

## Development of The New Four-tier Diagnostic Test for Diagnosing Mathematics Misconception

Weerawat Oat-ngam<sup>1</sup> and Nhabhat Chaimongkol<sup>2</sup>

Received: August 5, 2022 – Revised: December 12, 2022 – Accepted: December 16, 2022

### Abstract

The purposes of this study were 1) to compare diagnostic results of the three-tier and the new four-tier diagnostic tests in diagnosing mathematical misconceptions, and 2) to analyze the congruence among diagnostic results from the three-tier, the new four-tier diagnostic test, and think-aloud interviews. The development was separated into two phases: exploring misconceptions and developing and validating the psychometric properties of the three-tier and the new four-tier diagnostic tests for diagnosing mathematical misconceptions. A total of 60 eleventh-grade students participated in the new four-tier diagnostic testing. Research instruments included interview forms, the three-tier diagnostic test, and the new four-tier diagnostic test. The data were analyzed using descriptive statistics, difficulty index, discrimination index, reliability, Pearson's correlation, and criterion-related validity. The research findings indicate that 1) the results of the study showed a high correlation level ( $r = .976$ ,  $p < .001$ ) between the three-tier and the new four-tier diagnostic tests, and 2) the correlation between diagnostic results of the new four-tier diagnostic test and think-aloud interviews was not different from the results of the three-tier diagnostic and think-aloud interviews.

**Keywords:** New Four-tier, Diagnostic Test, Diagnosing, Mathematics Misconception

<sup>1</sup> *Corresponding Author,*

Master of Education Student Program in Department of Educational Research and Psychology,  
Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.  
[krupahweerawat@gmail.com](mailto:krupahweerawat@gmail.com)

<sup>2</sup> Department of Educational Research and Psychology, Faculty of Education, Chulalongkorn  
University, Bangkok, 10330, Thailand.  
[nhabhat.c@chula.ac.th](mailto:nhabhat.c@chula.ac.th)

## การพัฒนาแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่เพื่อวินิจัยมโนทัศน์ที่ คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

วีรวัฒน์ โอษูจงาม<sup>1</sup> และ ณภัทร ชัยมงคล<sup>2</sup>

รับต้นฉบับ : 5 สิงหาคม 2565 - รับแก้ไข : 12 ธันวาคม 2565 - ตอรับตีพิมพ์ : 16 ธันวาคม 2565

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลการวินิจัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ และ 2) วิเคราะห์ ความสอดคล้องของผลการวินิจัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบสอบวินิจัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างที่ใช้ในวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 60 คน สำหรับใช้ในการทดลองแบบสอบวินิจัย สี่ระดับแบบใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสอบวินิจัยสามระดับ และแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาร์วอยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความยาก อำนาจจำแนก การวิเคราะห์ความเที่ยงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์โดยใช้สถิติแคปปา ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการวินิจัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัย สี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงมาก ( $r = .976, p < .001$ ) และ 2) ความสอดคล้องของผลการวินิจัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงไม่แตกต่างกัน

**คำสำคัญ :** สี่ระดับแบบใหม่, แบบสอบวินิจัย, การวินิจัย, มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

<sup>1</sup> ผู้รับผิดชอบบทความหลัก,

นิสิตปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
กรุงเทพฯ 10330

krupahweerawat@gmail.com

<sup>2</sup> ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

nhabhat.c@chula.ac.th

## ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันรัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบการศึกษาของประเทศให้มีความมีประสิทธิภาพ โดยได้กำหนดนโยบายประจำปีงบประมาณ 2564 ที่มุ่งเน้นให้เกิดการปฏิรูปประเทศด้านการศึกษาโดยคาดหวังให้ผู้เรียนทุกช่วงวัยได้รับการพัฒนาในทุกมิติให้เป็นคนดี คนเก่ง มีคุณภาพและมีความพร้อมร่วมขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน และสามารถรับมือกับโอกาสและการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 21 ตามเป้าหมายที่เรียกว่า “ประเทศไทย 4.0” ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ การจัดการศึกษาทุกระดับทุกประเภท โดยการใช้หลักสูตรฐานสมรรถนะรวมทั้งแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและการวัดประเมินผลเพื่อพัฒนาผู้เรียนที่สอดคล้องตามมาตรฐานการศึกษาแห่งชาติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2560) พบว่า การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน แม้ผู้เรียนจะมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระเป็นอย่างดี แต่มีผู้เรียนจำนวนไม่น้อยที่มีความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง เช่น การสื่อสารหรือการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การแสดงวิธีทำหรืออ้างอิงเหตุผล กระบวนการแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ระหว่างคณิตศาสตร์กับสถานการณ์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและใช้ในการศึกษาต่อ ในขั้นสูงได้มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ผลการประเมินความรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับนานาชาติมี 2 โครงการที่สำคัญคือการทดสอบทางการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระหว่างประเทศ (TIMSS) พบว่า ในปีพุทธศักราช 2555 ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ในด้านเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยในปีพุทธศักราช 2558 ผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ในด้านเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับต่ำ และผลการประเมินผู้เรียนในการสอบโปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากล (PISA) พบว่า ผู้เรียนไทยที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งส่วนใหญ่เรียนอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD ทั้งในปีพุทธศักราช 2555, 2558 และ 2561 สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของประเทศไทยจะต้องได้รับการส่งเสริมและพัฒนาให้มากยิ่งขึ้นกว่านี้ สอดคล้องกับผลการทดสอบการประเมินการศึกษาขั้นพื้นฐาน (National Test) ปีการศึกษา 2562 โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) (2563) พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถพื้นฐานในด้านคำนวณและด้านเหตุผลของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทั่วประเทศเท่ากับ 44.94 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่เป็นมาตรฐานขั้นต่ำ ผลการทดสอบทางการศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-net) ปีการศึกษา 2562 พบว่า ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 32.90 มัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 26.73 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 24.61 เห็นได้ว่ามีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นต่ำ

ในปัจจุบันการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้อัตโนมัติมุ่งเน้นการวัดและการประเมินการปฏิบัติงานในสภาพที่เกิดขึ้นจริงหรือที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง รวมทั้งการประเมินเกี่ยวกับสมรรถภาพของผู้เรียนเพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้จากการท่องจำ โดยใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย

จากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้เผชิญกับปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลองได้แก้ปัญหา สืบค้นข้อมูลและนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งแสดงออกทางความคิด ซึ่งมีวัตถุประสงค์สำคัญคือ เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและตัดสินผลการเรียนรู้เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้นเพื่อวินิจฉัยความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาการสืบค้น การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การควบคุมกระบวนการคิด และนำผลที่ได้จากการวินิจฉัยผู้เรียนไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อรวบรวมจัดทำเป็นสารสนเทศด้านการจัดการเรียนรู้และเป็นข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนหรือผู้เกี่ยวข้อง ดังนั้น การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผลอย่างชัดเจนจะช่วยให้เลือกใช้วิธีการและเครื่องมือการวัดผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัดและนำผลที่ได้ไปใช้ได้จริง

ในการวัดและประเมินผลนั้น แบบสอบวินิจฉัยเป็นเครื่องมือสำคัญที่สร้างขึ้นเพื่อให้เห็นจุดบกพร่อง ที่เป็นปัญหา หรืออุปสรรคในการเรียนเรื่องหนึ่ง ๆ ของนักเรียนเป็นรายบุคคล พร้อมทั้งสามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นได้อย่างถูกต้อง หรือในบางโอกาสอาจพบจุดเด่นหรือความสามารถพิเศษของผู้เรียนจากการใช้แบบสอบวินิจฉัย (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ซึ่งผลการวินิจฉัยนำมาเพื่อการแก้ไขข้อบกพร่องและส่งเสริมการเรียนของผู้เรียนได้อย่างถูกต้องและตรงจุดตลอดจนสามารถนำมาใช้ให้การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนของครูให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นสอดคล้องตามหลักการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบในรายวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ตั้งแต่ สองระดับ สามระดับจนถึงสี่ระดับ ส่วนใหญ่จะมีเพียงการพัฒนาและหาคุณภาพเครื่องมือทั้งคุณภาพรายข้อและคุณภาพทั้งฉบับ เช่น งานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) ที่พัฒนาแบบเลือกตอบสามระดับเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องคลื่น งานวิจัยของ Sreenivasula and Subramaniam (2013) ที่พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ เรื่องเทอร์โมไดนามิกในนิสิตนักศึกษา งานวิจัยของ Kiray and Simsek (2020) ที่พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับเพื่อหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่องความหนาแน่นของอนุภาควิทยาศาสตร์ในประเทศตุรกี งานวิจัยของ Tumanggor et al. (2020) ได้พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับเพื่อหาความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องคลื่นในรายวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาที่จะจบไปเป็นครูฟิสิกส์ในประเทศอินโดนีเซีย งานวิจัยของ Bayuni et al. (2018) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องสารและการเปลี่ยนแปลงของสารของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 งานวิจัยของ Anam et al. (2019) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาแบบวินิจฉัยสี่ระดับในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการถ่ายเทความร้อนของผู้เรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และงานวิจัยของ Qonita et al. (2020) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับสำหรับเนื้อหาเรื่องเวกเตอร์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบบสอบวินิจฉัยในงานดังกล่าวมีการหาค่าความตรงตามเนื้อหาด้วยการพิจารณาค่าดัชนีสอดคล้องของความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและพิจารณาคุณภาพทั้งฉบับด้วยการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคจากการสังเคราะห์งานของ Qonita and

Ermawat (2020) พบว่า แบบสอบวินิจัยแบบสี่ระดับจะให้ ผลการวินิจัยที่มีความตรงมากกว่า แบบสอบวินิจัยแบบสามระดับ เนื่องจากมีการจำแนกกลุ่มที่ตอบผิดเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกจากกลุ่มที่ตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ชัดเจนกว่าแบบสอบวินิจัยสามระดับ

แบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสองระดับ สามระดับ และสี่ระดับ มีจุดเด่นที่สอดคล้องกันคือประหยัดเวลาในการวินิจัย การตรวจให้คะแนนมีความปรนัย มีหลักฐานน่าเชื่อถือเกี่ยวกับความตรง และสามารถให้สอบกับผู้เรียนจำนวนมากได้พร้อม ๆ กัน ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการทำงานของครูในปัจจุบัน แต่แบบเลือกตอบวินิจัยสองระดับมีข้อจำกัดคือไม่สามารถระบุกลุ่มผู้เรียนที่ตอบผิดเพราะขาดความรู้อย่างชัดเจน (Gurel et al., 2015) ซึ่งแบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสามระดับสามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มที่ตอบผิดออกเป็นตอบผิดเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ออกจากกันได้แต่แบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสี่ระดับสามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มที่ตอบด้วยมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ และตอบผิดด้วยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกจากกันได้ชัดเจนกว่าแบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสามระดับ เนื่องจากการตอบความมั่นใจในภาพรวมของการตอบในแบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสี่ระดับเป็นการตอบแยกกันระหว่างความมั่นใจในการตอบระดับคำตอบ และความมั่นใจในการตอบระดับเหตุผล ทำให้ได้ข้อมูลการวินิจัยที่ละเอียดกว่าแบบเลือกตอบสามระดับ แต่แบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับให้ผลการวินิจัยสอดคล้องกันในระดับปานกลางและ แบบสอบวินิจัยทั้งสองฉบับให้ผลการวินิจัยที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่แตกต่างกัน (ธนบดี อินทาดกรวด, 2554) สำหรับแบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นโดยการเพิ่มการวาดรูปหรือข้อสอบอัตนัยเป็นกลไกที่สามารถเป็นตัวแทนของการแสดงออกด้านความคิด ความเข้าใจ และมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ดีและการเพิ่มการวาดรูปอาจทำให้จำแนกกลุ่มผู้เรียนได้ดีมากกว่าแบบสอบวินิจัยสามระดับและสี่ระดับทั่วไป

งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่เพื่อวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบผลการวินิจัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ รวมทั้งวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจัยระหว่างแบบสอบทั้งสองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อนำไปใช้ในการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในระดับที่สูงขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรม

## วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อเปรียบเทียบผลการวินิจัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์
- 2) เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการทดสอบวินิจัย แนวคิด การพัฒนาและการตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบสอบวินิจัยสามระดับและสี่ระดับ แบบใหม่ และการพัฒนาระบบการทดสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ของธนบดี อินทาดกรวด (2554) มนัสสิริ อินทร์สาท (2559) Anam et al. (2019) Putra et al. (2020) Qonita and Ermawati (2020) และ Rifat et al. (2019) โดยสามารถสังเคราะห์และสรุปได้ดังนี้

การวินิจัย หมายถึง วิธีการหรือกระบวนการเพื่อพิจารณาค้นหา จำแนก ระบุ กำหนด และตัดสินใจของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการเรียนรู้ให้เห็นถึงจุดเด่น จุดด้อย ปัญหา อุปสรรคและสาเหตุเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ไขหรือปรับปรุงข้อบกพร่องที่ค้นพบนั้นต่อไป ตัวอย่างการวินิจัยข้อบกพร่องในการเรียนรู้ เช่น ด้านคณิตศาสตร์ ใช้แบบวัดการคิดคำนวณ ข้อบกพร่องทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ด้านภาษา ใช้แบบวัด การอ่าน เขียน สะกดคำเพื่อพิจารณาข้อบกพร่องในการเรียนรู้ด้านภาษา

การวินิจัยทางการศึกษาเป็นกระบวนการประเมินโดยมีเป้าหมายหลักเพื่อตัดสินข้อบกพร่องการเรียนรู้ของนักเรียนหรือพิจารณาว่าสิ่งที่นักเรียนในระหว่างการเรียนการสอนนั้นเข้าใจถูกต้องหรือไม่ โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) การวินิจัยแบบไม่เป็นทางการ ทำได้ด้วยการสังเกต การสัมภาษณ์ การคิดออกเสียง การตรวจแบบฝึกหัด เช่น การถามตอบในระหว่างการจัดการเรียนการสอน การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างการเรียนการสอน 2) การประเมินแบบเป็นทางการด้วยการใช้เครื่องมือวินิจัยต่าง ๆ เป็นการหาข้อบกพร่องของนักเรียนโดยใช้วิธีการและเครื่องมือที่เป็นระบบ มีแบบแผน เช่น การใช้แบบสอบวินิจัยตามโมเดลต่าง ๆ การวินิจัยลำดับขั้นของ Leighton et al. (2004) 3) การประเมินแบบผสมผสาน คือ ใช้วิธีผสมผสานระหว่างการประเมินแบบเป็นทางการกับการประเมินแบบไม่เป็นทางการ

การวินิจัยทางการศึกษาทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ มีวิธีการวินิจัยและเครื่องมือที่ใช้ ในการรวบรวมข้อมูล 4 วิธี ได้แก่ 1) การสัมภาษณ์เป็นวิธีการวินิจัยแบบไม่เป็นทางการแต่มีความสำคัญมากเนื่องจากสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกได้ ซึ่งมีข้อดีคือมีความยืดหยุ่นตามสถานการณ์ ทำได้ง่าย อาจสัมภาษณ์เป็นรายคนหรือรายกลุ่มก็ได้ รวมทั้งอาจได้ข้อมูลเป็นโครงสร้างทางความคิดในการวินิจัยคลินิก ส่วนข้อจำกัดคือใช้เวลานาน การควบคุมอารมณ์ของผู้สัมภาษณ์ในกรณีที่เจอผู้สัมภาษณ์ที่หลากหลาย ประมวลผลได้ยากและอาจเกิดอคติจากการสัมภาษณ์ 2) การทดสอบด้วยแบบทดสอบที่เป็นคำถามปลายเปิด 3) การทดสอบด้วยแบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบระดับต่าง ๆ เป็นการวินิจัยกว้าง ๆ ข้อดีคือสามารถทดสอบได้หลาย ๆ เนื้อหา ง่าย รวดเร็ว มีความเป็นปรนัยและความเที่ยงสูง เหมาะกับนักเรียนที่มีทักษะการเขียนต่ำ ส่วนข้อจำกัดคือคำตอบที่ถูกต้องอาจเกิดจากการเดา ไม่สามารถอธิบายข้อมูลเชิงลึกได้ จำกัดความคิดในการตอบของนักเรียนจากตัวเลือกที่กำหนดทำแบบทดสอบให้มีคุณภาพได้ยากและใช้เวลามากในการพัฒนาข้อสอบ

สำหรับแบบทดสอบเลือกตอบสองระดับมีความแตกต่างจากแบบทดสอบเลือกตอบแบบทั่วไป คือ คำตอบของคำถามหลักที่นักเรียนเลือก ต่างจากคำถามเลือกตอบแบบสี่คำตอบทั่วไป

เพียงหนึ่งในสองตัวเลือกเท่านั้นที่ถูกต้อง ในขณะที่ความเป็นไปได้ของการทายคำตอบที่ถูกต้องคือ 25% ในคำถามแบบสองตัวเลือก ความเป็นไปได้ของความถูกต้องในการเดาสถลอย่างมีนัยสำคัญ ประมาณ 6% แบบทดสอบประเภทนี้มีความเป็นไปได้ที่จะใช้วัดว่านักเรียนมีความเข้าใจผิดหรือไม่และเพื่อวัดระดับความเข้าใจในคอดี เพราะแบบทดสอบสองระดับสามารถวัดความรู้เชิงอธิบาย หรือ การจัดการความรู้ของนักเรียนได้ อย่างไรก็ตาม แบบทดสอบระดับสองมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถแยกแยะข้อผิดพลาดเพราะขาดความรู้ จากข้อผิดพลาดเพราะการปรากฏข้อความคิดที่เป็นทางเลือก และแบบทดสอบดังกล่าวยังไม่สามารถแยกแยะการตอบสนองที่ถูกต้องเพราะความเข้าใจที่เพียงพอ ดังนั้น แบบทดสอบสองระดับอาจประเมินความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงหรือต่ำเกินไปจึงได้มีการพัฒนาแบบทดสอบวินิจัยสามระดับขึ้น

แบบทดสอบวินิจัยสามระดับมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่าคำตอบที่ได้รับจากแบบทดสอบวินิจัยสองระดับแรกเป็นเพราะความเข้าใจผิดหรือขาดความรู้ นอกจากเนื้อหาและเหตุผลแล้วแบบทดสอบยังประกอบด้วยระดับเพิ่มเติมอีกระดับหนึ่ง กล่าวคือ ระดับความมั่นใจ ในแบบทดสอบสามระดับ ระดับแรก คือ แบบทดสอบเลือกตอบแบบธรรมดา ระดับที่สอง คือแบบทดสอบเลือกตอบเชิงเหตุผล และแบบทดสอบระดับสามใช้วัดระดับความมั่นใจของนักเรียนในการให้คำตอบแก่แบบทดสอบสองระดับแรก ในแบบทดสอบสามระดับคำตอบจะถูกต้อง ถ้าทั้งตัวเลือกและเหตุผลถูกต้อง และตอบด้วยความมั่นใจในระดับสูง ถ้าคำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้องทั้งตัวเลือกและเหตุผลด้วยความมั่นใจในระดับสูงคำตอบที่ไม่ถูกต้องจะถูกลือว่าเป็นความเข้าใจผิด

แบบทดสอบสองระดับและสามระดับสามารถแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจผิดของนักเรียนได้แม่นยำมากขึ้น เนื่องจากแบบทดสอบสามารถตรวจจับเปอร์เซ็นต์ของความขาดความรู้ด้วยระดับความมั่นใจ สิ่งนี้ช่วยให้ผู้ใช้แบบทดสอบได้รับเปอร์เซ็นต์ความเข้าใจผิดซึ่งปราศจากความผิดพลาดเชิงบวก ความผิดพลาดเชิงลบ และการขาดความรู้ ประโยชน์ของแบบทดสอบเหล่านี้คือความสามารถในการแยกแยะการขาดความรู้ของนักเรียนออกจากความเข้าใจผิด ดังนั้นแบบทดสอบดังกล่าว จึงถูกพิจารณาว่าสามารถประเมินความเข้าใจผิดของนักเรียนได้ในทางที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือเมื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบสองระดับ อย่างไรก็ตามระดับความมั่นใจของแบบทดสอบสามระดับเป็นการอ้างถึงระดับความมั่นใจทั้งระดับคำตอบและระดับเหตุผล ดังนั้น สิ่งนี้อาจประเมินสัดส่วนการขาดความรู้ต่ำไปและประเมินคะแนนนักเรียนสูงไป ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะปรับปรุงแบบทดสอบวินิจัยสี่ระดับขึ้น

แบบทดสอบวินิจัยสี่ระดับสามารถระบุความเข้าใจผิดบางอย่างทั้งในคำตอบและเหตุผล และให้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความมั่นใจ ในการใช้ข้อมูลดังกล่าว ช่วยทำให้ครูเข้าใจธรรมชาติความเข้าใจผิดของนักเรียนและท้ายที่สุดสามารถสนับสนุนความก้าวหน้าของนักเรียน ด้านกระบวนการเรียนรู้ซึ่งไม่ถูกรวมในแบบสอบถามหลายระดับและส่งเสริมให้นักเรียนเสนอความคิดเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือรู้ความคิด โดยการอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับคำตอบที่ถูกเลือกไว้แล้ว

สำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติของแบบสอบวินิจัยสี่ระดับจากการสังเคราะห์งานวิจัย พบว่า มีการตรวจสอบด้านความตรงเชิงเนื้อหาใช้การพิจารณาด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจากผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในใช้การพิจารณาด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ด้านคุณภาพรายข้อใช้การ

พิจารณาจากค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบสอบทั้งสองฉบับด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ของผลจากแบบสอบวินิจฉัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์

สำหรับขั้นตอนในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวางแผนการวินิจฉัยเป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการวินิจฉัย 2) การสำรวจมโนทัศน์ เป็นกระบวนการเพื่อค้นหารูปแบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งรวบรวมข้อมูลได้ ทั้งการสังเกต สัมภาษณ์ หรือการทดสอบด้วยแบบสอบนำร่องที่ได้สร้างขึ้น 3) การสร้างและพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย เป็นกระบวนการที่นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจรูปแบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาเป็นฐาน ในการสร้างแบบสอบวินิจฉัยและนำไปทดลองใช้ศึกษาคุณภาพแบบสอบก่อนพัฒนาให้เป็นแบบสอบฉบับสมบูรณ์

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ประกอบด้วย ระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (R tier) มั่นใจ/ไม่มั่นใจ และระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบ (D tier) จากนั้นวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติของแบบสอบทั้งด้านคุณภาพรายข้อด้วยค่าความยาก และอำนาจจำแนกด้านความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยของแบบสอบทั้งสองฉบับด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และหาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบทั้งสองระดับกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์

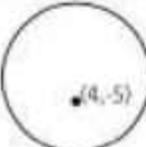
## วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (research and development) ในการศึกษาสำหรับขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยของธัญญารัตน์ จุมแพง (2555) และ เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2551) พบว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ มีจำนวน 27 มโนทัศน์ ที่พบมากที่สุด คือ ไฮเพอร์โบลา รองลงมาเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการหาสมการเส้นตรงพลาโบลา และวงรี จากนั้นสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 ท่านที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) แล้วรวบรวมผลที่ได้จากการศึกษาเพื่อนำมาสัมภาษณ์และสรุปประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นนำมาสร้างเป็นแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศึกษานารี จำนวน 20 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงแล้ววิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยายและการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ภาพ 1

ตัวอย่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่

ข้อที่ 0	<p>0.1 จากสมการวงกลม <math>(x - 4)^2 + (y + 5)^2 = 25</math> ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง</p> <p><input checked="" type="radio"/> ก. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ <math>(4, -5)</math> รัศมี 5 หน่วย</p> <p><input type="radio"/> ข. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ <math>(-4, 5)</math> รัศมี 25 หน่วย</p> <p><input type="radio"/> ค. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ <math>(4, -5)</math> รัศมี 25 หน่วย</p> <p><input type="radio"/> ง. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ <math>(-4, 5)</math> รัศมี 5 หน่วย</p> <p>0.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว</p> <p><input type="radio"/> ก. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ <math>(x - h)^2 + (y - k)^2 = r</math> เมื่อจุดศูนย์กลางคือ <math>(h, k)</math> และรัศมียาว <math>r</math> หน่วย</p> <p><input checked="" type="radio"/> ข. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ <math>(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2</math> เมื่อจุดศูนย์กลางคือ <math>(h, k)</math> และรัศมียาว <math>r</math> หน่วย</p> <p><input type="radio"/> ค. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ <math>(x + h)^2 + (y + k)^2 = r</math> เมื่อจุดศูนย์กลางคือ <math>(h, k)</math> และรัศมียาว <math>r</math> หน่วย</p> <p><input type="radio"/> ง. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ <math>(x + h)^2 + (y + k)^2 = r^2</math> เมื่อจุดศูนย์กลางคือ <math>(h, k)</math> และรัศมียาว <math>r</math> หน่วย</p> <p>0.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่</p> <p><input checked="" type="radio"/> ก. มั่นใจ <span style="margin-left: 100px;"><input type="radio"/> ข. ไม่มั่นใจ</span></p> <p>0.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น</p> <div style="text-align: center;">  </div>
ข้อที่ 1	<p>1.1 ระยะทางระหว่างจุด <math>(6, 7)</math> ไปยังจุด <math>(10, 4)</math> เท่ากับข้อใด</p> <p><input type="radio"/> ก. <math>\sqrt{7}</math> หน่วย <span style="margin-left: 50px;"><input type="radio"/> ข. 5 หน่วย</span></p> <p><input type="radio"/> ค. <math>\sqrt{135}</math> หน่วย <span style="margin-left: 50px;"><input type="radio"/> ง. 25 หน่วย</span></p> <p>1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว</p> <p>ก. ระยะทางระหว่างจุด <math>P(x_1, y_1)</math> และ <math>Q(x_2, y_2)</math></p> <p>จะได้ <math> \overline{PQ}  = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}</math></p> <p>ข. ระยะทางระหว่างจุด <math>P(x_1, y_1)</math> และ <math>Q(x_2, y_2)</math></p> <p>จะได้ <math> \overline{PQ}  = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2}</math></p> <p>ค. ระยะทางระหว่างจุด <math>P(x_1, y_1)</math> และ <math>Q(x_2, y_2)</math></p> <p>จะได้ <math> \overline{PQ}  = \sqrt{(x_2 + x_1)^2 + (y_2 + y_1)^2}</math></p> <p>ง. ระยะทางระหว่างจุด <math>P(x_1, y_1)</math> และ <math>Q(x_2, y_2)</math></p> <p>จะได้ <math> \overline{PQ}  = \sqrt{(x_2 + x_1)^2 - (y_2 + y_1)^2}</math></p> <p>1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่</p> <p><input type="radio"/> ก. มั่นใจ <span style="margin-left: 100px;"><input type="radio"/> ข. ไม่มั่นใจ</span></p>

ระยะที่ 2 เป็นการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับ แบบใหม่ โดยการพัฒนาแบบเลือกตอบสามระดับโดยระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) ประกอบด้วยเหตุผลสนับสนุนคำตอบ เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (R tier) เป็นแบบตรวจสอบรายการคือ มั่นใจ/ไม่มั่นใจ และแบบสอบวินิจัยแบบสี่ระดับแบบใหม่ ระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) ประกอบด้วยเหตุผลสนับสนุนคำตอบเป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (R tier) เป็นแบบตรวจสอบรายการคือ มั่นใจ/ไม่มั่นใจและระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบ (D tier) แล้วนำมาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่านซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงโดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ได้แก่เป็นผู้สำเร็จการศึกษาอย่างน้อยระดับปริญญาตรี จากคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์ หรือเป็นผู้มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างน้อย 5 ปี หรือเป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษในรายวิชาคณิตศาสตร์

หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินเรียบร้อยแล้วนำผลประเมินมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ จากนั้นนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 60 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการเลือกอย่างเจาะจง ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างวิจัยเป็นโรงเรียนศึกษานารีเป็นโรงเรียนที่มีผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) อยู่ในระดับผ่านคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ สำหรับการทดลองใช้แบบสอบได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ครั้ง แต่แต่ละครั้งแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน โดยประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อนอย่างละ 10 คน สำหรับการสอบครั้งที่หนึ่ง กลุ่มย่อยที่ 1 สอบด้วยแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่และกลุ่มย่อยที่ 2 สอบด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ และการสอบในครั้งที่สอง กลุ่มย่อยที่ 1 สอบด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ และกลุ่มย่อยที่ 2 สอบด้วยแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยที่การสอบครั้งที่สองทิ้งระยะเวลาห่างจากการสอบครั้งที่หนึ่งประมาณสองสัปดาห์ แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติ ทางจิตมิติของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ ด้านคุณภาพรายข้อด้วยค่าความยากและอำนาจจำแนก ด้านความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน เปรียบเทียบผลการวินิจัยแบบสอบทั้งสองฉบับด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบสอบทั้งสองฉบับกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ นอกจากนี้ยังดำเนินการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ทับซ้อนกัน (comparing correlation coefficients of overlapping samples)

## ผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ 1) ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจัย ของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ และ 2) ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างแบบสอบทั้งสองฉบับกับข้อมูลเชิงประจักษ์ รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

**ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่**

1.1) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจของแบบสอบทั้งสองฉบับ พบว่า ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจของแบบสอบทั้งสองฉบับมีค่าเท่ากับ .999, 1.000 และ 0.999 ตามลำดับ หมายความว่าในระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจของแบบเลือกตอบสามระดับมีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับแบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่ในระดับสูงมาก เมื่อพิจารณาในภาพรวมทั้งฉบับ พบว่า แบบสอบทั้งสองฉบับมีค่าเท่ากับ .999 หมายความว่า แบบเลือกตอบสามระดับมีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ระดับสูงมาก ทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังตาราง 1

1.2) ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น พบว่า ในภาพรวมแบบสอบทั้งสองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นเท่ากับ .976 หมายความว่า แบบสอบทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.3) ผลการวินิจัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ในวิชาคณิตศาสตร์จากรูปแบบการตอบในแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ 1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) 2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP) 3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) 4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC) 5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) และ 6) ไม่มีความรู้ (LK) รายละเอียดดังตาราง 2

**ตาราง 1**

ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ (N=60)

แบบ	แบบเลือกตอบ	แบบเลือกตอบสามระดับ				แบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่				
		A tier	R tier	C tier	ทั้งฉบับ	A tier	R tier	C tier	D tier	ทั้งฉบับ
แบบเลือกตอบ	A tier	1.000								
	R tier	.943**	1.000							
	C tier	.814**	.820**	1.000						
	ทั้งฉบับ	.955**	.955**	.942**	1.000					
แบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่	A tier	.999**	.943**	.810**	.952**	1.000				
	R tier	.944**	1.00**	.821**	.955**	.943**	1.000			
	C tier	.810**	.816**	.999**	.939**	.806**	.817**	1.000		
	D tier	.961**	.959**	.890**	.980**	.959**	.959**	.886**	1.000	
	ทั้งฉบับ	.960**	.959**	.932**	.999**	.958**	.960**	.929**	.989**	1.000

\*p < .05, \*\*p < .01

**ตาราง 2**

การแปลผลรูปแบบการตอบแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่

ผลการ วินิจัย	แบบเลือกตอบสามระดับ			แบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่			
	A tier	R tier	C tier	A tier	R tier	C tier	D tier
CC	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	เชื่อมโยง
FP	ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
FN	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	เชื่อมโยง
MC	ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
LC	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
LK	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
LK	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง

**ตาราง 3**

ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามผลการวินิจัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ

ผลการวินิจัย	ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามผล การวินิจัย	
	แบบ เลือกตอบ สามระดับ	แบบสอบวินิจัยสี่ ระดับแบบใหม่
1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC)	70.00	66.67
2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP)	0.00	0.00
3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN)	3.33	1.67
4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC)	0.00	0.00
5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC)	3.33	0.00
6) นักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK)	23.33	31.67
<b>รวม</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

ในภาพรวม พบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) และร้อยละของนักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) ของแบบเลือกตอบสามระดับมีค่าสูงกว่าแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) ของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สูงกว่าแบบเลือกตอบสามระดับ รายละเอียดดังตาราง 3

1.4) ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ พิจารณาจากผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกันระหว่างผลจากแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์ระหว่างแบบสอบทั้งสองเป็นรายมโนทัศน์หลัก พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบทั้งสองมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์อยู่ระหว่าง .524 ถึง .919 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ .822 หมายความว่าผลการทดสอบส่วนใหญ่มีความสอดคล้องสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก รายละเอียดดังตาราง 4

**ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างแบบสอบทั้งสองฉบับกับข้อมูลเชิงประจักษ์**

สำหรับผลการวิเคราะห์ส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยทั้งสองฉบับกับข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อหาความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) โดยข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ซึ่งผลการสัมภาษณ์สามารถแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) 2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (MC) และ 3) นักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) หลังจากนั้นนำมาปรับการจัดกลุ่มผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ รายละเอียดดังตาราง 5

**ตาราง 4**

*ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์ระหว่างผลการทดสอบจากแบบสอบทั้งสองฉบับ*

มโนทัศน์หลัก	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์	การแปลผล
1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	.880	สัมพันธ์สูงมาก
2) ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	.816	สัมพันธ์สูงมาก
3) ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	.919	สัมพันธ์สูงมาก
4) การหาสมการเส้นตรง	.836	สัมพันธ์สูงมาก
5) วงกลม	.863	สัมพันธ์สูงมาก
6) พาราโบลา	.524	สัมพันธ์ปานกลาง
7) วงรี	.881	สัมพันธ์สูงมาก
8) ไฮเพอร์โบลา	.795	สัมพันธ์สูง
9) แก่โจทย์ปัญหา	.891	สัมพันธ์สูงมาก
<b>ภาพรวมทั้งฉบับ</b>	<b>0.814</b>	<b>สัมพันธ์สูงมาก</b>
<b>เฉลี่ย</b>	<b>0.822</b>	<b>สัมพันธ์สูงมาก</b>

**ตาราง 5**

*ผลการเปรียบเทียบการจัดหมวดหมู่ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยกับผลการสัมภาษณ์*

ผลการวินิจฉัย	แบบเลือกตอบสามระดับ			แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่				ผลการสัมภาษณ์
	A tier	R tier	C tier	A tier	R tier	C tier	D tier	
CC	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	เชื่อมโยง	มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC)
FP	ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
FN	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	เชื่อมโยง	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC)
MC	ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	เชื่อมโยง	
				ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	เชื่อมโยง	
LC	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	ไม่มีความรู้ (LK)
LK	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
				ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	
				ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	
ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง		

เมื่อ A tier คือ การตอบระดับคำตอบ B tier คือ การตอบระดับเหตุผล  
 C tier คือ การตอบระดับความมั่นใจ D tier คือ การตอบระดับการวาดภาพประกอบคำตอบ

2.1) ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ หรือการตรวจสอบความตรงตามสภาพด้วยการหาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยแยกพิจารณาเป็นรายมโนทัศน์หลัก และในภาพรวม พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ ผลการวิเคราะห์ พบว่า มโนทัศน์หลักเรื่องที่ (1) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูงมาก สำหรับมโนทัศน์หลักเรื่องที่ (3) (4) (8) และ (9) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง มโนทัศน์หลักเรื่องที่ (2) (5) และ (7) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับปานกลาง และมโนทัศน์หลักเรื่องที่ (6) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ระดับต่ำ ภาพรวมทั้งฉบับมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ระดับปานกลาง รายละเอียดดังตาราง 7

2.2) ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์ สำหรับการตรวจสอบความตรงตามสภาพด้วยการหาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์ โดยแยกพิจารณาเป็นรายมโนทัศน์หลักและในภาพรวม ซึ่งพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ ผลการวิเคราะห์ พบว่า มโนทัศน์หลักเรื่องที่ (1) (2) (3) (4) (5) (7) (8) และ (9) มีความสอดคล้อง กับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง สำหรับมโนทัศน์หลักเรื่อง

ที่ (6) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาภาพรวมทั้งฉบับมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับปานกลาง รายละเอียดดังตาราง 6

**ตาราง 6**

*ตัวอย่างการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวิจัยด้วยแบบสอบถามทั้งสองกับผลการสัมภาษณ์*

แบบเลือกตอบสามระดับ					แบบสอบถามวิจัยระดับแบบใหม่						
มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง											
ผลการสัมภาษณ์					ค่าสถิติ p	ผลการสัมภาษณ์					ค่าสถิติ
	CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 80.850 Cramer's V = .821, p < .001		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 60.666 Cramer's V = .711, p < .001
CC	42	8	0	50		CC	41	4	0	45	
MC	1	8	0	9		MC	2	11	0	13	
LK	0	0	2	1		LK	0	1	1	2	
รวม	43	16	1	60		รวม	43	16	1	60	

**ตาราง 7**

*สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์ผลการวิจัยด้วยแบบสอบถามวิจัยทั้งสองฉบับกับผลสัมภาษณ์*

มโนทัศน์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคราเมอร์				ความแตกต่าง
	แบบเลือกตอบสามระดับ	ระดับความสัมพันธ์	สี่ระดับแบบใหม่	ระดับความสัมพันธ์	
1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	.821	สูงมาก	.711	สูง	.110 (p = .025)
2) ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	.659	สูง	.789	สูง	.130 (p = .021)
3) ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	.693	สูง	.727	สูง	.034 (p = .230)
4) การหาสมการเส้นตรง	.662	สูง	.733	สูง	.071 (p = .081)
5) วงกลม	.565	ปานกลาง	.604	สูง	.039 (p = .210)
6) พาราโบลา	.357	ต่ำ	.478	ปานกลาง	.121 (p = .182)
7) วงรี	.592	ปานกลาง	.631	สูง	.039 (p = .231)
8) ไฮเพอร์โบลา	.700	สูง	.663	สูง	.037 (p = .255)
9) แก่โจทย์ปัญหา	.645	สูง	.703	สูง	.058 (p = .097)
<b>ภาพรวมทั้งฉบับ</b>	<b>.437</b>	<b>ปานกลาง</b>	<b>.466</b>	<b>ปานกลาง</b>	<b>.029 (p = .367)</b>

2.3) ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามทั้งสอง โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์จากแบบเลือกตอบสามระดับ พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง .357 ถึง .821 หมายความว่า มีระดับความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ในระดับต่ำถึงสูงมาก ส่วนแบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่มีค่าระหว่าง .466 ถึง .763 หมายความว่า มีระดับความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ในระดับปานกลางถึงสูง ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามทั้งสองฉบับโดยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ทับซ้อนกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 รายละเอียดดังตาราง 7

### อภิปรายผลการวิจัย

1) การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่ด้านคุณภาพของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่ พบว่า แบบเลือกตอบสามระดับ ทั้งระดับคำตอบ (A tier) และระดับเหตุผล (R tier) มีค่าความยากค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดี และแบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับคำตอบ ระดับเหตุผล ระดับการวาดภาพประกอบคำตอบ มีค่าความยาก ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดี อาจเกิดจากการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ทำหลังจากนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ และภาคตัดกรวยมาแล้วครบถ้วนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำให้นักเรียนสามารถตอบถูกได้จากการจำ นอกจากนี้ข้อสอบทั้งสองฉบับเป็นข้อสอบแบบเดียวกันในสามระดับแรกนักเรียนอาจจำข้อสอบได้ ผลการวิจัยสอดคล้องกับการศึกษาของวียดา ซอนซ่า (2551) ธนบดี อินหาดกรวด (2554) และ Arslan et al. (2012) ที่พบว่าข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหลายระดับเมื่อนำไปทดลองใช้ และตรวจสอบคุณภาพ แบบสอบถามวิจัยสี่ระดับจะมีค่าความยากอยู่ในช่วงค่อนข้างง่ายไปจนถึงยากง่ายปานกลาง อำนาจจำแนกพอใช้ นอกจากนี้ผลการวิจัย พบว่า แบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับที่ 4 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดีมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนจะทำข้อสอบในระดับนี้ถูกต้องได้จะต้องมีความรู้และความเข้าใจทั้งในคำตอบ เหตุผล และการวาดภาพ จึงส่งผลข้อสอบในระดับนี้มีค่าความยากและอำนาจจำแนกดีมากซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าข้อสอบระดับอื่น

2) ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลจากแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ในรายมโนทัศน์หลักและภาพรวมทั้งฉบับให้ผลการวินิจฉัยที่ไม่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนบดี อินหาดกรวด (2554) แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์วีของคราเมอร์รายมโนทัศน์หลักและภาพรวมทั้งของแบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์ พบว่า มีค่าสูงกว่าของแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผลการวินิจฉัยจากแบบสอบถามวิจัยสี่ระดับแบบใหม่ให้ผลที่สอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์มากกว่าแบบเลือกตอบสามระดับอาจเนื่องมาจากในเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย มีรายละเอียดของการวาดภาพแต่ละแบบที่คล้ายคลึงกัน ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนตอบถูกในระดับคำตอบ

แต่ว่าภาพไม่ถูกต้องในระดับที่ 4 รวมทั้งรายละเอียดในการวาดภาพของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์ที่ต้องมีพื้นฐานเกี่ยวกับการเลื่อนขนาน เรขาคณิต และรูปทรงที่เคยศึกษามาตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ทำให้นักเรียนตอบถูกได้น้อยลงเนื่องจากเนื้อหาส่วนใหญ่ต้องใช้ความจำสอดคล้องกับ Anam R.S. et al. (2019) และ Rifat Shafwatul et al. (2019) ที่กล่าวว่า การวาดภาพจะทำให้สามารถค้นหาสาเหตุของความเข้าใจผิดของนักเรียนได้ เนื่องจากภาพวาดเป็น ภาพสะท้อนของสิ่งที่นักเรียนคิดในใจเอาไว้ สะท้อนความเข้าใจผิดของนักเรียน สํารวจความคิดของนักเรียนด้วยแบบทดสอบหลายลำดับขั้นและแบบทดสอบการวาดภาพซึ่งเป็นเครื่องมือทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน รวมทั้งเป็นวินิจัยความเข้าใจผิดของนักเรียนให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งตรงตามแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

### ข้อเสนอแนะ

1) แบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ให้ผลการวินิจัยที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถนำแบบสอบทั้งสองแบบไปประยุกต์ใช้ในการวัดมโนทัศน์เรื่องอื่น ที่มีเนื้อหาลักษณะใกล้เคียงกัน โดยแบบเลือกตอบสามระดับเหมาะสมกับเนื้อหาที่ไม่ซับซ้อนและไม่เน้นการวาดรูปเพราะสามารถพัฒนาได้ง่ายและประหยัดเวลามากกว่าแบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่ ส่วนเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการวาดควรรู้ใช้แบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่เพื่อให้สามารถจำแนกกลุ่มของผู้เรียนในความเข้าใจผิดพลาดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งเนื้อหาที่ใช้ควรเป็นเนื้อหาที่ไม่มีความสัมพันธ์กับเรื่องอื่น ๆ ที่เป็นพื้นฐาน เพราะอาจส่งผลกระทบต่อผลการตอบของนักเรียนได้ นอกจากนี้แบบสอบวินิจัยสี่ระดับแบบใหม่เป็นการทดสอบที่อาจไม่คุ้นชินสำหรับนักเรียน ดังนั้นควรชี้แจงรายละเอียดขั้นตอนในการทดสอบที่ชัดเจนเพื่อป้องกันความผิดพลาดและความสับสนที่อาจเกิดขึ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถตอบข้อสอบได้ครบถ้วนและได้ผลการวินิจัยที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น

2) ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปอาจเพิ่มตัวเลือกในระดับความมั่นใจเพื่อให้ได้สารสนเทศจากการวินิจัยเพิ่มมากขึ้น และอาจจะพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจัยห้าระดับที่แยกระดับความมั่นใจทั้งระดับคำตอบและระดับเหตุผลเพื่อความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

### รายการอ้างอิง

ชนบดี อินทาดรвод. (2554). *การเปรียบเทียบผลการวินิจัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับ* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. CUIR.

<http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/60108>

อัญญารัตน์ จุมแพง. (2551). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติและระดับความเข้าใจทางเรขาคณิตของนักเรียนตามกรอบแนวคิดของ Van Hiele เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มนัสสิริ อินทร์สาท. (2559). *การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. CUIR. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/52379>

- วียดา ซ่อนขำ. (2551). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ไม่ได้ดีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เวชฤทธิ์ อังชนะภัทรขจร. (2551). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการใช้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อมศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ]. SWU IR. [http://thesis.swu.ac.th/swudis/Math\\_Ed/Vetcharit\\_A.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swudis/Math_Ed/Vetcharit_A.pdf)
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2563). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 5)*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Anam, R. S., Widodo, A., Sopandi, W., & Wu, H. K. (2019). Developing a five-tier diagnostic test to identify students' misconceptions in science: An example of the heat transfer concepts. *Elementary Education Online*, 18(03), 1014-1029.
- Putra, A S U., Hamidah, I., & Nahadi. (2020). The development of five-tier diagnostic test to identify misconceptions and causes of students' misconceptions in waves and optics materials. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(1). <http://doi:10.1088/17426596/1521/2/022020>
- Qonita, M., & Ermawati, F. U. (2020). The validity and reliability of five-tier conception diagnostic test for vector concepts. *Journal Inovasi Pendidikan Fisika*, 9(03), 459-465.
- Rifat, Shafwatul, Anam., Ari, Widodo., Wahyu, Sopandi., & Hsin-Kai, Wu. (2019). *Developing a five-tier diagnostic test to identify students' misconceptions in science: an example of the heat transfer concepts*. *Elementary Education Online*, 18(3), 1014-1029. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2019.609690>

## Translated Thai References

- Angganapattarakajorn, V. (2008). *Development of instructional activities based on cognitive guided instruction through reasoning and connection skills that integrate mathematics content on data analysis and environmental science for grade 6 students* [Doctoral dissertation, Srinakharinwirot University]. SWU IR. [http://thesis.swu.ac.th/swudis/Math\\_Ed/Vetcharit\\_A.pdf](http://thesis.swu.ac.th/swudis/Math_Ed/Vetcharit_A.pdf)
- Inhadkruad, D. (2017). *A comparison of misconception diagnostic results between three-tier and four-tier diagnostic test in biology for secondary students* [Master's thesis, Chulalongkorn University]. CUIR. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/60108>
- Insawat, M. (2016). *A comparison of the quality of three-tier diagnostic test of mathematical misconception using different levels of confidence* [Master's thesis, Chulalongkorn University]. CUIR. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/52379>
- Jumepaeng, T. (2012). *The study of matthayomsuksa 4 students' conceptual change and geometric understanding based on van Hiele's theory about analytic geometry* [Unpublished master's thesis]. Khon Kaen University.
- Kanjanawasee, S. (2020). *Modern test theory (5th ed)*. Chulalongkorn university press.
- Sonkhum, W. (2008). *A construction of mathematics learning diagnostic test on number and numerical works for matthayomsuksa 3 students* [Unpublished master's thesis]. Srinakharinwirot University.