสงค์ที่สำคัญข้อหนึ่งในการวัดผลประเมินผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 60) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลและประเมินผลมีวิธีการที่หลากหลายซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัย เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อให้ค้นหาข้อบกพร่อง จุดอ่อน ของนักเรียนทั้งในวิชาการและด้านจิตใจ เพื่อนำมาใช้ในการแยกนักเรียนว่ามีความสามารถดีหรือข้อบกพร่องในเรื่องใด และหาสาเหตุว่าผู้เรียนมีผลการเรียนไม่ดีเนื่องมาจากจุดใด (ศิริเดช สุชีวะ, 2550, น. 258) โดยแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกทั่วไป ได้รับความนิยมเนื่องจากง่ายต่อการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถระบุได้ว่าการเลือกข้อที่ผิดหรือตัวลงมาจากแนวคิดที่ถูกต้องหรือผิด จุดอ่อนนี้จึงมีการแก้ไขโดยมีการตอบในชั้นเหตุผล (Reason tier) กลายเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น ต่อมามีการพัฒนาโดยมีการเพิ่มความมั่นใจของคำตอบและเหตุผลเข้ามา เป็นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น เพื่อให้ให้นักเรียนยืนยันความมั่นใจในการตอบชั้นคำตอบและเหตุผล แต่ก็ยังมีข้อจำกัดคือไม่สามารถรู้ได้ชัดว่านักเรียนมีความมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผลต่างกันหรือไม่ หรือคะแนนความมั่นใจที่ได้มาจากชั้นใด จึงมีการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เพื่อแยกระดับความมั่นใจชั้นคำตอบและเหตุผลออกจากกัน ทำให้ได้ข้อมูลการวินิจฉัยที่ละเอียดขึ้น (Gurel, Eryilmaz, & McDermott, 2015)

แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นได้ถูกพัฒนาโดย Caleon and Subramaniam ซึ่งเกิดจากการพัฒนาและปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสองลำดับชั้นของ Treagust ในปี 1988 โดยการแยกระดับความมั่นใจของชั้นคำตอบและชั้นเหตุผลออกจากกัน ซึ่งรูปแบบของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น ประกอบด้วย ชั้นที่ 1 ชั้นคำตอบ (Answer tier: A tier) ชั้นที่ 2 ชั้นมั่นใจในคำตอบ (Confidence of answer tier: CA tier) ชั้นที่ 3 ชั้นเหตุผล (Reason tier: R tier) และชั้นที่ 4 ชั้นมั่นใจในเหตุผล (Confidence of reason tier: CR tier) โดยชั้นคำตอบและเหตุผลจะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก ส่วนชั้นความมั่นใจในคำตอบและเหตุผลจะเป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนค่าตั้งแต่ 2-6 ระดับ การเพิ่มระดับความมั่นใจเข้ามาในแบบทดสอบเพื่อนำมาวัดความแน่นอนของความเข้าใจในแนวคิดของนักเรียน เช่น หากนักเรียนมีความมั่นใจต่ำและตอบถูกหรือผิดบ่งบอกถึงการที่นักเรียนเดาหรือขาดความรู้ แล้วถ้านักเรียนมีความมั่นใจสูงแต่ตอบผิด แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่แท้จริง ซึ่งแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นสามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนได้รายละเอียดและชัดเจนกว่าแบบทดสอบประเภทอื่น โดยสามารถจำแนกนักเรียนได้ดังนี้ คือ 1) กลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) 2) กลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception: M) 3) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (Lack of knowledge: LK) และ 4) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (Luck guess: LG)

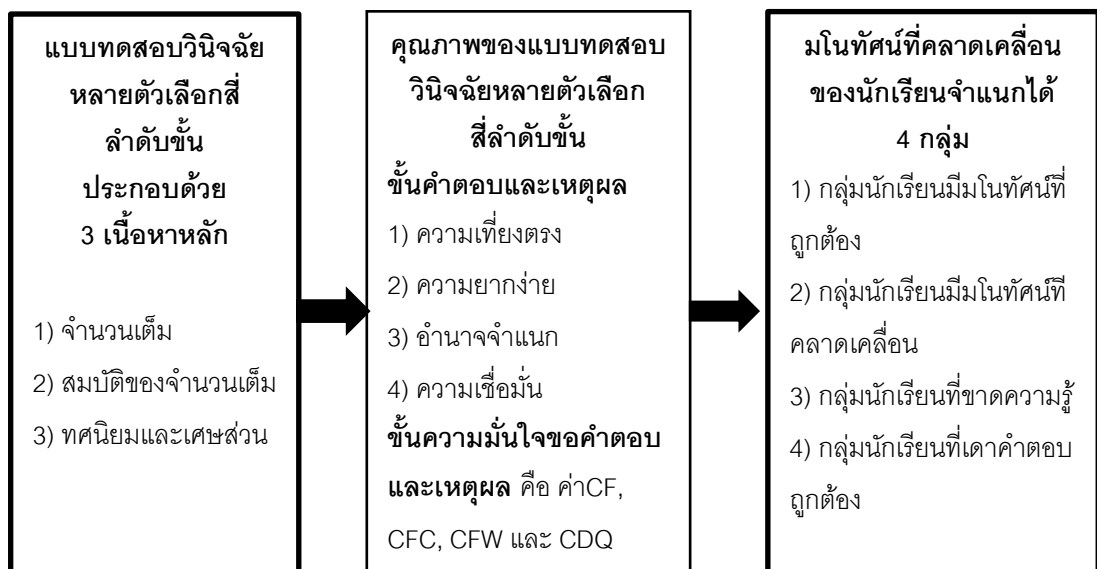
แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นส่วนใหญ่จะพบในวิชาวิทยาศาสตร์ แต่จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีในวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น เช่น Rahmawati, Pamungkas, and Ardiyanto (2020) และ Yang and Lin (2015) เป็นต้นทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างแบบแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชา

คณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร เพื่อค้นหา ตรวจสอบ และวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน แล้วนำข้อมูลมาแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง เนื่องจากคะแนนผลการสอบ O-NET ในปี 2562 เมื่อแยกตามสังกัดพบว่าโรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.79 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยรวม และมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องจำนวนตรรกยะเป็นจำนวนมาก เช่น งานวิจัยของเวทฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2546) สุภาภรณ์ มณีประวีติ (2562) และ ไช่มุก เลื่องสุนทร (2552) เป็นต้น

### วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้นสำหรับศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้นที่สร้างขึ้นในด้านความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น
3. เพื่อศึกษาการจำแนกกลุ่มและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ

### กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

### วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น มีขั้นตอนในการสร้างเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่หนึ่ง เป็นการกำหนด ขอบเขตเนื้อหาและมโนทัศน์ที่ต้องการวัดเพื่อนำมาสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยทำการศึกษาเนื้อหาและสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องจำนวนตรรกยะ จากนั้นทำการวิเคราะห์ กำหนดขอบเขตของเนื้อหาและมโนทัศน์เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แล้วสร้างแบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน โดยมีเนื้อหาครอบคลุมทั้ง 3 เนื้อหาหลักคือ จำนวนเต็ม สมบัติของจำนวนเต็ม และทศนิยมและ

เศษส่วน หลังจากนั้นนำแบบทดสอบสำรวจให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แล้วทำการปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 95 คน

ระยะที่สอง เป็นการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น โดยสร้างจากการใช้ข้อคำถามและตัวเลือกผิดมากที่สุด 3 อันดับแรกที่ได้มาจากแบบทดสอบสำรวจในระยะที่หนึ่ง ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ แล้วทำการปรับปรุงข้อคำถามตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และนำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 110 คน จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบในด้านความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น

ระยะที่สาม เป็นการศึกษาเพื่อจำแนกกลุ่มและวิเคราะห์ทัศนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน โดยนำแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น จำนวน 44 ข้อ ที่มีคุณภาพและผ่านเกณฑ์ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 195 คน

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 สังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มกรุงเทพเหนือ จาก 7 เขต 18 โรงเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 1,933 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 411 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) ขั้นแรก สุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้เขตเป็นหน่วยในการสุ่ม จาก 7 เขตในกลุ่มกรุงเทพเหนือ แล้วทำการเลือกมา จำนวน 5 เขต เพื่อให้ได้จำนวนเขตเกิน 51 % ได้แก่ เขตจตุจักร บางซื่อ บางเขน ลาดพร้าว และหลักสี่ ขั้นที่สอง สุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) โดยใช้ขนาดโรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม ประกอบด้วย โรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลาง อย่างละ 4 โรงเรียน และขั้นที่สาม สุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม โดยเลือกมา 1- 2 ห้องเรียนต่อโรงเรียน ได้นักเรียนทั้งหมด 411 คน แล้วนำมาแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ศึกษาข้อมูลเพื่อนำมาสร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจทัศนคติที่คลาดเคลื่อน ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 95 คน

ระยะที่ 2 ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 110 คน

ระยะที่ 3 ศึกษาการจำแนกกลุ่มและวิเคราะห์ทัศนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 195 คน

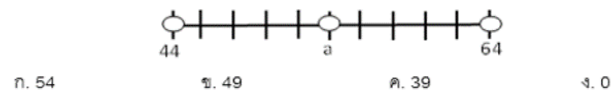
สาเหตุที่ผู้วิจัยทำการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เนื่องจากเป็นระดับชั้นที่ได้เรียนเรื่อง จำนวนตรรกะมาแล้วในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และเรื่องจำนวนตรรกะนั้นนักเรียนก็ต้องทำการศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ซึ่งมีเนื้อหาที่ซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น หากนักเรียนมีเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเหล่านี้ย่อมส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ในชั้นที่สูงขึ้น โดยขอบเขตเนื้อหาของงานวิจัยอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบสำรวจทัศนคติที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกะ จำนวน 50 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนคำตอบ และแสดงวิธีคิดหรือเหตุผลในการหาคำตอบในแต่ละข้อ แล้วนำข้อมูลที่ได้นำไปสร้างเป็นตัวเลือกและตัวลงในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

2. แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ จำนวน 50 ข้อ โดยในหนึ่งข้อคำถามประกอบด้วย 4 ชั้น คือ 1) ชั้นคำตอบ (Answer tier: A-tier) เป็นการวัดความรู้เนื้อหาตามวัตถุประสงค์ 2) ชั้นความมั่นใจของคำตอบ (Confidence of answer tier: CA-tier) เป็นการวัดความมั่นใจของคำตอบในชั้นคำตอบว่านักเรียนมั่นใจมากน้อยเพียงใด 3) ชั้นเหตุผล (Reason tier: R-tier) เป็นการวัดเหตุผลที่สนับสนุนความรู้ของนักเรียนในข้อคำถาม และ 4) ชั้นความมั่นใจของเหตุผล (Confidence of reason tier: CR-tier) เป็นการวัดความมั่นใจของคำตอบในชั้นเหตุผลว่านักเรียนมั่นใจมากน้อยเพียงใด โดยชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) ข้อคำถามเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ส่วนชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) ข้อคำถามเป็นแบบมาตราประมาณค่า 4 ระดับ คือ มั่นใจมาก มั่นใจ ไม่มั่นใจ และไม่มั่นใจมาก โดยแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นสามารถแยกกลุ่มนักเรียนที่ตอบผิดเพราะขาดความรู้ และตอบผิดด้วยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกจากกันได้ชัดเจนกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น เพราะมีชั้นความมั่นใจของคำตอบและเหตุผลแยกจากกัน จึงทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดกว่า แต่แบบทดสอบนี้ยังไม่เป็นที่นิยม และนักเรียนอาจจะยังไม่คุ้นเคย (Gurel et al., 2015)

1) จงหาค่า a บนเส้นจำนวนที่กำหนดให้



ความมั่นใจในคำตอบ  มั่นใจมาก  มั่นใจ  ไม่มั่นใจ  ไม่มั่นใจมาก

เหตุผล

ก. ค่าที่อยู่ตรงกลางมีค่าเท่ากับศูนย์

ข. ค่าแต่ละช่องบนเส้นจำนวน = 1 แล้วนำไปหักกับ 44

ค. ค่าแต่ละช่องบนเส้นจำนวน = 1 แล้วนำไปบวกกับ 44

ง. ค่าแต่ละช่องบนเส้นจำนวน = 2 แล้วนำไปบวกกับ 44

ความมั่นใจในเหตุผล  มั่นใจมาก  มั่นใจ  ไม่มั่นใจ  ไม่มั่นใจมาก

ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างข้อคำถามของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. แบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง 95 คน โดยความถี่และร้อยละ
2. แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง 110 คน วิเคราะห์คุณภาพดังนี้

2.1 ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดผล 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ 3 ท่าน พิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถาม (Index of item – objective congruence: IOC) โดยคัดเลือกข้อที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

2.2 ด้านค่าความยากง่าย (Difficulty Index: p) คือ สัดส่วนจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับผู้ไม่รอบรู้ โดยใช้คะแนนจุดตัดที่ 37 คะแนนจากคะแนนเต็ม 50 เป็นเกณฑ์ในการพิจารณากลุ่มผู้รอบรู้กับผู้ไม่รอบรู้ โดยใช้วิธีของบุญเจ็ด ภิญญอนันตพงษ์ (2545, น. 159-160)

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

เมื่อ	C	แทน คะแนนจุดตัด
	K	แทน จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ (51 ข้อ)
	A	แทน จำนวนตัวเลือกในข้อคำถาม (4 ตัวเลือก)

2.3 ด้านอำนาจจำแนก (Discrimination: r) คือ สัดส่วนของผลต่างจำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มผู้รอบรู้กับกลุ่มผู้ไม่รู้

2.4 ด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ พิจารณาจากการทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยการวิเคราะห์จากความแปรปรวนของคะแนนโดยใช้สูตรของ Livingston (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2545, น. 231)

2.5 ด้านคะแนนความมั่นใจ และเกณฑ์การแบ่งระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) Yang and Lin (2015) และ ชีระวัฒน์ การะเกตุ (2561) โดยมีการหาค่าคะแนนความมั่นใจดังนี้

- 1) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF)
- 2) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ถูกต้อง (CFC)
- 3) คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนในคำตอบที่ผิด (CFW)
- 4) คะแนนความมั่นใจในการจำแนก (CDQ)

โดยเกณฑ์การแบ่งระดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (คะแนนเต็ม 4 คะแนน) คือ คะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) มากกว่า 2.50 แสดงว่า มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับสูง ถ้ามีค่าตั้งแต่ 2.00 - 2.50 แสดงว่า มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับกลาง หากมีค่าน้อยกว่า 2.00 แสดงว่า มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับต่ำ ซึ่งระดับความมั่นใจที่นักเรียนเลือกเป็นตัวบอกถึงระดับของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เช่น การที่นักเรียนตอบคำตอบและเหตุผลผิดและมีคะแนนความมั่นใจสูง แสดงว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระดับสูง สิ่งที่นักเรียนเข้าใจนั้นไม่ถูกต้อง มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้นอย่างแท้จริง

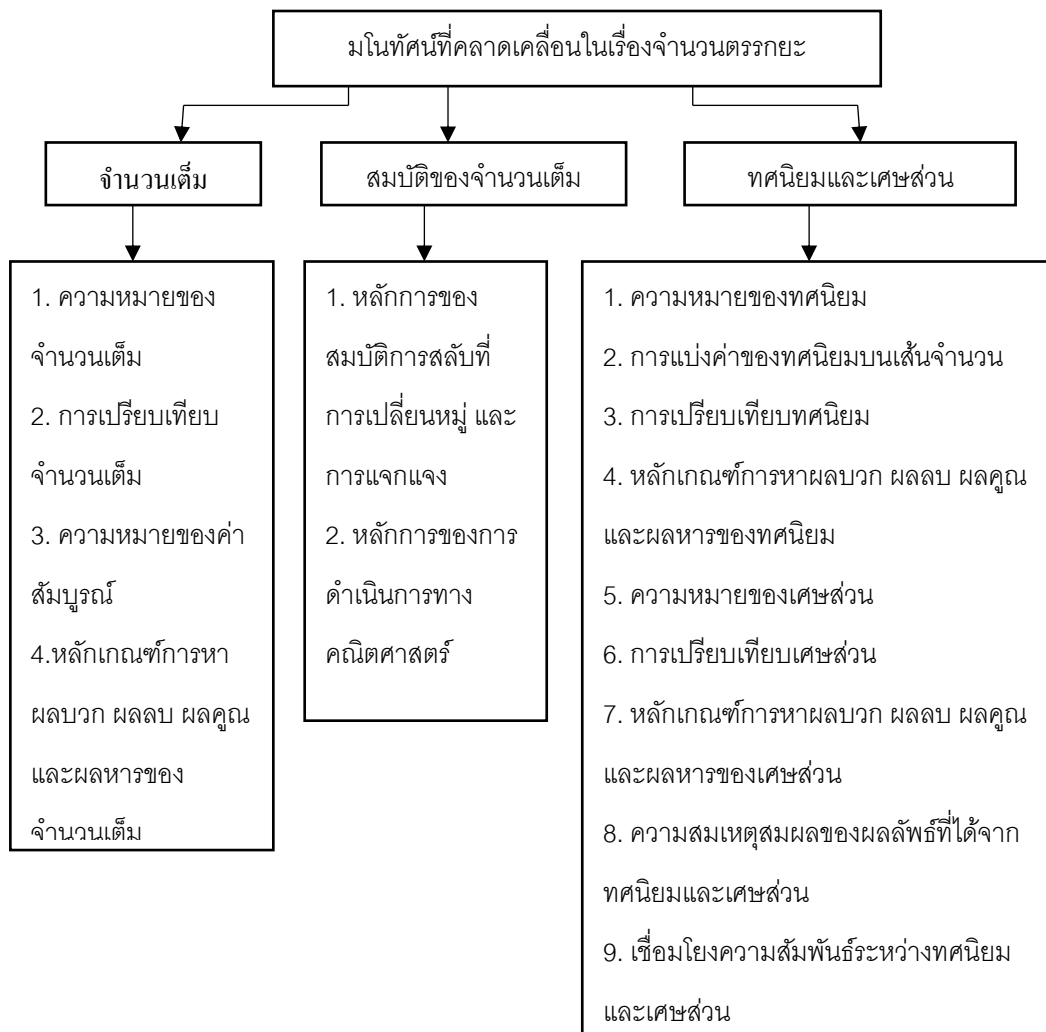
3. เกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละชั้นของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น คือ ชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) มีการคิดคะแนนแยกในแต่ละชั้น หากตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดได้ 0 คะแนน และชั้นคำตอบและชั้นเหตุผล (Both-tiers) จะต้องตอบถูกทั้งสองชั้นถึงได้ 1 คะแนน หากตอบถูกเพียงหนึ่งชั้นหรือผิดทั้งสองชั้นได้ 0 คะแนน ส่วนชั้นความมั่นใจของคำตอบ (CA-tier) และชั้นความมั่นใจของเหตุผล (CR-tier) มี 4 ระดับ คือ ถ้าตอบมั่นใจมาก = 4 คะแนน มั่นใจ = 3 คะแนน ไม่มั่นใจ = 2 คะแนน และไม่มั่นใจมาก = 1 คะแนน

4. การจำแนกกลุ่มแนวคิด จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 195 คน สามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) 2) กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (M) มี 3 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 แบบผลบวกลวง (False positive: FP) แบบที่ 2 แบบผลลบลวง (False negative: FN) และแบบที่ 3 (Misconception: MC) 3) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (LK) และ 4) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) โดยผู้วิจัยประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) และ ชีระวัฒน์ การะเกตุ (2561)

## สรุปผลการวิจัย

จากการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับขั้น เรื่องจำนวนตรรกยะ สรุปผลการวิจัยเป็นดังนี้

1. จากข้อมูลแบบทดสอบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องจำนวนตรรกยะ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 95 คน ที่มีข้อคำถามจำนวน 50 ข้อ ประกอบด้วย 3 เนื้อหาหลัก คือ จำนวนเต็ม สมบัติของจำนวนเต็ม และทศนิยมและเศษส่วน โดยมีมโนทัศน์ที่ต้องการวัดจำนวน 15 มโนทัศน์ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของความหมายของค่าในทางคณิตศาสตร์ เช่น ความหมายของจำนวนเต็ม ค่าสัมบูรณ์ ทศนิยมและเศษส่วน เป็นต้น โดยมีรายละเอียดของ 15 มโนทัศน์ดังภาพประกอบ 2 หลังจากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบสำรวจมาสร้างเป็นตัวเลือกและตัวลงในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับขั้น



ภาพประกอบ 3 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกี่ลำดับขั้น พบว่าคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อคำถามมีค่าอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 และเมื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบพบว่า ค่าความยากง่ายเฉลี่ยในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าเท่ากับ 0.57



( $p=0.27-0.83$ ) และ  $0.55$  ( $p=0.31-0.77$ ) ตามลำดับ ส่วนค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าเท่ากับ  $0.37$  ( $r=0.12-0.64$ ) และ  $0.44$  ( $r=0.11-0.75$ ) ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า มีข้อคำถามที่ไม่ได้ตามเกณฑ์ คือ มีค่าความยากง่ายมากกว่า  $0.80$  แสดงว่า ข้อคำถามนี้มีความง่ายมาก และมีอำนาจจำแนกน้อยกว่า  $0.20$  แสดงว่า ข้อคำถามนี้มีความสามารถในการจำแนกได้น้อยมาก ซึ่งมีจำนวน 6 ข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ จึงทำให้เหลือข้อคำถามในแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกที่ลำดับชั้นจาก 50 ข้อ เป็น 44 ข้อ โดยเป็นเรื่องจำนวนเต็ม 9 ข้อ เรื่องสมบัติจำนวนเต็ม 7 ข้อ และเรื่องทศนิยมและเศษส่วน 28 ข้อ แล้วเมื่อทำการคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์พบว่า ค่าความยากง่ายเฉลี่ยของแบบทดสอบในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) คือ  $0.57$  และ  $0.55$  ตามลำดับ ส่วนค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบทดสอบในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) คือ  $0.40$  และ  $0.44$  ตามลำดับ และด้านความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามสูตร Livingston ในชั้นคำตอบ (A-tier) และชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าเท่ากับ คือ  $0.97$  และ  $0.98$  ตามลำดับ

3. ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน สามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) กลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (M) กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (LK) และกลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) โดยมีรายละเอียดแสดงดังตาราง 1 โดยจะพบว่าทั้ง 3 เนื้อหาหลัก นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (M) และพบว่านักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP) และแบบที่ 2 (FN) มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anggrayni and Ermawati (2019) ที่แนะนำว่า ค่าร้อยละของการตอบแบบผลบวกลวง (FP) และแบบผลลบลวง (FN) ควรน้อยกว่าร้อยละ 10 เพราะกลุ่มมโนทัศน์นี้แสดงถึงความคลาดเคลื่อนของการวัดแบบทดสอบวินิจฉัยหลายลำดับชั้น

ตาราง 1 แสดงร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มในแต่ละเนื้อหาหลัก

เนื้อหาหลัก	CC	M				LK	LG
		แบบที่ 1 FP	แบบที่ 2 FN	แบบที่ 3 MC	ยอดรวม		
จำนวนเต็ม	12.08	1.37	0.97	39.26	41.60	31.00	15.33
สมบัติของจำนวนเต็ม	9.16	2.86	1.98	36.78	41.68	34.65	14.51
ทศนิยมและเศษส่วน	9.82	1.76	1.37	36.92	40.05	33.99	16.14
รวมเฉลี่ย	10.17	1.85	1.39	37.38	40.63	33.48	15.71

ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อคำถามที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากและมีความคลาดเคลื่อนเด่นชัดเกินร้อยละ 20 (สาเหตุที่ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์นักเรียนที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดเกินร้อยละ 20 เพราะกลุ่มนักเรียนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนรวมอยู่ที่ร้อยละ 40 ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้จำนวนที่เกินครึ่งหนึ่งของนักเรียนกลุ่มนี้จึงได้ค่าเป็นร้อยละ 20) โดยลักษณะคำตอบของนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเด่นชัด คือ ตอบผิดทั้งชั้นคำตอบและเหตุผล แล้วเลือกระดับความมั่นใจมากหรือมั่นใจในชั้นคำตอบและเหตุผล ซึ่งมีมโนทัศน์เหล่านี้ควรได้รับการแก้ไขให้ถูกต้องเพราะนักเรียนมีความ

มั่นใจว่าสิ่งที่เข้าใจนั้นถูกต้องแล้ว ซึ่งจริง ๆ ไม่ใช่เพราะนักเรียนเข้าใจมันที่นั่นคลาดเคลื่อน จากข้อมูลจะพบว่า มีจำนวน 8 ข้อ ดังตาราง 2 และเมื่อดูค่าจากตารางจะพบว่า ค่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยรวม (CF) ในชั้นคำตอบ (A-tier) พบว่าส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 2.50 แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมีโน้ตที่คลาดเคลื่อนระดับสูงในข้อคำถามเหล่านี้ ส่วนในชั้นเหตุผล (R-tier) และในชั้นคำตอบและเหตุผล (Both-tier) ส่วนใหญ่มีค่าตั้งแต่ 2.00 -2.50 แสดงว่า มีมีโน้ตที่คลาดเคลื่อนระดับกลาง และพบว่าส่วนใหญ่ค่า CDQ มีค่าเป็นลบ แสดงว่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบผิดมากกว่าคะแนนความมั่นใจเฉลี่ยของนักเรียนที่ตอบถูก ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่นักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง หากนักเรียนไม่ได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง ย่อมส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับที่สูงขึ้น

ตาราง 2 ข้อคำถามที่มีมีโน้ตที่คลาดเคลื่อนมากและเด่นชัด จำนวน 8 ข้อ

ข้อคำถาม ข้อที่	ร้อยละของกลุ่มแนวคิด				M เด่นชัด	ค่าCF			ค่าCDQ		
	CC	M	LK	LG		A-tier	R-tier	Both-tier	A-tier	R-tier	Both-tier
1	6.67	48.21	31.77	14.36	24.11	2.54	2.43	2.48	(0.07)	(0.08)	(0.20)
3	11.77	47.69	31.77	11.77	21.13	2.77	2.48	2.11	(0.04)	0.26	(0.01)
18	4.62	48.72	37.44	9.23	21.54	2.46	2.37	2.41	(0.29)	0.04	(0.05)
23	5.64	48.72	27.18	18.46	21.54	2.62	2.31	2.46	(0.09)	(0.28)	(0.24)
27	5.13	37.95	43.18	13.85	21.11	2.37	2.31	2.34	(0.13)	(0.01)	(0.04)
28	9.23	41.54	41.51	8.72	23.18	2.55	2.46	2.51	0.11	0.07	0.18
31	8.72	46.15	31.26	14.87	24.11	2.57	2.45	2.51	(0.08)	(0.03)	(0.04)
33	7.18	48.21	29.23	15.38	21.13	2.49	2.43	2.46	(0.30)	(0.07)	(0.06)

รายละเอียดของชั้นคำตอบและเหตุผลของนักเรียนใน 8 ข้อคำถามที่นักเรียนมีมีโน้ตที่คลาดเคลื่อนเด่นชัด

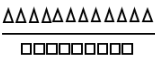
1)  $\frac{24}{3}$ , 9.0000,  $(-\frac{17}{17})$ , 0, และ  $2\frac{3}{3}$  จากจำนวนที่กำหนดให้มีจำนวนเต็มก็จำนวน คำตอบคือ 3 จำนวน (ร้อยละ 31.77) เนื่องจากจำนวนเต็ม หมายถึง ศูนย์ จำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนหารตัวเศษ ลงตัว (ร้อยละ 44.10)

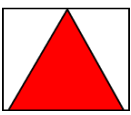
3) ค่าสัมบูรณ์ของ 19 บวกกับค่าสัมบูรณ์ของ (-19) มีผลลัพธ์เท่ากับเท่าใด คำตอบคือ 1 (ร้อยละ 33.33) เนื่องจาก ค่าสัมบูรณ์ของ 19 และ (-19) คือ 19 และ (-19) (ร้อยละ 35.38)

18) ทศนิยมตั้งแต่สองตำแหน่งที่มีค่าระหว่าง 9.01 กับ 9.02 มีกี่จำนวน คำตอบคือ 2 จำนวน (ร้อยละ 29.23) เพราะมีจำนวนเท่ากับจำนวนทั้งสองที่โจทย์กำหนดมาให้ (ร้อยละ 32.31)

23) ในการลบทศนิยม ถ้าตัวตั้งมีทศนิยม 3 ตำแหน่ง ตัวลบควรมีทศนิยมกี่ตำแหน่งถึงจะหาผลลัพธ์ได้ คำตอบคือ 2 ตำแหน่ง (ร้อยละ 30.26) เนื่องจากจำนวนตำแหน่งทศนิยมเท่ากันเพราะต้องมีการจัดตำแหน่งในการลบ (ร้อยละ 35.38)

27)  $1.789 \div 911$ ,  $1.789 \div 1$ ,  $1.789 \div 0.9$  และ  $0.789 \div 0.09$  จากจำนวนที่กำหนดให้ จำนวนใดให้ผลลัพธ์มากที่สุด คำตอบคือ  $0.789 \div 911$  (ร้อยละ 26.15) เนื่องจากตัวตั้งเป็นทศนิยม ถ้าตัวหารมีค่ามากที่สุดย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามากที่สุด (ร้อยละ 31.79)

28) จงวาดรูปเรขาคณิตที่แทนจำนวนที่มีค่าเท่ากับ  $\frac{12}{9}$  คำตอบคือ  (ร้อยละ 40.15) เนื่องจากมีจำนวนภาพที่เหมือนกัน 12 รูป และมีจำนวนภาพที่เหมือนกันอีกชุดจำนวน 9 รูป (ร้อยละ 29.74)

31) จากรูปที่กำหนด  ให้นักเรียนเขียนค่าของเศษส่วนที่มีค่าเท่ากับพื้นที่ส่วนที่แรเงา คำตอบคือ  $\frac{1}{3}$  (ร้อยละ 50.26) เนื่องจากตัวเศษคือ จำนวนส่วนที่แรเงา ตัวส่วนคือ จำนวนส่วนทั้งหมดของรูป (ร้อยละ 40.51)

33)  $\frac{-4}{19}$ ,  $\frac{37}{58}$ ,  $\frac{58}{29}$ , และ  $\frac{-23}{39}$  จากจำนวนที่กำหนดให้เรียงเศษส่วนที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด คำตอบคือ  $\frac{-4}{19}$ ,  $\frac{-23}{39}$ ,  $\frac{37}{58}$ , และ  $\frac{58}{29}$  (ร้อยละ 38.97) เรียงจำนวนติดลบก่อนและตามด้วยจำนวนบวก โดยดูตัวเศษที่มีค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด (ร้อยละ 35.38)

## อภิปรายผล

จากการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น มี 3 ประเด็นสำคัญที่ผู้วิจัยนำมาอภิปราย คือ

1. เนื้อหาและลักษณะมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องจำนวนตรรกยะ มีจำนวน 15 มโนทัศน์ โดยเนื้อหาทศนิยมและเศษส่วนมีจำนวนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ 9 มโนทัศน์ เช่น เรื่องความหมายทศนิยมและเศษส่วน หลักเกณฑ์การหาผลบวก ผลลบ ผลคูณ และผลหารทศนิยมและเศษส่วน เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาภรณ์ มณีประวัติ (2562) ที่พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องทศนิยมและเศษส่วนในด้านความรู้ความเข้าใจ ของกฎ สูตร ทฤษฎี บทนิยาม สมบัติและข้อเท็จจริงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56 ของความคลาดเคลื่อนที่พบ ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนขาดความรู้ ความเข้าใจอย่างชัดเจนในความรู้พื้นฐาน รวมทั้งงานของ Sarwadi and Shahrill (2014) ที่พบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเศษส่วน และทศนิยม เช่น นักเรียนไม่รู้วิธีการในการหารเศษส่วน ไม่รู้หลักการเปลี่ยนจำนวนคละเป็นเศษส่วนเกิน หากนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนย่อมเป็นอุปสรรคต่อการเรียนการสอนของครูผู้สอน และส่งผลต่อการเรียนรู้ เนื้อหาที่สูงขึ้นของผู้เรียน (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544) ซึ่งเรื่องจำนวนตรรกยะ เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย

2. ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น

การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมีวิธีและเครื่องมือที่หลากหลายรูปแบบ เช่น การสัมภาษณ์ แบบเขียนตอบ แบบทดสอบหลายตัวเลือกสองลำดับชั้น แบบทดสอบหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น แบบทดสอบหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น เป็นต้น ซึ่งจุดเด่นของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นคือ สามารถจำแนกนักเรียนได้ว่านักเรียนตอบผิดนั้นเป็น เพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือตอบผิดเพราะขาดความรู้ในเรื่องนั้น (Gurel et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยของของธนบดี อินหาตกรวด (2560) ที่พบว่าแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นให้การแปลผลที่ชัดเจนกว่าแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสามลำดับชั้น ทางผู้วิจัยจึงเลือกสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นเพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนตรรกยะ จำนวน 50 ข้อ แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์และมีคุณภาพจำนวน 44 ข้อ โดยในหนึ่งข้อคำถามนักเรียนจะต้องตอบ 4 ชั้น คือ

ชั้นคำตอบ ชั้นความมั่นใจของคำตอบ ชั้นเหตุผล และชั้นความมั่นใจของเหตุผล การมีชั้นความมั่นใจในคำตอบและชั้นความมั่นใจในเหตุผลมีเพื่อช่วยวินิจฉัยว่าคำตอบนั้นไม่ได้เกิดจากการเดา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang and Lin (2015) ที่พบว่า ลักษณะของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น สามารถตรวจสอบโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างตรงประเด็น ดังนั้น แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้น จะเป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้ครูผู้สอนรู้ถึงข้อมูลเกี่ยวกับโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

ส่วนผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมา พบว่ามีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ซึ่งค่า IOC มากกว่า 0.50 แสดงว่าข้อคำถามเป็นตัวแทนจุดประสงค์ สามารถให้ข้อมูลได้ตรงตามจุดมุ่งหมายของการวัด (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2545, น. 179) แบบทดสอบที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ข้อคำถามสามารถวัดได้สอดคล้องกับโมโนทัศน์ที่ต้องการวัด ส่วนในด้านค่าความยากง่ายเฉลี่ยในชั้นคำตอบ (A-tier) และในชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าเท่ากับ 0.57 ( $p = 0.29-0.78$ ) และ 0.55 ( $p = 0.32-0.73$ ) ส่วนค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยในชั้นคำตอบ (A-tier) และ ในชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าเท่ากับ 0.40 ( $r = 0.20-0.69$ ) และ 0.44 ( $r = 0.20-0.75$ ) แสดงว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีข้อคำถามที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ เนื่องจากมีความยากง่ายอยู่ในระดับ 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2545, น. 169) ในด้านของค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบในชั้นคำตอบ (A-tier) และ ชั้นเหตุผล (R-tier) มีค่าเท่ากับ คือ 0.97 และ 0.98 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนบดี อินทาดกรวด (2560, น. 47) ที่พบว่า คุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกหลายลำดับชั้น (สองลำดับชั้นถึงสี่ลำดับชั้น) จาก 7 งานวิจัย มีการตรวจสอบคุณภาพความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ในด้านค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.07-0.94 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.35-0.59 ในด้านความเชื่อมั่นส่วนใหญ่มีค่าตั้งแต่ 0.40-0.98 รวมถึงงานวิจัยของ Habiddin and Page (2019) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ลำดับเกี่ยวกับ จลนศาสตร์เคมีของนักศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 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 ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับชั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ศึกษาและวิเคราะห์หิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้

3. ผลการจำแนกกลุ่มแนวคิดและวิเคราะห์หิมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่องจำนวนตรรกยะ พบว่าทั้ง 3 เนื้อหาหลัก คือ เรื่องจำนวนเต็ม สมบัติของจำนวนเต็ม และทศนิยมและเศษส่วน นักเรียนในแต่ละกลุ่มในแต่ละเนื้อหาจะมีค่าใกล้เคียงกัน คือ กลุ่มนักเรียนที่มีโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ (LK) กลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบถูกต้อง (LG) และกลุ่มนักเรียนมีโมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) และเมื่อทำการคัดเลือกกลุ่มนักเรียนที่มีโมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากและมีโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัดพบว่า มีจำนวน 8 โมโนทัศน์ ได้แก่ 1) ความหมายของจำนวนเต็ม 2) ความหมายของค่าสัมบูรณ์ 3) ค่าของทศนิยม 4) หลักการหาผลลัพธ์ของการลบทศนิยม 5) ความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่นำหลักการหารทศนิยมมาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบ 6) ความหมายของเศษเกิน 7) การอ่านค่าของเศษส่วน และ 8) การเปรียบเทียบเศษส่วน ซึ่งการที่นักเรียนมีโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเด่นชัด แสดงว่านักเรียนมีความมั่นใจมากว่าคำตอบและเหตุผลที่เลือกนั้นถูกต้อง แต่ความเป็นจริงคำตอบและเหตุผลที่นักเรียนเลือกนั้นไม่ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น ข้อที่ 1  $\frac{24}{3}$ , 9.0000,  $(-\frac{17}{17})$ , 0, และ  $2\frac{3}{3}$  จากจำนวนที่กำหนดให้มีจำนวนเต็มก็จำนวน จากข้อมูลจะพบว่านักเรียนตอบ 3 จำนวน ซึ่งการที่นักเรียนตอบผิดอาจมาจากการที่คิดว่า ทศนิยมซ้ำศูนย์ และจำนวนคละไม่เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งในความเป็นจริงจำนวนเหล่านี้บางจำนวนเป็นจำนวนเต็ม เช่น ทศนิยมซ้ำศูนย์ หรือจำนวนคละที่มีตัวส่วนหารตัวเศษลงตัว

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของไซมูก เลื่องสุนทร (2552) ที่พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเรื่องระบบจำนวนเต็ม นักเรียนมีข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในด้านการบิดเบือนทฤษฎีบท กฎ สูตร บทนิยาม และสมบัติมากที่สุด รวมถึงงานวิจัยของ Mohyuddin and Khalil (2016) ที่ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา พบว่า นักเรียนแสดงข้อผิดพลาดในการเปรียบเทียบเศษส่วน การแก้ปัญหาคำถาม ลบ คูณ หหาร เศษส่วน เป็นต้น ซึ่งการที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอาจเกิดจากการที่นักเรียนเรียนโดยการจำมากกว่าเข้าใจ ขาดความเข้าใจอย่างแท้จริง ดังนั้นแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น น่าจะเป็นเครื่องมือในการช่วยวินิจฉัย ข้อบกพร่องของนักเรียนได้ตรงจุดมากขึ้นและแก้ไขมโนทัศน์ของนักเรียนให้ถูกต้อง

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น สามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง กลุ่มนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน กลุ่มนักเรียนที่ขาดความรู้ และกลุ่มนักเรียนที่เดาคำตอบได้ถูกต้อง โดยครูผู้สอนสามารถนำแบบทดสอบไปใช้หลังการเรียนการสอน เรื่องจำนวนตรรกยะ เนื่องจากจะทำให้ครูผู้สอนทราบข้อบกพร่อง หาแนวทางการแก้ไขสำหรับนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพื่อทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องนำไปสู่การเรียนรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้อง

2. แบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น มีส่วนในการตอบคำถามในแต่ละข้อ และมีการถามในส่วนขอระดับความมั่นใจ โดยระดับความมั่นใจนี้มีผลต่อการวินิจฉัยกลุ่มของนักเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย นักเรียนและครูผู้สอนยังไม่คุ้นเคยกับแบบทดสอบ ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องมีความเข้าใจและอธิบายนักเรียนให้ชัดเจนเกี่ยวกับการทำแบบทดสอบ โดยควรแนะนำนักเรียนก่อนการทำแบบทดสอบหรือให้นักเรียนทำข้อคำถามตัวอย่างพร้อมกัน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจก่อนการทำแบบทดสอบ และป้องกันการสับสนในการตอบ เพราะนักเรียนต้องตอบให้ครบในแต่ละข้อคำถาม

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง จำนวนตรรกยะ เป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญในการเชื่อมโยงในเรื่องถัดไป ทำให้ครูผู้สอนทราบจุดบกพร่องของนักเรียน สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งระดับความมั่นใจของแบบทดสอบเป็นการแสดงถึงระดับของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งสามารถเป็นแนวทางในการศึกษาเนื้อหาอื่น ๆ หรือระดับขั้นอื่น ๆ เพื่อให้ครูผู้สอนทราบถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนมากขึ้น

2. การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น มีความซับซ้อน หากมีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ประหยัดเวลาและทำให้ครูผู้สอนและนักเรียนได้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที

3. การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกลำดับขั้น ผู้วิจัยอาจเพิ่มระดับความมั่นใจเป็น 6 ระดับ เช่น มั่นใจมากที่สุด มั่นใจมาก มั่นใจปานกลาง ไม่มั่นใจ ไม่มั่นใจมาก ไม่มั่นใจมากที่สุด เป็นต้น เพื่อศึกษาว่าการเพิ่มระดับความมั่นใจให้ผลการวินิจฉัยที่แตกต่างหรือไม่ สามารถวินิจฉัยคุณภาพของนักเรียนเพิ่มขึ้นหรือไม่

## บรรณานุกรม

เวชฤทธิ์ อังคนะภัทรขจร. (2546). *ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์* (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., กรุงเทพฯ.

- ไข่มุก เลื่องสุนทร. (2552). การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 1 (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ธนบดี อินหาดกรวด. (2560). การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับ. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ธีระวัฒน์ การะเกตุ. (2561). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยหลายตัวเลือกสี่ลำดับขั้น เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนวิชาชีววิทยา เรื่องการแบ่งเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. (2545). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการวัดประเมินการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2550). การวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็งของผู้เรียน (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2562). ผลคะแนนสอบ O-NET ระดับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2562. สืบค้นจาก <https://cutt.ly/MVw3BwY>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2115. สืบค้นจาก <http://timssthailand.ipst.ac.th>
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ พว.
- สุภาภรณ์ มณีประวีติ. (2562). การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 สหวิทยาเขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ.
- อัมพร ม้าคนอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Anggrayni, S., & Ermawati, F. (2019). The validity of Four-Tier's misconception diagnostic test for Work and Energy concepts. *Journal of Physics: Conference Series*, 1171(2119) 012037, Retrieved from: <http://doi:10.1088/1742-6596/1171/1/012037>
- Ashlock, R. B. (2111). *Error patterns in computation: Using Error Patterns to Improve Instruction (11th ed)*. New Jersey U.S.A: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2111). 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*, 41(3), 313-337. Retrieved from: [http:// DOI:11.1117/s11165-119-9122-4](http://DOI:11.1117/s11165-119-9122-4)
- Fadhilatullathifi, Z., Ardiyanto, B., Rahayu, D., Almukholani, T., Rinayah, I., & Rahmawati, F. (2121). Four-Tier Diagnostic Test Method to Identify Conceptual Understanding in Calculus. *Journal of Physics: Conference Series*, 1613(2121) 012075, Retrieved from: <https://doi:10.1088/1742-6596/1613/1/012075>

- Gurel, D. K., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 2015, 11(5)*, p. 989-1118. Retrieved from: <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1369a>
- 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)*, 721-736. Retrieved from <https://doi.org/11.22146/ijc.39218>
- Jordaan, T. (2005). *Misconceptions of the limit concept in a mathematics course for engineering students. University of South Africa*. Retrieved from: <http://shorturl.at/pyBE9>
- 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>.
- Rahmawati, F., Pamungkas, M. D., & Ardiyanto, B. (2021). 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/11.24252/mapan.2121v8n1a9>
- 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, 2114(2114)*, 1-11. Retrieved from: <https://doi:11.5899/2114/metr-11151>
- Yang, D.-C., & Lin, Y.-C. (2015). Assessing 11-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/11.1181/11131881.2115.1185235>