Chulalongkorn University
Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2022

การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

วีรวัฒน์ โอษฐงาม
คณะครุศาสตร์

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd

Part of the Educational Assessment, Evaluation, and Research Commons

Recommended Citation

โอษฐงาม, วีรวัฒน์, "การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่" (2022). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 6504.
https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/6504

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

นายวีรวัฒน์ โอษฐงาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิธีวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF ONLINE TESTING SYSTEM FOR DIAGNOSING MATHEMATICS MISCONCEPTIONS USING THE NEW FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST

Mr. Weerawat Oat-ngam

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Methodology for Innovation Development in Education
Department of Educational Research and Psychology
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2022
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่
โดย	นายวีรวัฒน์ โอษฐงาม
สาขาวิชา	วิธีวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ณภัทร ชัยมงคล

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.ณภัทร ชัยมงคล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วีรวัฒน์ โอษฐงาม : การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่. (DEVELOPMENT OF ONLINE TESTING SYSTEM FOR DIAGNOSING MATHEMATICS MISCONCEPTIONS USING THE NEW FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อาจารย์ ดร.ณภัทร ชัยมงคล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ 2) วิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ 3) พัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ และ 4) ตรวจสอบคุณภาพระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยแบ่งการดำเนินงานเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์ เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และระยะที่ 3 ประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ตัวอย่างที่ใช้ในวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 60 คน สำหรับใช้ในการทดลองแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ แบบประเมินการใช้การอินเทอร์เฟซของระบบทดสอบออนไลน์ และแบบประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาร้อยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความยาก อำนาจจำแนก การวิเคราะห์ความเที่ยง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์

ผลการวิจัยพบว่า

1) ผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัย สี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงมาก (r=0.976) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2) ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงไม่แตกต่างกัน

3) ผลการพัฒนาระบบฯ พบว่า กระบวนการทำงานของระบบประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบทดสอบ 2) การดำเนินการทดสอบ และ 3) การรายงานผลการทดสอบ

4) ผลประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซของระบบทดสอบออนไลน์ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าระบบมีความเหมาะสมทั้ง 4 ด้าน โดยด้านที่มีผลการประเมินสูงที่สุดคือ ด้านคู่มือการใช้ระบบมีบทนำที่อธิบายความเป็นมาอย่างชัดเจน สำหรับการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ พบว่า รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ มีการออกแบบระบบให้มีความสวยงามและน่าสนใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	วิธีวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6380160027 : MAJOR METHODOLOGY FOR INNOVATION DEVELOPMENT IN EDUCATION
KEYWORD:

Weerawat Oat-ngam : DEVELOPMENT OF ONLINE TESTING SYSTEM FOR DIAGNOSING MATHEMATICS MISCONCEPTIONS USING THE NEW FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST. Advisor: NHABHAT CHAIMONGKOL, Ph.D.

The objective of this research was to 1) compare diagnostic results of the three-tier and the new four-tier diagnostic test in diagnosing mathematic misconception, 2) analyze the congruence among diagnostic results from the three-tier, the new four-tier diagnostic test and think-aloud interview, 3) develop and, 4) validate the online testing system for diagnosing mathematic misconception. The development was separated into three phases: developing and validating the psychometric properties of the three-tier and the new four-tier diagnostic tests for diagnosing mathematic misconception; developing the online testing system for the new four-tier mathematic misconception diagnostic test; and, validating the online testing system for diagnosing mathematic misconception. The participants in this new four-tier diagnostic testing were 60 eleventh-grade students. The research instruments were the interview form, the three-tier diagnostic test, the new four-tier diagnostic test, the user's interface online testing system form, and the user's experience form. The data were analyzed using descriptive statistics, a difficulty index, a discrimination index, reliability, Pearson's correlation, and criterion-related validity.

The research findings were as follows:

1. The results of the study showed both a high correlation level of Pearson correlation coefficient (r=0.976) between the three-tier and the new four-tier diagnostic test statistics significant at the .01 level.

2. The correlation between the diagnostic results of the new four-tier diagnostic test and the think-aloud interview was not different to the results of the three-tier diagnostic and the think-aloud interview.

3. The system development results indicated that there were three stages to the operating system 1) registering for the testing system 2) taking the test and 3) reporting the test results.

4. The user's interface online testing system results from the experts showed that the system was adequate in all four aspects, with the highest evaluation for the clear explicitly of the system manual. The user experience survey also revealed that the users were most satisfied with the friendly and transparent design of the system.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Methodology for Innovation Development in Education	Student's Signature .....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงยิ่งจากการดูแลของอาจารย์ ดร.ณภัทร ชัยมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้ความดูแลเอาใจใส่ติดตาม ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ ให้แนวคิดในการทำงาน ให้ข้อคิดในการวางแผนแบ่งเวลา ให้ข้อคิดที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำงานวิจัย และให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตลอดจนกำลังใจจนทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ณภัทร ชัยมงคล รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ดังธนกานนท์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ ดร.ถนอม ชำนาญพันธ์ ดร.รัชนิกร ชลไชยะ นายบุญเศียร คงกลับ นางฐานิตา พึ่งคุณไตรรัตน์ นายสมบัติ แสงทองคำสุก นางสาวนงค์เพ็ญ ทองเลิศ และนางสาววัชราภรณ์ สะเดา ที่ได้เสียสละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือให้คำแนะนำ เพื่อปรับแก้ไขให้เครื่องมือวิจัยมีคุณภาพ

ขอขอบคุณครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 จำนวน 11 คน ได้แก่ นายธวัชชัย หวังศิริเวช นางสาวกรรณ์ชลิกา ชัยสุวรรณ นางสาวดวงกมล อัชฌาพงศ์ นายทศพล เวชกามา นางสาวชุติมา สุขเอี่ยม นางสาวสุปราณี สูติพันธ์วิหาร นางสาวนิธิมา เขมะบาล นายสุรเชษฐ์ เจริญรัตนาภิรมย์ นายสรรฐณัฐ ปัญญาเสฏโฐ นายพิเชษฐ์ สร้อยทอง และนายบุญเศียร คงกลับ ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยให้ข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณโรงเรียนศึกษานารี ผู้บริหาร คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และนักเรียนกลุ่มที่เป็นตัวอย่างวิจัย ให้ความอนุเคราะห์ให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูล ในการวิจัยครั้งนี้จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณคณาจารย์ และเพื่อน ๆ น้อง ๆ สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่สมใจ โอษฐงาม และคุณพ่อบวร โอษฐงาม พี่ชายทั้งสองคน คือ ร้อยตำรวจเอกกัมปนาท โอษฐงามและจ่าสิบเอกอรรถพล โอษฐงาม เพื่อนร่วมงานโดยเฉพาะนางสาวสุภาภรณ์ กกกลาง และนางสาวยุภารัตน์ บุหงา ตลอดจนทุก ๆ คน ที่คอยให้ความรักความเข้าใจ ห่วงใย และสนับสนุน เป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จ ผู้วิจัยขอมอบความดีที่วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ศึกษาต่อในอนาคต ไว้ให้ท่านทั้งหลายที่กล่าวมาข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วีรวัฒน์ โอษฐงาม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา 1

2. คำถามวิจัย 5

3. วัตถุประสงค์วิจัย 5

4. สมมติฐานการวิจัย 6

5. ขอบเขตการวิจัย 6

6. นิยามเชิงปฏิบัติการ 7

7. ประโยชน์ที่ได้รับ 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบวินิจฉัย 11

1.1. ความหมายและรูปแบบของการวินิจฉัย 11

1.2 วิธีวินิจฉัยและเครื่องมือที่ใช้วินิจฉัย 14

1.3 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย 16

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาและการตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบ สามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่.....23

2.2 การตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 25

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์.....27

3.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....27

3.2 ความสำคัญของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์.....28

3.3 การศึกษาการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์.....29

3.4 แนวคิดเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ 34

ตอนที่ 4 การพัฒนาระบบการทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ 48

4.1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบ (System Development) 48

4.1.1 ความหมายของระบบ (System) 48

4.1.2 คุณสมบัติของนักวิเคราะห์ระบบ.....48

4.1.3 ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle) 49

4.2 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินผลระบบการทดสอบออนไลน์ 52

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย 54

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....55

ระยะที่ 1 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ 55

ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 66

ระยะที่ 3 ประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 67

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ 74

ตอนที่ 1.1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 74

ตอนที่ 1.2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์.....91

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 129

ตอนที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 138

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 148

สรุปผลการวิจัย 150

การอภิปรายผล..... 157

ข้อเสนอแนะ 161

บรรณานุกรม 164

ภาคผนวก 169

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ..... 170

ภาคผนวก ข แบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 174

ภาคผนวก ค แบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและแบบประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งาน 235

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้ระบบ..... 239

ประวัติผู้เขียน 251

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่มุ่งวินิจฉัย 57

ตารางที่ 2 จำนวนนักเรียนในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย 59

ตารางที่ 3 การแปลผลรูปแบบการตอบแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ .63

ตารางที่ 4 ตารางสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....76

ตารางที่ 5 ตารางสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 81

ตารางที่ 6 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา 85

ตารางที่ 7 ผังการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด 88

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนก.....90

ตารางที่ 9 ค่า IOC ของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่.....92

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกตามทฤษฎีดั้งเดิม.....94

ตารางที่ 11 ค่าความเที่ยงของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่.....95

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างการตอบระดับคำตอบ (A tier) การตอบระดับเหตุผล (R tier) และการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) ของแบบเลือกตอบสามระดับ.....96

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างการตอบระดับคำตอบ (A tier) การตอบระดับเหตุผล (R tier) และการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) และการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม (D tier) ของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่.....97

ตารางที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่...98

ตารางที่ 15 การแปลผลรูปแบบการตอบแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่..... 100

ตารางที่ 16 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ จำแนกตามมโนทัศน์หลัก..... 101

ตารางที่ 17 ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ..... 103

ตารางที่ 18 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัย สี่ระดับแบบใหม่ จำแนกตามมโนทัศน์หลัก 104

ตารางที่ 19 ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ . 106

ตารางที่ 20 ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลักระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 107

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ระหว่างผลการทดสอบจากแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 115

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบการจัดหมวดหมู่ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยกับ ผลการสัมภาษณ์ 116

ตารางที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับ ผลการสัมภาษณ์ 117

ตารางที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับ ผลการสัมภาษณ์ 122

ตารางที่ 25 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์จากการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยทั้งสองฉบับกับผลการสัมภาษณ์ 128

ตารางที่ 26 ผลการวินิจฉัยผู้สอบเมื่อทำข้อสอบ 1 ข้อ 131

ตารางที่ 27 ผลตรวจสอบคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ 141

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบจากระบบการทดสอบออนไลน์จำแนกตามข้อมูลทั่วไป 143

ตารางที่ 29 ผลการทดสอบจากระบบการทดสอบออนไลน์ 144

ตารางที่ 30 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย ด้วยระบบการทดสอบออนไลน์ 146

ตารางที่ 31 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 147

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ 18

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับ 21

ภาพที่ 3 วงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) 49

ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย 54

ภาพที่ 5 กรอบการดำเนินการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้การทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 73

ภาพที่ 6 ตัวอย่างร่างแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด 90

ภาพที่ 7 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับที่ 4 130

ภาพที่ 8 หน้าจอหลักของระบบการทดสอบออนไลน์ 133

ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงรายละเอียดการลงทะเบียน 133

ภาพที่ 10 หน้าจอแสดงรายละเอียดของข้อมูลผู้เข้ารับการทดสอบ 134

ภาพที่ 11 หน้าจอคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ 134

ภาพที่ 12 หน้าจอแสดงแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ 135

ภาพที่ 13 หน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนเมื่อตอบข้อสอบไม่ครบ 136

ภาพที่ 14 หน้าจอแสดงข้อความให้ทำข้อต่อไป 136

ภาพที่ 15 รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ 136

ภาพที่ 16 หน้าจอแสดงตารางแสดงคะแนนรวม คะแนนที่ได้ คะแนนร้อยละ และความหมายคะแนน 136

ภาพที่ 17 หน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ 137

ภาพที่ 18 หน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยจำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ 138

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา

ในปัจจุบันรัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาระบบการศึกษาของประเทศให้มีประสิทธิภาพ โดยได้กำหนดนโยบายประจำปีงบประมาณ 2564 ที่มุ่งเน้นให้เกิดการปฏิรูปประเทศด้านการศึกษาโดยคาดหวังให้ผู้เรียนทุกช่วงวัยได้รับการพัฒนาในทุกมิติให้เป็นคนดี คนเก่ง มีคุณภาพและมีความพร้อมร่วมขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน และสามารถรับมือกับโอกาสและการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 21 ตามเป้าหมายที่เรียกว่า “ประเทศไทย 4.0” ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ การจัดการศึกษาทุกระดับทุกประเภท โดยการใช้หลักสูตรฐานสมรรถนะรวมทั้งแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและการวัดประเมินผลเพื่อพัฒนาผู้เรียนที่สอดคล้องตามมาตรฐานการศึกษาแห่งชาติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562) วิชาคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยเหตุผล ทักษะกระบวนการคิดและการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการจัดการระบบความคิดอย่างเป็นระบบแบบแผน มีความสมเหตุสมผล และมีวิจารณญาณจนทำให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งวิชาคณิตศาสตร์ยังเป็นฐานความรู้ที่สำคัญในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ ในการพัฒนาวิทยาการที่เป็นประโยชน์ต่อเราในปัจจุบันและอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

จากการศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) พบว่า การจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน แม้ผู้เรียนจะมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระเป็นอย่างดีแต่มีผู้เรียนจำนวนไม่น้อยที่มีความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง เช่น การสื่อสารหรือการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การแสดงวิธีทำหรืออ้างอิงเหตุผล กระบวนการแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ระหว่างคณิตศาสตร์กับสถานการณ์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและใช้ในการศึกษาต่อ ในขั้นสูงได้มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ผลการประเมินความรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับนานาชาติมี 2 โครงการที่สำคัญ คือ การทดสอบทางการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระหว่างประเทศ (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 (2563) พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถพื้นฐานในด้านคำนวณและด้านเหตุผลของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 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

ในปัจจุบันการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งเน้นการวัดและการประเมินการปฏิบัติงานในสภาพที่เกิดขึ้นจริงหรือที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง รวมทั้งการประเมินเกี่ยวกับสมรรถภาพของผู้เรียนเพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้จากการท่องจำ โดยใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายจากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้เผชิญกับปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลองได้แก้ปัญหา สืบค้นข้อมูลและนำความรู้ไปใช้ รวมทั้งแสดงออกทางความคิด ซึ่งมีวัตถุประสงค์สำคัญ คือ เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและตัดสินผลการเรียนรู้เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น เพื่อวินิจฉัยความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ความสามารถ ในการแก้ปัญหาการสืบค้น การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การควบคุมกระบวนการคิด และนำผลที่ได้จากการวินิจฉัยผู้เรียนไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพื่อรวบรวมจัดทำเป็นสารสนเทศด้านการจัดการเรียนรู้และเป็นข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนหรือผู้เกี่ยวข้อง ดังนั้น การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผลอย่างชัดเจนจะช่วยให้เลือกใช้วิธีการและเครื่องมือการวัดผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัดและนำผลที่ได้ไปใช้ได้จริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

ในการวัดและประเมินผลนั้น แบบสอบวินิจฉัยเป็นเครื่องมือสำคัญที่สร้างขึ้นเพื่อให้เห็นจุดบกพร่องที่เป็นปัญหา หรืออุปสรรคในการเรียนเรื่องหนึ่ง ๆ ของนักเรียนเป็นรายบุคคล พร้อมทั้งสามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นได้อย่างถูกต้อง

หรือในบางโอกาสอาจพบจุดเด่นหรือความสามารถพิเศษของผู้เรียนจากการใช้แบบสอบวินิจฉัย (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ซึ่งผลการวินิจฉัยนำมาเพื่อการแก้ไขข้อบกพร่องและส่งเสริมการเรียนของผู้เรียนได้อย่างถูกต้องและตรงจุดตลอดจนสามารถนำมาใช้ให้การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนของครูให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นสอดคล้องตามหลักการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

ครูสามารถใช้แบบสอบวินิจฉัยเป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินผลระหว่างเรียนและการประเมินสรุปผลในภาคการศึกษา ถ้าครูผู้สอนใช้เครื่องมือนี้เป็นแบบสอบระหว่างภาค เครื่องมือนี้จะทำให้เข้าใจระดับความรู้ มโนทัศน์ก่อนการเรียนและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนก่อนจะมีการเรียนการสอนของผู้เรียน ดังนั้นครูผู้สอนจะมีความระมัดระวังในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บางอย่างเพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการเรียน หรือสามารถสอนผู้เรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเป็นรายบุคคลหรือกำหนดงานให้ผู้เรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับเดียวกันเรียนรู้ร่วมกัน หรือกลุ่มที่เป็นเหมือนกันจะได้รับการพัฒนาและปรับปรุงเป็นพิเศษ ถ้าครูใช้การทดสอบวินิจฉัยในการประเมินสรุปผล เครื่องมือนี้จะแสดงให้เห็นผลกระทบของวิธีการเรียนการสอนด้านบวกและลบซึ่งทั้งผู้เรียนและผู้สอนจะได้รับข้อมูลย้อนกลับจากการเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบในรายวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ตั้งแต่ สองระดับ สามระดับจนถึงสี่ระดับ ส่วนใหญ่จะมีเพียงการพัฒนาและหาคุณภาพเครื่องมือทั้งคุณภาพรายข้อและคุณภาพทั้งฉบับ เช่น งานวิจัยของ Caleon and Subramaniam (2010) ที่พัฒนาแบบเลือกตอบสามระดับเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง คลื่น งานวิจัยของ Sreenivasula and Subramaniam (2013) ที่พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ เรื่องเทอร์โมไดนามิกในนิสิตนักศึกษา งานวิจัยของ Kiray and Simsek (2020) ที่พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับเพื่อหาความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง ความหนาแน่นของคุณครูวิทยาศาสตร์ในประเทศตุรกี งานวิจัยของ Tumanggor et al. (2020) ได้พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับเพื่อหาความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องคลื่นในรายวิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาที่จะจบไปเป็นครูฟิสิกส์ในประเทศอินโดนีเซีย งานวิจัยของ Bayuni et al. (2018) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีเรื่องสารและการเปลี่ยนแปลงของสารของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 งานวิจัยของ Anam et al. (2019) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาแบบวินิจฉัยสี่ระดับในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการถ่ายเทความร้อนของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และงานวิจัยของ Qonita et al. (2020) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับสำหรับเนื้อหาเรื่องเวกเตอร์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบบสอบวินิจฉัยในงานดังกล่าวมีการหาค่าความตรงตามเนื้อหาด้วยการพิจารณาค่าดัชนี

ความสอดคล้องของความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและพิจารณาคุณภาพทั้งฉบับด้วยการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคจากการสังเคราะห์งานของ Qonita and Ermawat (2020) พบว่า แบบสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับจะให้ผลการวินิจฉัยที่มีความตรงมากกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับเนื่องจากมีการจำแนกกลุ่มที่ตอบผิดเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกจากกลุ่มที่ตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ชัดเจนกว่าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า มีแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสองระดับ สามระดับและสี่ระดับ มีจุดเด่นที่สอดคล้องกันคือประหยัดเวลาในการวินิจฉัย การตรวจให้คะแนนมีความปรนัย มีหลักฐานน่าเชื่อถือเกี่ยวกับความตรง และสามารถใช้สอบกับผู้เรียนจำนวนมากได้พร้อม ๆ กัน ซึ่งสอดคล้องกับสภาพการทำงานของครูในปัจจุบัน แต่แบบเลือกตอบวินิจฉัยสองระดับมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถระบุกลุ่มผู้เรียนที่ตอบผิดเพราะขาดความรู้อย่างชัดเจน (Gurel et al., 2015) ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับสามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มที่ตอบผิดออกเป็นตอบผิดเพราะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ออกจากกันได้แต่แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับสามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนออกเป็นกลุ่มที่ตอบด้วยมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ และตอบผิดด้วยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกจากกันได้ชัดเจนกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ เนื่องจากการตอบความมั่นใจในภาพรวมของการตอบในแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับเป็นการตอบแยกกันระหว่างความมั่นใจในการตอบระดับคำตอบและความมั่นใจในการตอบระดับเหตุผล ทำให้ได้ข้อมูลการวินิจฉัยที่ละเอียดกว่าแบบเลือกตอบสามระดับ แต่แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับให้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกันในระดับปานกลาง และแบบสอบวินิจฉัยทั้งสองฉบับให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ไม่แตกต่างกัน (ธนบดี อินหาดกรวด, 2554) สำหรับแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นโดยการเพิ่มการวาดรูปหรือข้อสอบอัตนัยเป็นกลไกที่สามารถเป็นตัวแทนของการแสดงออกด้านความคิด ความเข้าใจ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้ดีและการเพิ่มการวาดรูปอาจทำให้จำแนกกลุ่มผู้เรียนได้ดีมากกว่าแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับทั่วไป

การเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีเน้นการพัฒนาประเทศให้มีความทันสมัยโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาพัฒนาในด้านการศึกษา การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการศึกษา การจัดการเรียนการสอนออนไลน์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งการเรียนรู้ทั่วโลก เรียนได้ทุกที่ ทุกเวลาตามความสะดวกผ่านสมาร์ทโฟน ไอแพด และคอมพิวเตอร์ การเรียนออนไลน์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในระบบการศึกษาทั้งเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เรียน และการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ส่งผลให้ทั้งโรงเรียน และมหาวิทยาลัยที่อยู่พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบได้นำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์มาใช้จัดการเรียนการสอน ด้านการวัดและ

การประเมินผลได้เปลี่ยนจากการทดสอบเป็นการประเมินจากชิ้นงานและการจัด การสอบออนไลน์ผ่านระบบต่าง ๆ ทั้ง Google Form, Microsoft form และ Edufarm เห็นได้ว่า การทดสอบยังคงมีอยู่เพื่อเป็นการวัดผลผู้เรียน นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาระบบการทดสอบต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผู้เรียนและวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนให้สอดคล้องตามนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการ

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ เพื่อเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ วิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบสอบทั้งสองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์รวมทั้งตรวจสอบคุณภาพระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปใช้ในการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในระดับที่สูงขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรม

2. คำถามวิจัย

1) แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ให้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกันหรือไม่ อย่างไร

2) แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ให้ผลการวินิจฉัยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ อย่างไร

3) ระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์มีองค์ประกอบอะไรบ้าง อย่างไร

4) คุณภาพของระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างไร

3. วัตถุประสงค์วิจัย

1) เพื่อเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์

2) เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์

3) เพื่อพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) เพื่อตรวจสอบคุณภาพระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

4. สมมติฐานการวิจัย

การวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับแบบใหม่ในงานวิจัยนี้เป็นแบบสอบวินิจฉัยที่มีชุดของคำถามและตัวเลือกในระดับคำตอบและระดับเหตุผลเป็นชุดเดียวกัน มนัสสิริ อินทร์สวาท (2559) ระบุว่าแบบสอบวินิจฉัยที่มีชุดคำถามและตัวเลือกเป็นชุดเดียวกันแต่มีการวัดระดับความมั่นใจในภาพรวมด้วยมาตรวัดต่างระดับกัน ให้ผลการวินิจฉัยที่ไม่แตกต่างกัน จากการศึกษาของ Gurel และคณะ (2015) ให้ข้อเสนอแนะว่าแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับมีการแบ่งการตอบระดับความมั่นใจออกเป็นสองตอนคือ ความมั่นใจของการตอบระดับคำตอบ กับความมั่นใจของการตอบระดับเหตุผล ซึ่งเป็นการตอบระดับความมั่นใจที่ละเอียดกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับที่ตอบระดับความมั่นใจในภาพรวม และจากการศึกษาของธนบดี อินหาดกรวด (2560) ระบุว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับให้ผลการวินิจฉัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงไม่แตกต่างกัน และจากการศึกษาของ Anam และคณะ (2020) ระบุว่าการวาดภาพเป็นเครื่องมือที่แสดงการคิดและการสื่อสารโดยไม่ต้องคำนึงถึงการฝึกฝน และเป็นทักษะกระบวนการที่ทำให้เห็นภาพ ตีความหมายของข้อมูลและการแสดงมโนทัศน์และความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นในการสอบวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีสมมติฐานว่า 1) แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับสี่ระดับแบบใหม่ที่จะให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน และ 2) เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์แล้วแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่น่าจะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีขอบเขตดังต่อไปนี้

1. เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยเป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้หลัก 6 ข้อคือ 1) หาระยะทางระหว่างจุดสองจุด และจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง 2) หาความชันของเส้นตรง และใช้ความชันในการอธิบายเกี่ยวกับเส้นขนานและเส้นตั้งฉาก 3) เขียนกราฟและหาสมการเส้นตรง 4) หาระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน 5) เขียนกราฟและหาสมการวงกลม วงรี พาราโบลาและไฮเพอร์โบลา และ 6) ใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา

2. แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยข้อสอบแต่ละข้อแบ่งการตอบเป็น 3 ระดับได้แก่ ระดับที่ 1 เป็นระดับเนื้อหาความรู้เนื้อหาสำคัญ ระดับที่ 2 เป็นระดับเหตุผลวัดเหตุผลที่สนับสนุนการตอบ และระดับที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจในภาพรวมของการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ ว่านักเรียนมีความมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าการตอบในระดับคำตอบ และระดับเหตุผลเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

3. แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยข้อสอบแต่ละข้อแบ่งการตอบเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 เป็นระดับเนื้อหาความรู้เนื้อหาสำคัญ ระดับที่ 2 เป็นระดับเหตุผลวัดเหตุผลที่สนับสนุนการตอบ ระดับที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจในภาพรวมของการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ ว่านักเรียนมีความมั่นใจมากน้อยเพียงใดว่าการตอบในระดับคำตอบ และระดับเหตุผลเป็นคำตอบที่ถูกต้อง และระดับที่ 4 เป็นการเลือกรูปภาพและระบุพิกัดส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์

4. แบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มได้แก่ 1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) 2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP) 3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN) 4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC) 5) นักเรียนที่ขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC) และ 6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK) (Caleon & Subramaniam, 2010; Gurel et al., 2015; Sreenivasulu & Subramaniam, 2013; Yang Der-Ching & Lin Yung-chi, 2015; มนัสสิริ อินทร์สวาท, 2559; ธนบดี อินหาดกรวด, 2560)

5. ระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เป็นระบบออนไลน์ โดยเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา PHP Hypertext Preprocessor เป็นการเขียนโปรแกรมบนเว็บ (Web-based Programming) จะเก็บโค้ดคำสั่งหรือสคริปต์ทั้งหมดที่เขียนขึ้นมาไว้บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่เดียว (Web Server) และให้ผู้ใช้งาน (Client) เรียกใช้งานโปรแกรมผ่านเว็บเบราว์เซอร์ต่าง ๆ เช่น Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera, Safari เพื่อเข้าสู่ระบบการทดสอบของผู้เรียน

6. นิยามเชิงปฏิบัติการ

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ หมายถึง ความเข้าใจไม่ถูกต้องของนักเรียนเกี่ยวกับความรู้เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ซึ่งในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เป็นรายผลการเรียนรู้ 6 ข้อ ได้แก่ 1) หาระยะทางระหว่างจุดสองจุด และจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง 2) หาความชันของเส้นตรง และใช้ความชันในการอธิบายเกี่ยวกับเส้นขนานและเส้นตั้งฉาก 3) เขียนกราฟและหาสมการเส้นตรง 4) หาระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน 5) เขียนกราฟและหาสมการวงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา และ 6) ใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่วิชาคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ หมายถึง ชุดข้อคำถามที่ตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ แบบสอบปรนัยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ โดยแบ่งเป็น 2 แบบทดสอบ คือ แบบสอบวินิจฉัยสามระดับในแต่ละข้อคำถาม ประกอบด้วยคำถาม 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นระดับคำตอบ (A tier) เป็นคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นระดับเหตุผล (R tier) วัดเหตุผลที่สนับสนุนการตอบระดับแรกด้วยคำถามแบบปรนัยจำนวน 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจ (C tier) ในภาพรวมของการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ คือ มั่นใจ และ ไม่มั่นใจ และแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในแต่ละข้อคำถาม ประกอบด้วยคำถาม 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นระดับคำตอบ (A tier) เป็นเนื้อหาความรู้เนื้อหาสำคัญด้วยคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นระดับเหตุผล (R tier) วัดเหตุผลที่สนับสนุนการตอบระดับแรกด้วยคำถามแบบปรนัยจำนวน 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจ (C tier) ในภาพรวมของการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ คือ มั่นใจ และ ไม่มั่นใจ และส่วนที่ 4 เป็นการวาดรูปประกอบการตอบคำถาม (D tier) เป็นการเลือกรูปภาพและระบุพิกัดส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์

ระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ระบบการทดสอบผ่านเว็บไซต์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ เพื่อวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ให้ผู้เข้ารับการทดสอบนำไปพัฒนาและปรับปรุงตนเอง โดยกระบวนการทำงานของระบบมี 3 ขั้นตอน คือ 1) การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบการทดสอบ 2) การดำเนินการทดสอบ และ 3) การรายงานผลการทดสอบ

คู่มือการใช้งานระบบการวินิจฉัย หมายถึง เอกสารการใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ ประกอบด้วยคู่มือ 2 ฉบับ คือ คู่มือสำหรับผู้ใช้งาน และคู่มือสำหรับผู้ดูแลระบบ

การตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่ หมายถึง การพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง แม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ตามสิ่งบ่งชี้คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ได้แก่ ความตรงและความเที่ยงของแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยความตรงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

คือ ด้านความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) และความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related validity) ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ส่วนด้านความเที่ยง ใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

การตรวจสอบคุณภาพของระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแนวใหม่ หมายถึง การตรวจสอบการทำงานระบบวินิจฉัย มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและการประเมินจากนักเรียน โดยใช้แบบประเมิน 2 ชุด เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) แบ่งเป็น แบบประเมิน การใช้งานอินเทอร์เฟซ (User interface: UI) เป็นการประเมินการใช้ประโยชน์ของระบบการทดสอบออนไลน์ในประเด็นดังนี้ 1) ข้อกำหนด (Requirement) 2) การออกแบบระบบการทดสอบ (Conceptual Design) 3) รายละเอียดการออกแบบระบบการทดสอบ (Detailed Design) และ 4) การใช้งานระบบการทดสอบ (Implementation) และแบบประเมินประสบการณ์ของผู้ใช้งานระบบการทดสอบ (User Experience: UX) ในประเด็นดังนี้ 1) การใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ 2) การออกแบบระบบการทดสอบออนไลน์ และ 3) ความรู้สึกต่อระบบการทดสอบออนไลน์

ผลการวินิจฉัย หมายถึง ร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มที่ถูกจัดกลุ่มเป็นกลุ่มตามรูปแบบการตอบแต่ละข้อแล้วนำมาหาฐานนิยมเพื่อเป็นผลวินิจฉัยในรายมโนทัศน์หลัก โดยพิจารณารูปแบบการตอบจากแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่จะเป็นดังตารางที่ 15 ซึ่งสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มได้แก่

1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)
2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP)
3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN)
4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)
5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC)
6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ได้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ที่คุณภาพที่คุณครูสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนการเรียนในระดับที่สูงขึ้น

2) ครูผู้สอนสามารถนำแนวทางการสร้างแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ไปประยุกต์ใช้เพื่อการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ เป็นแนวทางในการสอนซ่อมเสริมเพื่อให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนตามศักยภาพของแต่ละบุคคล และประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบสอบวินิจฉัยในเนื้อหาสาระอื่น ๆ

3) ได้ระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ที่มีมาตรฐานเหมาะสมกับผู้เรียนที่สามารถนำข้อมูลไปพัฒนาตนเอง

4) ได้ทราบแนวทางและขั้นตอนในการพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ เพื่อให้ครูผู้สอนและผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาเป็น 5 ตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้ ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบวินิจฉัย ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาและการตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ ตอนที่ 4 การพัฒนาระบบการทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ และตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละตอนดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบวินิจฉัย

แนวคิดเกี่ยวกับการทดสอบวินิจฉัยหลายระดับ สามารถแบ่งเป็นหัวข้อย่อยในการนำเสนอดังนี้ 1) ความหมายและรูปแบบของการวินิจฉัย 2) วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการวินิจฉัย และ 3) แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1. ความหมายและรูปแบบของการวินิจฉัย

1.1.1 ความหมายของการวินิจฉัย

การวินิจฉัย ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า Diagnostic หรือ Diagnosis ซึ่งพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554 ให้ความหมายของการวินิจฉัยว่า ตัดสิน ชี้ขาด (ราชบัณฑิตยสถาน, 2554) ซึ่งส่วนใหญ่เราจะพบคำว่าวินิจฉัยในทางการแพทย์ เช่น การวินิจฉัยโรค หรือในทางพฤติกรรมศาสตร์ เพื่อศึกษาพฤติกรรม แก้ไขหรือปรับปรุงพฤติกรรม เป็นต้น

ในทางการศึกษาเป็นการมุ่งเน้นการศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้ นักเรียนที่ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้เดียวกันอาจไม่เกิดการเรียนรู้เหมือนกัน เนื่องจากความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งทำให้นักเรียนที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวมีพฤติกรรมแตกต่างออกไปจากคุณลักษณะที่ต้องการ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือนักเรียนไม่เกิดการเรียนรู้หรือเรียนรู้ได้น้อยกว่าวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งจะต้องมีกระบวนการวินิจฉัยทางการศึกษาเพื่อคัดกรองนักเรียนกลุ่มดังกล่าวแล้วหาวิธีการจัดการเรียนรู้หรือซ่อมเสริมเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างถูกต้อง ในทางการศึกษานั้นมีผู้ให้ความหมายของการวินิจฉัยไว้ดังนี้

Hopkins and Antes (1990) อธิบายว่า การวินิจฉัยเป็นการตัดสินใจจุดอ่อน จุดแข็งของนักเรียนหรือข้อบกพร่องของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการเรียนรู้

อมรรัตน์ สร้อยสังวาล (2551) การวินิจฉัย หมายถึง การใช้วิธีการหรือกระบวนการเพื่อจำแนก ระบุ กำหนด เปรียบเทียบ ค้นหา ทดสอบหรือตรวจพิจารณาให้เห็นจุดเด่น จุดด้อย ปัญหา อุปสรรค และสาเหตุที่เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล รวมทั้งกระบวนการดำเนินงานของโรงเรียน โดยมีเป้าหมายเพื่อการปรับปรุง แก้ไขและพัฒนา

ปรารถนา พลอภิชาต (2556) กล่าวว่า การวินิจฉัยเป็นการระบุข้อบกพร่องของพฤติกรรมความคิดหรือสิ่งผิดปกติในตัวบุคคล ด้วยวิธีการทดสอบที่เหมาะสม เพื่อแก้ไขหรือปรับปรุงพฤติกรรมที่ผิดปกตินั้น การเลือกวิธีการวินิจฉัยขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้ใช้ว่าต้องการวินิจฉัยนักเรียนในระดับใด และข้อมูลที่ต้องการมีลักษณะอย่างไร

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น อาจสรุปความหมายของการวินิจฉัยได้ว่า การวินิจฉัย หมายถึง วิธีการหรือกระบวนการเพื่อพิจารณาค้นหา จำแนก ระบุ กำหนดและตัดสินข้อบกพร่องของนักเรียนเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการเรียนรู้ให้เห็นถึงจุดเด่น จุดด้อย ปัญหา อุปสรรคและสาเหตุเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ไขหรือปรับปรุงข้อบกพร่องที่ค้นพบนั้นต่อไป ตัวอย่างการวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนรู้ เช่น ด้านคณิตศาสตร์ ใช้แบบวัดการคิดคำนวณ ข้อบกพร่องทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ด้านภาษา ใช้แบบวัด การอ่าน เขียน สะกดคำเพื่อพิจารณาข้อบกพร่องในการเรียนรู้ด้านภาษา

1.1.2 รูปแบบและระดับการวินิจฉัยทางการศึกษา

การวินิจฉัยทางการศึกษาเป็นกระบวนการตัดสินข้อบกพร่องทางการเรียนรู้ของนักเรียน สำหรับการที่ใช้วินิจฉัยทางการศึกษานั้น มีผู้ศึกษารูปแบบและระดับการวินิจฉัยไว้ดังนี้

ศิริเดช สุชีวะ (2538) แบ่งรูปแบบและวิธีการวินิจฉัยทางการศึกษาออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1) รูปแบบการวินิจฉัยที่ไม่เป็นทางการ (Informal diagnosis) การวินิจฉัยที่ไม่เป็นทางการเป็นการค้นหาข้อบกพร่องด้วยวิธีง่าย ๆ ไม่มีแบบแผนที่แน่นอนโดยใช้วิธีการ เช่น การสังเกต การสอบถาม การสัมภาษณ์ การตรวจผลงานหรือแบบฝึกหัด การตรวจการแสดงวิธีทำของนักเรียน เป็นต้น

2) รูปแบบการวินิจฉัยที่เป็นทางการ (Formal diagnosis) เป็นการหาข้อบกพร่องของนักเรียนโดยใช้วิธีการและเครื่องมือที่เป็นระบบมีแบบแผน เช่น 1) การใช้แบบสอบวินิจฉัย หรือการวินิจฉัยจากการตอบข้อสอบ 2) การใช้ดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนการตอบข้อสอบ 3) การใช้วิธีการ Rule space ของ Tatsuoka 3) การย้อนรอยการคิด 4) การวินิจฉัย

ลำดับชั้นของ Leighton และคณะ หรือ 5) การวินิจฉัยทางพุทธิปัญหาด้วยโมเดล DINA หรือ Heartel Underhill (1972) ได้แบ่งระดับของการวินิจฉัยไว้ 3 ระดับ ซึ่งสอดคล้องกับการแบ่งระดับของการวินิจฉัยของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2539) ดังนี้

1) การวินิจฉัยระดับทั่วไป (General diagnostic) การวินิจฉัยระดับทั่วไปเป็นการวินิจฉัยเพื่อสำรวจระดับความสามารถทั่วๆไปของนักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ส่วนเป็นแบบสอบ ทั้งแบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครูสร้างและแบบสอบมาตรฐาน การวินิจฉัยอาจเทียบเกณฑ์ปกติ (Norm) ทำให้ทราบข้อบกพร่องในภาพกว้าง

2) การวินิจฉัยระดับวิเคราะห์ (Analytical diagnostic) การวินิจฉัยระดับวิเคราะห์เป็นการวินิจฉัยระดับเฉพาะ (Specific level) โดยเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียน เพื่อให้ทราบข้อบกพร่องของนักเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์มักดำเนินการภายหลังจากการวินิจฉัยแบบทั่วไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดลึกซึ้งมากขึ้น

3) การวินิจฉัยระดับคลินิก (Clinical diagnostic) การวินิจฉัยระดับคลินิกเป็นการวินิจฉัยระดับละเอียดซึ้ง (Intensive level) เพื่อหาสาเหตุของปัญหา หรือข้อบกพร่องที่ซับซ้อนในตัวนักเรียน ดังนั้นการใช้ข้อมูลจากแหล่งใดแหล่งหนึ่งเพียงแหล่งเดียวจึงไม่พอ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งประกอบกัน เช่น การใช้ข้อมูลจากการทดสอบ การสังเกต การสัมภาษณ์ การศึกษาสภาพครอบครัว เป็นต้น

กระทรวงศึกษาธิการ (2551) กล่าวว่า เป็นการประเมินเพื่อวินิจฉัยเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อค้นคว้าหาว่า ผู้เรียนรู้อะไรมาแล้วบ้างเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียน สิ่งที่รู้มาก่อนถูกต้องหรือไม่ เป็นการประเมินในลักษณะการประเมินก่อนเรียน ประเมินรายบุคคล และประเมินเฉพาะเรื่อง เช่น ปัญหาการออกเสียงไม่ชัด แล้วหาวิธีปรับปรุงเพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาและเรียนรู้ขั้นต่อไป วิธีการประเมินใช้ได้ทั้งการสังเกต การสนทนา การสอบถาม หรือการใช้แบบสอบ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2551) ให้ความหมายของการประเมินเพื่อการวินิจฉัยว่า เป็นการประเมินเพื่อวินิจฉัยหาสาเหตุของปัญหาการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน เช่น ปัญหาเกี่ยวกับผู้เรียน สิ่งแวดล้อม เนื้อหาวิชา เป็นต้น เพื่อที่จะได้แก้ไขให้ถูกต้องตรงประเด็น เครื่องมือในการวินิจฉัยอาจจะเป็นแบบสอบมาตรฐานเพื่อวินิจฉัย แบบสอบวินิจฉัยที่ครูสร้างขึ้น หรือเทคนิคการสังเกต

กล่าวโดยสรุป การวินิจฉัยทางการศึกษาเป็นกระบวนการประเมินโดยมีเป้าหมายหลักเพื่อตัดสินข้อบกพร่องการเรียนรู้ของนักเรียนหรือพิจารณาว่าสิ่งที่นักเรียนในระหว่างการเรียนการสอนนั้นเข้าใจถูกต้องหรือไม่ โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) การวินิจฉัยแบบไม่เป็นทางการ

ทำได้ด้วย การสังเกต การสัมภาษณ์ การคิดออกเสียง การตรวจแบบฝึกหัด เช่น การถามตอบในระหว่างการจัดการเรียนการสอน การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างการเรียนการสอน 2) การประเมินแบบเป็นทางการด้วยการใช้เครื่องมือวินิจฉัยต่าง ๆ เป็นการหาข้อบกพร่องของนักเรียนโดยใช้วิธีการและเครื่องมือที่เป็นระบบมีแบบแผน เช่น การใช้แบบสอบวินิจฉัยตามโมเดลต่าง ๆ การวินิจฉัยลำดับชั้นของ Leighton et al. (2004) 3) การประเมินแบบผสมผสาน คือใช้วิธีผสมผสานระหว่างการประเมินแบบเป็นทางการกับการประเมินแบบไม่เป็นทางการ ส่วนระดับของการประเมินจำแนกตามระดับของการประเมินจำแนกตามระดับของข้อมูลที่ได้รับจากการวินิจฉัยแบ่งออกเป็น 1) การวินิจฉัยแบบทั่วไป เพื่อสำรวจระดับความสามารถทั่ว ๆ ไปของนักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม เช่น การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทียบกับการเกณฑ์ทำให้ทราบว่านักเรียนคนในอยู่ในการเรียนผ่านเกณฑ์หรือ ไม่ผ่านเกณฑ์ แต่ยังไม่สามารถระบุสาเหตุของปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนได้ 2) การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์ เป็นการวินิจฉัยเพื่อหาสาเหตุของปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น ส่วนใหญ่ดำเนินการหลังการจัดการเรียนการสอนจากการวินิจฉัยทั่วไปเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดลึกซึ้ง 3) การวินิจฉัยแบบคลินิกเป็นการวินิจฉัยเพื่อหาสาเหตุของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่ซับซ้อนในตัวนักเรียนต้องใช้การรวบรวมข้อมูลจากหลายๆแหล่งเพื่อการวินิจฉัย เช่น การใช้ข้อมูลจากการทดสอบ การสังเกต การสัมภาษณ์ การศึกษาสภาพครอบครัว เป็นต้น

1.2 วิธีวินิจฉัยและเครื่องมือที่ใช้วินิจฉัย

การวินิจฉัยทางการศึกษาทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการหรือทั้งระดับทั่วไป ระดับวิเคราะห์ และระดับคลินิก เป็นการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาตัดสินผลการวินิจฉัยทางการศึกษา ซึ่งมีวิธีการวินิจฉัยและเครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลดังรายละเอียดต่อไปนี้

Gurel, Eryilimaz and Mcdermott (2015) จำแนกวิธีการวินิจฉัยทางการศึกษาทั้งในรูปแบบที่ไม่เป็นทางการและรูปแบบที่เป็นทางการ ออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ 1) การสัมภาษณ์ 2) การทดสอบด้วยแบบทดสอบที่เป็นคำถามปลายเปิด (Open-ended tests) 3) การทดสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบระดับต่าง ๆ (Multiple-tier multiple multiple-choice tests)

1) การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการวินิจฉัยแบบไม่เป็นทางการ แต่เป็นวิธีการที่มีความสำคัญเนื่องจากการสัมภาษณ์จะให้ข้อมูลในเชิงลึก การสัมภาษณ์ในการวินิจฉัยทางคลินิกอาจได้ข้อมูลที่เป็นโครงสร้างทางความคิดของนักเรียน การสัมภาษณ์เป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายและยืดหยุ่นไปตามสภาพการณ์ อาจจะเป็นการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคลหรือสัมภาษณ์พร้อมกันเป็นกลุ่มก็ได้ แต่การสัมภาษณ์เป็นวิธีการที่ใช้เวลานาน หากใช้ผู้สัมภาษณ์จำนวนมากก็ต้อง

เสียเวลาอบรมผู้สัมภาษณ์เพื่อให้ได้ผลการสัมภาษณ์ ที่มีความตรงตามสภาพ นอกจากนี้ผลการสัมภาษณ์ยังประมวลผลได้ยากและมีอคติจากการสัมภาษณ์ด้วย

2) การทดสอบด้วยแบบสอบที่เป็นคำถามปลายเปิด วิธีการนี้นิยมใช้ทั่วไปในการวินิจฉัยในทางการศึกษาของสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา นักเรียนผู้เข้าทดสอบจะต้องใช้เวลามากเพื่อคิดและเขียนอธิบาย สามารถตอบได้อย่างอิสระตามความคิดของนักเรียน แต่การตรวจคำตอบเพื่อประเมินผลหรือวินิจฉัยข้อบกพร่องทำได้ยากเนื่องจากบางครั้งนักเรียนขาดความกระตือรือร้นที่จะเขียนตอบ

3) การทดสอบด้วยแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ การวินิจฉัยด้วยวิธีการนี้เป็นการวินิจฉัยในมุมกว้าง ถ้าจะใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึกอาจใช้การสัมภาษณ์ภายหลังจากที่ได้ใช้การทดสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบร่วมด้วย ข้อดีของการทดสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบมีดังนี้ 1) สามารถทดสอบเนื้อหาหลาย ๆ ประเด็นได้ในเวลาที่รวดเร็ว 2) สามารถใช้วัดทักษะทางพุทธพิสัยและทักษะการเรียนรู้ในหลาย ๆ ระดับ 3) การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยและมีความเที่ยงสูง 4) ตรวจให้คะแนนได้ง่ายและรวดเร็ว 5) เป็นวิธีการที่เหมาะสำหรับนักเรียนที่มีทักษะการเขียนต่ำ 6) มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบเป็นรายข้อเมื่อมีการกำหนดคุณลักษณะในการวัดหลายคุณลักษณะ และ 7) ได้ข้อมูลผลการวินิจฉัยที่มีคุณค่าและทันท่วงทีเพื่อที่สามารถนำไปใช้สัมภาษณ์เพื่อค้นหาข้อมูลการวินิจฉัยในเชิงลึก ส่วนข้อจำกัดของการทดสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบได้แก่ 1) คำตอบที่นักเรียนตอบถูกอาจเกิดจากการเดา 2) แบบสอบแบบเลือกตอบเพียงอย่างเดียวไม่สามารถอธิบายความเข้าใจในเชิงลึกของนักเรียนได้ 3) นักเรียนถูกบังคับให้เลือกตอบในตัวเลือกที่มี ซึ่งนักเรียนอาจไม่ได้มีความคิดตรงกับตัวเลือกที่มีให้ และ 4) การสร้างแบบสอบแบบเลือกตอบให้มีคุณภาพดีทำได้ยาก

กล่าวโดยสรุป การวินิจฉัยทางการศึกษาทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการมีวิธีการวินิจฉัยและเครื่องมือที่ใช้ ในการรวบรวมข้อมูล 4 วิธี ได้แก่ 1) การสัมภาษณ์เป็นวิธีการวินิจฉัยแบบไม่เป็นทางการ แต่มีความสำคัญมากเนื่องจากสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกได้ ซึ่งมีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่นตามสถานการณ์ ทำได้ง่าย อาจสัมภาษณ์เป็นรายคนหรือรายกลุ่มก็ได้ รวมทั้งอาจได้ข้อมูลเป็นโครงสร้างทางความคิดในการวินิจฉัยคลินิก ส่วนข้อจำกัด คือ ใช้เวลานาน การควบคุมอารมณ์ของผู้สัมภาษณ์ในกรณีที่เจอผู้สัมภาษณ์ที่หลากหลาย ประมวลผลได้ยากและอาจเกิดอคติจากการสัมภาษณ์ 2) การทดสอบด้วยแบบทดสอบที่เป็นคำถามปลายเปิด 3) การทดสอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบระดับต่าง ๆ เป็นการวินิจฉัยกว้าง ข้อดี คือ สามารถทดสอบได้หลาย ๆ เนื้อหา ง่าย รวดเร็ว มีความเป็นปรนัยและความเที่ยงสูงเหมาะกับนักเรียนที่มีทักษะการเขียนต่ำ ส่วนข้อจำกัด คือ คำตอบที่ถูกอาจเกิดจากการเดา ไม่สามารถอธิบายข้อมูลเชิงลึกได้

จำกัดความคิดในการตอบของนักเรียนจากตัวเลือกที่กำหนดทำแบบทดสอบให้มีคุณภาพได้ยากและใช้เวลามากในการพัฒนาข้อสอบ

1.3 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย

Anam et al. (2020) ได้อธิบายแนวคิดการพัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ 1) แบบทดสอบแบบเลือกตอบหรือแบบสอบวินิจฉัยหนึ่งระดับ 2) แนวคิดเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัยสองระดับ 3) แนวคิดเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัยสามระดับ และ 4) แนวคิดเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับ

1.3.1 แบบทดสอบแบบเลือกตอบหรือแบบสอบวินิจฉัยหนึ่งระดับ

แบบทดสอบวินิจฉัยล่าสุดที่ถูกใช้คือแบบทดสอบวินิจฉัยหลายระดับซึ่งถูกพัฒนาขึ้นจากข้อสอบเลือกตอบแบบหรือแบบสอบวินิจฉัยหนึ่งระดับทั่วไป แม้ว่าข้อสอบแบบเลือกตอบมีประโยชน์หลายด้าน เช่น ความถูกต้องแน่นอน ความง่ายในการให้คะแนน การจัดการและการวิเคราะห์ ความครอบคลุมในวงกว้างของหัวข้อ ความยืดหยุ่นในการวัดระดับทักษะการเรียนรู้ และทักษะการตระหนักรู้ แบบทดสอบแบบเลือกตอบมีข้อเสียเช่นกัน ตัวอย่าง เช่น นักเรียนอาจใช้วิธีเดาคำตอบ แบบทดสอบแบบนี้ยังไม่สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับคำตอบของนักเรียนรวมถึงความเข้าใจเชิงมโนคติ นอกจากนี้ แบบทดสอบมีตัวเลือกให้เลือกจำกัด ดังนั้นนักเรียนจึงไม่สามารถตอบคำตอบของตัวเองได้อีกทั้งยังมีความยากในการเขียนตัวเลือกตอบที่ดี ด้วยข้อเสียต่าง ๆ เหล่านี้ บรรดานักวิจัยจึงพัฒนาข้อสอบแบบเลือกตอบสอง สาม และสี่ระดับ เพื่อที่จะได้เครื่องมือที่ดีที่สุดในการวัดความเข้าใจของนักเรียน

1.3.2 แนวคิดเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัยสองระดับ

แบบทดสอบวินิจฉัยแบบต่อไป คือ แบบทดสอบที่ให้ข้อมูลมากกว่าวิธีเดิม ๆ ได้แก่ แบบสอบถามปลายปิด (Close-ended questionaires) ที่จำกัดความคิดเห็นแม้เพิ่มข้อคำถามปลายเปิดแล้วแต่พบว่าผู้ตอบไม่ตอบหรือแสดงเหตุผลในช่องว่างที่เติมให้ และแบบทดสอบปรนัยมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถแสดงเหตุผลในการตอบ แต่อย่างไรก็ตามแบบทดสอบวินิจฉัยสองระดับยังมีข้อจำกัด ได้แก่ การเดา และไม่สามารถแยกการพร่องความรู้ (lack of knowledge) ออกจากมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบทดสอบวินิจฉัยสองระดับประกอบด้วย ระดับแรก (first tier) ของแบบทดสอบ คือ ส่วนเนื้อหาในการตอบ (Content) ระดับที่สอง (second tier) คือ ส่วนเหตุผลของการตอบ (reasons) โดยส่วนใหญ่รูปแบบข้อสอบในระดับที่ 1 เป็นปรนัยหลายตัวเลือก และในระดับที่ 2 เป็นปรนัยหลายตัวเลือกและอาจมีการเพิ่มตัวเลือกตอบปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม นอกจากนี้แบบทดสอบเลือกตอบสองระดับยังมีความแตกต่างจากแบบทดสอบเลือกตอบแบบทั่วไป คือ คำตอบของคำถามหลักที่นักเรียนเลือก ต่างจากคำถาม

เลือกตอบแบบสี่คำตอบทั่วไป เพียงหนึ่งในสองตัวเลือกเท่านั้นที่ถูกต้อง ในขณะที่ความเป็นไปได้ของการทายคำตอบที่ถูกต้อง คือ 25% ในคำถามแบบสองตัวเลือก ความเป็นไปได้ของความถูกต้องในการเดาลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญ และเท่ากับประมาณ 6% แบบทดสอบประเภทนี้มีความเป็นไปได้ที่จะใช้วัดว่านักเรียนมีความเข้าใจผิดหรือไม่และเพื่อวัดระดับความเข้าใจมโนคติ เพราะแบบทดสอบสองระดับสามารถวัดความรู้เชิงอธิบาย หรือการจัดการความรู้ของนักเรียนได้ อย่างไรก็ตาม แบบทดสอบระดับสองมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถแยกแยะข้อผิดพลาดเพราะขาดความรู้จากข้อผิดพลาดเพราะการปรากฏข้อความคิดที่เป็นทางเลือก และแบบทดสอบดังกล่าวยังไม่สามารถแยกแยะการตอบสนองที่ถูกต้องเพราะความเข้าใจที่เพียงพอ ดังนั้น แบบทดสอบสองระดับอาจประเมินความคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงหรือต่ำเกินไป

1.3.3 แนวคิดเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัยสามระดับ

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับ คือ แบบทดสอบที่มีรูปแบบการตอบในแต่ละข้อแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 เป็นระดับคำตอบ เป็นข้อสอบแบบตัวเลือก 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 เป็นระดับเหตุผล เป็นข้อสอบแบบตัวเลือก 4 ตัวเลือก และระดับที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจหรือระดับความเชื่อมั่นในการตอบ (Confidence tier) เป็นการแสดงความมั่นใจในการตอบของนักเรียนซึ่งวัดในรูปแบบการให้คะแนน 0, 1 คือมั่นใจ และไม่มั่นใจ หรือใช้มาตรวัดประมาณค่า 4 ระดับ 6 ระดับ หรือดัดแปลง Likert’s scale 6 ระดับเป็นมาตรวัดแบบช่วง (interval scale) จาก 0% ถึง 100% และจำแนกระดับความรู้ของนักเรียนเป็นกลุ่มโดยใช้ดัชนีการตอบสนองที่แน่นอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อใดต่อไปนี้สัมพันธ์กับความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมมากที่สุด

<u>การตอบระดับความรู้</u>

ก. นายเอตาบอดสีเหมือนพ่อ

ข. ด.ญ.บีได้รับเชื้อ HIV ตั้งแต่แรกเกิดจากแม่

ค. ซีเสียชีวิตด้วยอาการหัวใจวายเฉียบพลัน

ง. ด.ช.ดีติดเชื้อหัดเยอรมันตั้งแต่อยู่ในท้องแม่

<u>การตอบระดับเหตุผล</u>

ก. ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่ได้รับติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด

ข. ลักษณะทางพันธุกรรมคือลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ถูกควบคุมด้วยสารพันธุกรรมและถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกหลานได้

ค. ลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะที่แสดงออกมาอาจเกิดความแปรผันจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

ง. ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่แสดงออกมา สามารถบ่งบอกได้ว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นมีลักษณะอย่างไร

<u>การตอบระดับความมั่นใจ</u>

5	4	3	2	1	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ

ประเภทนี้ถูกใช้เพื่อประเมินว่าคำตอบที่ได้รับจากแบบทดสอบวินิจฉัยสองระดับแรกเป็นเพราะความเข้าใจผิดหรือขาดความรู้ นักวิจัยได้รับการสนับสนุนให้พัฒนาแบบทดสอบวินิจฉัยหลายระดับ ที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งนอกจากเนื้อหาและเหตุผลแล้วแบบทดสอบยังประกอบด้วยระดับเพิ่มเติมอีก ระดับหนึ่ง กล่าวคือ ระดับความมั่นใจ ในแบบทดสอบสามระดับ ระดับแรก คือ แบบทดสอบเลือกตอบแบบธรรมดา ระดับที่สอง คือ แบบทดสอบเลือกตอบเชิงเหตุผล และแบบทดสอบระดับสามใช้วัดระดับความมั่นใจของนักเรียนในการให้คำตอบแก่แบบทดสอบสองระดับแรก ในแบบทดสอบสามระดับคำตอบจะถูกต้อง ถ้าทั้งตัวเลือกและเหตุผลถูกต้อง

และตอบด้วยความมั่นใจในระดับสูง ถ้าคำตอบของนักเรียนไม่ถูกต้องทั้งตัวเลือกและเหตุผลด้วยความมั่นใจในระดับสูงคำตอบที่ไม่ถูกต้องจะถูกถือว่าเป็นความเข้าใจผิด

Arslan (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนภาวะเรือนกระจก เมื่อเกิดภาวะการบางลงของชั้นโอโซน และภาวะฝนกรด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความมั่นใจที่มีต่อลักษณะของการตอบโดยไม่มีความรู้และลักษณะการตอบที่เกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์เกี่ยวกับปัญหาสภาพแวดล้อมในบรรยากาศ ได้แก่ ภาวะโลกร้อน ภาวะเรือนกระจกภาวการณ์บางลงของชั้นโอโซนและภาวะฝนกรดของครูก่อนประจำการในประเทศตุรกี ขนาดตัวอย่างในงานวิจัยนี้มีจำนวน 157 คน เครื่องมือวิจัย คือแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในบรรยากาศซึ่งแบบสอบวินิจฉัยนี้พัฒนามาจากแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสองระดับผลการวิจัย พบว่า ค่าความเที่ยงจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach alpha reliability coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.74 เป็นค่าความเที่ยงในระดับสูง และจากการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิมีผลพิจารณาว่ามีความตรงเชิงเนื้อหา เมื่อพิจารณาสหสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากการตอบถูกในระดับคำตอบและระดับเหตุผล (Both-tier score) แต่ระดับความมั่นใจของข้อสอบแต่ละข้อมีความสัมพันธ์กันเชิงบวกในระดับปานกลางและสามารถแยกความแตกต่างของการตอบด้วยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนออกจากการตอบโดยไม่มีความรู้ การวินิจฉัยนี้ยังพบว่าครูก่อนประจำการมีความเข้าใจที่จำกัดเกี่ยวกับปัญหาสภาพแวดล้อมในบรรยากาศ และมีรูปแบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนรวมกัน 6 รูปแบบ

Taslidere (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาและการใช้แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโทอิเล็กทริก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการหาคุณภาพด้านความตรงและการนำไปใช้ของแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 243 คน จาก 6 โรงเรียนในประเทศตุรกี การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโทอิเล็กทริกนี้เริ่มจากการสำรวจรูปแบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยคำถามปลายเปิดและการสัมภาษณ์ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ ผลการศึกษาปรากฏว่าค่าความเที่ยงเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมีค่าเท่ากับ 0.83 เป็นความเที่ยงในระดับสูงการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาแล้วว่ามีความตรงผลการวินิจฉัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่จำกัดเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก และมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 5 มโนทัศน์ ได้แก่ 1) การเพิ่มขึ้นของความเข้มแสงจะ

ทำให้โฟตอนมีพลังงานมากพอที่จะปลดปล่อยอิเล็กตรอน 2) ปรากฏการณ์โฟโทอิเล็กทริกเกิดจากการเกิดเป็นประจุของอะตอมซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับแสง 3) ลำแสงที่โฟตอนมีพลังงานน้อยกว่ารูปแบบการทำงานจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนพร้อมกับช่วยเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้า 4) จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับพลังงานของโฟตอน และ 5) โฟตอนมีพลังงานจลน์และพลังงานจลน์นี้ขึ้นอยู่กับสีของแสง

จากงานวิจัยของ Arslan (2012) และ Taslidere (2016) มีความสอดคล้องกันในเรื่องของการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบด้วยการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ การพิจารณาความเที่ยงด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค และสามารถระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เข้าสอบได้กับช่วยเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้า 4) จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับพลังงานของโฟตอน และ 5) โฟตอนมีพลังงานจลน์และพลังงานจลน์นี้ขึ้นอยู่กับสีของแสง

จากงานวิจัยของ Arslan (2012) และTaslidere (2016) มีความสอดคล้องกันในเรื่องของการพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบด้วยการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ การพิจารณาความเที่ยงด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค และสามารถระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เข้าสอบได้

แบบทดสอบเหล่านี้สามารถแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจผิดของนักเรียนได้แม่นยำมากขึ้น เนื่องจากแบบทดสอบสามารถตรวจจับเปอร์เซ็นต์ของความขาดความรู้ด้วยระดับความมั่นใจ สิ่งนี้ช่วยให้ผู้ใช้แบบทดสอบได้รับเปอร์เซ็นต์ความเข้าใจผิดซึ่งปราศจากความผิดพลาดเชิงบวก ความผิดพลาดเชิงลบ และการขาดความรู้ ประโยชน์ของแบบทดสอบเหล่านี้ คือ ความสามารถในการแยกแยะการขาดความรู้ของนักเรียนออกจากความเข้าใจผิด ดังนั้น แบบทดสอบดังกล่าวจึงถูกพิจารณาว่าสามารถประเมินความเข้าใจผิดของนักเรียนได้ในทางที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือเมื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบสองระดับ อย่างไรก็ตามแบบทดสอบสามระดับ ระดับความมั่นใจอ้างถึงระดับหนึ่งและระดับสอง ดังนั้นสิ่งนี้อาจประเมินสัดส่วน การขาดความรู้ต่ำไปและประเมินคะแนนนักเรียนสูงไป ด้วยเหตุนี้ อีกหนึ่งระดับจึงมีความจำเป็นเพื่อปรับปรุงแบบทดสอบวินิจฉัยหลายระดับ

1.3.4 แนวคิดเกี่ยวกับแบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับ

แบบทดสอบวินิจฉัยที่ถูกพัฒนาขึ้นล่าสุดคือแบบทดสอบสี่ระดับ แบบทดสอบสี่ระดับถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำให้แบบทดสอบระดับสามสมบูรณ์ ในเชิงความสัมพันธ์ แบบทดสอบสองระดับแรก คือ แบบทดสอบเลือกตอบแบบธรรมดาพร้อมสิ่งรบกวนซึ่งสร้างความเข้าใจผิดแบบเฉพาะ ระดับสองแบบทดสอบเรียกร้องความมั่นใจของคำตอบในคำถามระดับที่หนึ่ง ระดับที่สาม

ของแบบทดสอบถามถึงเหตุผลในการตอบคำถามระดับแรก และในระดับที่สี่เรียกร้องความมั่นใจของคำตอบ (เหตุผล) ในระดับสาม

ข้อใดต่อไปนี้สัมพันธ์กับความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมมากที่สุด

<u>การตอบระดับความรู้</u>

ก. นายเอตาบอดสีเหมือนพ่อ

ข. ด.ญ.บีได้รับเชื้อ HIV ตั้งแต่แรกเกิดจากแม่

ค. ซีเสียชีวิตด้วยอาการหัวใจวายเฉียบพลัน

ง. ด.ช.ดีติดเชื้อหัดเยอรมันตั้งแต่อยู่ในท้องแม่

<u>การตอบระดับความมั่นใจของคำตอบระดับความรู้</u>

5	4	3	2	1	0

<u>การตอบระดับเหตุผล</u>

ก. ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่ได้รับติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด

ข. ลักษณะทางพันธุกรรมคือลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ถูกควบคุมด้วยสารพันธุกรรมและถ่ายทอดจากพ่อแม่สู่ลูกหลานได้

ค. ลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะที่แสดงออกมาอาจเกิดความแปรผันจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม

ง. ลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่แสดงออกมา สามารถบ่งบอกได้ว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นมีลักษณะอย่างไร

<u>การตอบระดับความมั่นใจของคำตอบระดับเหตุผล</u>

5	4	3	2	1	0

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Caleon (2005) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับเพื่อวัดธรรมชาติของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องคลื่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับและ การนำไปใช้ ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับนี้พัฒนามาจากแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสองระดับซึ่งประกอบด้วยการวัดในระดับคำตอบหรือการวัดระดับความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและการวัดระดับเหตุผลหรือการวัดความรู้เกี่ยวกับการอธิบายจากนั้นเพิ่มระดับความเชื่อมั่นเข้าไปในการสอบระดับคำตอบและการสอบระดับเหตุผลตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 598 คน ในประเทศสิงคโปร์ผลการวิจัย พบว่าความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยระดับความเชื่อมั่นสัมพันธ์กับคะแนนเฉลี่ยของการตอบระดับคำตอบมากกว่าคะแนนเฉลี่ยของการตอบระดับเหตุผล แสดงให้เห็นว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสามารถที่จะแยกแยะระหว่างสิ่งที่นักเรียนรู้กับสิ่งที่นักเรียนไม่รู้ออกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับหัวข้อการทดสอบที่นักเรียนคุ้นเคยนักเรียนจะมีการตอบที่ถูกต้องและมีระดับความความมั่นใจสูงและท้ายสุดพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องคลื่น 9 มโนทัศน์

Sreenivasulu (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจของนิสิตนักศึกษาเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิกส์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความเข้าใจของนิสิตนักศึกษาเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิกส์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ และเปรียบเทียบความสอดคล้องของการวัดด้วยแบบสอบวินิจฉัยกับผลการสัมภาษณ์ ตัวอย่างในการวิจัยนี้คือนิสิตนักศึกษาจำนวน 296 คน ที่ศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยในประเทศสิงคโปร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ 1 ฉบับจำนวน 30 ข้อ และแบบสัมภาษณ์ผลการวิจัย พบว่า นิสิตนักศึกษามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเทอร์โมไดนามิกส์จำนวน 34 มโนทัศน์ นอกจากนี้ยัง พบว่าข้อที่ตอบถูกไม่ได้มีระดับความมั่นใจที่สูงมากสะท้อนให้เห็นว่าเนื้อหาของเทอร์โมไดนามิกส์เป็นเรื่องที่ยากที่จะทำความเข้าใจและเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสูง เห็นได้จากผลการทดสอบที่ได้จากแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับที่นักเรียนมีคะแนนต่ำ

Der-Ching Yang (2015) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินในภาคปฏิบัติในเด็กอายุ 10 ถึง 11 ปี และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสำนึกด้านตัวเลขโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปฏิบัติของนักเรียนและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับสำนึกด้านตัวเลขด้วยแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนอายุ 10 ถึง 11 ปี จำนวน 195 คน ในสาธารณรัฐจีน (ไต้หวัน) เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับ 1 ฉบับ จำนวน 40 ข้อ มีแนวโน้มที่มีความมั่นใจระดับคำตอบมีค่าเท่ากับระดับเหตุผล นักเรียน ที่เลือกคำตอบถูกต้องหรือเหตุผลถูกต้องมีค่าเฉลี่ยความมั่นใจสูงกว่านักเรียนที่ตอบผิดและพบว่ามี 16 มโนทัศน์ที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับรุนแรง

งานวิจัยของ Caleon (2005), Sreenivasulu (2013) และ Der-Ching Yang (2015) มีความเห็นที่สอดคล้องกันในประเด็นของการวัดระดับคำตอบและระดับเหตุผลด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก การวัดระดับความมั่นใจด้วยมากประมาณค่าของลิเคิร์ต ระดับความมั่นใจของข้อสอบที่นักเรียนตอบถูกจะมีค่าสูง การพิจารณาความเที่ยงด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค และสามารถระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เข้าสอบได้

แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับนี้ยังสามารถระบุความเข้าใจผิดบางอย่างทั้งในคำตอบและเหตุผล และให้ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความมั่นใจ ในการใช้ข้อมูลดังกล่าว อาจเป็นการดีกว่าหากคุณครูพัฒนาเพื่อที่จะเข้าใจธรรมชาติของความเข้าใจผิดของนักเรียนและท้ายที่สุดสามารถสนับสนุนความก้าวหน้าของนักเรียน กระบวนการเรียนรู้ซึ่งไม่ถูกรวมในแบบสอบถามหลายระดับและให้นักเรียนเสนอรวามคิดเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือรู้ความคิด โดยการให้อธิบายกับคำตอบที่ถูกเลือกไว้แล้วแก่แบบทดสอบ

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาและการตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาและการตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบ สามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ สามารถแบ่งเป็นหัวข้อย่อยในการนำเสนอ ดังนี้ 1) การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่ระดับ และ 2) การตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติของแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่

แบบสอบวินิจฉัยเป็นแบบสอบที่มุ่งเน้นความตรงเชิงเนื้อหา เพื่อมุ่งวินิจฉัยนักเรียน ว่ามีปัญหาการเรียนรู้หรือไม่ อย่างไร ซึ่งมีแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยดังต่อไปนี้

2.1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์โดย Qonita and Ermawati (2020) พบว่า แบบสอบวินิจฉัยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. การกำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบสอบวินิจฉัย เป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายว่าจะสร้างแบบสอบวินิจฉัยในระดับชั้นใด และสาระการเรียนรู้เรื่องใด

2. ศึกษาทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสอบวินิจฉัยเป็นการศึกษาทางทฤษฎี

เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คู่มือครู หลักสูตร แบบเรียนตลอดจนวิธีการเขียนข้อสอบเพื่อให้ทราบขอบเขตเนื้อหา จุดมุ่งหมายของแบบสอบวินิจฉัย และเพื่อใช้เป็นแนวทางสร้างแบบสอบวินิจฉัย

3. วิเคราะห์เนื้อหา และจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ และเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อเป็นแบบแผนในการสร้างแบบสอบให้ครอบคลุมเนื้อหา และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาหลักสูตร

4. สร้างแบบสอบเพื่อสำรวจการเขียนข้อสอบในแบบสอบเพื่อสำรวจควรเขียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งแบบสอบเพื่อสำรวจที่พบมีหลายประเภท เช่น แบบเติมคำ แบบเลือกตอบแบบสัมภาษณ์ และแบบความเรียง

5. การตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นของแบบทดสอบเพื่อสำรวจโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาการจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

6. การทดสอบเพื่อสำรวจข้อบกพร่องและรวบรวมคำตอบที่ผิด ขั้นตอนนี้เป็นการนำแบบทดสอบเพื่อสำรวจไปทดสอบกับนักเรียนเพื่อสำรวจจุดบกพร่องและรวบรวมคำตอบที่ผิด โดยรวบรวมคำตอบที่นักเรียนส่วนมากตอบผิดมาเป็นตัวลวงในการสร้างแบบสอบวินิจฉัย

7. สร้างแบบสอบวินิจฉัย เป็นการสร้างแบบสอบวินิจฉัยโดยดัดแปลงมาจากแบบสอบเพื่อสำรวจ และนำคำตอบที่นักเรียนส่วนมากตอบผิดในแบบสอบเพื่อสำรวจมาเป็นตัวลวง ซึ่งตัวลวงแต่ละตัวสามารถค้นหาสาเหตุของความบกพร่องของนักเรียนในลักษณะต่าง ๆ ได้

8. การตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นของแบบสอบวินิจฉัยโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

9. การทดลองใช้แบบสอบเป็นการนำแบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับนักเรียน

10. การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ ขั้นตอนนี้เป็นการคัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบเพื่อให้ได้ค่าความยากและอำนาจจำแนกที่ต้องการหลักเกณฑ์ในการเลือกข้อสอบคือ ข้อสอบมีค่าความยากตั้งแต่ .65 ขึ้นไปและมีค่าอำนาจจำแนกเป็นบวก

11. การหาคุณภาพแบบสอบและวิเคราะห์จุดบกพร่องขั้นตอนนี้เป็นการหาคุณภาพแบบสอบโดยการหาค่าสถิติพื้นฐานค่าความยากค่าอำนาจจำแนกค่าความเที่ยงและค่าความตรงของแบบสอบและทำการวิเคราะห์จุดบกพร่องของตัวลวงในแบบสอบวินิจฉัยแต่ละข้อที่นักเรียนตอบผิดว่าบกพร่องจุดใด

12. จะทำคู่มือและพิมพ์เป็นรูปเล่มหลังจากการหาคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยแล้วจึงจัดทำคู่มือการใช้แบบสอบและจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากขั้นตอนการสร้างแบบสอบวินิจฉัยดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้เป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ 1) กระบวนการวางแผนการวินิจฉัยโดยการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์ของการวินิจฉัย 2) กระบวนการสำรวจมโนทัศน์ เป็นกระบวนการเพื่อค้นหารูปแบบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลได้ทั้งการสังเกต สัมภาษณ์ หรือการทดสอบด้วยแบบสอบนำร่องที่ได้สร้างขึ้น แบบสอบนำร่องอาจเป็นแบบสอบที่เป็นคำถามปลายเปิดหรือแบบสอบแบบเลือกตอบที่ให้นักเรียนให้เหตุผลการต่อด้วย การเขียนอย่างอิสระ เป็นต้น 3) กระบวนการสร้างและพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยเป็นกระบวนการที่นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจรูปแบบมโนทัศน์ที่คาดเคลื่อนมาเป็นฐานในการสร้างแบบสอบวินิจฉัยทดลองใช้ศึกษาคุณภาพของแบบสอบและพัฒนาให้เป็นแบบสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์

2.2 การตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

การตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติของแบบสอบวินิจฉัยความตรงเป็นคุณสมบัติประการแรกที่ต้องตรวจสอบ ความตรงสามารถจำแนกได้ตามวัตถุประสงค์ของการวัดได้ 2 ประเภท คือ

1) ความตรงตามเนื้อหา หมายถึง ความสามารถของแบบสอบวินิจฉัยในการวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและตัวแทนของมวลเนื้อหาที่มุ่งวัด โดยการพิจารณาด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจากผู้ทรงคุณวุฒิ

2) ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถของแบบสอบวินิจฉัยในการวัด มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอก คือ ผลการวินิจฉัยจากครูผู้สอนด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง (thinking aloud)

เทคนิคการคิดออกเสียง หมายถึง กระบวนการแสดงความคิดทางสมองโดยการพูดออกเสียงสะท้อนความคิด ทำให้ทราบถึงกระบวนการคิดและวิธีการแก้ปัญหาของผู้ที่คิดออกเสียงนักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษาเทคนิคการคิดออกเสียง มีรายละเอียดดังนี้

Duffy, Roehler, and Beth (1998) ได้สรุปแนวคิดการคิดออกเสียงว่าเป็นวิธีที่แสดงถึงกระบวนการคิดขณะอ่าน ทำให้ผู้อ่านเข้าใจความคิดขั้นสูง เช่น การประเมินความเข้าใจ การตั้งคำถามกับตัวเองก่อนอ่าน ขณะอ่านและหลังอ่าน

สุดารัตน์ มนต์นิมิต (2545) ได้อธิบายว่าการคิดออกเสียงเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการคิดแก้ปัญหา โดยให้ผู้แก้ปัญหาพูดรายงานความคิด และกระบวนการทำออกมาในขณะที่อยู่ในกระบวนการคิด อาจมีการบันทึกพฤติกรรมที่คาดหมายโดยการบันทึกวิดีทัศน์นอกจากนี้เทคนิคการคิดออกเสียงสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบายประสบการณ์

ในการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ ของแต่ละบุคคล การนำเทคนิคการคิดออกเสียงไปใช้ในการวิจัยทำให้ทราบถึงรูปแบบการเรียนรู้ เจตคติ ความสนใจ และความสามารถของนักเรียนอีกด้วย

บุษยารัตน์ จันทร์ประเสริฐ (2550) ได้กล่าวถึงการคิดออกเสียงว่าเป็นการแสดงความคิดทางสมอง ออกมาเป็นถ้อนคำขณะอ่าน เพื่อให้ผู้เรียนและผู้ฟังทราบถึงกระบวนการคิดในการทำความเข้าใจ ความเห็นและความรู้สึกที่มีต่อบทความที่อ่าน

จากการศึกษาความคิดเกี่ยวกับเทคนิคการคิดออกเสียงสามารถสรุปความหมายได้ว่า การคิดออกเสียง หมายถึง การบวนการแสดงความคิดทางสมอง โดยการพูดออกเสียงสะท้อนความคิด ทำให้ทราบถึงกระบวนการคิดและวิธีการแก้ปัญหาของผู้ที่คิดออกเสียง

นอกจากนี้การให้ผลสอบที่ใกล้เคียงเดิมเมื่อผู้สอบคนเดิมทำการสอบซ้ำภายใต้สภาพการทดสอบเหมือนเดิม คุณสมบัติความคงเส้นคงวาของคะแนนที่ได้จากแบบสอบ เรียกว่าความเที่ยงของแบบสอบ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบวินิจฉัยซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยง ส่วนใหญ่ใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เช่น งานวิจัยของ Caleon and Subramaniam(2010), Pesman and Eryilmaz(2010) Dogan and Demirci (2011)

เทคนิคของการแบ่งครึ่งข้อสอบเพื่อนำคะแนนนั้นสองส่วนมาคำนวณความสัมพันธ์สำหรับประมาณค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในของแบบสอบนั้น สามารถขยายแนวคิดไปใช้กับการแบ่งแบบสอบออกเป็นมากกว่า 2 ส่วน หรือ K ส่วน เมื่อคำนวณความแปรปรวนของคะแนนแต่ละส่วนและความแปรปรวนของคะแนนรวมสามารถนำไปใช้ประมาณค่าความเที่ยงสอดคล้องภายในได้

Cronbach (1951) ได้เสนอสูตรกรณีทั่วไปสำหรับประมาณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ซึ่งรู้จักกันดีในชื่อสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ดังนี้

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum\sigma_i^2}{\sigma_x^2}\right]$$

เมื่อ α = สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบสอบ

σ_i^2 = ความแปรปรวนของคะแนนส่วนที่ 1 (หรือข้อที่ 1)

σ_x^2 = ความแปรปรวนของคะแนนรวม x

K = จำนวนส่วน (component) ที่นำมารวมเป็น x (หรือจำนวนข้อสอบ)

ในการประมาณค่าจากตัวอย่างวิจัยสูตรมีลักษณะเป็นดังนี้

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_x^2}\right]$$

การใช้สูตรคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ α มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า แบบสอบถูกแบ่งออกเป็น k ส่วน แต่ละส่วนอาจเป็นกลุ่มข้อสอบหรือข้อสอบแต่ละข้อก็ได้ ถ้าแต่ละส่วนมีความทัดเทียมกัน หรือมีคะแนนจริงของแต่ละส่วนเป็นฟังก์ชันเชิงบวกต่อกัน ค่า α จึงจะเป็นค่าที่ถูกต้องของความเที่ยงของแบบสอบ แต่ส่วนต่างๆไม่ทัดเทียม ค่า α จะเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าที่ถูกต้องของความเที่ยงของแบบสอบ นอกจากนี้ α จะเป็นค่าประมาณความเที่ยงของแบบสอบได้ดี ก็ต่อเมื่อแบบสอบนั้นมุ่งวัดคุณลักษณะเดียว (One trait)

วิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับประมาณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เพราะสะดวกในการนำใช้ เนื่องจากทำการทดสอบกลุ่มผู้สอบเพียงครั้งเดียว และยังสามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางกับแบบสอบที่ให้คะแนนแบบ 0, 1 หรือให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก หรือกำหนดคะแนนแบบมาตรประมาณค่า (Rating scale) หรือแม้แต่ข้อสอบแบบอัตนัย (Essay test)

จากการสังเคราะห์งานวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ด้านความตรงเชิงเนื้อหาโดยการพิจารณาด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจากผู้ทรงคุณวุฒิ ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค และความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์

การเสนอสาระสำคัญในตอนนี้ แบ่งได้ 4 หัวข้อ คือ ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ความสำคัญของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การศึกษาการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ และแนวคิดเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

3.1 ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ มีนักการศึกษาหลายท่านสามารถสรุปได้ดังนี้

สุวัฒนา เอี่ยมพรรณ (2549) ได้กล่าวว่า คำว่า concept แปลว่าความคิดรวบยอด มโนคติหรือมโนทัศน์ แต่ในทางคณิตศาสตร์ mathematics concept ขอใช้คำว่ามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มีมากมาย แต่ต้องมีความหมายที่ถูกต้องและตรงกัน เพราะเป็นสิ่งที่มนุษย์คิดขึ้นอาจจะเป็นรูปธรรมที่สามารถเข้าใจได้ง่าย หรือเป็นนามธรรมซึ่งอาจจะเข้าใจไม่ได้ตรงกัน

อัมพร ม้าคะนอง (2547) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความคิดที่สามารถทำให้มนุษย์จัดกลุ่ม หรือแยกแยะวัตถุ/เหตุการณ์ว่า เป็นตัวอย่างหรือไม่เป็นตัวอย่างของความคิดที่เป็นนามธรรมของการของสิ่งต่างๆหรือการจัดกลุ่มของเหตุการณ์ใดที่เป็นตัวอย่าง เช่น คำว่าเซต สับเซต รูปสามเหลี่ยม ลูกบาศก์ (เป็นการจัดกลุ่มของสิ่งต่าง ๆ) การเท่ากันการไม่เท่ากัน (เป็นการจัดกลุ่มของเหตุการณ์) เป็นต้น

Coney (1975), Eggen (1999), เกษสุดา บูรณพันศักดิ์ (2545), โกวิทย์ ทองอยู่ (2533), พรรณทิพย์ ม้ามณี (2520), หทัยรัตน ยศแผ่น (2556) และ อรญา อัญโย (2553) ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดสำคัญ ความเข้าใจในศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการจดจำเก็บใจความหรือเนื้อหาที่เรียนได้ อันเกิดจากความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการเรียนรู้ โดยรวมข้อคิดที่เหมือนกัน แล้วนำไปสู่ข้อสรุปด้วยการอนุมาน หรือความเข้าใจที่ได้ออกมาในรูปของบทนิยาม ทฤษฎีบท และสมบัติต่างๆ ของวิชาคณิตศาสตร์ รวมทั้งสามารถจัดประเภทของสิ่งเร้าที่เหมือนกันเข้าด้วยกันหรือเป็นหมวดหมู่ แยกความแตกต่างของสิ่งเร้าที่ไม่สัมพันธ์กันออกจากกัน สามารถเอาไปใช้หรือสร้างเป็นกรณีทั่วไปได้ อันเป็นความหมายที่กว้างกว่าความเข้าใจธรรมดา รวบรวมคุณสมบัติที่เป็นองค์ประกอบร่วมของสิ่งที่เราประสบพบเห็น แล้วสามารถกำหนดสัญลักษณ์หรือความหมายแทนคุณสมบัติดังกล่าวได้ เช่น ให้ความหมายรูปสามเหลี่ยมว่า รูปสามเหลี่ยมประกอบด้วยด้านสามด้าน และเขียนสัญลักษณ์ “ ” แทนรูปสามเหลี่ยม เป็นต้น (เมธี ลิมอักษร, 2524 อ้างถึงใน หทัยรัตน์ ยศแผ่น, 2556)

จากหลายแนวคิดของนักการศึกษาทั้งหลายสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความคิดสำคัญและความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งๆหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดจากประสบการณ์ การเรียนรู้ ทักษะ และการคิดแยกแยะ ให้ออกมาเป็นรูปธรรม หรือเป็นนามธรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2 ความสำคัญของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาและวิเคราะห์ถึงการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ไข่มุก เลื่องสุนทร (2552) ได้กล่าวถึงความสำคัญการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การวัดความคิดในเชิงนามธรรมทางคณิตศาสตร์ หรือการวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยในระดับความเข้าใจ ซึ่งความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์นั้น ทำให้สามารถสรุปความหมายของสิ่งที่ได้รับจากการเรียนการสอนตามความเข้าใจของตนเอง รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้วนั้นมาสัมพันธ์กัน เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด ดังนั้นข้อสอบมโนทัศน์ในทางคณิตศาสตร์จึงเป็น

ข้อสอบที่ถามเกี่ยวกับข้อเท็จจริงหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์และต้องการคำตอบที่เป็นผลลัพธ์ของปัญหา โดยนักเรียนจะต้องสรุปความหมายความรู้คณิตศาสตร์นั้นๆ ได้ตามความเข้าใจของตนเอง

การเรียนการสอนคณิตศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ จะต้องประกอบไปด้วยสภาพความพร้อมหลายประการ เช่น นักเรียนมีความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ที่พร้อมจะเรียนเรื่องใหม่จากความรู้เดิม นักเรียนต้องอยากที่จะเรียนและอยากที่จะร่วมกิจกรรมการเรียน เป็นต้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ให้ความสำคัญของการศึกษามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (โสภาพรรณ ศิริรัตน์, 2527 อ้างถึงใน โกวิทย์ ทองอยู่, 2533) ได้แก่

1. ครูมีมโนทัศน์ที่ดีและเข้าใจลึกซึ้ง จะทำให้สามารถจัดการเรียนรู้เพื่อสื่อสารสื่อความหมายให้นักเรียนมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

2. นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ดี สามารถเรียนรู้และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีมีพื้นฐานที่จะเชื่อมโยงและคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในระดับสูงขึ้นไปได้ดี

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ เราจะเห็นความสำคัญมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความสำคัญและพยายามสร้างองค์ความรู้และวิธีการสอนที่ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่สูงขึ้น

3.3 การศึกษาการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์

การศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาการวัดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ มีดังนี้

เกษสุดา บูรณพันศักดิ์ (2545) ศึกษามโนทัศน์เรื่องฟังก์ชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำแนกตามระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ และศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่องฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2545 จากโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียน 24 คน และให้นักเรียน 307 คน ตอบแบบทดสอบมโนทัศน์เรื่อง ฟังก์ชัน โดยจำแนกมโนทัศน์เรื่องฟังก์ชันออกเป็น 4 ประเภท คือ การสร้างแบบจำลองฟังก์ชัน การแปลความหมายฟังก์ชัน การเปลี่ยนฟังก์ชันและการทำให้เป็นผลสำเร็จ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่ามัชฌิมเลขคณิตร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีมโนทัศน์เรื่องฟังก์ชันต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีระดับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีมโนทัศน์เรื่อง ฟังก์ชันต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตร้อยละ 35.53 21.30 และ 14.20 ตามลำดับ และ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่องฟังก์ชัน ดังนี้

1) นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับฟังก์ชัน ในด้านการใช้บทนิยาม สัญลักษณ์ สมบัติและตัวแปร

2) นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ในด้านการใช้สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ การใช้สูตร การคิดคำนวณ การตีความด้านภาษา การตรวจสอบ การแก้ไขปัญหาและการเขียนกราฟ

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2552) ได้สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งสรุปเป็นได้ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการตีความจากโจทย์ ด้านการใช้ทฤษฎีบท สูตร กฎ บทนิยามและสมบัติ ด้านการคิดคำนวณ และ ด้านการตรวจสอบการแก้ไขปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) การศึกษาจากงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ในบริบทประเทศไทย พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์มีประเด็นที่สำคัญ อยู่ 4 ประเด็น คือ

1) มโนทัศน์ที่ครูและนักเรียนมักเข้าใจคลาดเคลื่อน

2) การสื่อสารที่อาจทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน

3) คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความหมายของคำที่ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์

4) ความคลาดเคลื่อนลักษณะอื่น ๆ

พรธิดา สุขกรม (2557) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 จำนวน 397 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย เรื่องจำนวนจริงและเลขยกกำลัง วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาความถี่ ร้อยละและ การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า

นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์มากที่สุด คือ ประเภทการมีมโนทัศน์ที่จำกัด รองลงมา คือ การมีความเข้าใจที่บกพร่องเกี่ยวกับข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ การอ้างอิงเกินขอบเขตหรือเงื่อนไข และการตีความผิด ตามลำดับ

ลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากของการมีมโนทัศน์ที่จำกัด คือ 1) การมีมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวนตรรกยะเพียงบางส่วนโดยไม่คำนึงถึงกรณีที่เป็นค่าประมาณ 2) การมีมโนทัศน์เกี่ยวกับรากที่สอง โดยไม่ครอบคลุมไปถึงกรณีที่รากเป็นจำนวนจริงลบ 3) การมีมโนทัศน์เกี่ยวกับสมบัติของรากเพียงบางส่วนทำให้นำไปประยุกต์ใช้ไม่ถูกต้อง

การศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เราพบปัญหาของนักเรียนและผู้สอนที่เกิดจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ในหลายเนื้อหา ซึ่งเป็นเหตุให้ผู้วิจัยสนประเด็นการศึกษาการวัดโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ในวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การดำเนินการและการคำนวณที่ผิดพลาด การสื่อสารสัญลักษณ์ที่ไม่ถูกต้อง มโนทัศน์ที่เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับบทนิยาม และสมบัติต่าง ๆ เป็นต้น

นวรัตน์ ศิริโชติ (2521) ได้ศึกษาผลของวิธีสอนแบบอุปมาและอนุมานที่มีต่อการเรียนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และศึกษาความแตกต่างระหว่างเพศในการเรียนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ด้วยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 โรงเรียนกลาโหมอุทิศ ปีการศึกษา 2520 จำนวน 120 คน ชาย 60 คน หญิง 60 คน แบ่งผู้รับการทดลองเป็น 3 กลุ่มๆละ 40 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนชาย 20 คน หญิง 20 คน กลุ่มที่ 1 สอนด้วยวิธีอุปมาน กลุ่มที่ 2 สอนด้วยวิธรอนุมาน กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม ไม่มีการสอนใดๆ มโนทัศน์ที่ใช้สอนเป็นมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เซต สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองชั้น (two way analysis of variance) โดยมีวิธีสอน เพศ เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) คะแนนการสอบครั้งแรกและคะแนนการสอบครั้งหลัง เป็นตัวแปรตาม (dependent variable) ปรากฏว่า 1) ผลการเรียนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วย วิธีอุปมานและอนุมาน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชายและหญิงมีผลการเรียนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ยลนภา พลชัย (2548) ได้ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ เปรียบเทียบมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศ น์และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติและเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยกิจกรรมการเรียน การสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวังสามหมอวิทยาคาร อำเภอวังสามหมอ จังหวัดอุดรธานี ปีการศึกษา 2548 จำนวน 2 กลุ่ม เป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง 35 คน และกลุ่มควบคุม 36 คน ซึ่งนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ และนักเรียนในกลุ่มควบคุมได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยเลขคณิตร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) ผลวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ กำหนดโดย

กระทรวงศึกษาธิการ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดลการได้มาซึ่งมโนทัศน์ มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียน ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้โมเดล การได้มาซึ่งมโนทัศน์มีความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนับสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

ศิริเดช สุชีวะ (2537) ได้พัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ การวินิจฉัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับ ตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้นและวิธีการของทาทซูโอกะ วิธีการพัฒนาขึ้นมามีพื้นฐานมาจากแนวคิดการประเมินกฎ ซึ่งกล่าวว่าผู้สอบแต่ละคนมีกระบวนการคิดที่หลากหลายคำตอบที่ตรงกันอาจมาจากกระบวนการการคิดที่เหมือนกันหรือต่างกันก็ได้ ดังนั้นการประเมินกฎจากแบบการตอบทั้งชุดของผู้สอบทำให้สามารถย้อนรอยกระบวนการคิดและวินิจฉัยในมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้สอบได้ กระบวนการวินิจฉัยครั้งนี้มี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการสำรวจแบบการคิดทั้งหมดที่เป็นไปตามสังเขปของเนื้อหาที่ต้องวินิจฉัย ขั้นตอนที่สองเป็นการสร้างข้อสอบจากรูปแบบข้อสอบทั้งหมดที่เป็นไปได้ให้เป็นแบบแผน การตอบทั้งชุดสามารถย้อนรอยแบบการคิดของผู้สอบแต่ละคน และขั้นตอนที่สามเป็นการดำเนินการวินิจฉัยในมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิดและการวินิจฉัยเพื่อยืนยันแบบการคิดจากการวินิจฉัยในมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการสอบวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การบวกเลขจำนวนเต็มลบของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 240 คน พบว่า วิธีการพัฒนาขึ้นมีความคงที่ในการวินิจฉัยและมีความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์เมื่อใช้การวินิจฉัยของครูเป็นเกณฑ์ วิธีการที่พัฒนาขึ้นให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับวิธีของทาทซูโอกะและลดข้อจำกัดของวิธีการของทาทซูโอกะเกี่ยวกับการจำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งมีแบบแผนคะแนน การตอบเหมือนกันหรือมีแบบแผนคะแนนการตอบเป็นศูนย์หมดทุกข้อนอกจากนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการวิจัยตามวิธีการที่พัฒนาขึ้นในงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

วนิดา ภู่เอี่ยม (2550) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับแล้วเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบสอยวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับที่มีจำนวนมวลเนื้อหาและจำนวนข้อสอบต่อมวลเนื้อหาที่ต่างกัน กลุ่มตัวอย่าง

คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2550 จำนวน 686 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ เครื่องมือสำรวจมโนทัศน์ เรื่อง การบวกเลขจำนวนเต็มลบ เครื่องมือวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เป็นแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีการคิดออกเสียง (thinking aloud) และเครื่องมือสำรวจความคิดเห็นในการนำแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับไปใช้ในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน วิเคราะห์ข้อมูลโดย การหาค่าสถิติพื้นฐาน ตรวจสอบคุณภาพทางตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงวินิจฉัย ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในประมาณค่าสัมประสิทธิ์สรุปอ้างอิง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป GENOVA และวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัย พบว่า คุณภาพรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับมีค่าเฉลี่ยความยากเท่ากับ .63 และ .53 ค่าเฉลี่ยอำนาจจำแนกเท่ากับ .54 และ .51 ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในมีค่าเท่ากับ .84 และ .82 ตามลำดับ คุณภาพรายฉบับของแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีและแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับ พิจารณาค่าความตรงตาม เกณฑ์สัมพันธ์ของผลที่ได้จากแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์กับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีคิดออกเสียง พบว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมมีค่าเท่ากับ .601 ส่วนแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับสามารถวินิจฉัยแบบประเพณีนิยม พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์อ้างอิงของแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมมีเท่ากับ .811 ส่วนแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบสองระดับมีค่าเท่ากับ .789 แสดงว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบประเพณีนิยมมีความคงที่ในการวัดสูงกว่าแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับ การสัมภาษณ์ครู พบว่า แบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์แบบประเพณีนิยมและแบบสองระดับที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ของนักเรียน เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงสอบของแบบสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า คะแนนที่สังเกตได้ของแบบสอบวินิจฉัยแบบสองระดับ

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2552) ได้ศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องเรขาคณิตและภาคตัดกรวยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มี 4 ด้าน คือ 1) ด้านการตีความจากโจทย์ 2) ด้านการใช้ทฤษฎี สูตร กฎ บทนิยามและสมบัติ 3) ด้านการคิดคำนวณ 4) ด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหา โดยงานวิจัยได้กล่าวถึงการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนั้นมีความซับซ้อนในเชิงความคิดและมีลักษณะเป็นนามธรรม

สุริยาพร อดุลย์พงศ์ไพศาล (2552) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หาคุณภาพของ

แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชันสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ เพื่อสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนสหวิทยาเขตช่วงชั้น 3-4 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพะเยา เขต 1 จำนวน 822 คน ผลการศึกษา พบว่า ได้แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์ จำนวน 33 ข้อ และฉบับที่ 2 แบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน จำนวน 32 ข้อ คุณภาพของแบบทดสอบด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ข้อสอบทุกข้อมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ได้ค่า IOC มีค่าตั้งแต่ .86-1.00 ในด้านค่าความยากง่ายของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ .42-.63 ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ .33-.88 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งสองฉบับได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .86 และ .81 ตามลำดับ สำหรับคู่มือการใช้แบบทดสอบวินิจฉัยประกอบด้วย ความมุ่งหมายของแบบทดสอบ โครงสร้างของแบบทดสอบ ลักษณะของแบบทดสอบ การสร้างแบบทดสอบ คุณภาพของแบบทดสอบ เวลาที่ใช้ในการดำเนินการสอบ วิธีดำเนินการสอบ การตรวจให้คะแนนและการแปลผล

จะเห็นว่า มีนักการศึกษาหลายท่านที่สนใจในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้การเรียนการสอนโดยใช้โมเดลเพื่อให้ได้มาซึ่งมโนทัศน์ การใช้แบบสอบวินิจฉัย เป็นต้น จึงทำให้ผู้วิจัยเห็นความสำคัญในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสำหรับการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4 แนวคิดเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

เรขาคณิตวิเคราะห์

เรขาคณิตวิเคราะห์เป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งในคณิตศาสตร์ เพราะเรขาคณิตวิเคราะห์เป็นวิชาที่เชื่อมโยงความรู้พีชคณิตและเรขาคณิตเข้าด้วยกัน โดยเรขาคณิตวิเคราะห์ คือ วิชาที่ใช้พีชคณิตมาช่วยศึกษาเรขาคณิต มีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนนำความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยแบ่งเป็นสองหัวข้อใหญ่ คือ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

คำอธิบายรายวิชา

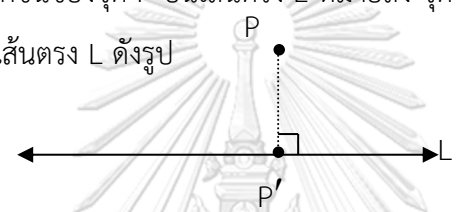
เรขาคณิตวิเคราะห์ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ ระยะทางระหว่างจุดสองจุด จุดกึ่งกลางระหว่างจุดสองจุด ความชันของเส้นตรง เส้นขนาน เส้นตั้งฉาก ความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเป็นเส้นตรง ระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุด ภาคตัดกรวย วงกลม วงรี พาราโบลา ไฮเพอร์โบลา การเลื่อนกราฟ

สาระสำคัญ

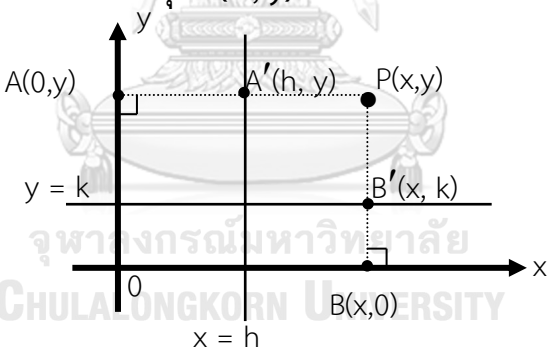
➢ **เรขาคณิตวิเคราะห์**

1. โพรเจกชัน (Projection)

โพรเจกชันของจุด P บนเส้นตรง L หมายถึง จุดบนเส้นตรง L ที่เกิดจากการลากเส้นจากจุด P มาตั้งฉากกับเส้นตรง L ดังรูป



1.1 โพรเจกชันของจุด P(x , y) บนแกนพิกัดฉาก



โพรเจกชันของจุด P(x , y) บนแกน y คือ A(0, y)

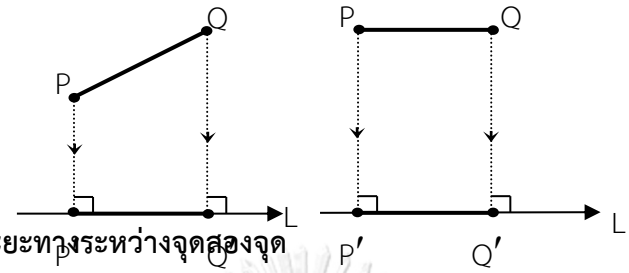
โพรเจกชันของจุด P(x , y) บนแกน x คือ B(x, 0)

โพรเจกชันของจุด P(x , y) บนเส้นตรง x = h คือ A′(h, y)

โพรเจกชันของจุด P(x , y) บนเส้นตรง y = k คือ B′(x, k)

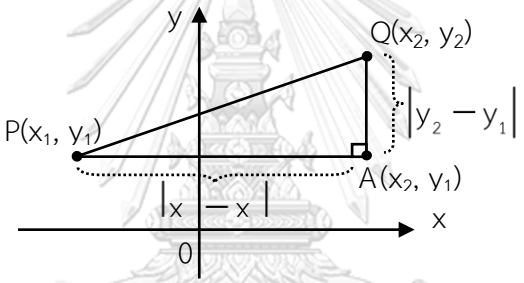
1.2 โพรเจกชันของส่วนของเส้นตรงบนเส้นตรง

โพรเจกชันของส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุด P และจุด Q บนเส้นตรง L หมายถึง ส่วนของเส้นตรงบนเส้นตรง L ที่เกิดจากการลากจุดปลายของส่วนของเส้นตรง PQ มาตั้งฉากกับเส้นตรง L



2. ระยะทางระหว่างจุดสองจุด

กำหนดจุด $P(x_1, y_1)$ และ จุด $Q(x_2, y_2)$ ดังรูป จากจุด P ลากเส้นตรงขนานกับแกน x และจากจุด Q ลากเส้นตรงขนานกับแกน y ตัดกันเป็นมุมฉากที่จุด A



จากการสร้างดังกล่าว จะได้ $PA = |x_2 - x_1|$ และ $QA = |y_2 - y_1|$ และ ! PQA เป็นสามเหลี่ยมฉาก ดังนั้นโดยทฤษฎีบทปีทาโกรัส จะได้ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1, y_1)$ และจุด $Q(x_2, y_2)$ ดังนี้

$$\boxed{PQ = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม

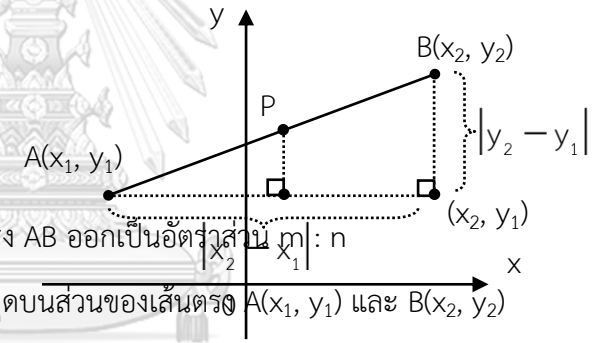
ให้ $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ และ $C(x_3, y_3)$ เป็นจุดยอดของรูปสามเหลี่ยม ABC จะได้ว่า

พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม $ABC = \frac{1}{2}, \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \\ x_1 & y_1 \end{vmatrix}$ $\begin{matrix} \left.\begin{matrix} \\ \\ \end{matrix}\right\} x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_1 \\ \left.\begin{matrix} \\ \\ \end{matrix}\right\} x_1y_3 + x_3y_2 + x_2y_1 \end{matrix}$

$$= \frac{1}{2} \times |(x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_1) - (x_1y_3 + x_3y_2 + x_2y_1)|$$

4. จุดแบ่งของส่วนของเส้นตรง

ให้ $P(x, y)$ เป็นจุดบนส่วนของเส้นตรง $A(x_1, y_1)$ และ $B(x_2, y_2)$

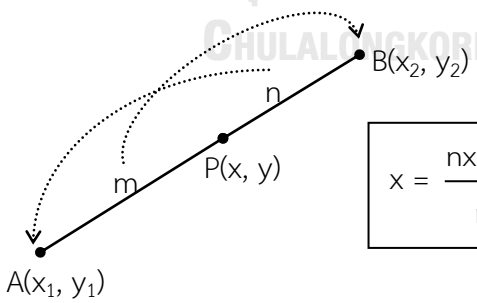


โดยสมบัติสามเหลี่ยมคล้ายจะได้

4.1 จุดที่แบ่งส่วนของเส้นตรง AB ออกเป็นอัตราส่วน m : n

ให้ $P(x, y)$ เป็นจุดบนส่วนของเส้นตรง $A(x_1, y_1)$ และ $B(x_2, y_2)$

โดยที่อัตราส่วน $|\overline{AP}| : |\overline{PB}| = m : n$ จะได้ว่า



$$\boxed{x = \frac{nx_1 + mx_2}{n + m} \quad \text{และ} \quad y = \frac{ny_1 + my_2}{n + m}}$$

4.2 จุดกึ่งกลางระหว่างจุดสองจุด

ให้ $P(x , y)$ เป็นจุดกึ่งกลางระหว่างจุด $A(x_1, y_1)$ และ จุด $B(x_2, y_2)$ จะได้ว่า

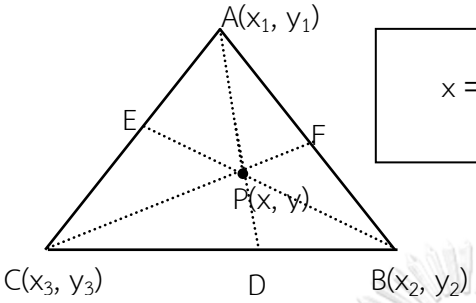
4.3 $$\boxed{P(x , y) = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}\right)}$$ จุดตัดกันของเส้นมัธย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฐาน

ให้ $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ และ $C(x_3, y_3)$ เป็นจุดยอดของรูปสามเหลี่ยม ABC

โดยมี P(x, y) เป็นจุดตัดของเส้นมัธยฐาน จะได้ว่า

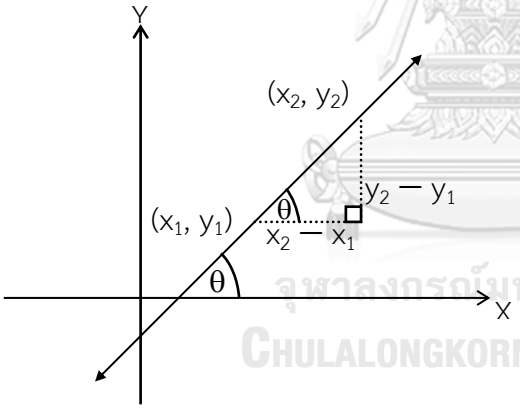


$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, \quad y = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}$$

โดย $\frac{|\overline{AP}|}{|\overline{PD}|} = \frac{|\overline{BP}|}{|\overline{PE}|} = \frac{|\overline{CP}|}{|\overline{PF}|} = \frac{2}{1}$

5. ความชันของเส้นตรง

ถ้าเส้นตรงผ่านจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) แล้ว ความชันของเส้นตรงหาได้จาก

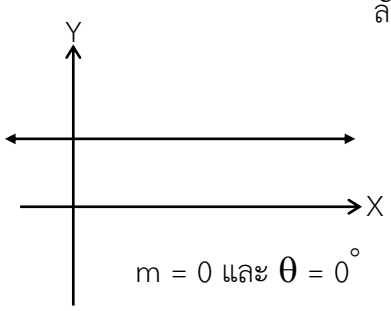


ให้ m แทนความชันของเส้นตรง $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

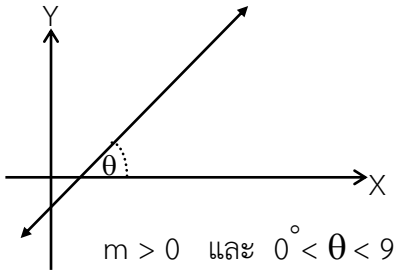
หรือ $m = \tan\theta$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

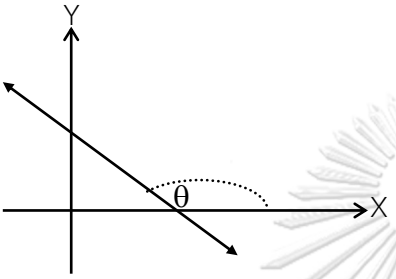
ลักษณะของเส้นตรงกับความชัน



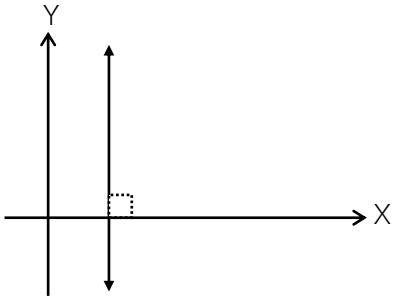
$m = 0$ และ $\theta = 0^\circ$



$m > 0$ และ $0^\circ < \theta < 90^\circ$



$m < 0$และ$90^\circ < \theta < 180^\circ$



m หาค่าไม่ได้ และ $\theta = 90^\circ$

หมายเหตุ จุด A, B, C เป็นจุด ๆ บนระนาบจะอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน ก็ต่อเมื่อ $m_{AB} = m_{AC}$

6. เส้นขนาน

กำหนดให้เส้นตรง L_1 และ L_2 เป็นเส้นตรงบนระนาบเดียวกัน ซึ่งไม่ขนานกับแกน Y และให้ m_1 และ m_2 เป็นความชันของเส้นตรง L_1และ L_2 ตามลำดับ จะได้ว่า

$$L_1 \,//\, L_2 \leftrightarrow m_1 = m_2$$

7. เส้นตั้งฉาก

กำหนดให้เส้นตรง L_1 และ L_2 เป็นเส้นตรงบนระนาบเดียวกัน ซึ่งไม่ขนานกับแกน Y และให้ m_1 และ m_2 เป็นความชันของเส้นตรง L_1และ L_2 ตามลำดับ จะได้ว่า

$$L_1 \perp L_2 \leftrightarrow m_1 \cdot m_2 = -1$$

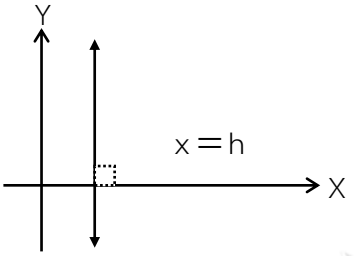
หลักการจำ m_1 และ m_2 จะมีค่าเป็นส่วนกลับกัน และ มีค่าเป็นบวกลบตรงข้ามกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

8. ความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเป็นเส้นตรง

ความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นเส้นตรงมีดังนี้

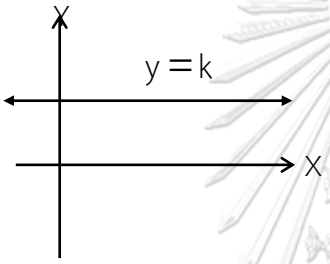
8.1 ความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเส้นตรงขนานกับแกน Y



กำหนดให้ L เป็นเส้นตรงที่ขนานแกน Y และผ่านจุด (h, 0)

ความสัมพันธ์คือ $\{(x,y) \in R \times R \mid x = h\}$

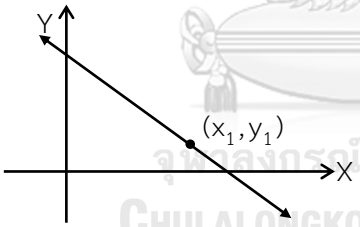
8.2 ความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเส้นตรงขนานกับแกน x



กำหนดให้ L เป็นเส้นตรงที่ขนานแกน Y และผ่านจุด(0, k)

ความสัมพันธ์คือ $\{(x,y) \in R \times R \mid y = k\}$

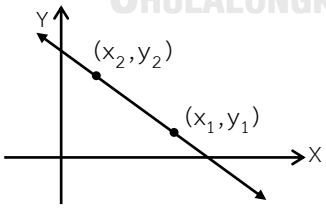
8.3 ความสัมพันธ์ซึ่งมีกราฟเป็นเส้นตรงที่ไม่ขนานแกน X และแกน Y



8.3.1 รูปแบบจุด-ความชัน

กำหนดให้ L เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุด (x_1, y_1) และมีความชันเท่ากับ m จะได้ความสัมพันธ์ คือ

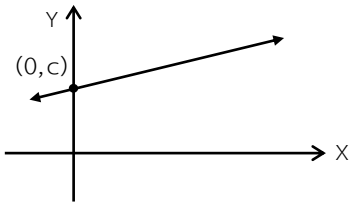
$$\{(x,y) \in R \times R \mid y - y_1 = m(x - x_1)\}$$



8.3.2 รูปแบบจุด 2 จุด

กำหนดให้ L เป็นเส้นตรงที่ ผ่านจุด (x_1, y_1) และจุด (x_2, y_2) จะได้ความสัมพันธ์ คือ

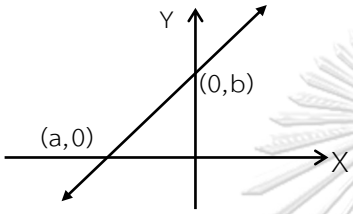
$$\left\{(x,y) \in R \times R \mid \frac{y - y_1}{x - x_1} = \frac{y - y_2}{x - x_2}\right\}$$



8.3.3 รูปแบบความชัน-ระยะตัดแกน Y

กำหนดให้ L เป็นเส้นตรงที่ มีระยะตัดแกน Y เท่ากับ c และมีความชันเท่ากับ m จะได้ความสัมพันธ์ คือ

$$\{(x,y) \in R \times R \mid y = mx + c\}$$



8.3.4 รูปแบบระยะตัดแกนทั้งสอง

กำหนดให้ L เป็นเส้นตรงที่ตัดแกน X และแกน Y เป็นระยะ a และ b ตามลำดับจะได้ความสัมพันธ์ คือ

$$\left\{(x,y) \in R \times R \mid \frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1\right\}$$

ทฤษฎีบท (1) เส้นตรงในระนายแกนมุมฉาก จะมีสมการในรูป $Ax + By + C = 0$

เมื่อ A, B, C เป็นค่าคงที่ โดยที่ $A \neq 0$ หรือ $B \neq 0$

(2) ความสัมพันธ์ที่มีสมการในรูป $Ax + By + C = 0$

เมื่อ A, B, C เป็นค่าคงที่ โดยที่ $A \neq 0$ หรือ $B \neq 0$ จะมีกราฟเป็นเส้นตรง

หมายเหตุ จากความสัมพันธ์ที่มีกราฟเป็นเส้นตรงในรูป $Ax + By + C = 0$ .....*

จะได้ $By = -Ax + C$

$$y = \frac{-Ax}{B} + \frac{C}{B} \qquad .....**$$

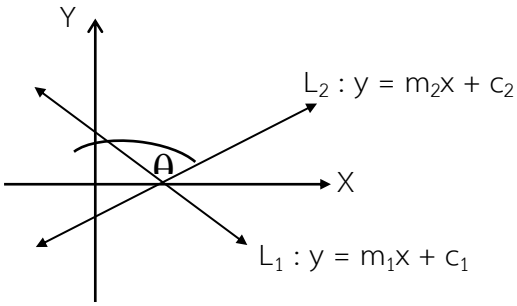
จะได้ความชันของเส้นตรง m เท่ากับ $-\frac{A}{B}$ ระยะตัดแกน Y เท่ากับ $\frac{C}{B}$

เรียกสมการ * ว่า **รูปแบบทั่วไปของเส้นตรง**

และเรียกสมการ ** ว่า **รูปแบบมาตรฐานของเส้นตรง**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

9. มุมระหว่างเส้นตรงสองเส้น

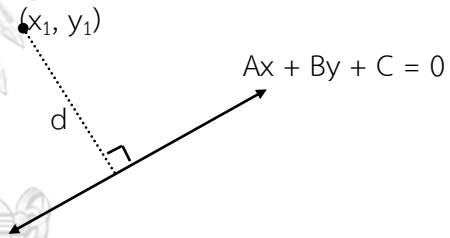


$$\tan\theta = \frac{m_1 - m_2}{1 + m_1m_2}$$

10. ระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุด

10.1 ระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุด

ให้ d เป็นระยะทางระหว่างจุด (x_1, y_1) ถึงเส้นตรง $Ax + By + C = 0$ จะได้ว่า



$$d = \frac{|Ax_1 + By_1 + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

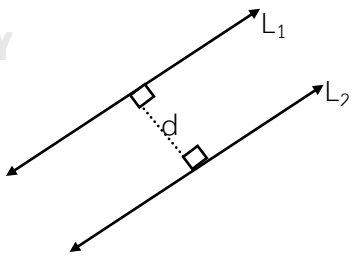
10.2 ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน

ให้ d เป็นระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน และ

L_1 มีสมการเป็น $Ax + By + C_1 = 0$

L_2 มีสมการเป็น $Ax + By + C_2 = 0$

จะได้ว่า



$$d = \frac{|C_1 - C_2|}{\sqrt{A^2 + B^2}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

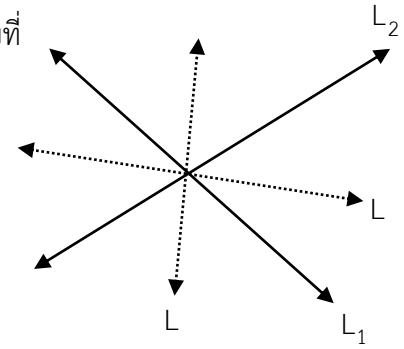
10.3 เส้นตรงที่แบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นตรงสองเส้นที่ไม่ขนานกัน

ให้ L เป็นเส้นตรงซึ่งแบ่งครึ่งมุมระหว่าง L_1 , L_2 โดยที่

L_1 มีสมการเป็น $A_1x + B_1y + C_1 = 0$

L_2 มีสมการเป็น $A_2x + B_2y + C_2 = 0$

จะได้ว่า L มีสมการเป็น



$$\boxed{\frac{A_1x + B_1y + C_1}{\sqrt{A_1^2 + B_1^2}} = \pm \frac{A_2x + B_2y + C_2}{\sqrt{A_2^2 + B_2^2}}}$$

➢ **ภาคตัดกรวย**

1 วงกลม (Circle)

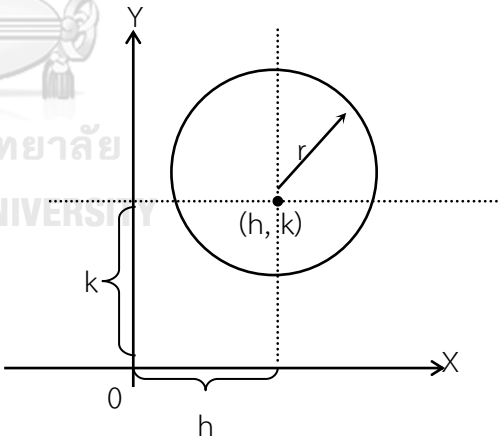
บทนิยาม วงกลม คือ เซตของจุดทุกจุดในระนาบที่ห่างจากจุดคงที่เป็นระยะทางเท่ากัน จุดคงที่เรียกว่า **จุดศูนย์กลาง** ระยะทางที่เท่ากันเรียกว่า **รัศมี**

สมการรูปทั่วไป

$(x - h)^2 + (y - k)^2 = r^2$

จุดศูนย์กลางคือ (h, k)

รัศมี คือ r



สมการมาตรฐาน

$x^2 + y^2 + Dx + Ey + F = 0$

จุดศูนย์กลาง คือ $\left(-\frac{D}{2}, -\frac{E}{2}\right)$

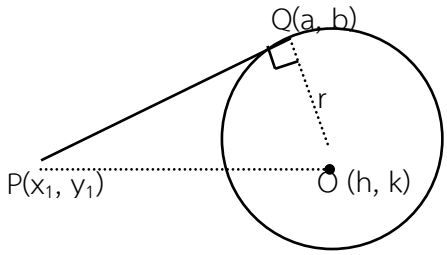
รัศมี คือ $\sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{E}{2}\right)^2 - F}$

หมายเหตุ

1. ถ้า $D^2 + E^2 - 4F > 0$ มีกราฟเป็นวงกลม
2. ถ้า $D^2 + E^2 - 4F = 0$ มีกราฟเป็นจุดเพียงจุดเดียว
3. ถ้า $D^2 + E^2 - 4F < 0$ มีเป็นวงกลมในจินตภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะทางระหว่างจุด P ถึงจุดสัมผัสวงกลม Q คือ



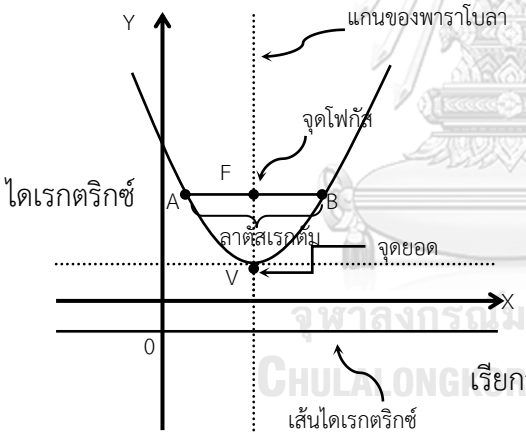
$$|\overline{PQ}| = \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + Dx_1 + Ey_1 + F}$$

แทนจุด $P(x_1 , y_1)$ แทนในสมการวงกลมแล้วหารากที่สอง

2. พาราโบลา (Parabola)

บทนิยาม	พาราโบลา คือ เซตของจุดทุกจุดในระนาบซึ่งอยู่ห่างจากเส้นตรงคงที่เส้นหนึ่งและจุดคงที่จุดหนึ่งเป็นระยะทางเท่ากันเสมอ

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของพาราโบลา



เส้นตรงคงที่ เรียกว่า **เส้นไดเรกตริกซ์**

จุดคงที่ เรียกว่า **จุดโฟกัส** ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย F

เส้นตรงที่ลากผ่านจุดโฟกัสและตั้งฉากกับเส้น

เรียกว่า **แกนของพาราโบลา**

จุดที่กราฟตัดกับแกนของพาราโบลา เรียกว่า **จุดยอด**

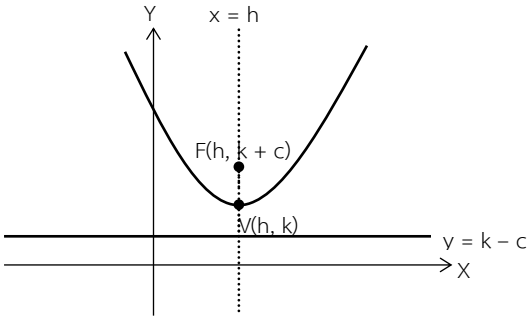
เรียกว่า**ลาตัสเรกตัม** ซึ่งความยาวลาตัสเรกตัม เท่ากับ |4c|

รูปแบบของพาราโบลา

สมการ $Ax^2 + Bx + Cy + D = 0$

$(x - h)^2 = 4c(y - k)$

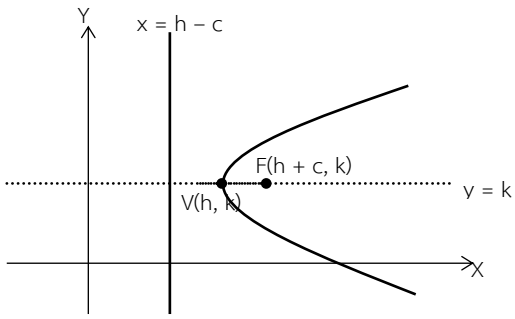
$c > 0$ หงาย , $c < 0$ คว่ำ



สมการ $Ay^2 + By + Cx + D = 0$

$(y - k)^2 = 4c(x - h)$

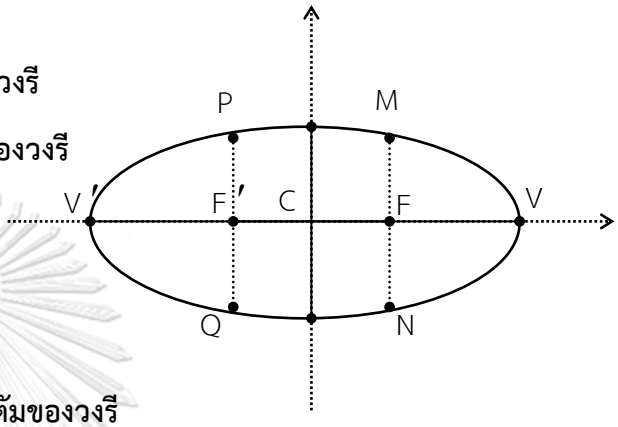
$c > 0$ ขวา , $c < 0$ ซ้าย



3. วงรี (Ellipse)

บทนิยาม วงรี คือ เซตของจุดทุกจุดในระนาบ ซึ่งผลบวกของระยะทางจากจุดใด ๆ ในเซตนี้ไปยังจุดคงที่สองจุดมีค่าคงที่เสมอ และเท่ากับ 2a
จุดคงที่ เรียกว่า **จุดโฟกัส**

ส่วนประกอบของวงรี



1. จุด C เรียกว่า **จุดศูนย์กลางของวงรี**
2. จุด V และ V′ เรียกว่า **จุดยอดของวงรี**
3. จุด F และ F′ เรียกว่า **จุดโฟกัส**
4. VV′ เรียกว่า **แกนเอก**
5. BB′ เรียกว่า **แกนโท**
6. PQ และ MN เรียกว่า **ลาตัสเรกตัมของวงรี**

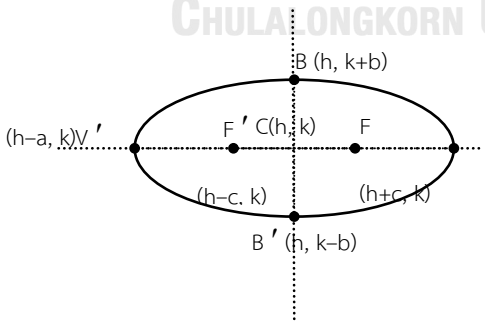
รูปแบบของวงรี

สมการของวงรีในรูปมาตรฐานคือ $Ax^2 + By^2 + Cx + Dy + E = 0$

เมื่อ $A \neq B$ และ A, B มี**เครื่องหมายเหมือนกัน**

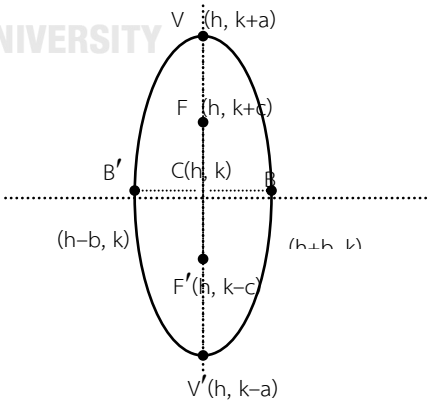
วงรีที่มีแกนเอกขนานกับ แกน X

สมการ คือ $\dfrac{(x-h)^2}{a^2} + \dfrac{(y-k)^2}{b^2} = 1$



วงรีที่มีแกนเอกขนานกับ แกน Y

สมการ คือ $\dfrac{(x-h)^2}{b^2} + \dfrac{(y-k)^2}{a^2} = 1$



เมื่อ $a^2 = b^2 + c^2$ และ $a^2 > b^2$ ความยาวของลาตัสเรกตัมเท่ากับ $\dfrac{2b^2}{|a|}$

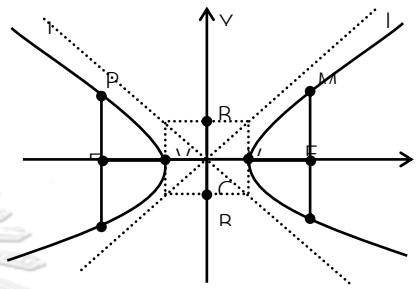
และความเยื้องศูนย์กลาง เท่ากับ $e = \dfrac{c}{a}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4. ไฮเพอร์โบลา (Hyperbola)

บทนิยาม	ไฮเพอร์โบลา คือ เซตของจุดทุกจุดในระนาบซึ่งผลต่างของระยะทางจากจุดนี้ไปยังจุดคงที่สองจุดในระนาบมีค่าคงที่เสมอ และมีค่าเท่ากับ 2a **จุดคงที่** เรียกว่า **จุดโฟกัส**

ส่วนประกอบของไฮเพอร์โบลา



1. จุด C เรียกว่า **จุดศูนย์กลาง**
2. จุด V และ V′ เรียกว่า **จุดยอด**
3. จุด F และ F′ เรียกว่า **จุดโฟกัส**
4. VV′ เรียกว่า **แกนตามขวาง**
5. BB′ เรียกว่า **แกนสังยุค**
6. PQ และ MN เรียกว่า **ลาตัสเรกตัม**
7. L_1 และ L_2 เรียกว่า **เส้นกำกับ**

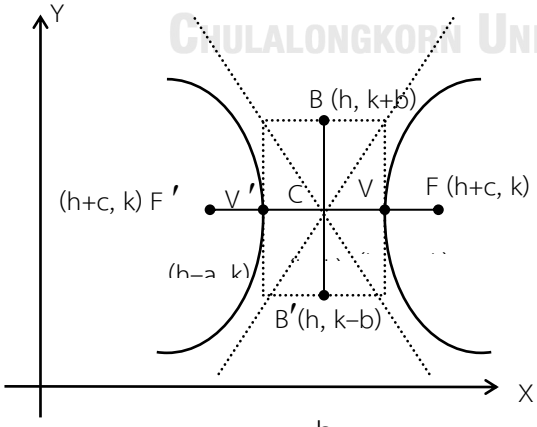
รูปแบบของไฮเพอร์โบลา

สมการของไฮเพอร์โบลาในรูปทั่วไปคือ $Ax^2 - By^2 + Cx + Dy + E = 0$

เมื่อ $A \neq B$ และ **A, B มีเครื่องหมายต่างกัน**

ไฮเพอร์โลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน X

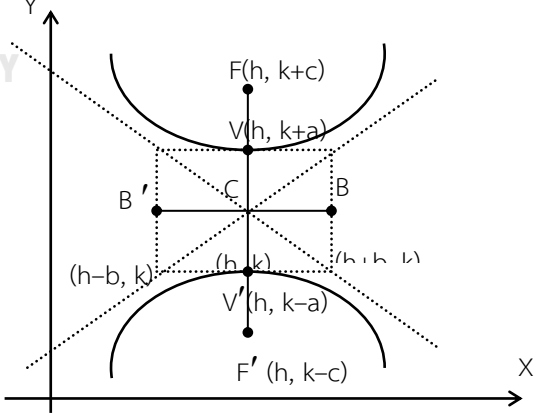
สมการ คือ $\dfrac{(x-h)^2}{a^2} - \dfrac{(y-k)^2}{b^2} = 1$



สมการเส้นกำกับคือ $y - k = \pm\dfrac{b}{a}(x-h)$

ไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน Y

สมการ คือ $\dfrac{(y-k)^2}{a^2} - \dfrac{(x-h)^2}{b^2} = 1$



สมการเส้นกำกับคือ $y - k = \pm\dfrac{a}{b}(x-h)$

เมื่อ $c^2 = a^2 + b^2$ และ ความยาวของลาตัสเรกตัมเท่ากับ $\dfrac{2b^2}{|a|}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการเรียนรู้

1) หาระยะทางระหว่างจุดสองจุด และจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง
2) หาความชันของเส้นตรง และใช้ความชันในการอธิบายเกี่ยวกับเส้นขนานและเส้นตั้งฉาก
3) เขียนกราฟและหาสมการเส้นตรง
4) หาระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน
5) เขียนกราฟและหาสมการวงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา
6) ใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับสำหรับวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวัตถุประสงค์ 6 วัตถุประสงค์ ได้แก่ 1) หาระยะทางระหว่างจุดสองจุด และจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง 2) หาความชันของเส้นตรง และใช้ความชันในการอธิบายเกี่ยวกับเส้นขนานและเส้นตั้งฉาก 3) เขียนกราฟและหาสมการเส้นตรง 4) หาระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน 5) เขียนกราฟและหาสมการวงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา และ 6) ใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา โดยมีลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในแต่ละข้อคำถาม ประกอบด้วยคำถาม 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นระดับเนื้อหาความรู้เนื้อหาสำคัญด้วยคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นระดับเหตุผลวัดเหตุผลที่สนับสนุนการตอบระดับแรกด้วยคำถามแบบปรนัยจำนวน 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจของการตอบระดับคำตอบและระดับเหตุผล เป็นการระบุความมั่นใจในการตอบระดับที่ 2 ได้แก่ มั่นใจ และ ไม่มั่นใจ และส่วนที่ 4 เป็นการเลือกรูปภาพและระบุพิกัดส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 การพัฒนาระบบการทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

4.1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบ (System Development)

การพัฒนาระบบต่างๆ เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบการเรียนการสอน ระบบบัญชี ระบบออนไลน์ ฯลฯ ซึ่งระบบต่างๆ เหล่านี้ได้มีขั้นตอนในการปรับปรุงพัฒนาและออกแบบมาให้ใช้ในองค์กรเพื่อความสะดวกสบายในการบริหารงาน และมีสิ่งที่ควรรู้เกี่ยวกับการพัฒนาระบบ ดังนี้

4.1.1 ความหมายของระบบ (System)

พจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน กล่าวว่า ระบบ คือ ระเบียบเกี่ยวกับการรวมสิ่งต่างๆ ซึ่งมีลักษณะซับซ้อนให้เข้าลำดับประสานเป็นอันเดียวกันตามหลักเหตุผลทางวิชาการหรือหมายถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งมีความสัมพันธ์ ประสานเข้ากัน โดยกำหนดรวมเป็นอันเดียว

วิโรจน์ ชัยมูล และ สุพรรษา ยวงทอง (2552) กล่าวว่า ระบบ คือ หน่วยย่อย ๆ ที่ประกอบกันเป็นหน่วยใหญ่ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งหน่วยย่อยเหล่านี้สามารถทำงานร่วมกันได้ดีโดยมีความสัมพันธ์และกระบวนการ หรือวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อจัดระเบียบองค์ประกอบหรือหน่วยย่อยเหล่านั้น เพื่อให้บรรลุเป้าหมายหรือจุดประสงค์อันเดียวกันได้

สรุปได้ว่า ระบบ (System) หมายถึง การรวบรวมหน่วยย่อย ๆ มาประกอบเป็นหน่วยใหญ่ โดยมีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องและจัดระเบียบขององค์ประกอบในหน่วยย่อยประสานเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน เพื่อความสมบูรณ์แบบและบรรลุตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

4.1.2 คุณสมบัติของนักวิเคราะห์ระบบ

วิโรจน์ ชัยมูล และสุพรรษา ยวงทอง (2552) ได้กล่าวว่า นักวิเคราะห์ระบบเป็นบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคการจัดการระบบและมีความรู้ทางคอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยีสารสนเทศคุณสมบัติที่ควรพึงมีของนักวิเคราะห์ระบบ เพื่อให้ระบบพัฒนาไปได้ตามเป้าหมาย ดังนี้

1. มีความรู้พื้นฐานด้านวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
2. มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดีในการประสานงานกับบุคคลที่เกี่ยวข้อง
3. เป็นคนช่างสังเกต สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ดี
4. สามารถวิเคราะห์ปัญหาโดยเจาะลึกแยกประเด็นย่อย ๆ ได้ดี
5. มีความรู้ความเข้าใจในระบบธุรกิจขององค์กร ทั้งเรื่องบัญชี งบประมาณและการตลาด

6. มีความสามารถทำงานเป็นทีม

7. สามารถควบคุมเวลาและแผนงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้

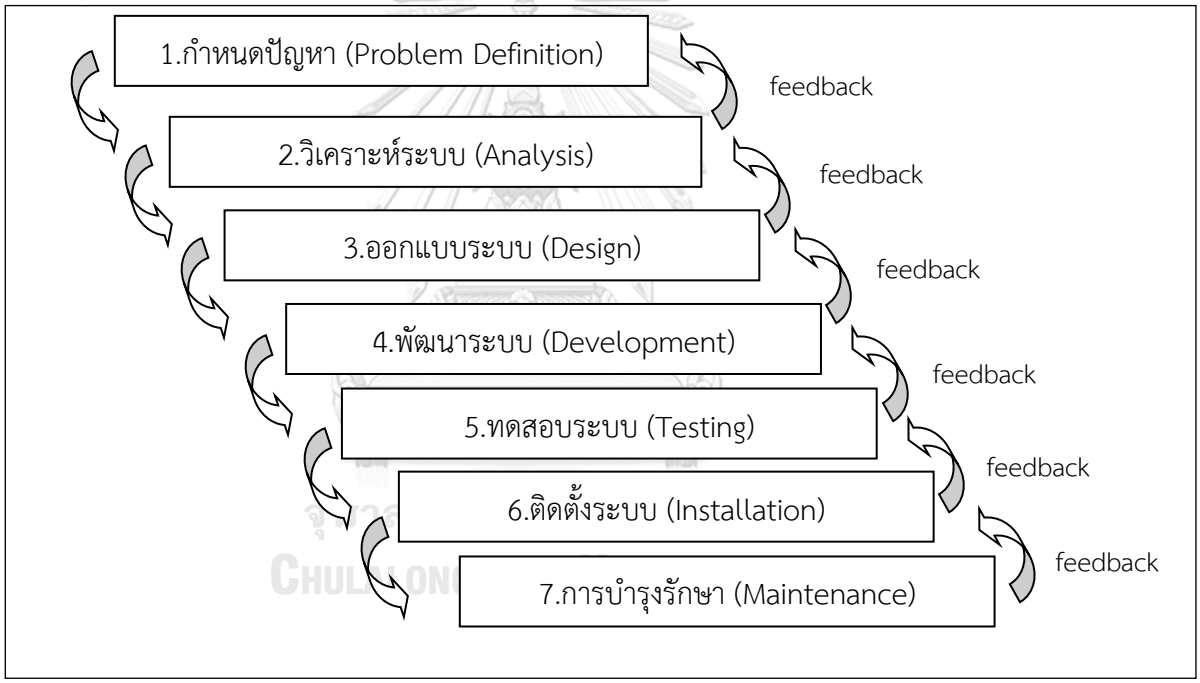
8. สามารถสื่อสารและนำเสนองานแก่ผู้เกี่ยวข้องให้เข้าใจได้โดยง่าย

9. ปรับตัวรับภาวการณ์ทำงานที่กดดันได้เป็นอย่างดี

10. มีจิตวิทยาและเทคนิคโน้มน้าวหรือการจูงใจคน

4.1.3 ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle)

วิโรจน์ ชัยมูล และ สุพรรษา ยวงทอง (2552) ได้กล่าวถึง การพัฒนาระบบงานเพื่อให้ง่ายต่อการลงมือปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนหรือกลุ่มงานสำคัญที่เรียกว่า วงจรการพัฒนาระบบ หรือ SDLC (System Development Life Cycle): ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญโดยจะแสดงเป็นแผนภาพที่ 1



ภาพที่ 3 วงจรการพัฒนาระบบ (SDLC)

1. กำหนดปัญหา (Problem Definition) เป็นการรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบเดิมเพื่อให้สามารถบรรลุหรือแก้ไขปัญหา และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด

2. วิเคราะห์ระบบ (Analysis) เป็นกระบวนการวิเคราะห์การทำงานของระบบเดิมและกำหนดความต้องการของระบบใหม่ว่าจะต้องทำอะไรบ้าง มีข้อมูลและสัมพันธ์กันอย่างไร

3. ออกแบบระบบ (Design) เป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลที่วิเคราะห์มาแยกย่อยและออกแบบให้ตรง ความต้องการ เช่น การออกแบบรายงานต่าง ๆ แบบฟอร์ม/หน้าจอการทำงาน ออกแบบฐานข้อมูล และออกแบบผังงานระบบ เป็นต้น

4. การพัฒนา (Development) เป็นขั้นตอนที่สร้างระบบที่ได้ออกแบบไว้โดยโปรแกรมเมอร์จะลงมือเขียนโปรแกรมในแต่ละส่วนที่ออกแบบไว้หรือเรียกว่า Implementation แล้วนำมาประกอบกันเพื่อให้สามารถทำตามความต้องการที่ออกแบบไว้ได้

5. การทดสอบระบบ (Testing) เมื่อได้ระบบตามที่พัฒนาไว้แล้ว จะต้องทำการทดสอบระบบ โดยการทดสอบจะแบ่งเป็นการทดสอบส่วนย่อยก่อน แล้วทดสอบระบบทั้งระบบ และจัดทำเอกสารสำหรับคู่มือให้กับผู้ใช้งานได้นำมาปฏิบัติได้อย่างง่าย

6. ติดตั้งระบบ (Installation) เป็นการนำระบบที่พัฒนาใหม่มาติดตั้งเพื่อใช้งานจริงโดยนำระบบใหม่มาปรับใช้ทีละส่วน จนครบทุกส่วน หรือเริ่มใช้งานระบบใหม่คู่ขนานกับระบบเดิม เมื่อแน่ใจว่าระบบใหม่ใช้งานได้ดี จึงค่อยยกเลิกการใช้งานระบบเดิม

7. การบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นขั้นตอนนำระบบที่ผ่านการทดสอบแล้วใช้งานจริงมาปรับแผนเตรียมการรองรับหรือแก้ไขให้การใช้งานระบบอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ระบบมีความถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ

รัชนี กัลยาวินัย (2545) ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบโดยแบ่งเป็น 7 ขั้นตอน ที่เรียกว่าวงจรการพัฒนาระบบ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุปัญหา โอกาส และจุดมุ่งหมาย

ขั้นตอนที่ 2 สืบค้นความต้องการของผู้ใช้

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ระบบ

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบระบบ

ขั้นตอนที่ 5 พัฒนาระบบ ทดสอบ และจัดทำเอกสารต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 6 การดำเนินงานและประเมินผล

ขั้นตอนที่ 7 การบำรุงรักษาระบบ

วงจรการพัฒนาระบบ SDLC (System Development Life Cycle) ไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นการวางแผน
    1.1 พิจารณาถึงความต้องการของโครงการ
    1.2 ลำดับก่อนหลังของความจำเป็น
    1.3 กำหนดทรัพยากรที่สนับสนุน เช่น งบประมาณ บุคลากร เครื่องมือ
    1.4 กำหนดทีมงานในการพัฒนาโครงการ
2. ขั้นการวิเคราะห์
    2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการที่จะใช้ระบบเพื่อแก้ไขปัญหา
    2.2 วิเคราะห์ภารกิจในรายละเอียด ซึ่งประกอบด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.2.1 ศึกษาว่าระบบทำงานได้อย่างไร

2.2.2 การสนองตอบความต้องการของผู้ใช้

3. ขั้นตอนการออกแบบ

3.1 คำนึงถึงการได้มาของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์

3.2 การพัฒนารายละเอียดทั้งหมดของระบบ

4. ขั้นการนำไปใช้

4.1 การพัฒนาโปรแกรม

4.2 การติดตั้ง การทดสอบระบบใหม่

4.3 การฝึกอบรม และการให้คำแนะนำแก่ผู้เริ่มต้นใช้ระบบ

4.4 การเปลี่ยนเพื่อเข้าสู่ระบบที่ใหม่

5. ขั้นการสนับสนุน

5.1 พิจารณาภารกิจหลังการใช้ระบบ

5.2 ระบุข้อผิดพลาดและปรับปรุงให้ดีขึ้น

5.3 การดูแล และสังเกตการณ์การทำงานของระบบ

สรุปได้ว่า การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์ หมายถึงการทำให้ระบบแบบเดิมมีการพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้ระบบให้มีความทันสมัย สะดวก รวดเร็ว ข้อมูลแม่นยำ เชื่อถือได้ โดยสอดคล้องกับวงจรการพัฒนาระบบ SDLC (System Development Life Cycle) ไว้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัญหา คือ การรวบรวมถึงสภาพปัจจุบันของการใช้ระบบมากำหนดปัญหาและวิเคราะห์ปรับปรุงแก้ไขให้ระบบมีประสิทธิภาพในการตอบสนองผู้ใช้ระบบได้ดียิ่งขึ้น

2. วิเคราะห์ระบบ คือ การใช้กระบวนการวิเคราะห์จากสภาพปัจจุบันของระบบและกำหนดความต้องการของผู้ใช้ระบบว่าต้องทำอะไรบ้าง เพื่อให้มีข้อมูลที่สัมพันธ์กัน

3. ออกแบบและพัฒนาระบบ คือ การออกแบบและพัฒนาระบบให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยมีโครงสร้างของตัวระบบ ผังงานระบบ หน้าจอการทำงานและฐานข้อมูล

4. ทดสอบและประเมินผลระบบ คือ เมื่อได้ระบบที่พัฒนาได้แล้วทำการทดสอบและประเมินผล เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพมาติดตั้งบนเว็บไซต์ให้ใช้งานได้จริง

5. ดูแลการทำงานของระบบ คือ การสังเกตการณ์การทำงานระบบเพื่อเตรียมการรองรับปรับปรุง และแก้ไขให้ระบบใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยอยู่ตลอดเวลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินผลระบบการทดสอบออนไลน์

4.2.1 การประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ (User Interface)

การประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ เป็นการประเมินการทำงานของระบบการออกแบบหน้าจอการทำงานของระบบหรือเรียกว่าส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ ประกอบด้วยเนื้อหาหลักในการประเมินทั้งสิ้น 4 หมวด ได้แก่ 1) ข้อกำหนด (Requirement) 2) การออกแบบระบบการทดสอบ (Conceptual Design) 3) รายละเอียดการออกแบบระบบการทดสอบ (Detailed Design) และ 4) การใช้งานระบบการทดสอบ (Implementation) สำหรับหลักการในการประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซมักเป็นการเปรียบเทียบกับความสามารถในการใช้งานของระบบซึ่งมีอยู่ 5 ลักษณะ (McGraw-Hill, 2009)

Learnability – ความง่ายในเรียนรู้การใช้งานระบบ เช่น ผู้ใช้งานที่ไม่เคยใช้งานมาก่อนใช้เวลามากน้อยเท่าใดในการเรียนรู้การใช้งาน

Speed of operation - ความเร็วในการทำงาน กล่าวคือ ระบบใช้เวลานานหรือไม่เมื่อมีการสั่งการทำงานให้แสดงข้อมูลหรือการนำเข้าข้อมูลมีความสะดวกรวดเร็วหรือไม่ เช่น งานของพนักงานเคาน์เตอร์ธนาคารจะกด keyboard ใส่ตัวเลขได้เร็วกว่าการใช้เมาส์คลิก

Robustness - ความคงทนต่อการใช้งานในสภาวะที่ไม่ถูกต้อง เช่น ถ้าใส่ข้อมูลผิดลงไปจะมีการโต้ตอบอะไรบ้าง รองรับสถานะการณ์ได้ดีแค่ไหน

Recoverability – ความสามารถในการกลับคืนสู่สภาวะปกติในกรณีที่เกิดปัญหาหรือความผิดพลาดขึ้นมาจะใช้เวลานานเท่าไร

Adaptability – ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงกฎเกณฑ์ทางธุรกิจหรือความต้องการแล้วจะเอาไปประยุกต์ใช้ได้มากน้อยแค่ไหน

วิธีการประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ

Questionnaires - เป็นการให้ผู้ประเมินใช้งานระบบแล้วทำการตอบแบบประเมินโดยกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของอินเทอร์เฟซมาตั้งเป็นคำถามซึ่งนิยมใช้กันมาก

Video record เป็นการประเมินโดยการตั้งกล้องวีดีโอสังเกตพฤติกรรมผู้ใช้งานในระหว่างการใช้งานโดยที่ผู้ใช้งานไม่รู้ตัว โดยเขียนโปรแกรมที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลว่าผู้ใช้งานได้ทำอะไร เช่น กดปุ่มอะไร หรือคลิกตรงไหน เพิ่มปุ่มหรือช่องกรอกข้อมูลในหน้าจออินเทอร์เฟซนั้นเลยเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใส่ข้อมูลว่าต้องการอะไรหรือว่าไม่พอใจในจุดไหน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.4 การประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งาน (User Experience)

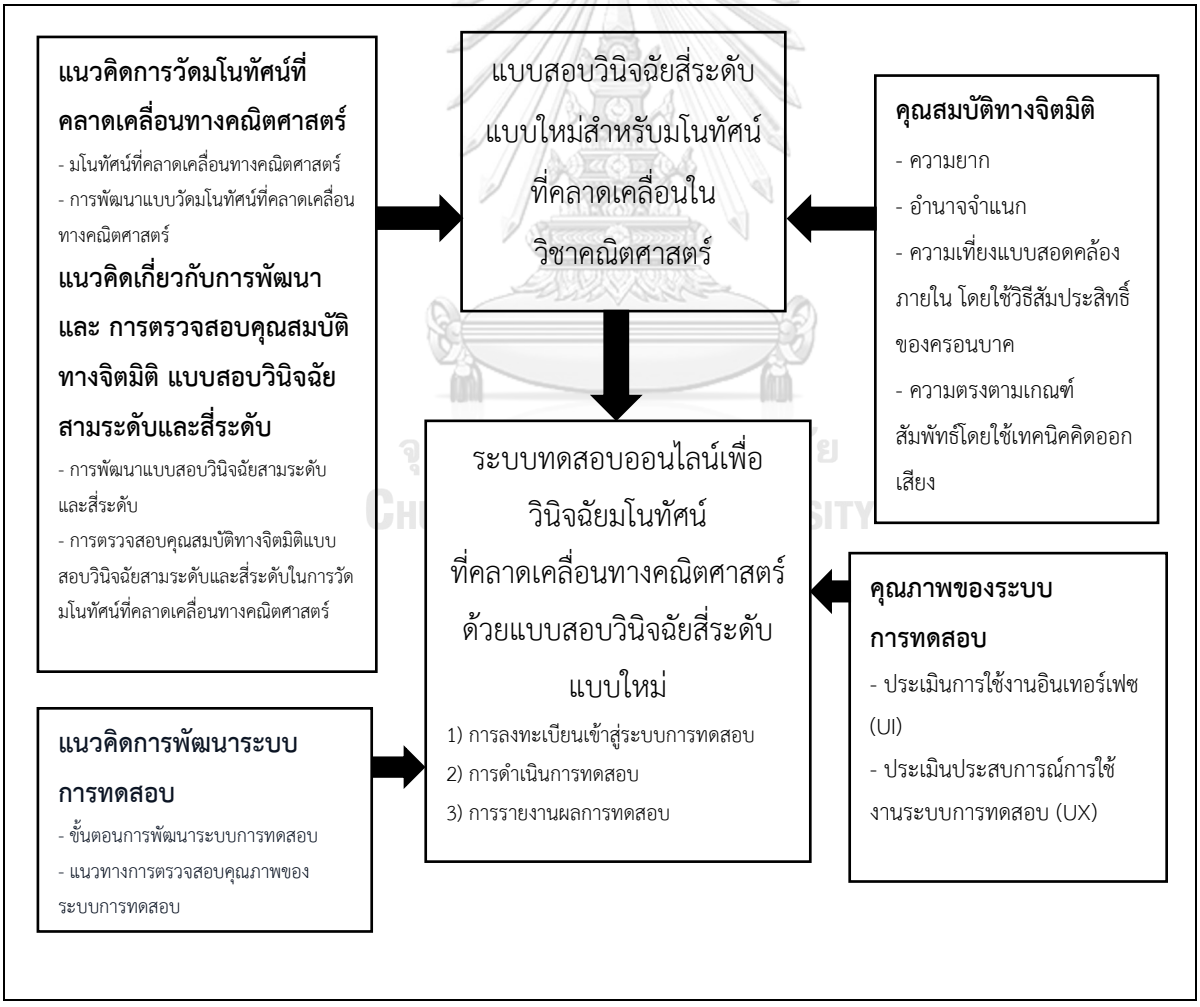
การประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งาน เป็นการประเมินโดยผู้ใช้งานระบบถึงความคาดหวังผลลัพธ์ที่อยากได้จากการแก้ปัญหาหรือการใช้งานระบบต่าง ๆ จะเป็นความง่าย ความสนุก ความหรูหรา หรืออะไรก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทที่เกิดขึ้นขณะที่เจอปัญหาบวกกับประสบการณ์ที่เจอในอดีตเป็นอย่างไร เช่น เคยใช้แอปพลิเคชันทำธุรกรรมทางการเงินที่ใช้ QR Code หากจะทำแอปพลิเคชันใหม่ให้คนใช้งานก็ต้องปรับการที่ต้องกดนั่นนี่ให้น้อยลง และการทำงานหรือสั่งการได้เร็วขึ้น เช่น Apple Pay หรือ Google Pay

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์จากผู้เชี่ยวชาญและการประเมินจากนักเรียน โดยใช้แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งเป็น การประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ เป็นการประเมินการใช้ประโยชน์ของระบบการทดสอบออนไลน์ ในประเด็นดังนี้ 1) ความจำเป็น 2) การออกแบบระบบการทดสอบ 3) รายละเอียดการออกแบบระบบการทดสอบ และ 4) การใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ และการประเมินประสบการณ์ของผู้ใช้งานระบบการทดสอบ ดังนี้ 1) การใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ 2) การออกแบบระบบการทดสอบออนไลน์ และ 3) ความรู้สึกต่อระบบการทดสอบออนไลน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์แล้วพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยแบ่งออกเป็น 6 องค์ประกอบ ได้แก่ แนวคิดการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และแนวคิดในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับนำไปสู่การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์แล้วตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติของแบบทดสอบ และจากแนวคิดการพัฒนาระบบการทดสอบและแบบสอบวินิจฉัย สี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์นำไปสู่ระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ แล้วตรวจสอบคุณภาพของระบบการทดสอบทั้งประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและประเมินประสบการณ์การใช้งานระบบการทดสอบดังแผนภาพด้านล่าง



ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (research and development) ในการศึกษา มีวัตถุประสงค์ในการวิจัย ได้แก่ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ (2) เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ (3) เพื่อพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และ (4) เพื่อตรวจสอบคุณภาพระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการวิจัยทั้งสิ้น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และระยะที่ 3 ประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยมีรายละเอียดแต่ละระยะดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 1 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

สำหรับการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ในขั้นตอนนี้เป็นการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์มี 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ และตอนที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ โดยในแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

ก่อนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ต้องสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เพื่อสังเคราะห์มโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนจากการสัมภาษณ์คุณครูผู้สอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัย คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานครเขต 1 จำนวน 11 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) เป็นผู้สำเร็จการศึกษาอย่างน้อยระดับปริญญาตรี จากคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์ หรือ

2) เป็นผู้มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างน้อย 5 ปี หรือ

และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศึกษานารี จำนวน 20 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เพื่อทำแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อบกพร่องที่พบในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ โดยสร้างจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พุทธศักราช 2551

2) แบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกเป็นการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเองโดยติดต่อครูผู้สอนที่เป็นตัวอย่างวิจัยเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล จากนั้นนัดวันและเวลาในการสัมภาษณ์ และขั้นที่สองเป็นการเก็บข้อมูลการทดลองใช้แบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลไปยังโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัย และนัดหมายวันและเวลาในการเก็บข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 กำหนดเนื้อหาสาระโดยการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1.2 สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและนำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในขั้นตอนต่อไป

1.3 สัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานครเขต 1 จำนวน 11 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงด้วยแบบสัมภาษณ์ในประเด็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญพบจากประสบการณ์การสอนเนื้อหาเรขาคณิตวิเคราะห์ และสาเหตุที่นักเรียนไม่เข้าใจหรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

1.4 รวบรวมผลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผลจากการสัมภาษณ์มาสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ 1 เนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่มุ่งวินิจฉัย

เนื้อหาหลัก	เนื้อหาย่อย
เรขาคณิตวิเคราะห์	ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง
	ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน
	ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน
	การหาสมการเส้นตรง
ภาคตัดกรวย	วงกลม
	พาราโบลา
	วงรี
	ไฮเพอร์โบลา
	แก้โจทย์ปัญหา

1.5 นำผลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผลจากการสัมภาษณ์มาสร้างแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยระดับที่หนึ่งเป็นระดับเนื้อหา ระดับที่สองเป็นระดับเหตุผล ระดับที่สามเป็นการวาดรูปภาพและระบุพิกัดส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์

1) วิเคราะห์เนื้อหาสาระที่สำรวจมโนทัศน์ โดยผู้วิจัยศึกษาเนื้อหา เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์
2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
3) สร้างแผนผังการสร้างข้อสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) ร่างแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด

1.6 นำแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศึกษานารี จำนวน 20 คน

1.7 สรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ครูผู้สอน และการตอบแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดของนักเรียนเพื่อนำไปสร้างเป็นตัวลวงในแบบสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับแบบใหม่

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์และแบบสอบวินิจฉัยสามระดับชนิดปลายเปิดสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในประเด็นที่เกี่ยวกับข้อบกพร่องทางการเรียน หรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ด้วยการวิเคราะห์ความถี่ (frequency) และการวิเคราะห์ (content analysis)

ตอนที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

เมื่อทราบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนแล้วนำมาพัฒนาเป็นแบบเลือกตอบ สามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติทั้งด้านความตรงเชิงเนื้อหาด้วยดัชนี IOC ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความเที่ยงของแบบทดสอบ และเปรียบเทียบผลการวินิจฉัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัย คือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) เป็นผู้สำเร็จการศึกษาอย่างน้อยระดับปริญญาตรี จากคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์ หรือ

2) เป็นผู้มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างน้อย 5 ปี หรือ

3) เป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษในรายวิชาคณิตศาสตร์

และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนศึกษานารี จำนวน 60 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการเลือกอย่างเจาะจง สาเหตุจำเป็นต้องเลือกตัวอย่างอย่างเจาะจงเนื่องจากโรงเรียนศึกษานารีเป็นโรงเรียนที่มีผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) อยู่ในระดับผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ รวมทั้งงานวิจัยนี้ต้องเก็บข้อมูลจากนักเรียนที่ผ่านการเรียนวิชาเสริมทักษะคณิตศาสตร์ 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาแล้ว ซึ่งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ทั้ง 60 คน เรียนวิชาเสริมทักษะคณิตศาสตร์ 2 ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาแล้วจึงเป็นนักเรียนที่มีลักษณะตามที่ผู้วิจัยต้องการ โดยแบ่งตัวอย่างวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม ตามผลการเรียนเฉลี่ยสะสมและผลการเรียนรายวิชาเสริมทักษะคณิตศาสตร์ 2 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนนักเรียนในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย

กลุ่มย่อย	แผนการเรียนวิทยาศาสตร์			รวม
	เก่ง	ปานกลาง	อ่อน	
1	10	10	10	30
2	10	10	10	30

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นจากผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการสัมภาษณ์และผลการตอบแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด แบ่งเป็น 1) แบบเลือกตอบสามระดับ ระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) ประกอบด้วยเหตุผลสนับสนุนคำตอบเป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (C tier) เป็นแบบตรวจสอบรายการคือ มั่นใจ/ไม่มั่นใจ 2) แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) ประกอบด้วยเหตุผลสนับสนุนคำตอบเป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (C tier) เป็นแบบตรวจสอบรายการคือ มั่นใจ/ไม่มั่นใจและระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบ (D tier) เป็นการเลือกรูปภาพและระบุพิกัดส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์

สำหรับคำถามและตัวเลือกในระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่เป็นคำถามและตัวเลือกชุดเดียวกัน แตกต่างกันที่แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับจะเพิ่มระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบเป็นการเลือกรูปภาพและระบุพิกัดส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์ และ 3) แบบสัมภาษณ์ที่ประยุกต์เทคนิคการคิดออกเสียงมาประกอบการสัมภาษณ์ ในแบบสัมภาษณ์จะมีคำถามที่ให้นักเรียนอธิบาย

ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับมโนทัศน์หลักทั้ง 9 มโนทัศน์ แล้ววินิจฉัยว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน หรือนักเรียนไม่มีความรู้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกเป็นการเก็บข้อมูลการทดลองใช้แบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลไปยังโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัยและนัดหมายวันและเวลาในการเก็บข้อมูลและขั้นตอนที่สองเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ด้วยเทคนิค การคิดออกเสียง โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูล 2) ติดต่อไปยังครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์นัดหมายวันและเวลาในการเข้าไปเก็บข้อมูล 3) ผู้วิจัยเก็บข้อมูลนักเรียนด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 พัฒนาแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยกำหนดวัตถุประสงค์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด สร้างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยการนำผลการตอบแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดมาสร้างเป็นตัวลวงที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ ที่คลาดเคลื่อน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) วิเคราะห์เนื้อหาสาระที่สำรวจมโนทัศน์

2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่ต้องการวัด

3) สร้างแผนผังการออกข้อสอบ

4) ร่างข้อสอบแบบเลือกตอบสามระดับ โดยระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) ประกอบด้วยเหตุผลสนับสนุนคำตอบเป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (R tier) เป็นแบบตรวจสอบรายการคือ มั่นใจ/ไม่มั่นใจ

5) ร่างข้อสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับแบบใหม่ 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)

2.2 ตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่ด้านความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบวินิจฉัยสามระดับและสี่ระดับแบบใหม่ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.4 นำแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียน โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ครั้ง แต่ละครั้งแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม การสอบครั้งที่หนึ่ง กลุ่มย่อยที่ 1 สอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่และกลุ่มย่อยที่ 2 สอบด้วยแบบเลือกตอบสามระดับและการสอบในครั้งที่สอง กลุ่มย่อยที่ 1 สอบด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ และกลุ่มย่อยที่ 2 สอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยที่การสอบครั้งสอบทิ้งระยะเวลาห่างจากการสอบครั้งที่หนึ่งประมาณสองสัปดาห์ (วรรณี แกมเกตุ, 2555; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550)

2.5 วิเคราะห์คุณสมบัติทางจิตมิติของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์เข้าสู่ระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

2.6 เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในรายวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการหาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยใช้การวิเคราะห์ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer’ s v correlation coefficient)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยด้านความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 คน และนำคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบ กับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินคือ ค่า IOC ที่คำนวณได้มากกว่า .05 (IOC > .05) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) จึงจะถือว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัด

2. วิเคราะห์ค่าความยาก (difficulty) และค่าจำแนก (discrimination) ของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

3. วิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ส่วนย่อย ได้แก่ 1) ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 3) ผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในวิชาคณิตศาสตร์ และ 4) การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีรายละเอียดดังนี้

1) ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจเป็นการวิเคราะห์ว่า การวัดในระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจสามารถวัดได้สอดคล้องกันหรือไม่ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (pearson’s product moment correlation coefficient) (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553) ดังสมการ

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\right]\left[n\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2\right]}}$$

เมื่อ r คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

n คือ จำนวนข้อมูล

X คือ ตัวแปรที่ต้องศึกษาตัวที่ 1

Y คือ ตัวแปรที่ต้องศึกษาตัวที่ 2

เกณฑ์การแปลผล

r อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00	แสดงว่า มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
r อยู่ระหว่าง 0.60 – 0.79	แสดงว่า มีความสัมพันธ์กันสูง
r อยู่ระหว่าง 0.40 – 0.59	แสดงว่า มีความสัมพันธ์กันปานกลาง
r อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.39	แสดงว่า มีความสัมพันธ์กันต่ำ
r อยู่ระหว่าง 0.00 – 0.19	แสดงว่า มีความสัมพันธ์กันต่ำมาก

2) ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการวิเคราะห์ว่าแบบเลือกตอบสามระดับกับ แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สามารถวัดคุณลักษณะเดียวกันของผู้เรียนหรือไม่ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของคะแนนรวมระดับคำตอบ คะแนนรวมระดับเหตุผล คะแนนรวมระดับความมั่นใจ ระหว่างแบบสอบทั้งสองฉบับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) ผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษารูปแบบการจำแนกนักเรียนจากการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่จำแนกนักเรียนเป็น 6 กลุ่ม (Arslan et al., 2012; Caleon and Subramaniam, 2010; Gurel et al., 2015; Sreenivasula & Subramaniam, 2013; มนัสสิริ อินทร์สวาท, 2559) ดังนี้

1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)

2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP)

3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN)

4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)

5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC)

6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)

มีการจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ วินิจฉัยเป็นรายข้อ จากนั้นนำผลวินิจฉัยรายข้อมาหาฐานนิยมเพื่อผลวินิจฉัยในรายมโนทัศน์หลัก แล้วรายงานจำนวนและร้อยละของนักเรียนในกลุ่มต่าง ๆ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การแปลผลรูปแบบการตอบแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ผลการวินิจฉัย	แบบเลือกตอบสามระดับ			แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่			
	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

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ผลการวินิจฉัย	แบบเลือกตอบสามระดับ			แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่			
	A tier	R tier	C tier	A tier	R tier	C tier	D tier
LK	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง

4) การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่เป็นการศึกษาว่าแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ให้ผลการวินิจฉัยจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มได้ตรงกันหรือไม่ทั้งในรายมโนทัศน์หลักและในภาพรวม เนื่องจากผลการวินิจฉัยจัดเป็นตัวแปรระดับนามบัญญัติ (nominal scale) และมีมากกว่า 1 กลุ่ม (polytomous) จึงศึกษาด้วยการพิจารณาค่าไคสแควร์ (chi-square) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer’ s v correlation coefficient) (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล , 2553) ดังสมการ

4.1) สูตรการคำนวณค่าไคสแควร์ (χ^2)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c}\frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

เมื่อ χ^2 คือ ค่าไคสแควร์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

O_{ij} คือ ความถี่ที่สังเกตได้ในเซลล์ (i , j)

E_{ij} คือ ความถี่ที่คาดหวังในเซลล์ (i , j)

r คือ แถว

c คือ คอลัมน์

หากผลทดสอบจากไคสแควร์พบว่า มีเซลล์ที่มีค่าน้อยกว่า 5 เซลล์ ให้ใช้การทดสอบของฟิชเชอร์ (fisher’s exact test) เพื่อปรับแก้ค่าไคสแควร์

4.2) สูตรการคำนวณ Cramer's v correlation coefficient

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n(q-1)}}$$

เมื่อ V คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์

χ^2 คือ ค่าไคสแควร์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

q คือ จำนวนกลุ่มของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งที่มีค่าน้อย

n คือ จำนวนข้อมูลหรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

5) การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ เป็นการศึกษาว่าแบบสอบวินิจฉัยฉบับใดให้ผลตรงกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์มากกว่า ด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบกับผลการสัมภาษณ์ โดยศึกษาทั้งในรายมโนทัศน์หลักและในภาพรวม ด้วยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ทับซ้อนกัน (comparing correlation coefficients of overlapping samples : t) ดังสมการ

$$t = \frac{(V_{12} - V_{13})}{\sqrt{\dfrac{(n-1)(1+V_{23})}{2\dfrac{(n-1)}{(n-3)}|S| + \dfrac{(V_{12}+V_{13})}{4}(1-V_{23})^3}}}$$

เมื่อ t คือ ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ซ้อนทับกัน

V_{12} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์

V_{13} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ระหว่างแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์

V_{23} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

n คือ จำนวนข้อมูลหรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

S คือ เมทริกซ์ของค่าสหสัมพันธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

การออกแบบและการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ เมื่อได้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่แล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการเป็น 2 ตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 การออกแบบระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มี 5 ขั้นตอนดังนี้

1) การออกแบบระบบการลงทะเบียน เป็นการกำหนดข้อมูลที่ต้องการใช้เพื่อให้ผู้เข้ารับการทดสอบกรอกข้อมูลลงในระบบแล้วนำข้อมูลดังกล่าวไปแสดงในหน้าแรกของการรายงานผลการทดสอบ โดยอาจจะเป็นข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ ชื่อ นามสกุล โรงเรียน เกรดเฉลี่ย เกรดวิชาคณิตศาสตร์ เบอร์โทรศัพท์ และชั้นเรียน

2) การออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบการแสดงผลของข้อสอบแต่ละข้อว่าจะให้แสดงผลอย่างไร มีขั้นตอนในการทำแบบทดสอบอย่างไร ออกแบบรูปแบบการทดสอบว่าผู้เรียนสามารถย้อนกลับไปทำแบบทดสอบข้อก่อนหน้าหรือแก้ไขข้อสอบก่อนส่งแบบทดสอบได้หรือไม่ รวมทั้งการประมวลผลคะแนนของผู้เข้าสอบให้แสดงผลคะแนนอย่างไร

3) การออกแบบหน้าจอของระบบการทดสอบ เป็นการกำหนดองค์ประกอบหลักที่แสดง ได้แก่ แถบแสดงเนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่ผู้เข้าสอบกำลังดำเนินการทดสอบ รวมทั้งการแสดงผลเพิ่มเติมที่ต้องการให้เกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน

4) การออกแบบรายงานผลการทดสอบ เป็นการกำหนดรายละเอียดของรายงานผลการทดสอบของนักเรียนหลังจากใช้งานระบบการทดสอบ

5) การออกแบบคู่มือการใช้งานระบบ เป็นการจัดทำรายละเอียดการใช้งานระบบการทดสอบทั้งของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ โดยคู่มือประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 3 ส่วน คือ 1) บทนำ เสนอลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยที่ใช้ในระบบ 2) การเข้าถึงระบบการทดสอบออนไลน์ และ 3) การใช้งานระบบการทดสอบ

ตอนที่ 2 การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

1) ผู้วิจัยจะประสานงานกับโปรแกรมเมอร์ เพื่อวางแผนการออกแบบระบบร่วมกัน ส่วนภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสำหรับจัดทำระบบในครั้งนี้คือ PHP Hypertext Preprocessor

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยมีรายละเอียดการทำงานของระบบการทดสอบออนไลน์ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หน้าแรก (Home page) 2) ลงทะเบียน 3) เข้าสู่ระบบการทดสอบ 4) ระบบการทดสอบออนไลน์ 5) การประเมินประสบการณ์ของผู้ใช้งานระบบการทดสอบ 6) รายงานผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามวัตถุประสงค์ และ 7) พิมพ์รายงาน

2. ขั้นตอนการทดลองและแก้ไขโปรแกรม เมื่อระบบเสร็จสิ้นสมบูรณ์ผู้วิจัยจะนำโปรแกรมไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 คน นำผลการทดลองให้มาปรับปรุงเพื่อให้ระบบทำงานได้ราบรื่นทุกขั้นตอน

3. จัดทำคู่มือการใช้งานระบบการวินิจฉัยประกอบด้วยคู่มือ 2 ฉบับ คือ คู่มือสำหรับผู้ใช้งานและคู่มือสำหรับผู้ดูแลระบบ

ระยะที่ 3 ประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

การประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ แบ่งออกเป็น 3 ตอนคือ การพัฒนาแบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและประสบการณ์ผู้ใช้งาน การประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาแบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและประสบการณ์ผู้ใช้งาน

ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ และดำเนินการออกแบบข้อคำถามที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัด จากนั้นนำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติทั้งด้านความตรงเชิงเนื้อหาด้วยดัชนี IOC จากผู้เชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัย คือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) เป็นครูผู้สอนที่มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโทสาขาการวัดและประเมินผลทางการศึกษา และ

2) เป็นครูวิทยฐานะชำนาญการขึ้นไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและประสบการณ์ผู้ใช้งาน ซึ่งแบบประเมินที่สร้างขึ้นเป็นแบบมาตรประมาณค่า 3 ระดับ (Likert scale) โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัด

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัด

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเริ่มจากการประสานเชิญผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตามเกณฑ์ที่กำหนดและจัดทำหนังสือเชิญพร้อมแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาผ่านระบบออนไลน์ เช่น อีเมล์ ไลน์ หรือข้อความ โดยมีระยะเวลาให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาประมาณ 1 - 2 สัปดาห์เมื่อได้ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญครบทั้ง 3 ท่านแล้วจะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของของข้อคำถามและวัตถุประสงค์

จากสูตร

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินคือ ค่า IOC ที่คำนวณได้มากกว่า .05 (IOC > .05) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) จึงจะถือว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัด

ตอนที่ 2 การประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ

นำแบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซแล้วนำมาประเมินการใช้การอินเทอร์เฟซของระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัย คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) ด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน เป็นครูผู้สอนที่มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโทสาขาการวัดและประเมินผลทางการศึกษา

2) ด้านการสอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน เป็นผู้มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์และมีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และเป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ

3) ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 1 ท่าน เป็นผู้มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีทางการศึกษา มีประสบการณ์ในการพัฒนาสื่อและนวัตกรรมทางการศึกษา และเป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินการใช้การอินเทอร์เฟซของระบบทดสอบออนไลน์ เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ดำเนินการโดยกำหนดประเด็นในการประเมินดังนี้

1) ข้อกำหนด (Requirement)

2) การออกแบบระบบการทดสอบ (Conceptual Design)

3) รายละเอียดการออกแบบระบบการทดสอบ (Detailed Design)

4) การใช้งานระบบการทดสอบ (Implementation)

ซึ่งแบบประเมินที่สร้างขึ้นเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

5	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับดี
3	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับพอใช้
1	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเริ่มจากการประสานเชิญผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตามเกณฑ์ที่กำหนดและจัดทำหนังสือเชิญพร้อมแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาผ่านระบบออนไลน์ เช่น อีเมล์ ไลน์ หรือข้อความ โดยมีระยะเวลาให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาประมาณ 1 - 2 สัปดาห์เมื่อได้ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญครบทั้ง 3 ท่านแล้วจะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการวิเคราะห์ด้วยสถิติบรรยาย ซึ่งสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การแปลความหมายของคะแนนการประเมินในส่วนของผู้เชี่ยวชาญ

ใช้เกณฑ์คะแนนเฉลี่ย ดังนี้

4.51-5.00	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
3.51-4.50	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับดี
2.51-3.50	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับพอใช้
1.00-1.50	หมายถึง	ประเด็นการประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง

ตอนที่ 3 การประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์

เมื่อได้แบบประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์แล้วนำมาประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยผู้เรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงพิจารณาจากโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากรุงเทพมหานครเขต 1 จำนวน 4 โรงเรียน ที่มีความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โรงเรียนละ 25 คน รวมจำนวนนักเรียน 100 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ดำเนินการโดยกำหนดประเด็นในการประเมินดังนี้

1) การใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์

2) การออกแบบระบบการทดสอบออนไลน์

3) ความรู้สึกต่อระบบการทดสอบออนไลน์

ซึ่งแบบประเมินที่สร้างขึ้นเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อยที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินหลังจากผู้เรียนทดลองใช้ระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมนำระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ไปใช้ มีการดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการทดลองใช้ระบบการทดสอบวินิจฉัยจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไปยังผู้บริหารสถานศึกษาเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวมรวมข้อมูล

2) ติดต่อโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัยทดลองให้ระบบและสอบถามรายชื่อและเบอร์โทรศัพท์ของครูที่ทำหน้าที่รับผิดชอบเก็บข้อมูลนักเรียนนัดหมายวันและเวลาในการทดสอบ

3) จัดเตรียมระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่และคู่มือการใช้งานเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนนำไปใช้

2. การเตรียมสถานที่ในการจัดสอบ ผู้วิจัยขอความอนุเคราะห์โรงเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัยใช้ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ โดยในการทดสอบแต่ละครั้งจะใช้ผู้เข้าสอบ 40 คน ใช้คอมพิวเตอร์ 1 คน ต่อ 1 เครื่อง

3. การชี้แจงก่อนการทดสอบ ก่อนการทดสอบ 20 นาที จะมีการชี้แจงการใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ให้กับผู้เข้ารับการทดสอบก่อนการดำเนินการทดสอบจริง โดยในขั้นตอนการชี้แจงจะให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการเข้าสู่ระบบพร้อมกัน เมื่อผู้เข้าสอบลงทะเบียนแล้วจึงเริ่มการทดสอบ

4. การดำเนินการทดสอบ ในขั้นตอนการทดสอบผู้เข้ารับการทดสอบ เริ่มทำข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลา 90 นาทีเมื่อทำการทดสอบครบทั้ง 30 ข้อ ระบบจะออกรายงานผลการวินิจฉัยทั้งฉบับซึ่งผู้ทดสอบจะได้รับผลคะแนน และสรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพื่อการพัฒนาตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. นักเรียนประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

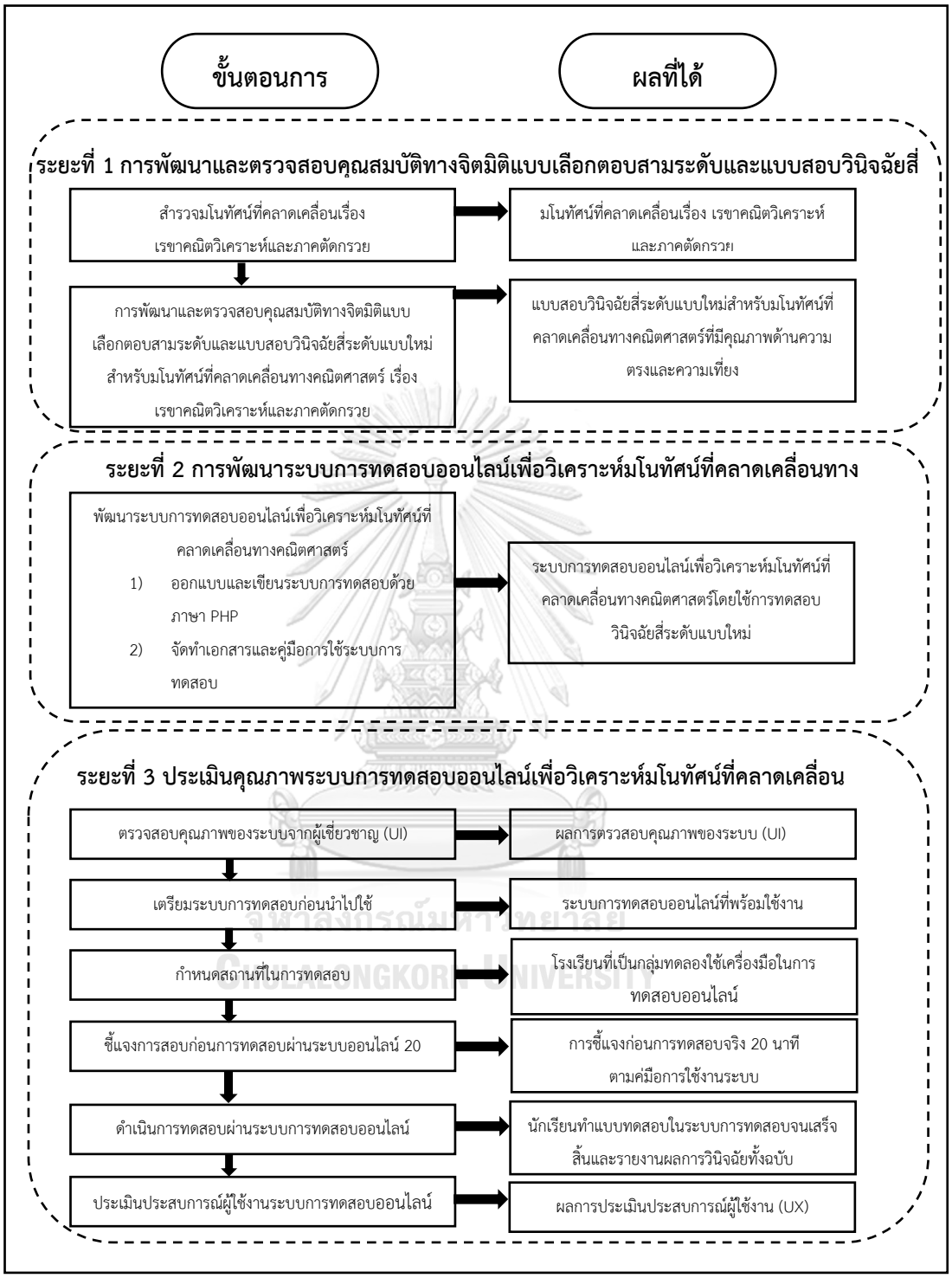
การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการวิเคราะห์ด้วยสถิติบรรยาย ซึ่งสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การแปลความหมายของคะแนนการประเมินในส่วนของผู้เรียน ใช้เกณฑ์คะแนนเฉลี่ย ดังนี้

4.51-5.00	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับมาก
2.51-3.50	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับพอใช้
1.00-1.50	หมายถึง	เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 5 กรอบการดำเนินการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้การทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ (2) เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ (3) เพื่อพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และ (4) เพื่อตรวจสอบคุณภาพระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่และตอนที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ซึ่งมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

สำหรับผลการศึกษาในตอนที่ 1 แบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ 1.1) ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 1.2) ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละเนื้อหาดังนี้

ตอนที่ 1.1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สำหรับผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ผลการสังเคราะห์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการสอนคณิตศาสตร์ และ 3) ผลการวินิจฉัยจากแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

ผลการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัยของธัญญารัตน์ จูมแพง (2555), เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2552), สุวิมล เสวกสุริยวงศ์ (2553), Sudihartinih and Purniati (2019), Hogue and Scarcelli (2019), Hong and Park (2007) และ Sudihartinih and Purniati (2019) พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ มีจำนวน 27 มโนทัศน์ โดยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุด คือ ไฮเพอร์โบลา (ความถี่รวม 20) มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน y และสมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y-k)^2}{a^2}-\frac{(x-h)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน x (ข้อที่ 22) และการเลื่อนแกนของสมการไฮเพอร์โบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย(ข้อ 26) มีความถี่เท่ากันคือ 5 สำหรับเนื้อหาอื่น ๆ มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มีความถี่เท่ากับ 5 ได้แก่ เรื่องการหาสมการเส้นตรง มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ ไม่สามารถหาสมการเส้นตรงเมื่อกำหนดจุดสองจุดบนเส้นตรงมาให้(ข้อ 9) เรื่อง พาลาโบลา มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ สมการพาราโบลา $(x-h)^2=4c(y-k)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน y และสมการพาราโบลา $(y-k)^2=4c(x-h)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน x (ข้อ 14) และการเลื่อนแกนของสมการพาราโบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย (ข้อ 15) และเรื่อง วงรี มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คือ การเลื่อนแกนของสมการวงรี กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย(ข้อ 20) รายละเอียดการสังเคราะห์แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Sudihartinih and Purniati (2019)	Hogue and Scarcelli (2019)	Hong and Park (2007)	เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรชงร (2552)	ธัญญารัตน์ จูมแพง (2555)	สุวิมล แสวกสุริยวงศ์ (2553)	**ความถี่**
1.เรขาคณิตวิเคราะห์							
เนื้อหาย่อย 1.1 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง							
1. ระยะทางระหว่างจุดสองจุด $\sqrt{(x_1-x_2)^2-(y_2-y_1)^2}$				✓		✓	2
2. หาจุดกึ่งกลางของจุดสองจุดจาก $\left(\frac{x_1+y_1}{2},\frac{x_2+y_2}{2}\right)$					✓		1
เนื้อหาย่อย 1.2 ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน							
3. หาความชันของเส้นตรงจากสูตร $m=\frac{y_2-y_1}{x_1-x_2}$	✓			✓	✓	✓	4
4. เส้นตรงที่ตั้งฉากกันมีความชันเท่ากัน	✓				✓	✓	3
5. เส้นตรงที่ขนานกันความชันคูณกันได้ -1	✓				✓	✓	3
เนื้อหาย่อย 1.3 ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน							
6. ระยะทางจากจุดมาเส้นตรงเป็นระยะทางที่ไม่ตั้งฉาก			✓	✓		✓	3
7. การหาระยะทางระหว่างเส้นตรงสองเส้นที่ขนานกันไม่จำเป็นต้องทำให้อยู่ในรูปสมการ Ax+By+C=0 เหมือนกันทั้งสองสมการ			✓			✓	2
เนื้อหาย่อย 1.4 การหาสมการเส้นตรง							
8. สมการเส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรง y = c และสมการเส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรง x = c				✓	✓	✓	3
9. ไม่สามารถหาสมการเส้นตรงเมื่อกำหนดจุดสองจุดบนเส้นตรงมาให้	✓		✓	✓	✓	✓	5

ตารางที่ 4 (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Sudihartinih and Purniati (2019)	Hogue and Scarcelli (2019)	Hong and Park (2007)	เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2552)	ธัญญารัตน์ จูมแพง (2555)	สุวิมล เสวกสุริยวงศ์ (2553)	**ความถี่**
2. ภาคตัดกรวย							
เนื้อหาย่อย 2.1 วงกลม							
10. ไม่สามารถหาสมการวงกลมได้เมื่อกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมีมาให้	✓	✓	✓			✓	4
11. สมการวงกลมคือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r$						✓	1
12. จากจุดศูนย์กลางไปยังเส้นสัมผัสวงกลมไม่ตั้งฉากกัน		✓					1
13. $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$ เป็นสมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k) และรัศมี r หน่วย						✓	1
เนื้อหาย่อย 2.2 พาราโบลา							
14. สมการพาราโบลา $(x-h)^2=4c(y-k)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน y และสมการพาราโบลา $(y-k)^2=4c(x-h)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน x	✓	✓	✓	✓		✓	5
15. การเลื่อนแกนของสมการพาราโบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย	✓	✓	✓	✓		✓	5
16. การระบุจุดยอดและจุดโฟกัสในรูปไม่ถูกต้องเมื่อทราบสมการมาตรฐาน	✓		✓	✓		✓	4
17. ค่า c ของสมการพาราโบลาต้องเป็นค่าบวกเสมอ	✓					✓	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4 (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Sudihartinih and Purniati (2019)	Hogue and Scarcelli (2019)	Hong and Park (2007)	เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2552)	ธัญญารัตน์ จูมแพง (2555)	สุวิมล เสวกสุริยวงศ์ (2553)	**ความถี่**
เนื้อหาย่อย 2.3 วงรี							
18. สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน y และ สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{b^2}+\frac{(y-k)^2}{a^2}=1$ เป็นวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน x	✓		✓	✓		✓	4
19. $c^2=a^2+b^2$				✓		✓	2
20. การเลื่อนแกนของสมการวงรี กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย	✓	✓	✓	✓		✓	5
21. สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นสมการที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k)				✓		✓	2
เนื้อหาย่อย 2.4 ไฮเพอร์โบลา							
22. สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน y และ สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y-k)^2}{a^2}-\frac{(x-h)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน x	✓	✓	✓	✓		✓	5
23. $a^2=c^2+b^2$	✓			✓		✓	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Sudihartinih and Purniati (2019)	Hogue and Scarcelli (2019)	Hong and Park (2007)	เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2552)	ธัญญารัตน์ จูมแพง (2555)	สุวิมล เสวกสุริยวงศ์ (2553)	**ความถี่**
24. a > b เสมอ และ แกนตามขวางมีความยาวมากกว่าแกนสังยุคเสมอ	✓			✓		✓	3
25. สลับความชันของเส้นกำกับของสมการไฮเพอร์โบลาทั้งสองรูปแบบ	✓					✓	2
26. การเลื่อนแกนของสมการไฮเพอร์โบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย	✓	✓	✓	✓		✓	5
27. สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นสมการที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k)				✓		✓	2
เนื้อหาย่อย 2.5 การแก้โจทย์ปัญหา							
-							

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการสอนคณิตศาสตร์

ผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการสอนคณิตศาสตร์จำนวน 11 ท่าน ในประเด็นความคิดเห็นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์มาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ที่ผู้เชี่ยวชาญพบจากประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการศึกษาเอกสารตรงกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเคยพบทุกมโนทัศน์ และผู้เชี่ยวชาญได้เสนอมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพิ่มเติม 3 มโนทัศน์ โดยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเพิ่มเติมประกอบด้วยเนื้อหาย่อย 2.1 วงกลม จำนวน 1 มโนทัศน์ ได้แก่ เส้นสัมผัสวงกลมที่จุดปลายของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ขนานกัน และเนื้อหาย่อย 2.5 การแก้โจทย์ปัญหา

จำนวน 2 มโนทัศน์ ได้แก่ สมการไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทหรือจุดปลายแกนเอกของสมการวงรีจะได้ว่าจุดศูนย์กลางไม่ร่วมกัน และวงกลมที่ผ่านจุดยอด/จุดโฟกัสของสมการวงรี/ไฮเพอร์โบลา จะไม่สามารถหาสมการของวงกลมได้เพราะไม่สามารถบอกจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมได้ สรุปมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่สังเคราะห์จากเอกสารและสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 30 มโนทัศน์

เมื่อพิจารณาตามเนื้อหาหลักที่ 1 เรขาคณิตวิเคราะห์ มโนทัศน์ที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอตรงกันมากที่สุด คือ (ข้อ 3) หาความชันของเส้นตรงจากสูตร $m=\frac{y_2-y_1}{x_1-x_2}$ (ความถี่ = 10) รองลงมา คือ (ข้อ 6) ระยะทางจากจุดมาเส้นตรงเป็นระยะทางที่ไม่ตั้งฉากกัน(ความถี่ = 9) และ (ข้อ 4) เส้นตรงที่ตั้งฉากกันมีความชันเท่ากันและ (ข้อ 7) การหาระยะทางระหว่างเส้นตรงสองเส้นที่ขนานกันไม่จำเป็นต้องทำให้อยู่ในรูปสมการ Ax+By+C=0 เหมือนกันทั้งสองสมการ(ความถี่เท่ากัน = 7) และมโนทัศน์ที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอมาน้อยที่สุดมี 2 มโนทัศน์ที่เท่ากัน คือ หาจุดกึ่งกลางของจุดสองจุดจาก $\left(\frac{x_1+y_1}{2},\frac{x_2+y_2}{2}\right)$ และไม่สามารถหาสมการเส้นตรงเมื่อกำหนดจุดสองจุดบนเส้นตรงมาให้ (ความถี่ = 3)

เมื่อพิจารณาเนื้อหาหลักที่ 2 ภาคตัดกรวย มโนทัศน์ที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอตรงกันมากที่สุดมี 7 มโนทัศน์เท่ากัน คือ (ข้อ 15) สมการพาราโบลา $(x-h)^2=4c(y-k)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน y และสมการพาราโบลา $(y-k)^2=4c(x-h)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน x (ข้อ 20) ความสัมพันธ์ค่า a , b และ c ของสมการวงรี กล่าวคือ $c^2=a^2+b^2$ (ข้อ 19) สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน y และสมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{b^2}+\frac{(y-k)^2}{a^2}=1$ เป็นวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน x (ข้อ 21) การเลื่อนแกนของสมการวงรี กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย (ข้อ 23) สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ แกนตามขวางขนานแกน y และสมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y-k)^2}{a^2}-\frac{(x-h)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน x (ข้อ 24) ความสัมพันธ์ค่า a , b และ c ของสมการไฮเพอร์โบลา $a^2=c^2+b^2$ และ (ข้อ 27) การเลื่อนแกนของสมการ

ไฮเพอร์โบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย (ความถี่ = 11) และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอน้อยที่สุด คือ (ข้อ 10) ไม่สามารถหาสมการวงกลมได้เมื่อกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมีมาให้ (ความถี่ = 3) รายละเอียดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่											f
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1.เรขาคณิตวิเคราะห์												
เนื้อหาย่อย 1.1 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง												
1. ระยะทางระหว่างจุดสองจุด $\sqrt{(x_1-x_2)^2-(y_2-y_1)^2}$	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	✓	4
2. หาจุดกึ่งกลางของจุดสองจุดจาก $\left(\frac{x_1+y_1}{2},\frac{x_2+y_2}{2}\right)$	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	-	3
เนื้อหาย่อย 1.2 ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน												
3. หาความชันของเส้นตรงจากสูตร $m=\frac{y_2-y_1}{x_1-x_2}$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	10
4. เส้นตรงที่ตั้งฉากกันมีความชันเท่ากัน	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	7
5. เส้นตรงที่ขนานกันความชันคูณกันได้ -1	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	6
เนื้อหาย่อย 1.3 ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน												
6. ระยะทางจากจุดมาเส้นตรงเป็นระยะทางที่ไม่ตั้งฉากกัน	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	9
7. การหาระยะทางระหว่างเส้นตรงสองเส้นที่ขนานกันไม่จำเป็นต้องทำให้อยู่ในรูปสมการ Ax+By+C=0 เหมือนกันทั้งสองสมการ	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	-	✓	✓	7
เนื้อหาย่อย 1.4 การหาสมการเส้นตรง												
8. สมการเส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรง y = c และสมการเส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรง x = c	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	-	✓	✓	6
9. ไม่สามารถหาสมการเส้นตรงเมื่อกำหนดจุดสองจุดบนเส้นตรงมาให้	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	✓	3

ตารางที่ 5 (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่											f
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2. ภาคตัดกรวย												
เนื้อหาย่อย 2.1 วงกลม												
10. ไม่สามารถหาสมการวงกลมได้เมื่อกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมีมาให้	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	3
11. สมการวงกลมคือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r$	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	✓	4
12. จากจุดศูนย์กลางไปยังเส้นสัมผัสวงกลมไม่ตั้งฉากกัน	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	✓	-	6
13. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุดปลายของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ขนานกัน	-	✓	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	✓	5
14. $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$ เป็นสมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k) และรัศมี r หน่วย	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	-	7
เนื้อหาย่อย 2.2 พาราโบลา												
15. สมการพาราโบลา $(x-h)^2=4c(y-k)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน y และสมการพาราโบลา $(y-k)^2=4c(x-h)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	11
16. การเลื่อนแกนของสมการพาราโบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	9
17. การระบุจุดยอดและจุดโฟกัสในรูปไม่ถูกต้องเมื่อทราบสมการมาตรฐาน	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	✓	✓	4
18. ค่า c ของสมการพาราโบลาต้องเป็นค่าบวกเสมอ	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่											f
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
เนื้อหาย่อย 2.3 วงรี												
19. สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน y และ สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{b^2}+\frac{(y-k)^2}{a^2}=1$ เป็นวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**11**
20. $c^2=a^2+b^2$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**11**
21. การเลื่อนแกนของสมการวงรี กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วย จะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**11**
22. สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นสมการที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k)	-	✓	-	-	-	✓	✓	-	✓	✓	-	**5**
เนื้อหาย่อย 2.4 ไฮเพอร์โบลา												
23. สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน y และ สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y-k)^2}{a^2}-\frac{(x-h)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**11**
24. $a^2=c^2+b^2$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	**11**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 (ต่อ)

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่											f
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
25. a > b เสมอ และ แกนตามขวางมีความยาวมากกว่าแกนสังยุคเสมอ	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	10
26. สลับความชันของเส้นกำกับของสมการไฮเพอร์โบลาทั้งสองรูปแบบ	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	✓	7
27. การเลื่อนแกนของสมการไฮเพอร์โบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	11
28. สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นสมการที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k)	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	✓	5
เนื้อหาย่อย 2.5 การแก้โจทย์ปัญหา												
29. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทหรือจุดปลายแกนเอกของสมการวงรีจะได้ว่าจุดศูนย์กลางไม่ร่วมกัน	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10
30. วงกลมที่ผ่านจุดยอด/จุดโฟกัสของสมการวงรี/ไฮเพอร์โบลา จะไม่สามารถหาสมการของวงกลมได้เพราะไม่สามารถบอกจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมได้	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	8

3) ผลการวินิจฉัยจากแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด

ผู้วิจัยนำผลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยและผลการสัมภาษณ์มาสร้างแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด โดยระดับที่หนึ่งเป็นแบบตัวเลือก ระดับที่สองเป็นเหตุผลของคำตอบในระดับแรกเป็นแบบเขียนตอบ และระดับที่สามเป็นการวาดภาพประกอบคำตอบ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการสร้างดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) วิเคราะห์มวลเนื้อหาที่จะสำรวจมโนทัศน์ ผู้วิจัยกำหนดมวลเนื้อหาที่จะสร้างแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดจำนวน 2 เนื้อหาหลัก แบ่งเป็น 9 เนื้อหาย่อย ซึ่งสอดคล้องกับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

2) กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด ผู้วิจัยกำหนดวัตถุประสงค์เนื้อหาย่อยละ 1 วัตถุประสงค์ รวมเป็น 9 วัตถุประสงค์ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดกำหนดจำนวน 30 มโนทัศน์ตามผลการศึกษาเอกสารและการสัมภาษณ์ มีรายละเอียดดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัดจำแนกตามเนื้อหา

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
1. เรขาคณิตวิเคราะห์		
1.1 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	หาระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลางของจุดสองจุดที่กำหนดให้ได้	1. ระยะทางระหว่างจุดสองจุด $\sqrt{(x_1-x_2)^2-(y_2-y_1)^2}$
		2. หาจุดกึ่งกลางของจุดสองจุดจาก $\left(\frac{x_1+y_1}{2},\frac{x_2+y_2}{2}\right)$
1.2 ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	หาความชันของเส้นตรงและใช้ความชันในการอธิบายเกี่ยวกับเส้นขนานและเส้นตั้งฉากได้	3. หาความชันของเส้นตรงจากสูตร $m=\frac{y_2-y_1}{x_1-x_2}$
		4. เส้นตรงที่ตั้งฉากกันมีความชันเท่ากัน
		5. เส้นตรงที่ขนานกันความชันคูณกันได้ -1
1.3 ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	หาระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนานกันได้	6. ระยะทางจากจุดมาเส้นตรงเป็นระยะทางที่ไม่ตั้งฉากกัน
		7. การหาระยะทางระหว่างเส้นตรงสองเส้นที่ขนานกันไม่จำเป็นต้องทำให้อยู่ในรูปสมการ Ax+By+C=0 เหมือนกันทั้งสองสมการ
1.4 การหาสมการเส้นตรง	เขียนกราฟและหาสมการเส้นตรงได้	8. สมการเส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรง y = c และสมการเส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรง x = c
		9. ไม่สามารถหาสมการเส้นตรงเมื่อกำหนดจุดสองจุดบนเส้นตรงมาให้

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
2. ภาคตัดกรวย		
2.1 วงกลม	เขียนกราฟและหาสมการวงกลมได้	10. ไม่สามารถหาสมการวงกลมได้เมื่อกำหนดจุดศูนย์กลางและรัศมีมาให้
		11. สมการวงกลมคือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r$
		12. จากจุดศูนย์กลางไปยังเส้นสัมผัสวงกลมไม่ตั้งฉากกัน
		13. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุดปลายของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ขนานกัน
		14. $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$ เป็นสมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k) และรัศมี r หน่วย
2.2 พาราโบลา	เขียนกราฟและหาสมการพาราโบลาได้	15. สมการพาราโบลา $(x-h)^2=4c(y-k)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน y และสมการพาราโบลา $(y-k)^2=4c(x-h)$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนาน x
		16. การเลื่อนแกนของสมการพาราโบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย
		17. การระบุจุดยอดและจุดโฟกัสในรูปไม่ถูกต้องเมื่อทราบสมการมาตรฐาน
		18. ค่า c ของสมการพาราโบลาต้องเป็นค่าบวกเสมอ
2.3 วงรี	เขียนกราฟและหาสมการวงรีได้	19. สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน y และ สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{b^2}+\frac{(y-k)^2}{a^2}=1$ เป็นวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน x
		20. $c^2=a^2+b^2$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
		21. การเลื่อนแกนของสมการวงรี กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย
		22. สมการวงรี $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นสมการที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k)
2.4 ไฮเพอร์โบลา	เขียนกราฟและหาสมการไฮเพอร์โบลาได้	23. สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน y และสมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y-k)^2}{a^2}-\frac{(x-h)^2}{b^2}=1$ มีแกนตามขวางขนานแกน x
		24. $a^2=c^2+b^2$
		25. a > b เสมอ และ แกนตามขวางมีความยาวมากกว่าแกนสังยุคเสมอ
		26. สลับความชันของเส้นกำกับของสมการไฮเพอร์โบลาทั้งสองรูปแบบ
		27. การเลื่อนแกนของสมการไฮเพอร์โบลา กล่าวคือ การเลื่อนจุดศูนย์กลางไปทางขวาหนึ่งหน่วยจะได้พิกัดค่า x ลดลงหนึ่งหน่วย และการเลื่อนจุดศูนย์กลางขึ้นด้านบน 1 หน่วยจะได้พิกัดค่า y ลดลงหนึ่งหน่วย
		28. สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ เป็นสมการที่มีจุดศูนย์กลางที่จุด (-h,-k)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
2.5 แก้โจทย์ปัญหา	ใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยในการแก้ปัญหาได้	29. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทหรือจุดปลายแกนเอกของสมการวงรีจะได้ว่าจุดศูนย์กลางไม่ร่วมกัน
		30. วงกลมที่ผ่านจุดยอด/จุดโฟกัสของสมการวงรี/ไฮเพอร์โบลา จะไม่สามารถหาสมการของวงกลมได้เพราะไม่สามารถบอกจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมได้

3) สร้างผังการสร้างข้อสอบ เมื่อกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้จำนวน 9 ข้อ แล้วผู้วิจัยสร้างผังการสร้างข้อสอบ (table of specification) โดยแต่ละเนื้อหาผู้วิจัยจะสร้างข้อสอบตามจำนวนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด มโนทัศน์ละ 1 ข้อ รวมทั้งสิ้น 30 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผังการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ข้อ)	น้ำหนัก (ร้อยละ)
1. เรขาคณิตวิเคราะห์			
1.1 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	หาระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลางของจุดสองจุดที่กำหนดให้ได้	2	6.67
1.2 ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	หาความชันของเส้นตรง และใช้ความชันในการอธิบายเกี่ยวกับเส้นขนานและเส้นตั้งฉากได้	3	10.00
1.3 ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	หาระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนานกันได้	2	6.67
1.4 การหาสมการเส้นตรง	เขียนกราฟและหาสมการเส้นตรงได้	2	6.67
2. ภาคตัดกรวย			
2.1 วงกลม	เขียนกราฟและหาสมการวงกลมได้	5	16.67

ตารางที่ 7 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน (ข้อ)	น้ำหนัก (ร้อยละ)
2.2 พาราโบลา	เขียนกราฟและหาสมการพาราโบลาได้	4	13.33
2.3 วงรี	เขียนกราฟและหาสมการวงรีได้	4	13.33
2.4 ไฮเพอร์โบลา	เขียนกราฟและหาสมการไฮเพอร์โบลาได้	6	20.00
2.5 แก้โจทย์ปัญหา	ใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยในการแก้ปัญหาได้	2	6.67
รวม		30	100

4) ร่างข้อสอบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด โดยระดับที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ ระดับที่ 2 เป็นเหตุผลของคำตอบในระดับแรกเป็นแบบเขียนตอบ และระดับที่ 3 เป็นการวาดภาพประกอบคำตอบผู้วิจัยทำการร่างข้อคำถามจำนวน 40 ข้อ โดยยึดจากจุดประสงค์การเรียนรู้ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด โดยแต่ละข้อจะมีการแปลความหมายของคำตอบเพื่อจะจำแนกนักเรียนที่มีความรู้ทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ตัวอย่างร่างข้อสอบแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4

เนื้อหาหลัก 1. เรขาคณิตวิเคราะห์

เนื้อหาย่อย 1.1 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง

จุดประสงค์การเรียนรู้ หาระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลางของจุดสองจุดที่กำหนดให้ได้

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด ระยะทางระหว่างจุดสองจุด $\sqrt{(x_1 - x_2)^2 - (y_2 - y_1)^2}$

ข้อคำถามระดับที่ 1

ระยะทางระหว่างจุด (6 , 7) ไปยังจุด (10 , 4) เท่ากับข้อใด

ตัวเลือกระดับที่ 1

ก. $\sqrt{7}$ ข. 5

ค. $\sqrt{135}$ ง. 25

ข้อคำถามในระดับที่ 2

เพราะเหตุใดจึงเลือกคำตอบดังกล่าว

การแปลความหมายคำตอบ

คำตอบ ระดับที่ 1	**คำตอบในระดับที่ 2**	**การแปลความหมาย**
*ข	$\sqrt{(6-10)^2+(7-4)^2}=\sqrt{16+9}=\sqrt{25}=5$	ความรู้ทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง
ก	$\sqrt{(6-10)^2-(7-4)^2}=\sqrt{16-9}=\sqrt{7}$	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า ระยะทางระหว่างจุดสองจุด $\sqrt{(x_1-x_2)^2-(y_2-y_1)^2}$
คำตอบนอกเหนือจากนี้ หรือ ไม่เขียนเหตุผล		ขาดความรู้

ข้อคำถามในระดับที่ 3

ให้นักเรียนวาดภาพประกอบคำตอบ

ภาพที่ 6 ตัวอย่างร่างแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิด

เมื่อสร้างข้อสอบจำนวน 30 ข้อแล้วผู้วิจัยนำไปใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 20 คน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ พบว่า คะแนนในระดับที่ 1 ระดับคำตอบ มีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.55-0.60 (ความยากปานกลาง) จำนวน 11 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 36.67 และมีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วง 0.61-0.80 (ความยากค่อนข้างง่าย) จำนวน 19 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 63.33 ค่าเฉลี่ยความยากอยู่ที่ 0.65 แสดงว่าข้อสอบในระดับที่ 1 ค่อนข้างง่าย มีค่าอำนาจจำแนกทั้ง 30 ข้อ อยู่ในช่วง 0.20 ขึ้นไป หมายความว่า ข้อสอบมีอำนาจจำแนกที่สามารถนำไปใช้ได้ รายละเอียดดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนก

ข้อ	p	r	ข้อ	p	r	ข้อ	p	r
1	0.65	0.20	11	0.65	0.70	21	0.60	0.40
2	0.70	0.20	12	0.60	0.20	22	0.55	0.50
3	0.70	0.20	13	0.60	0.60	23	0.60	0.40

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ข้อ	p	r	ข้อ	p	r	ข้อ	p	r
4	0.55	0.30	14	0.65	0.50	24	0.60	0.40
5	0.75	0.30	15	0.60	0.80	25	0.65	0.30
6	0.70	0.40	16	0.65	0.50	26	0.55	0.30
7	0.70	0.40	17	0.65	0.50	27	0.55	0.70
8	0.65	0.20	18	0.70	0.40	28	0.70	0.60
9	0.70	0.40	19	0.70	0.40	29	0.70	0.20
10	0.75	0.50	20	0.70	0.40	30	0.55	0.70

คะแนนในส่วนของแบบสอบระดับที่ 2 ระดับเหตุผล พบว่า จากข้อสอบ 30 ข้อ มีนักเรียนร้อยละ 75 ให้เหตุผลไม่ถูกต้องจำนวน 15 ข้อขึ้นไป โดยแบ่งเป็นร้อยละ 60 เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการจำสูตรสลับเครื่องหมายบวกเป็นลบที่พบมากที่สุดคือ สูตรการคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดสองจุด การหาความชันของเส้นตรง และสมการรูปทั่วไปของวงรีและไฮเพอร์โบลาร์ตามลำดับ นักเรียนร้อยละ 25 เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความเข้าใจผิดในการใช้สูตรและข้อจำกัดในการใช้สูตร พบมากที่สุดในการหาระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนานกัน นักเรียนร้อยละ 10 เป็นความคลาดเคลื่อนเกิดจากการวาดรูปและการเลื่อนแกนขนาน และร้อยละ 5 เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคำนวณเกี่ยวกับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

คะแนนในส่วนของแบบสอบระดับที่ 3 การวาดรูป พบว่า จากข้อสอบ 30 ข้อ มีนักเรียนร้อยละ 80 วาดภาพประกอบคำตอบไม่ถูกต้องตั้งแต่ 15 ข้อขึ้นไป โดยแบ่งเป็นร้อยละ 75 วาดรูปและระบุจุดในระบบพิกัดฉากไม่ถูกต้องทั้งการเลื่อนขนาดแกน ระบุจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลาง ร้อยละ 15 วาดรูปถูกต้องแต่ระบุจุดในระบบพิกัดฉากไม่ถูกต้อง และร้อยละ 10 ไม่สามารถวาดรูปภาพประกอบการตอบคำถามได้

ตอนที่ 1.2 ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์

สำหรับผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 5 ประเด็น ได้แก่ 1) ผลการตรวจสอบความตรง

เชิงเนื้อหา 2) ผลการตรวจสอบค่าความยาก อำนาจจำแนกตามทฤษฎีแบบดั้งเดิม 3) ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน 4) ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และ 5) ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแนวใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน พบว่า ทั้งแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเท่ากับ 1 ทั้งระดับที่ 1 ระดับที่ 2 ระดับที่ 3 และระดับที่ 4 ซึ่งผ่านเกณฑ์ คือ ค่า IOC > 0.50 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) หมายความว่าข้อสอบทั้ง 30 ข้อ มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่า IOC ของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ข้อ	ค่า IOC				ข้อเสนอแนะ	ข้อ	ค่า IOC				ข้อเสนอแนะ
	แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่						แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่				
	แบบเลือกตอบสามระดับ						แบบเลือกตอบสามระดับ				
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4			ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4	
1	1.00	1.00	1.00	1.00		16	1.00	1.00	1.00	1.00	
2	1.00	1.00	1.00	1.00		17	1.00	1.00	1.00	1.00	
3	1.00	1.00	1.00	1.00		18	1.00	1.00	1.00	1.00	
4	1.00	1.00	1.00	1.00		19	1.00	1.00	1.00	1.00	
5	1.00	1.00	1.00	1.00		20	1.00	1.00	1.00	1.00	
6	1.00	1.00	1.00	1.00		21	1.00	1.00	1.00	1.00	
7	1.00	1.00	1.00	1.00	เพิ่มตัวลวงในระดับที่ 2	22	1.00	1.00	1.00	1.00	
8	1.00	1.00	1.00	1.00	เพิ่มตัวลวงในระดับที่ 2	23	1.00	1.00	1.00	1.00	
9	1.00	1.00	1.00	1.00		24	1.00	1.00	1.00	1.00	
10	1.00	1.00	1.00	1.00		25	1.00	1.00	1.00	1.00	
11	1.00	1.00	1.00	1.00	เพิ่มตัวลวงในระดับที่ 2	26	1.00	1.00	1.00	1.00	เพิ่มตัวลวงในระดับที่ 2
12	1.00	1.00	1.00	1.00	เพิ่มตัวลวงในระดับที่ 2	27	1.00	1.00	1.00	1.00	ปรับภาษาให้เข้าใจง่าย
13	1.00	1.00	1.00	1.00	เพิ่มตัวลวงในระดับที่ 2	28	1.00	1.00	1.00	1.00	
14	1.00	1.00	1.00	1.00		29	1.00	1.00	1.00	1.00	
15	1.00	1.00	1.00	1.00		30	1.00	1.00	1.00	1.00	

2) ผลการตรวจสอบค่าความยาก อำนาจจำแนกตามทฤษฎีแบบดั้งเดิม

เมื่อแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ผ่านเกณฑ์ค่า IOC แล้ว ผู้วิจัยได้นำแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 60 คน โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ครั้ง แต่ละครั้งแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม การสอบครั้งที่หนึ่ง กลุ่มย่อยที่ 1 สอบแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่และกลุ่มย่อยที่ 2 สอบแบบเลือกตอบสามระดับและการสอบในครั้งที่สอง กลุ่มย่อยที่ 1 สอบแบบเลือกตอบสามระดับ และกลุ่มย่อยที่ 2 สอบแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่ โดยที่การสอบครั้งสอบทิ้งระยะเวลาห่างจากการสอบครั้งที่หนึ่งสองสัปดาห์

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนก ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) เราจะพิจารณาจากข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปพบว่า แบบเลือกตอบสามระดับทั้ง 30 ข้อ ในระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 28 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 93.33 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.73 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.40 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 1 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดี ส่วนในระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 26 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 86.67 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.74 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.43 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 2 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดี

สำหรับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ทั้ง 30 ข้อ แบ่งเป็นข้อสอบในระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 29 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 96.67 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.75 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.34 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 1 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกพอใช้ ส่วนข้อสอบในระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 28 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 93.33 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.76 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.35 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 2 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกพอใช้ และข้อสอบในระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบ (D tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 30 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.69 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.65 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 4 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดีมาก โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกตามทฤษฎีดั้งเดิม

ข้อ	แบบเลือกตอบสามระดับ				แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่					
	A tier		R tier		A tier		R tier		D tier	
	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r
1	0.78	0.23	0.70	0.27	0.78	0.20	0.80	0.20	0.73	0.20
2	0.58	0.27	0.72	0.20	0.80	0.20	0.78	0.30	0.73	0.27
3	0.73	0.27	0.76	0.23	0.78	0.20	0.80	0.27	0.80	0.30
4	0.80	0.27	0.78	0.27	0.80	0.20	0.76	0.20	0.78	0.30
5	0.85	0.43	0.90	0.27	0.85	0.30	0.90	0.20	0.80	0.30
6	0.75	0.30	0.77	0.43	0.78	0.30	0.73	0.23	0.77	0.27
7	0.77	0.30	0.80	0.20	0.78	0.37	0.80	0.40	0.73	0.40
8	0.80	0.20	0.79	0.40	0.71	0.30	0.78	0.27	0.67	0.53
9	0.80	0.20	0.86	0.43	0.80	0.23	0.77	0.23	0.77	0.40
10	0.82	0.33	0.77	0.27	0.80	0.27	0.78	0.43	0.80	0.33
11	0.78	0.60	0.85	0.53	0.80	0.33	0.87	0.27	0.73	0.40
12	0.58	0.37	0.72	0.27	0.60	0.60	0.73	0.40	0.62	0.50
13	0.73	0.43	0.76	0.60	0.75	0.43	0.80	0.20	0.73	0.40
14	0.80	0.43	0.80	0.33	0.79	0.27	0.80	0.20	0.80	0.27
15	0.71	0.23	0.73	0.40	0.73	0.27	0.75	0.47	0.67	7.20
16	0.80	0.40	0.78	0.50	0.80	0.23	0.79	0.27	0.77	0.40
17	0.75	0.30	0.75	0.37	0.77	0.33	0.77	0.30	0.70	0.53
18	0.78	0.40	0.77	0.47	0.80	0.27	0.75	0.37	0.68	0.43
19	0.75	0.43	0.67	0.53	0.75	0.50	0.68	0.43	0.63	0.60
20	0.71	0.40	0.63	0.53	0.73	0.47	0.65	0.57	0.58	0.70
21	0.73	0.30	0.68	0.50	0.75	0.50	0.71	0.43	0.57	0.67
22	0.79	0.60	0.71	0.43	0.80	0.27	0.73	0.47	0.69	0.27
23	0.65	0.20	0.73	0.60	0.65	0.50	0.75	0.37	0.62	0.50
24	0.80	0.50	0.70	0.40	0.80	0.27	0.71	0.23	0.75	0.43
25	0.75	0.80	0.82	0.73	0.77	0.47	0.80	0.30	0.72	0.43
26	0.45	0.30	0.45	0.37	0.47	0.53	0.63	0.60	0.45	0.57
27	0.65	0.60	0.68	0.30	0.67	0.40	0.80	0.27	0.70	0.40
28	0.79	0.43	0.75	0.63	0.80	0.30	0.77	0.47	0.70	0.30
29	0.68	0.43	0.67	0.60	0.70	0.27	0.68	0.57	0.60	0.60
30	0.67	0.93	0.55	0.93	0.68	0.50	0.65	0.50	0.58	0.57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบทั้งสองฉบับ โดยการพิจารณาค่าความเที่ยงสอดคล้องภายในด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่า แบบเลือกตอบสามระดับมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.974 แสดงว่า ข้อสอบมีความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้ออยู่ในระดับสูง และแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.979 แสดงว่า ข้อสอบมีความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้ออยู่ในระดับสูงมาก รายละเอียดดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าความเที่ยงของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

แบบสอบ	แบบเลือกตอบสามระดับ	แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่
ค่าความเที่ยง	0.974	0.979

4) ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ส่วนย่อย ได้แก่ 4.1) ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ 4.2) ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในรายวิชาคณิตศาสตร์ 4.3) ผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในรายวิชาคณิตศาสตร์ และ 4.4) การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ

สำหรับผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยได้แก่ 4.1.1) การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการตอบระดับคำตอบ (A tier) การตอบระดับเหตุผล (R tier) และการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) ของแบบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับ และ 4.1.2) การพิจารณาความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ (A tier) การตอบระดับเหตุผล (R tier) และการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) และการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม (D tier) ของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1) การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการตอบระดับคำตอบ (A tier) การตอบระดับเหตุ (R tier) และการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) ของแบบเลือกตอบสามระดับ โดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) (วรรณี แกมเกตุ, 2555; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) รายละเอียดดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างการตอบระดับคำตอบ (A tier) การตอบระดับเหตุผล (R tier) และการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) ของแบบเลือกตอบสามระดับ

	A tier	R tier	C tier
A tier	1.000		
R tier	0.943**	1.000	
C tier	0.814**	0.820**	1.000

N = 60, *p<.05, **p<.01

จากตารางที่ 12 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการตอบระดับคำตอบ (A tier) กับการตอบระดับเหตุผล (R tier) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ 0.943 หมายความว่าการตอบระดับคำตอบกับการตอบระดับเหตุผลของนักเรียนมีความสัมพันธ์สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการตอบระดับคำตอบ (A tier) กับการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ 0.814 หมายความว่า การตอบระดับคำตอบกับการตอบระดับเหตุผลของนักเรียนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระกว่างการตอบระดับเหตุผล (R tier) กับการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ 0.820 หมายความว่าการตอบระดับคำตอบกับการตอบระดับเหตุผลของนักเรียนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในระดับคำตอบสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
(วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

4.1.2) การพิจารณาความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ (A tier) การตอบระดับเหตุผล (R tier) และการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) และการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม (D tier) ของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) รายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างการตอบระดับคำตอบ (A tier) การตอบระดับเหตุผล (R tier) และ การตอบระดับความมั่นใจ (C tier) และการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม (D tier) ของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

	A tier	R tier	C tier	D tier
A tier	1.000			
R tier	0.943**	1.000		
C tier	0.806**	0.817**	1.000	
D tier	0.959**	0.959**	0.886**	1.000

N = 60, *p<.05, **p<.01

จากตารางที่ 13 พบว่า ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ (A tier) กับการตอบระดับเหตุผล (R tier) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ 0.943 หมายความว่าการตอบระดับคำตอบกับการตอบระดับเหตุผลของนักเรียนมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ (A tier) กับการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ 0.806 หมายความว่าการตอบระดับคำตอบกับการตอบระดับความมั่นใจมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ (A tier) กับการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม (D tier) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ 0.959 หมายความว่าการตอบระดับคำตอบกับการวาดภาพประกอบการตอบคำถามมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของการตอบระดับเหตุผล (R tier) กับการตอบระดับความมั่นใจ (C tier) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ 0.817 หมายความว่า การตอบระดับเหตุผลกับการตอบระดับความมั่นใจของนักเรียนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อความสัมพันธ์ของการตอบระดับเหตุผล (R tier) กับการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม (D tier) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเท่ากับ 0.959 หมายความว่าการตอบระดับเหตุผลกับการวาดภาพประกอบการตอบคำถามมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

4.2) ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

เมื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แบบเพียร์สัน รายละเอียดดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

		แบบเลือกตอบสามระดับ				แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่				
		A tier	R tier	C tier	ทั้งฉบับ	A tier	R tier	C tier	D tier	ทั้งฉบับ
แบบเลือกตอบสามระดับ	A tier	1.000								
	R tier	0.943**	1.000							
	C tier	0.814**	0.820**	1.000						
	ทั้งฉบับ	0.955**	0.955**	0.942**	1.000					
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่	A tier	0.999**	0.943**	0.810**	0.952**	1.000				
	R tier	0.944**	1.000**	0.821**	0.955**	0.943**	1.000			
	C tier	0.810**	0.816**	0.999**	0.939**	0.806**	0.817**	1.000		
	D tier	0.961**	0.959**	0.890**	0.980**	0.959**	0.959**	0.886**	1.000	
	ทั้งฉบับ	0.960**	0.959**	0.932**	0.999**	0.958**	0.960**	0.929**	0.989**	1.00

N = 60, *p<.05, **p<.01

จากตารางที่ 14 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระดับคำตอบ (A tier) ของแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีค่าเท่ากับ 0.999 หมายความว่าในระดับคำตอบ แบบเลือกตอบสามระดับมีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่ในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ระดับเหตุผล (R tier) ของแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีค่าเท่ากับ 1.000 หมายความว่าในระดับเหตุผลแบบเลือกตอบสามระดับมีความสอดคล้องสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ความสัมพันธ์ของการตอบระดับความมั่นใจของแบบเลือกตอบสามระดับ (C tier) กับระดับความมั่นใจในแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีค่าเท่ากับ 0.999 หมายความว่า การตอบระดับความมั่นใจของแบบเลือกตอบสามระดับมีความสอดคล้องสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับการตอบระดับความมั่นใจของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความสัมพันธ์ของการตอบระดับความมั่นใจของแบบเลือกตอบสามระดับ (C tier) กับการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม (D tier) มีของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีค่าเท่ากับ 0.890 หมายความว่า การตอบระดับความมั่นใจของแบบเลือกตอบสามระดับมีความสอดคล้อง

สัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม ของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาในภาพรวมทั้งฉบับพบว่า แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีค่าเท่ากับ 0.999 หมายความว่าแบบเลือกตอบสามระดับมีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ระดับสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

4.3) ผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในวิชาคณิตศาสตร์

จากรูปแบบการตอบในแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มได้แก่

1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)

2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP)

3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN)

4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)

5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC)

6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)

แต่ละกลุ่มมีรูปแบบการตอบดังตารางที่ 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 15 การแปลผลรูปแบบการตอบแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ผลการวินิจฉัย	แบบเลือกตอบสามระดับ			แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่			
	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	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
				ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง

4.3.1) การวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวินิจฉัยเริ่มจากการวินิจฉัยเป็นรายข้อแล้วนำมาหาฐานนิยมเพื่อเป็นผลวินิจฉัยรายมโนทัศน์ หากเกิดกรณีมีฐานนิยม 2 ค่า จะเปรียบเทียบผลวินิจฉัยกับฐานนิยมที่พิจารณาจากข้อสอบทั้งหมดทุกข้อในแบบสอบ เพื่อตัดสินผลการวินิจฉัยให้ได้ฐานนิยมเพียงค่าเดียว จากการทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 60 คน ได้ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนรายมโนทัศน์หลัก รายละเอียดดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ จำแนกตามมโนทัศน์หลัก

คนที่	กลุ่ม	ระดับความสามารถ	ผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลัก								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	CC	FN	LK	LK	MC	LK	LK	LK	LK
2	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
3	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
4	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
5	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
6	1	1	CC	CC	FN	CC	CC	CC	CC	CC	CC
7	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
8	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
9	1	1	CC	CC	CC	LK	CC	CC	LC	CC	LC
10	1	1	CC	FN	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
11	1	2	CC	CC	CC	CC	FP	CC	CC	CC	FN
12	1	2	CC	LK	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
13	1	2	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	FN
14	1	2	CC	FN	CC	FP	CC	CC	FP	CC	FN
15	1	2	CC	CC	CC	CC	FN	CC	CC	CC	MC
16	1	2	CC	CC	CC	FN	CC	CC	FP	CC	CC
17	1	2	CC	CC	CC	CC	FP	CC	LK	CC	LK
18	1	2	CC	CC	CC	FN	CC	CC	FP	CC	CC
19	1	2	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	LK
20	1	2	CC	FN	CC	CC	CC	CC	CC	CC	FP
21	1	3	CC	FN	FN	FP	FN	MC	MC	MC	FP
22	1	3	MC	CC	LC	LK	LC	LC	LC	LK	LC
23	1	3	MC	CC	LK	LK	LC	LC	LC	LK	LC
24	1	3	FN	LK	MC	LK	LK	LC	MC	CC	LK
25	1	3	CC	LK	LK	LC	LK	LK	LK	CC	LK
26	1	3	CC	LK	MC	LC	LK	LK	LK	CC	LK
27	1	3	CC	LC	LK	LC	LK	CC	LK	LK	LK
28	1	3	CC	CC	FN	FN	FN	FN	LK	LK	LK
29	2	3	CC	LK	LK	LK	LK	MC	FN	LC	LK

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 16 (ต่อ)

คนที่	กลุ่ม	ระดับความสามารถ	ผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลัก								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	2	3	CC	LK	LK	FN	LK	LC	LK	LK	LC
31	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
32	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
33	2	1	CC	CC	CC	CC	FP	CC	CC	CC	CC
34	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
35	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
36	2	1	CC	CC	CC	FN	CC	CC	CC	CC	CC
37	2	1	CC	CC	FN	CC	CC	CC	CC	CC	CC
38	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
39	2	1	LC	CC	FP	CC	CC	CC	CC	CC	CC
40	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
41	2	2	CC	CC	CC	CC	CC	FP	CC	CC	CC
42	2	2	FN	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	LK
43	2	2	CC	CC	CC	LK	CC	FN	CC	CC	CC
44	2	2	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	LK	LC
45	2	2	CC	CC	CC	FN	CC	CC	FP	CC	CC
46	2	2	CC	CC	CC	FN	CC	CC	FP	CC	CC
47	2	2	FN	CC	FN	LC	CC	FP	CC	CC	LK
48	2	2	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	LC	LK
49	2	2	CC	CC	CC	LK	CC	FP	CC	FN	LK
50	2	2	CC	CC	CC	LC	CC	CC	CC	LK	LC
51	2	3	LC	CC	CC	LK	FN	CC	CC	LK	LK
52	2	3	LC	CC	CC	LC	CC	CC	LK	CC	LK
53	2	3	CC	CC	CC	LK	FN	LK	LK	LC	LC
54	2	3	CC	FN	FP	CC	FN	CC	LK	LK	LC
55	2	3	LK	LK	FN	CC	LC	CC	LK	LC	LK
56	2	3	CC	CC	CC	LC	LK	LK	LK	LK	LK
57	2	3	CC	CC	CC	LC	LK	LK	LK	LK	LK
58	2	3	CC	CC	CC	LK	LK	LK	LK	LK	LK

ตารางที่ 16 (ต่อ)

คนที่	กลุ่ม	ระดับความสามารถ	ผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลัก								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
59	2	3	LC	CC	CC	LK	LK	LK	LK	LK	LK
60	2	3	CC	CC	LK	LK	LK	LK	LK	LC	LK

กลุ่ม 1: กลุ่มย่อยที่ 1, 2: กลุ่มย่อยที่ 2

ระดับความสามารถ 1: เก่ง, 2: ปานกลาง, 3: อ่อน

ตารางที่ 17 ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ

ผลการวินิจฉัย	จำนวน	ร้อยละ
1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC)	42	70.00
2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP)	0	0.00
3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN)	2	3.33
4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC)	0	0.00
5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC)	2	3.33
6) นักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK)	14	23.33
รวม	**60**	**100.00**

จากตารางที่ 17 พบว่า ร้อยละของผลการทดสอบที่มากที่สุดคือ นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องร้อยละ 70 รองลงมาคือนักเรียนไม่มีความรู้ร้อยละ 23.33 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 และนักเรียนขาดความมั่นใจ มีจำนวนเท่ากันคือร้อยละ 3.33

4.3.2) การวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวินิจฉัยเริ่มจากการวินิจฉัยเป็นรายข้อแล้วนำมาหาฐานนิยมเพื่อเป็นผลวินิจฉัยรายมโนทัศน์ หากเกิดกรณีมีฐานนิยม 2 ค่า จะเปรียบเทียบผลวินิจฉัยกับฐานนิยมที่พิจารณาจากข้อสอบทั้งหมดทุกข้อในแบบสอบ เพื่อตัดสินผลการวินิจฉัยให้ได้ฐานนิยมเพียงค่าเดียว จากการทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 60 คน ได้ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนรายมโนทัศน์หลัก รายละเอียดดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ จำแนกตามมโนทัศน์หลัก

คนที่	กลุ่ม	ระดับความสามารถ	ผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลัก								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	CC	LK	LK	LK	MC	LK	LK	LK	LK
2	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
3	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
4	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
5	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
6	1	1	CC	CC	FN	CC	CC	FP	CC	CC	CC
7	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
8	1	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
9	1	1	CC	CC	CC	LK	CC	CC	LC	CC	LC
10	1	1	CC	LK	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
11	1	2	CC	CC	CC	CC	FP	CC	CC	CC	FN
12	1	2	CC	LK	CC	CC	CC	MC	CC	CC	CC
13	1	2	FP	CC	CC	CC	CC	MC	CC	CC	FN
14	1	2	CC	LK	CC	FP	CC	MC	FP	CC	LK
15	1	2	CC	CC	CC	CC	LK	LK	CC	FP	MC
16	1	2	CC	CC	CC	LK	CC	CC	FP	CC	CC
17	1	2	CC	CC	CC	CC	FP	CC	LK	CC	LK
18	1	2	CC	CC	CC	LK	CC	CC	FP	CC	FP
19	1	2	FP	CC	CC	CC	CC	MC	CC	CC	LK
20	1	2	CC	LK	CC	CC	CC	MC	CC	CC	FP
21	1	3	CC	LK	FN	FP	FN	CC	MC	MC	FP
22	1	3	MC	CC	LK	LK	LC	CC	LK	LK	LC
23	1	3	MC	CC	LK	LK	LC	CC	LK	LK	LC
24	1	3	FN	LK	MC	LK	LK	LK	MC	CC	LK
25	1	3	CC	LK	LK	LC	LK	LC	LK	CC	LK
26	1	3	CC	LK	MC	LC	LK	LC	LK	CC	LK
27	1	3	FP	LC	LK	LC	LK	LK	LK	LK	LK
28	1	3	CC	FP	LK	FN	FN	LC	LK	LK	LK
29	2	3	CC	LK	LK	LK	LK	FN	LK	LK	LK

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 18 (ต่อ)

คนที่	กลุ่ม	ระดับความสามารถ	ผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลัก								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	2	3	CC	LK	LK	LK	LK	LK	LK	LK	LC
31	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	FP	CC	CC
32	2	1	CC	CC	CC	FP	CC	CC	CC	CC	CC
33	2	1	CC	CC	CC	CC	MC	CC	CC	CC	CC
34	2	1	CC	FP	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
35	2	1	FN	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
36	2	1	CC	CC	CC	LK	CC	CC	CC	CC	CC
37	2	1	CC	CC	FN	CC	CC	CC	CC	CC	CC
38	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
39	2	1	LC	CC	MC	CC	CC	FP	CC	CC	CC
40	2	1	CC	CC	CC	CC	CC	MC	CC	CC	CC
41	2	2	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC
42	2	2	LK	CC	CC	FP	CC	MC	CC	CC	LK
43	2	2	CC	CC	CC	LK	CC	FP	CC	CC	CC
44	2	2	CC	CC	CC	CC	CC	CC	CC	LK	LC
45	2	2	CC	CC	CC	FN	CC	CC	FP	CC	CC
46	2	2	CC	CC	CC	FN	CC	CC	FP	CC	CC
47	2	2	FN	CC	FN	LC	CC	CC	CC	CC	LK
48	2	2	FP	CC	CC	CC	CC	CC	CC	LK	LK
49	2	2	CC	CC	CC	LK	CC	CC	CC	LK	LK
50	2	2	CC	CC	CC	LC	CC	CC	CC	LK	LK
51	2	3	LC	CC	CC	LK	LK	MC	CC	LK	LK
52	2	3	LC	CC	CC	LC	CC	LK	LK	CC	LK
53	2	3	CC	CC	CC	LK	LK	LC	LK	LC	LK
54	2	3	CC	LK	MC	CC	FN	LK	LK	LK	LC
55	2	3	LK	LK	LK	CC	LC	LK	LK	LC	LK
56	2	3	CC	CC	CC	LC	LK	LK	LK	LK	LK
57	2	3	CC	CC	CC	LC	LK	LK	LK	LK	LK
58	2	3	CC	CC	CC	LK	LK	LK	LK	LK	LK

ตารางที่ 18 (ต่อ)

คนที่	กลุ่ม	ระดับความสามารถ	ผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลัก								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
59	2	3	LC	CC	CC	LK	LK	LK	LK	LK	LK
60	2	3	CC	CC	LK	LK	LK	LC	LK	LC	LK

กลุ่ม 1: กลุ่มย่อยที่ 1, 2: กลุ่มย่อยที่ 2

ระดับความสามารถ 1: เก่ง, 2: ปานกลาง, 3: อ่อน

ตารางที่ 19 ร้อยละของนักเรียนจำแนกตามผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ผลการวินิจฉัย	จำนวน	ร้อยละ
1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC)	40	66.67
2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP)	0	0.00
3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN)	1	1.67
4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC)	0	0.00
5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC)	0	
6) นักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK)	19	31.67
รวม	**60**	**100.00**

จากตารางที่ 19 พบว่า ร้อยละของผลการทดสอบที่มากที่สุดคือ นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ร้อยละ 66.67 รองลงมาคือนักเรียนไม่มีความรู้ร้อยละ 31.67 นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 ร้อยละ 1.67

4.4) การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลัก 9 มโนทัศน์ ได้แก่ 1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง 2) ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน 3) ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน 4) การหาสมการเส้นตรง 5) วงกลม 6) พาราโบลา 7) วงรี 8) ไฮเพอร์โบลา และ 9) การแก้โจทย์ปัญหาจากแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่ในรายวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกันระหว่างผลจากแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในรายวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553) ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่เป็นรายมโนทัศน์หลัก รายละเอียดดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยรายมโนทัศน์หลักระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง										
		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
แบบเลือกตอบสามระดับ		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 185.86	.000
	CC	45	4	1	0	0	0	50	Cramer's V = 0.880	
	FP	0	0	0	0	0	0	0		
	FN	0	0	2	0	0	1	3		
	MC	0	0	0	2	0	0	2		
	LC	0	0	0	0	4	0	4		
	LK	0	0	0	0	0	1	1		
รวม		45	4	3	2	4	2	60		

มโนทัศน์หลักเรื่องความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน										
		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
แบบเลือกตอบสามระดับ		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 120.000	.000
	CC	44	2	0	0	0	0	46	Cramer's V = 0.816	
	FP	0	0	0	0	0	0	0		
	FN	0	0	0	0	0	6	6		
	MC	0	0	0	0	0	0	0		
	LC	0	0	0	0	1	0	1		
	LK	0	0	0	0	0	7	7		
รวม		44	2	0	0	1	13	60		

ตารางที่ 20 (ต่อ)

มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน										
		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 152.000	.000
แบบเลือกตอบสามระดับ	CC	42	0	0	0	0	0	42	Cramer's V = 0.919	
	FP	0	0	0	2	0	0	2		
	FN	0	0	4	0	0	2	6		
	MC	0	0	0	2	0	0	2		
	LC	0	0	0	0	0	1	1		
	LK	0	0	0	0	0	7	7		
รวม		42	0	4	4	0	10	60		

มโนทัศน์หลักเรื่องการหาสมการเส้นตรง										
		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 167.66	.000
แบบเลือกตอบสามระดับ	CC	28	2	0	0	0	0	30	Cramer's V = 0.836	
	FP	0	2	0	0	0	0	2		
	FN	0	0	3	0	0	4	7		
	MC	0	0	0	0	0	0	0		
	LC	0	0	0	0	8	0	8		
	LK	0	0	0	0	0	13	13		
รวม		28	4	3	0	8	17	60		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 20 (ต่อ)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงกลม

		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 223.571	.000
แบบเลือกตอบสามระดับ	CC	36	0	0	0	0	0	36	Cramer's V = 0.863	
	FP	0	2	0	1	0	0	3		
	FN	0	0	3	0	0	3	6		
	MC	0	0	0	1	0	0	1		
	LC	0	0	0	0	3	0	3		
	LK	0	0	0	0	0	11	11		
รวม		36	2	3	2	3	14	60		

มโนทัศน์หลักเรื่องพาราโบลา

		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 82.299	.000
แบบเลือกตอบสามระดับ	CC	25	2	0	8	0	5	40	Cramer's V = 0.524	
	FP	3	0	0	0	0	0	3		
	FN	0	1	0	0	1	0	2		
	MC	1	0	1	0	0	0	2		
	LC	2	0	0	0	0	2	4		
	LK	0	0	0	0	4	5	9		
รวม		31	3	1	8	5	12	60		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 20 (ต่อ)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงรี

		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 186.380	.000
แบบเลือกตอบสามระดับ	CC	32	1	0	0	0	0	33	Cramer's V = 0.881	
	FP	0	5	0	0	0	0	5		
	FN	0	0	0	0	0	1	1		
	MC	0	0	0	2	0	0	2		
	LC	0	0	0	0	1	2	3		
	LK	0	0	0	0	0	16	16		
รวม		32	6	0	2	1	19	60		

มโนทัศน์หลักเรื่องไฮเพอร์โบลา

		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 151.765	.000
แบบเลือกตอบสามระดับ	CC	38	1	0	0	0	0	39	Cramer's V = 0.795	
	FP	0	0	0	0	0	0	0		
	FN	0	0	0	0	0	1	1		
	MC	0	0	0	1	0	0	1		
	LC	0	0	0	0	3	2	5		
	LK	0	0	0	0	0	14	14		
รวม		38	1	0	1	3	17	60		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 20 (ต่อ)

มโนทัศน์หลักเรื่องการแก้โจทย์ปัญหา										
		แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่							ค่าสถิติ	p
แบบเลือกตอบสามระดับ		CC	FP	FN	MC	LC	LK	รวม	Chi-square = 237.983	.000
	CC	24	1	0	0	0	0	25	Cramer's V = 0.891	
	FP	0	2	0	0	0	0	2		
	FN	0	0	2	0	0	1	3		
	MC	0	0	0	1	0	0	1		
	LC	0	0	0	0	6	2	8		
	LK	0	0	0	0	0	21	21		
รวม		24	3	2	1	6	24	60		

จากตารางที่ 20 พบว่า มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 54 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 90 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 75 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.880 หมายความว่าในมโนทัศน์หลักเรื่อง ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 52 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 73.33 นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.816 หมายความว่าในมโนทัศน์หลักเรื่อง ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบ

สามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 55 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 70 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน แบบที่ 3 (MC) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer’s V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.919 หมายความว่ามโนทัศน์หลักเรื่อง ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องการหาสมการเส้นตรง แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 54 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 90 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5 นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 21.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer’s V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.836 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง การหาสมการเส้นตรง มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงกลม แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 56 คนจากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 60 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP) จำนวน 2 คนคิดเป็น ร้อยละ 3.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) จำนวน

3 คน คิดเป็นร้อยละ 5 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 18.33 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์(Cramer's V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.863 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง วงกลม มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องพาราโบลา แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 30 คนจากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 41.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.524 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง พาราโบลา มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัย สี่ระดับแบบใหม่ มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงรี แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 56 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ วีของคราเมอร์(Cramer's V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.881 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง วงรี มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องไฮเพอร์โบลา แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 56 คนจากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 63.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.795 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง

ไฮเพอร์โบลา มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องการแก้โจทย์ปัญหา แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 56 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 40 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (FP) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (MC) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 นักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 10 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 35 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer’s V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.891 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง การแก้โจทย์ปัญหา มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ระหว่างผลการทดสอบจากแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ พบว่า ผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ อยู่ตั้งแต่ 0.524 ถึง 0.919 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.822 หมายความว่าผลการทดสอบส่วนใหญ่มีความสอดคล้องสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก รายละเอียดดังตารางที่ 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ระหว่างผลการทดสอบจากแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

มโนทัศน์หลัก	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์	การแปลผล
1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	0.880	สัมพันธ์กันระดับสูงมาก
2) ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	0.816	สัมพันธ์กันระดับสูงมาก
3) ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	0.919	สัมพันธ์กันระดับสูงมาก
4) การหาสมการเส้นตรง	0.836	สัมพันธ์กันระดับสูงมาก
5) วงกลม	0.863	สัมพันธ์กันระดับสูงมาก
6) พาราโบลา	0.524	สัมพันธ์กันระดับปานกลาง
7) วงรี	0.881	สัมพันธ์กันระดับสูงมาก
8) ไฮเพอร์โบลา	0.795	สัมพันธ์กันระดับสูง
9) แก้โจทย์ปัญหา	0.891	สัมพันธ์กันระดับสูงมาก
เฉลี่ย	**0.822**	**สัมพันธ์กันระดับสูงมาก**

5) ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์

การทดสอบนักเรียนด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลการวินิจฉัยดังที่ได้รายงานแล้วในส่วนข้างต้น สำหรับส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยทั้งสองฉบับกับข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อหาความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) โดยข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์นักเรียนที่ผ่านการทดสอบด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ผลการสัมภาษณ์สามารถแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ 1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง(CC) 2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (MC) และ 3) นักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) ผู้วิจัยจึงปรับการจัดกลุ่มของผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ รายละเอียดดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบการจัดหมวดหมู่ผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยกับผลการสัมภาษณ์

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	มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC)
				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	ไม่มีความรู้ (LK)
	ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	
				ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
				ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	
				ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	
				ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	

เมื่อ A tier คือ การตอบระดับคำตอบ

B tier คือ การตอบระดับเหตุผล

C tier คือ การตอบระดับความมั่นใจ

D tier คือ การตอบระดับการวาดภาพประกอบคำตอบ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 5.1) ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ 5.2) ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์ และ 5.3) ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ด้วยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1) ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากผลการสัมภาษณ์ เพื่อพิจารณาความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ของแบบเลือกตอบ สามระดับ โดยแยกพิจารณาเป็นรายมโนทัศน์หลัก รายละเอียดดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์

มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง							
		ผลการสัมภาษณ์				ค่าสถิติ	p
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 80.850	.000
	CC	42	8	0	50	Cramer's V = 0.821	
	MC	1	8	0	9		
	LK	0	0	2	1		
	รวม	43	16	1	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน							
		ผลการสัมภาษณ์				**ค่าสถิติ**	**p**
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 52.043	.000
	CC	42	2	2	46	Cramer's V = 0.659	
	MC	1	3	3	7		
	LK	0	0	7	7		
	รวม	43	5	12	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน							
		ผลการสัมภาษณ์				**ค่าสถิติ**	**p**
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 57.648	.000
	CC	35	4	3	42	Cramer's V = 0.693	
	MC	1	8	2	11		
	LK	0	0	7	7		
	รวม	36	12	12	60		

ตารางที่ 23 (ต่อ)

มโนทัศน์หลักเรื่องการหาสมการเส้นตรง							
		ผลการสัมภาษณ์				**ค่าสถิติ**	**p**
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 52.636	.000
	CC	26	2	2	30	Cramer's V = 0.662	
	MC	3	9	5	17		
	LK	0	1	12	13		
	รวม	29	12	19	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องวงกลม							
		ผลการสัมภาษณ์				ค่าสถิติ	p
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 38.371	.000
	CC	29	3	4	36	Cramer's V = 0.565	
	MC	4	8	1	13		
	LK	1	2	8	11		
	รวม	34	13	13	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องความพาราโบลา							
		ผลการสัมภาษณ์				**ค่าสถิติ**	**p**
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 15.296	.000
	CC	23	13	7	40	Cramer's V = 0.357	
	MC	6	3	2	11		
	LK	0	2	7	9		
	รวม	26	18	16	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องวงรี							
		ผลการสัมภาษณ์				**ค่าสถิติ**	**p**
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 42.122	.000
	CC	25	3	5	33	Cramer's V = 0.592	
	MC	1	7	3	11		
	LK	2	1	13	16		
	รวม	28	11	21	60		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 23 (ต่อ)

มโนทัศน์หลักเรื่องไฮเพอร์โบลา							
	ผลการสัมภาษณ์					**ค่าสถิติ**	**p**
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 58.800	.000
	CC	32	2	5	39	Cramer's V = 0.700	
	MC	1	5	1	7		
	LK	1	0	13	14		
	รวม	34	7	19	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องการแก้โจทย์ปัญหา							
	ผลการสัมภาษณ์					ค่าสถิติ	p
ผลแบบเลือกตอบสามระดับ		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 49.916	.000
	CC	20	1	4	25	Cramer's V = 0.645	
	MC	2	10	2	14		
	LK	3	2	16	21		
	รวม	25	13	22	60		

จากตารางที่ 23 พบว่า มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 52 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 70 นักเรียน ที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 2 คนคิดเป็นร้อยละ 3.33 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.821 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 52 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 86.67 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 70 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของ

คราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.659 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 50 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.693 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องการหาสมการเส้นตรง แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 41 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 68.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 15 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 20 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.662 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง การหาสมการเส้นตรง มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงกลม แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 45 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 75 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 48.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.565 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง วงกลม มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องพาราโบลา แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 33 คนจากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 55 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 38.33

นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5 และนักเรียน ที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ มีค่าเท่ากับ 0.357 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง พาราโบลา มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงรี แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 45 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 75 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 41.67 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 21.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ มีค่าเท่ากับ 0.592 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง วงรี มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องไฮเพอร์โบลา แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 50 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 83.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 8.33 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 21.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ มีค่าเท่ากับ 0.700 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง ไฮเพอร์โบลา มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มโนทัศน์หลักเรื่องการแก้โจทย์ปัญหา แบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 46 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ มีค่าเท่ากับ 0.645 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง การแก้โจทย์ปัญหามีผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

5.2) ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์จากผลการสัมภาษณ์ เพื่อพิจารณาความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ของแบบเลือกตอบสามระดับ โดยแยกพิจารณาเป็นรายมโนทัศน์หลักและในภาพรวม ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์

มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง							
		ผลการสัมภาษณ์				ค่าสถิติ	p
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 60.666	.000
	CC	41	4	0	45	Cramer's V = 0.711	
	MC	2	11	0	13		
	LK	0	1	1	2		
	รวม	43	16	1	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน							
		ผลการสัมภาษณ์				**ค่าสถิติ**	**p**
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 57.990	.000
	CC	42	0	2	44	Cramer's V = 0.789	
	MC	0	3	0	3		
	LK	1	2	10	13		
	รวม	43	5	12	60		

ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน							
	ผลการสัมภาษณ์					**ค่าสถิติ**	**p**
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 63.421	.000
	CC	35	4	3	42	Cramer's V = 0.727	
	MC	1	7	0	8		
	LK	0	1	9	10		
	รวม	36	12	12	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องการหาสมการเส้นตรง							
	ผลการสัมภาษณ์					**ค่าสถิติ**	**p**
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 64.440	.000
	CC	25	1	2	28	Cramer's V = 0.733	
	MC	3	10	2	15		
	LK	1	1	15	17		
	รวม	29	12	19	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องวงกลม							
	ผลการสัมภาษณ์					ค่าสถิติ	p
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 43.831	.000
	CC	29	3	4	36	Cramer's V = 0.604	
	MC	2	8	0	10		
	LK	3	2	9	14		
	รวม	34	13	13	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องความพาราโบลา							
	ผลการสัมภาษณ์					**ค่าสถิติ**	**p**
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 27.386	.000
	CC	21	7	3	31	Cramer's V = 0.478	
	MC	4	9	4	17		
	LK	1	2	9	12		
	รวม	26	18	16	60		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 24 (ต่อ)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงรี							
	ผลการสัมภาษณ์					**ค่าสถิติ**	**p**
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 47.727	.000
	CC	24	3	5	32	Cramer's V = 0.631	
	MC	1	7	1	9		
	LK	3	1	15	19		
	รวม	28	11	21	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องไฮเพอร์โบลา							
	ผลการสัมภาษณ์					**ค่าสถิติ**	**p**
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 52.718	.000
	CC	31	2	5	38	Cramer's V = 0.663	
	MC	1	4	0	5		
	LK	2	1	14	17		
	รวม	34	7	19	60		
มโนทัศน์หลักเรื่องการแก้โจทย์ปัญหา							
	ผลการสัมภาษณ์					ค่าสถิติ	p
แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่		CC	MC	LK	รวม	Chi-square = 59.291	.000
	CC	20	1	3	24	Cramer's V = 0.703	
	MC	1	10	1	12		
	LK	4	2	18	24		
	รวม	25	13	22	60		

จากตารางที่ 24 พบว่า มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 53 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 88.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 68.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 18.33 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.711 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 55 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 42 คน คิดเป็นร้อยละ 70 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 5 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.789 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 51 คน จากทั้งหมด 85 คน คิดเป็นร้อยละ 88.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 15 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.727 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่องระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องการหาสมการเส้นตรง แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์ มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 50 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 88.33 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 41.67 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ

16.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 25 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.733 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง การหาสมการเส้นตรง มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงกลม แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 46 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 48.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 15 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ มีค่าเท่ากับ 0.604 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง วงกลม มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องพาราโบลา แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 39 คนจากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 65 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 35 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 15 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 15 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.478 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง พาราโบลา มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง

(วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องวงรี แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 46 คนจากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 76.67 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 40 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 11.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 25 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์มีค่าเท่ากับ 0.631 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง วงรี มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องไฮเพอร์โบลา แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 49 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 81.67 เมื่อพิจารณา

ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 51.67 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ มีค่าเท่ากับ 0.663 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่อง ไฮเพอร์โบลา มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

มโนทัศน์หลักเรื่องการแก้โจทย์ปัญหา แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน 48 คน จากทั้งหมด 60 คน คิดเป็นร้อยละ 80 เมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกัน พบว่า เป็นนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (MC) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 และนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ มีค่าเท่ากับ 0.703 หมายความว่า ในมโนทัศน์หลักเรื่องการแก้โจทย์ปัญหา มีผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง

(วรรณี แกมเกตุ, 2555; อวยพร เรืองตระกูล, 2553)

5.3) ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ด้วยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลใน 5.1) ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ และ 5.2) ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์ ปรากฏผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) ดังตารางที่ 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 25 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์จากการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยทั้งสองฉบับกับผลการสัมภาษณ์

การเปรียบเทียบ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์				ความแตกต่างของค่า Cramer's V
	แบบเลือกตอบสามระดับ	ระดับความสัมพันธ์	สี่ระดับแบบใหม่	ระดับความสัมพันธ์	
1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	0.821	สูงมาก	0.711	สูง	0.110 (p=.025)
2) ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	0.659	สูง	0.789	สูง	0.130 (p=.021)
3) ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	0.693	สูง	0.727	สูง	0.034 (p=.230)
4) การหาสมการเส้นตรง	0.662	สูง	0.733	สูง	0.071 (p=.081)
5) วงกลม	0.565	ปานกลาง	0.604	สูง	0.039 (p=.210)
6) พาราโบลา	0.357	ต่ำ	0.478	ปานกลาง	0.121 (p=.182)
7) วงรี	0.592	ปานกลาง	0.631	สูง	0.039 (p=.231)
8) ไฮเพอร์โบลา	0.700	สูง	0.663	สูง	0.037 (p=.255)
9) แก้โจทย์ปัญหา	0.645	สูง	0.703	สูง	0.058 (p=.097)

จากตารางที่ 25 เมื่อเปรียบเทียบสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบทั้งสองฉบับกับผลการสัมภาษณ์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์จากแบบเลือกตอบสามระดับมีค่าตั้งแต่ 0.357 ถึง 0.821 มีระดับความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ในระดับต่ำถึงสูงมาก ส่วนแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีค่าตั้งแต่ 0.466 ถึง 0.763 มีระดับความสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสัมภาษณ์ในระดับปานกลางถึงสูง ส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ด้วยแบบเลือกตอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบทั้งสองฉบับกับผลการสัมภาษณ์ในรายมโนทัศน์หลัก โดยการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ทับซ้อนกัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

หลังจากได้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ที่มีคุณภาพดีแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำออกแบบและพัฒนาเป็นระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการออกแบบระบบการทดสอบออนไลน์ และ 2) ขั้นการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการออกแบบระบบการทดสอบออนไลน์

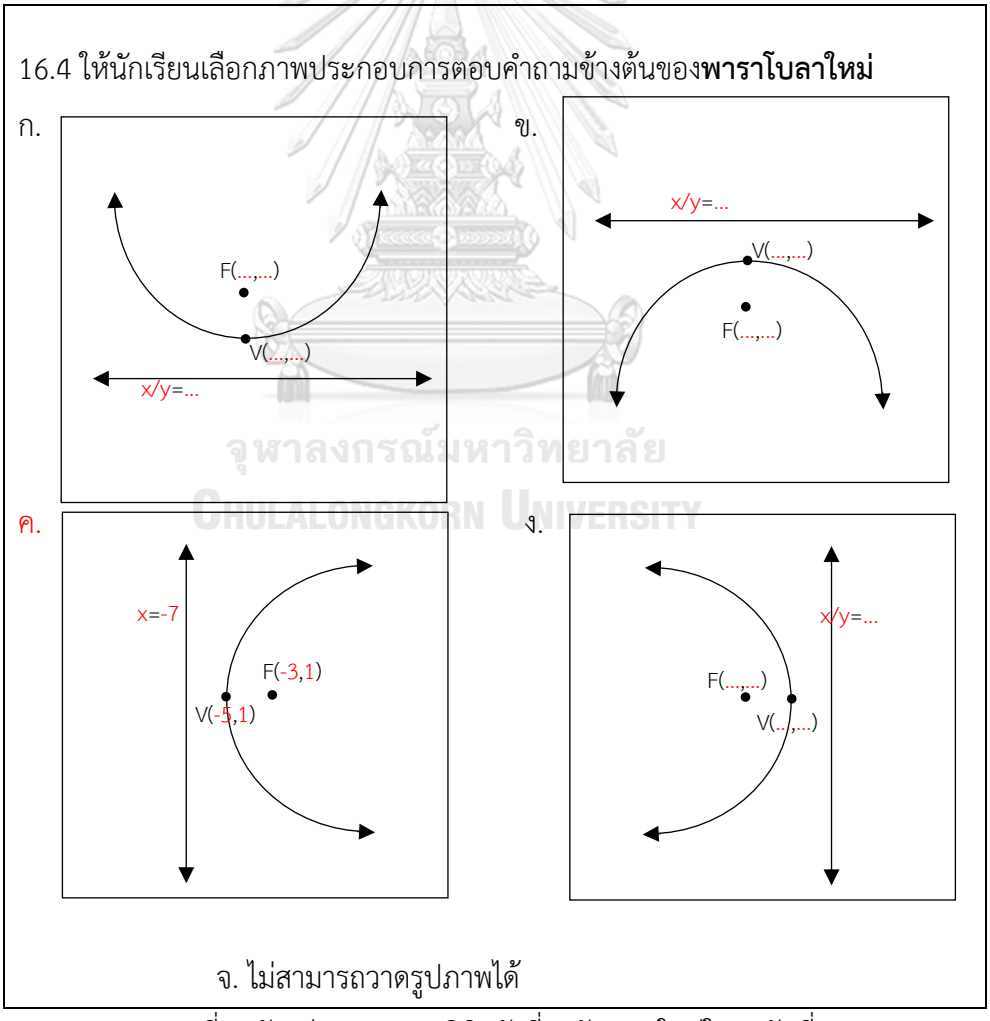
สำหรับขั้นตอนการออกแบบระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ผู้วิจัยวางแผนออกแบบโปรแกรมร่วมกับโปรแกรมเมอร์ โดยภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคือ PHP Hypertext Preprocessor โดยผู้วิจัยนำเสนอการออกแบบและพัฒนาเป็น 5 ขั้นตอน คือ 1.1) การออกแบบระบบการลงทะเบียน 1.2) การออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบ 1.3) การออกแบบหน้าจอของระบบ 1.4) การออกแบบรายงานผลการทดสอบและ 1.5) การออกแบบคู่มือการใช้งานระบบ โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1.1) การออกแบบระบบการลงทะเบียน

ในการออกแบบระบบการลงทะเบียนนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดข้อมูลที่ต้องการใช้โดยผู้เข้ารับการทดสอบกรอกข้อมูลลงในระบบการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปแสดงในหน้าแรกของการรายงานผลการทดสอบ โดยข้อมูลที่กำหนดให้ผู้เข้าทดสอบระบบกรอก ได้แก่ ชื่อ นามสกุล โรงเรียน เกรดเฉลี่ย เกรดวิชาคณิตศาสตร์ เบอร์โทรศัพท์ และชั้นเรียน

1.2) การออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบ

สำหรับการออกแบบลำดับขั้นตอนในการทำข้อสอบ เป็นดังนี้ ข้อสอบประกอบด้วย 2 เนื้อหาหลักคือ เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย รวมทั้งหมด 30 ข้อ ในแต่ละข้อจะแบ่งข้อสอบเป็น 4 ระดับคือ ระดับที่ 1 ระดับคำตอบเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผลเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ เป็นแบบตรวจสอบรายการ มั่นใจ/ไม่มั่นใจ และระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบ เป็นแบบเลือกรูปภาพที่สอดคล้องกับคำตอบและระบุพิกัดของส่วนประกอบต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ปรับการออกข้อสอบในระดับที่ 4 โดยการกำหนดรูปเรขาคณิตวิเคราะห์มาให้ผู้ทดสอบเลือกรูปที่ถูกต้องแล้วพิมพ์พิกัดของจุดที่กำหนด เพื่อลดปัญหาการวาดรูปของผู้ทดสอบดังภาพที่ 5 จากนั้นผู้วิจัยออกแบบให้ผู้เข้าสอบทำแบบทดสอบเรียงลำดับไปตามเนื้อหา โดยทำข้อสอบทีละ 1 ข้อ เมื่อส่งคำตอบในแต่ละข้อระบบจะเก็บข้อมูลว่าความสามารถของนักเรียนจัดอยู่ในประเภทใด แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 26



ภาพที่ 7 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับที่ 4

ตารางที่ 26 ผลการวินิจฉัยผู้สอบเมื่อทำข้อสอบ 1 ข้อ

แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่				ประเภทของผู้สอบ
ระดับที่ 1	**ระดับที่ 2**	**ระดับที่ 3**	**ระดับที่ 4**	
ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	เชื่อมโยง	นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)
ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP)
ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	เชื่อมโยง	นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN)
ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	เชื่อมโยง	นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)
ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	เชื่อมโยง	
ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC)
ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)
ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	
ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	
ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	
ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง	
ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง	

โดยเมื่อผู้เข้าสอบทำข้อสอบครบทั้ง 30 ข้อ ในแต่ละมโนทัศน์จะประมวลผลโดยใช้ฐานนิยม (mode) เป็นเครื่องมือตัดสินว่าผู้เข้าสอบจัดอยู่ในประเภทใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3) การออกแบบหน้าจอของระบบ

หน้าจอการทดสอบจะมีองค์ประกอบหลักที่แสดง ได้แก่ แถบแสดงเนื้อหาหลักและเนื้อหาย่อยที่ผู้เข้าสอบกำลังดำเนินการทดสอบ ข้อสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ประกอบด้วยข้อคำถามและตัวเลือกที่ผู้สอบจะต้องเลือกตอบ ระยะเวลาที่เหลือในการทำแบบสอบซึ่งระยะเวลาทั้งหมดคือ 90 นาที แถบเครื่องมือเลือกข้อต่อไปและแถบเครื่องมือย้อนไปข้อที่แล้วแถบแสดงข้อความแจ้งเตือนข้อผิดพลาดเมื่อมีการตอบข้อสอบไม่ครบทั้งสี่ระดับ

1.4) การออกแบบรายงานผลการทดสอบ

สำหรับรางงานผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย 1) รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าทดสอบ ได้แก่ ชื่อ นามสกุลระดับชั้น เกรดรายวิชาคณิตศาสตร์ และสถานศึกษา 2) ตารางแสดงคะแนนรวม คะแนนที่ได้ คะแนนร้อยละ และความหมายของคะแนนจำแนกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50) อ่อน (ร้อยละ 50-59) พอใช้ (ร้อยละ 60-69) ดี (ร้อยละ 70-79) และดีเยี่ยม (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) จำแนกตามเนื้อหาหลักและรวมทั้งหมด 3) ตารางแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ และ 4) ตารางแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ

1.5) การออกแบบคู่มือการใช้งานระบบ

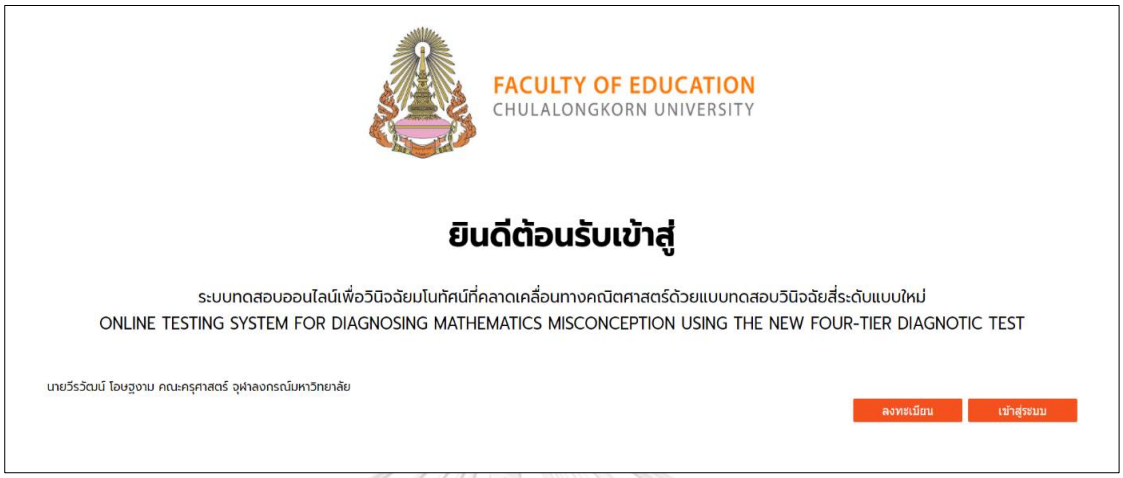
การออกแบบคู่มือการใช้งานระบบสำหรับผู้ใช้งาน (User’s Guide) โดยคู่มือประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 3 ส่วน คือ 1) บทนำ เสนอลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยที่ใช้ในระบบ 2) การเข้าถึงระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และ 3) การใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยส่วนนี้มีการอธิบายรายละเอียดเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบการทดสอบ ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดสอบ และขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการทดสอบ โดยในแต่ละขั้นตอนจะมีภาพประกอบเพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้น

2) ขั้นตอนการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์

สำหรับขั้นตอนการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบการทดสอบ ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดสอบ และขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการทดสอบ โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

2.1) การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบการทดสอบ

ผู้เข้ารับการทดสอบดำเนินการเข้าสู่ระบบในหน้าแรกของระบบจะปรากฏภาพคลิกที่ปุ่มเข้าสู่ระบบ ทางด้านล่างขวาของหน้าจอ แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 8 หน้าจอหลักของระบบการทดสอบออนไลน์

เมื่อผู้เข้าร่วมทดสอบลงทะเบียนกรอกข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ในการรายงานผลการทดสอบและเข้าสู่ระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ระบบจะแสดงหน้าจอรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ดังภาพ ให้ผู้เข้ารับการทดสอบคลิกที่ปุ่ม “เข้าทดสอบ” ระบบจะแสดงคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ ซึ่งระบบการทดสอบออนไลน์นี้จัดทำขึ้นเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ แสดงดังภาพที่ 7

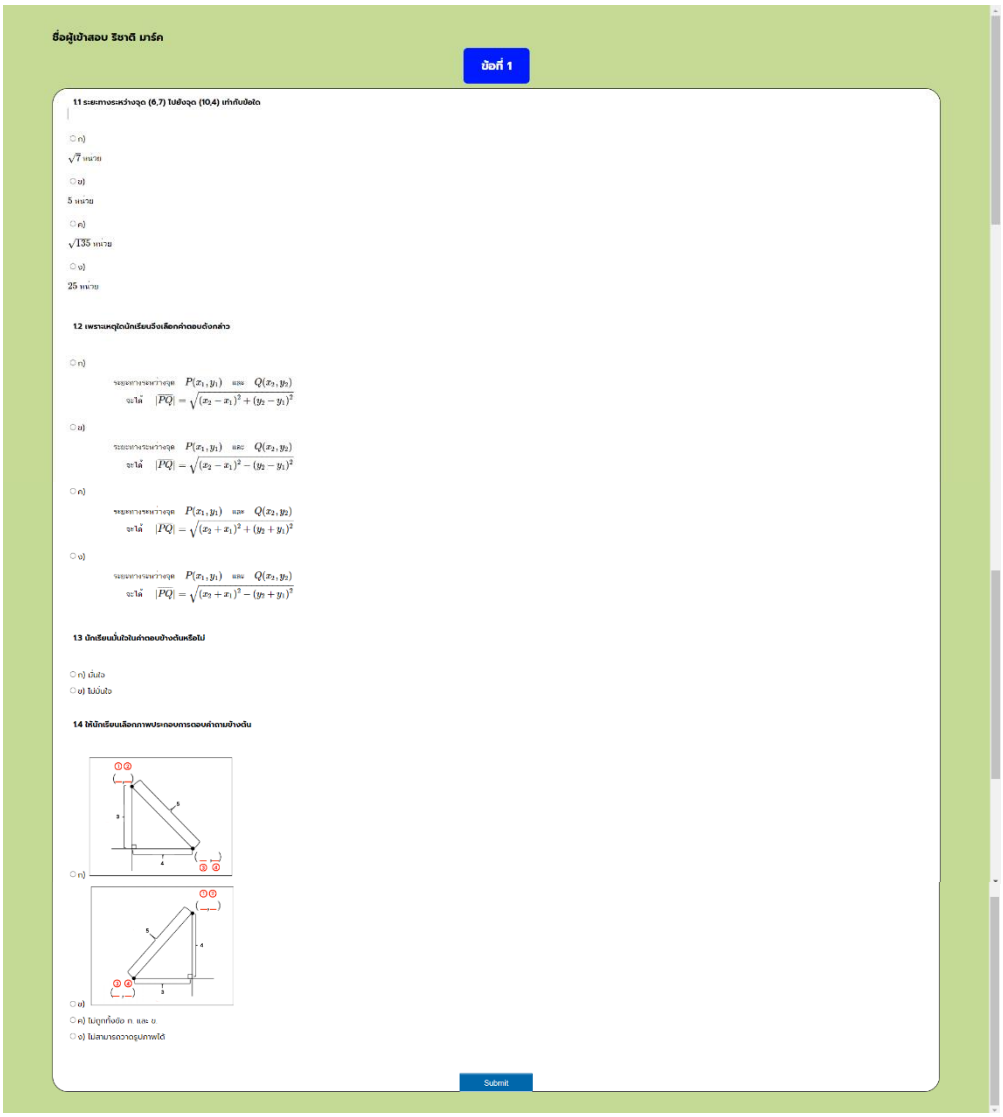
ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงรายละเอียดการลงทะเบียน

ภาพที่ 10 หน้าจอแสดงรายละเอียดของข้อมูลผู้เข้ารับการทดสอบ

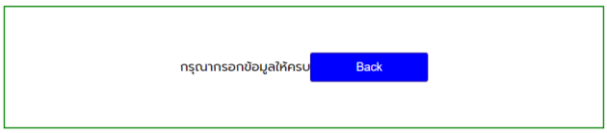
ภาพที่ 11 หน้าจอคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ

2.2) การดำเนินการทดสอบ

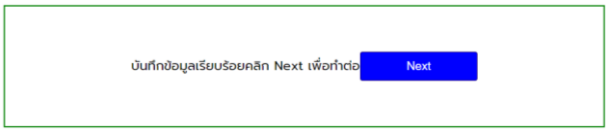
หลังจากผู้เข้ารับการทดสอบอ่านคำชี้แจง และขั้นตอนการทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้เลือกปุ่ม “เริ่มการทดสอบ” จะปรากฏข้อสอบทีละ 1 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วยข้อสอบย่อย 4 ระดับ และมีแสดงเวลาที่เหลือในการทดสอบไว้ที่มุมบนขวา โดยผู้ทดสอบจะต้องตอบ 4 คำถามใน 1 ข้อแล้วคลิกปุ่ม “ข้อถัดไป” เพื่อทำข้อสอบต่อ ในกรณีที่ผู้เข้าสอบตอบไม่ครบในแต่ละข้อจะมีข้อความแจ้งเตือนให้ผู้เข้าสอบตอบให้ครบรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 9 – 11



ภาพที่ 12 หน้าจอแสดงแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่



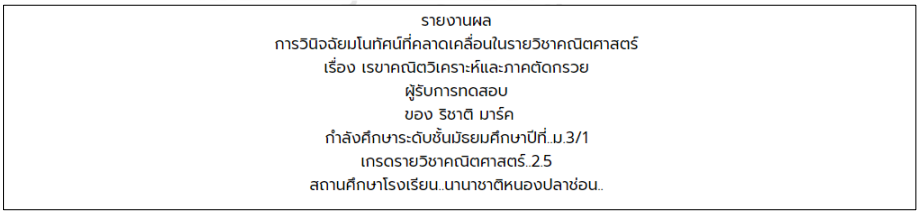
ภาพที่ 13 หน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนเมื่อตอบข้อสอบไม่ครบ



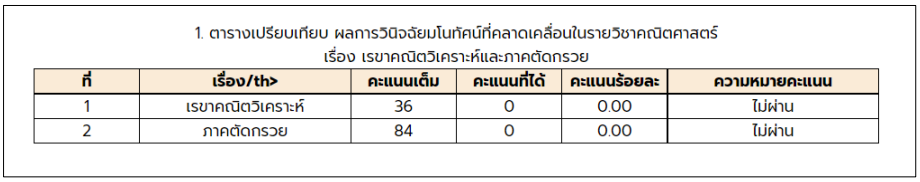
ภาพที่ 14 หน้าจอแสดงข้อความให้ทำข้อต่อไป

2.3) การรายงานผลการทดสอบ

เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบดำเนินการสอบครบทั้ง 30 ข้อซึ่งครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย แล้วระบบจะรายงานผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ 2) ตารางแสดงคะแนนรวม คะแนนที่ได้ คะแนนร้อยละ และความหมายคะแนน 3) ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ และ 4) ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยจำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ แสดงดังภาพที่ 13 - 16



ภาพที่ 15 รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ



1. ตารางเปรียบเทียบ ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย

ที่	เรื่อง/th>	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คะแนนร้อยละ	ความหมายคะแนน
1	เรขาคณิตวิเคราะห์	36	0	0.00	ไม่ผ่าน
2	ภาคตัดกรวย	84	0	0.00	ไม่ผ่าน

ภาพที่ 16 หน้าจอแสดงตารางแสดงคะแนนรวม คะแนนที่ได้ คะแนนร้อยละ และความหมายคะแนน

2. ตารางแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ

ข้อที่	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผล
1	1.1 ระยะทางระหว่างจุด (6,7) ไปยังจุด (10,4) เท่ากับข้อใด	LK
2	2.1 จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (3,8) และ (7,2) คือข้อใด	LK
3	3.1 ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (5,6) และ (3,12) ตรงกับข้อใด	LK
4	4.1 เส้นตรง $2x + 4y = 5$ ตั้งฉากกับเส้นตรงในข้อใด	LK
5	5.1 เส้นตรง $3x + 5y = 8$ ขนานกับเส้นตรงในข้อใด	LK
6	6.1 ระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุด (3,5) ไปยังเส้นตรง $3x - 4y = 4$ ตรงกับข้อใด	LK
7	7.1 ระยะห่างระหว่างเส้นตรง $3x - 4y = 12$ และ $6x - 8y = -28$ เท่ากับข้อใด	LK
8	8.1 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ เมื่อกำหนด c เป็นจำนวนจริงใด ๆ A. เส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรง $x = c$ B. เส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรง $y = c$ ข้อใดกล่าวถูกต้อง	LK
9	9.1 สมการเส้นตรงที่ผ่านจุด (3,2) และ (4,5) ตรงกับข้อใด	LK
10	10.1 สมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (4,3) และมีรัศมี 6 หน่วย ตรงกับข้อใด	LK
11	11.1 สมการวงกลม $x^2 + y^2 - 6x - 14y + 54 = 0$ มีรัศมีเท่ากับข้อใด	LK
12	12.1 ถ้าวงกลมวงหนึ่งมีเส้นตรง $3x - y = 14$ เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P(5,1) และเส้นตรง L เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมและจุด P แล้วเส้นตรง L มีความชันเท่ากับข้อใด	LK
13	13.1 ถ้าวงกลมวงหนึ่งมี PQ เป็นเส้นผ่างศูนย์กลางของวงกลม โดยมีเส้นตรง $4x - 3y = 25$ และ $4x - 3y = 45$ เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ตามลำดับ แล้ววงกลมมีรัศมีเท่ากับข้อใด	LK
14	14.1 จากสมการวงกลม $(x + 3)^2 + (y - 7)^2 = 16$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง	LK
15	15.1 สมการพาราโบลา $x^2 - 12x + 8y + 60 = 0$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีรูปตรงกับข้อใด	LK
16	16.1 กำหนดสมการพาราโบลา $(y - 5)^2 = 8(x + 3)$ ถ้าเลื่อนจุดยอดของพาราโบลาไปทางซ้าย 2 หน่วยและเลื่อนลงด้านล่าง 4 หน่วยแล้วจุดยอดของสมการพาราโบลาใหม่ตรงกับข้อใด	LK
17	17.1 จากสมการพาราโบลา $(x - 4)^2 = 4(-2)(y + 1)$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง	LK
18	18.1 สมการพาราโบลา $y^2 - 10y + 8x + 49 = 0$ มีค่า c เท่ากับข้อใด	LK
19	19.1 สมการวงรีในข้อใดที่มีแกนเอกขนานแกน x	LK
	20.1 ถ้าสมการวงรี	

1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)
2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP)
3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN)
4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)
5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC)
6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 17 หน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ

3. ตารางแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ

ที่	มโนทัศน์	ผลการวินิจฉัย
1	ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	FN
2	ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	MC
3	ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	LK
4	การหาสมการเส้นตรง	LK
5	วงกลม	LK
6	พาราโบลา	LK
7	วงรี	LK
8	ไฮเพอร์โบลา	LK
9	แก้โจทย์ปัญหา	LK

1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)
2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP)
3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN)
4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)
5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC)
6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)

ภาพที่ 18 หน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยจำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ

ตอนที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

สำหรับการประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การตรวจสอบคุณภาพก่อนนำระบบไปใช้จริง และ 2) การประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพก่อนนำระบบไปใช้จริง

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพก่อนนำระบบไปใช้งานจริงผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพของระบบการทดสอบแบ่งเป็น 1) การตรวจสอบคุณภาพจากการนำไปทดลองใช้เบื้องต้น และ 2) การประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การตรวจสอบคุณภาพจากการนำไปทดลองใช้เบื้องต้น

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพจากการนำไปทดลองใช้เบื้องต้น ได้นำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 คน จากการสัมภาษณ์นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่า

"...หลังจากทดลองใช้ระบบการทดสอบออนไลน์ หนูคิดว่าเป็นระบบการทดสอบที่ดี ทันสมัย และแปลผลได้ชัดเจน รวดเร็ว และตรงกับความเป็นจริง..."

นักเรียนคนที่ 1

"...ระบบการทดสอบออนไลน์ใช้งานง่าย ข้อสอบไม่ยากเกินไป และประมวลผลได้ดี..."

นักเรียนคนที่ 2

"...หนูชอบตรงผลการวินิจฉัยที่แปลผลทั้งมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนรายข้อและภาพรวม ทำให้หนูนำไปใช้ในการเตรียมตัวแก้ไขข้อบกพร่องของตนเอง..."

นักเรียนคนที่ 3

"...ระบบการทดสอบดี ครบถ้วน และใช้งานง่าย..."

นักเรียนคนที่ 4

"...หนูชอบที่มีการให้เลือกรูปภาพ ทำให้เข้าใจโจทย์ได้ง่ายและชัดเจนขึ้น..."

นักเรียนคนที่ 5

"...ข้อสอบมีเยอะมากแต่ไม่ยากค่ะ ทำให้หนูทำทันเวลา และผลการทดสอบตรง ชัดเจนดีค่ะ..."

นักเรียนคนที่ 6

"...ระบบการทดสอบเจ๋ง ใช้งานได้จริง สวยงาม และควรนำไปให้นักเรียนทุกคนได้ทดลองใช้ค่ะ..."

นักเรียนคนที่ 7

"...อยากให้พัฒนาระบบการทดสอบแบบนี้ในเนื้อหาทุกบทเลยเพราะทุกคนจะได้ตรวจสอบความเข้าใจที่ผิดพลาดในแต่ละเนื้อหาได้สะดวก รวดเร็ว และตลอดเวลาผ่านระบบออนไลน์..."

นักเรียนคนที่ 8

"...หนูคิดว่าออกแบบระบบได้สวยงามและน่าใช้ง่ายค่ะ เข้าถึงได้ง่าย ชอบมากค่ะ..."

นักเรียนคนที่ 9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

"...หนูชอบที่มีการแปลผลวินิจฉัยให้ทันที ละเอียดมาก ๆ เหมือนได้ทบทวนเนื้อหาและแก้ไขข้อผิดพลาดของตัวเองไปในตัว ..."

นักเรียนคนที่ 10

สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยนักเรียนเข้าถึงระบบการทดสอบออนไลน์ได้อย่างง่าย ใช้งานได้ดี โดยจำนวนข้อสอบ ระดับความยากง่ายและเวลาในการทดสอบมีความเหมาะสมทำให้นักเรียนสามารถทำข้อสอบได้ทันเวลา ระบบสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น ประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และการรายงานผลการทดสอบมีความถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ และครบถ้วนทำให้นักเรียนสามารถนำผลการทดสอบไปเพื่อปรับปรุง พัฒนาตนเอง และนำไปใช้ได้จริง

2) การประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ

ผลการประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซของระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ระบบการทดสอบออนไลน์มีคุณภาพเฉลี่ยด้านลักษณะทั่วไปของระบบอยู่ในระดับมาก (M= 4.35, SD= 0.66) โดยรายการที่มีคุณภาพมากที่สุด คือ มีการบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ทดสอบอย่างครบถ้วน (M= 4.75, S.D.= 0.50) คุณภาพเฉลี่ยด้านการออกแบบระบบอยู่ในระดับมาก (M= 4.40, SD = 0.61) โดยรายการที่มีคุณภาพมากที่สุด คือ มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม (M= 4.75, SD = 0.50) คุณภาพเฉลี่ยด้านการทำงานของระบบอยู่ในระดับมาก (M= 4.42, SD = 0.65) โดยรายการที่มีคุณภาพมากที่สุด คือ ระบบมีความเที่ยง (reliability) (M= 4.75, SD = 0.50) คุณภาพเฉลี่ยด้านคู่มือการใช้ระบบอยู่ในระดับมาก (M= 4.44 , SD = 0.63) โดยรายการที่มีคุณภาพมากที่สุดคือ คู่มือการใช้ระบบมีบทนำที่อธิบายความเป็นมาอย่างชัดเจน (M= 4.75, SD = 0.50) รายละเอียดดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลตรวจสอบคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	*M*	*SD*	ความหมาย
1. ลักษณะทั่วไปของระบบ			
1.1 มีการระบุเป้าหมายของการทดสอบอย่างชัดเจน	4.50	0.58	มาก
1.2 มีการระบุเนื้อหาที่ทดสอบอย่างชัดเจน	4.00	0.82	มาก
1.3 มีการบันทึกข้อมูลเบื้องต้นผู้ทดสอบอย่างครบถ้วน	4.75	0.50	มากที่สุด
1.4 ระยะเวลาในการทดสอบมีความเหมาะสม	4.50	0.58	มาก
1.5 รายงานผลการทดสอบมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.00	0.82	มาก
เฉลี่ยรวม	4.35	0.66	มาก
2. การออกแบบระบบ			
2.1 มีการออกแบบระบบให้สวยงาม และน่าสนใจ	4.25	0.96	มาก
2.2 มีการออกแบบข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจอให้อ่านง่าย	4.25	0.50	มาก
2.3 มีการออกแบบเครื่องมือบนหน้าจอให้ใช้งานได้ง่าย	4.25	0.50	มาก
2.4 มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม	4.75	0.50	มากที่สุด
2.5 มีการออกแบบลำดับการแสดงข้อสอบที่ชัดเจน	4.50	0.58	มาก
เฉลี่ยรวม	4.40	0.61	มาก
3. การทำงานของระบบ			
3.1 ระบบมีการประมวลผลอย่างรวดเร็ว	4.25	0.50	มาก
3.2 ระบบมีแนวโน้มในการทำงานอย่างราบรื่น	4.25	0.96	มาก
3.3 ระบบมีความเที่ยง (reliability)	4.75	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.42	0.65	มาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 27 (ต่อ)

รายการ	*M*	*SD*	ความหมาย
4. คู่มือการใช้ระบบ			
4.1 คู่มือการใช้ระบบมีบทนำที่อธิบายความเป็นมาอย่างชัดเจน	4.75	0.50	มากที่สุด
4.2 คู่มือการใช้ระบบ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	4.25	0.50	มาก
4.3 คู่มือการใช้ระบบมีภาพประกอบที่ชัดเจน	4.25	0.96	มาก
4.4 คู่มือการใช้ระบบอธิบายเป็นขั้นตอนชัดเจน	4.50	0.58	มาก
เฉลี่ยรวม	4.44	0.63	มาก

ส่วนที่ 2 การประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ

สำหรับการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบผู้วิจัยได้นำระบบไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน ซึ่งแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ตอน ได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 2) ผลการทดสอบจากระบบการทดสอบออนไลน์ และ 3) ผลการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

หลังจากนำระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ พบว่าระบบการทดสอบสามารถนำไปทดลองใช้ได้ ผู้วิจัยจึงได้นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน ซึ่งแบ่งเป็นเพศชาย 48 คน คิดเป็นร้อยละ 48 และเพศหญิง 52 คน คิดเป็นร้อยละ 52 สำหรับเกรดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 3.50-4.00 จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 64 รองลงมาอยู่ในช่วง 3.00-3.49 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 24 และช่วง 2.50-2.99 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 12 และผลการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่เกรด 4 จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 33 รองลงมาเป็นเกรด 3.5 จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 32 และเกรด 3 จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 14 รายละเอียดดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบจากระบบการทดสอบออนไลน์จำแนกตามข้อมูลทั่วไป

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	48	48
หญิง	52	52
ผลการเรียน		
2.50 – 2.99	12	12
3.00 – 3.49	24	24
3.50 – 4.00	64	64
ผลการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์		
เกรด 2	10	10
เกรด 2.5	11	11
เกรด 3	14	14
เกรด 3.5	32	32
เกรด 4	33	33
รวม	100	100

2) ผลการทดสอบจากระบบการทดสอบ

เมื่อผู้สอบทำงานทดสอบในระบบเสร็จสิ้นระบบจะรายงานคะแนนเต็ม คะแนนที่ได้ ร้อยละ และการแปลความหมายคะแนนแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับไม่ผ่าน (ต่ำกว่าร้อยละ 50) อ่อน (ร้อยละ 50-59) พอใช้ (ร้อยละ 60-69) ดี (ร้อยละ 70-79) และดีเยี่ยม (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) พบว่า ในเนื้อหาหลักเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์มีผลการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่ผ่าน จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 27 รองลงมาคือระดับอ่อน จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 22 และระดับดี จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 19 และในเนื้อหาหลักเรื่อง ภาคตัดกรวยมีผลการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่ผ่าน จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 31 รองลงมาคือระดับดีเยี่ยม จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และระดับพอใช้ จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 21 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 29 ผลการทดสอบจากระบบการทดสอบออนไลน์

ผลการทดสอบจากระบบ	จำนวน	ร้อยละ
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์		
ไม่ผ่าน	27	27
อ่อน	22	22
พอใช้	17	17
ดี	19	19
ดีเยี่ยม	15	15
รวม	100	100
เรื่อง ภาคตัดกรวย		
ไม่ผ่าน	31	31
อ่อน	10	10
พอใช้	21	21
ดี	13	13
ดีเยี่ยม	25	25
รวม	100	100

สำหรับผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จะรายงานตามรูปแบบการตอบของผู้เข้ารับการทดสอบออกเป็น 6 ระดับได้แก่ นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC) และไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK) พบว่า ในมโนทัศน์ที่ 1 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 45 คน ร้อยละ 45 รองลงมานักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องจำนวน 23 คน ร้อยละ 23 และนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 15 คน ร้อยละ 15

มโนทัศน์ที่ 2 ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 52 คน ร้อยละ 52 รองลงมานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 21 คน ร้อยละ 21 และ นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องจำนวน 12 คน ร้อยละ 12

มโนทัศน์ที่ 3 ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 43 คน ร้อยละ 43 รองลงมานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 17 คน ร้อยละ 17 และ นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 13 คน ร้อยละ 13

มโนทัศน์ที่ 4 การหาสมการเส้นตรง นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 36 คน ร้อยละ 36 รองลงมานักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จำนวน 19 คน ร้อยละ 19 และ นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จำนวน 13 คน ร้อยละ 13

มโนทัศน์ที่ 5 วงกลม นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องจำนวน 31 คน ร้อยละ 31 รองลงมานักเรียนที่ไม่มีความรู้ จำนวน 20 คน ร้อยละ 20 และ นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 จำนวน 17 คน ร้อยละ 17

มโนทัศน์ที่ 6 พาราโบลา นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 39 คน ร้อยละ 39 รองลงมานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 19 คน ร้อยละ 19 และ นักเรียนขาดความมั่นใจจำนวน 16 คน ร้อยละ 16

มโนทัศน์ที่ 7 วงรี นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 44 คน ร้อยละ 44 รองลงมานักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จำนวน 15 คน ร้อยละ 15 และนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 จำนวน 14 คน ร้อยละ 14

มโนทัศน์ที่ 8 ไฮเพอร์โบลา นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 26 คน ร้อยละ 26 รองลงมานักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จำนวน 24 คน ร้อยละ 24 และนักเรียนที่ขาดความมั่นใจจำนวน 19 คน ร้อยละ 19

และมโนทัศน์ที่ 9 การแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 27 คน ร้อยละ 27 รองลงมานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 23 คน ร้อยละ 23 และนักเรียนที่ขาดความมั่นใจจำนวน 21 คน ร้อยละ 21 แสดงดังตารางที่ 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 30 ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย ด้วยระบบการทดสอบออนไลน์

เนื้อหาที่มุ่งวัด	ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน											
	CC		FP		FN		MC		LC		LK	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
เรขาคณิตวิเคราะห์												
1. ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	23	23	12	12	2	2	15	15	3	3	45	45
2. ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	12	12	3	3	6	6	21	21	6	6	52	52
3. ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	7	7	11	11	13	13	17	17	9	9	43	43
4. การหาสมการเส้นตรง	19	19	13	13	12	12	11	11	9	9	36	36
ภาคตัดกรวย												
5. วงกลม	31	31	6	6	17	17	11	11	15	15	20	20
6. พาราโบลา	13	13	1	1	12	12	19	19	16	16	39	39
7. วงรี	15	15	12	12	14	14	8	8	7	7	44	44
8. ไฮเพอร์โบลา	24	24	13	13	8	8	26	26	19	19	10	10
9. แก้โจทย์ปัญหา	7	7	12	12	10	10	23	23	21	21	27	27

3) ผลการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ

ผลการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ พบว่า ด้านการใช้ระบบการทดสอบนักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด (M= 4.57, SD = 0.64) โดยรายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ระบบมีความสะดวกในการพิมพ์รายงานผลการทดสอบ (M= 4.73 , SD = 0.51) ด้านการออกแบบระบบการทดสอบนักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด (M=4.61, SD =0.53) โดยรายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ มีการออกแบบระบบให้มีความสวยงามและน่าสนใจ (M=4.87, SD =0.37) สำหรับด้านความรู้สึกต่อระบบการทดสอบนักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด (M=4.52, S.D.=0.64) โดยรายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ รายงานผลการทดสอบสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง (M=4.71, SD =0.50) รายละเอียดดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

ประเด็นการประเมิน	*M*	*SD*	ความหมาย
การใช้ระบบการทดสอบ			
ระบบใช้งานง่ายไปข้างหน้าอย่างราบรื่น	4.70	0.56	มากที่สุด
ระบบมีการประมวลผลอย่างรวดเร็ว	4.28	0.51	มาก
ระบบมีความสะดวกในการพิมพ์รายงานผลการทดสอบ	4.73	0.51	มาก
เฉลี่ยรวม	4.57	0.53	มากที่สุด
การออกแบบระบบการทดสอบ			
มีการออกแบบระบบให้มีความสวยงามและน่าสนใจ	4.87	0.37	มากที่สุด
มีการออกแบบให้เครื่องมือบนหน้าจอสามารถใช้งานง่าย	4.38	0.56	มาก
มีการออกแบบให้ข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจออ่านง่าย	4.73	0.57	มากที่สุด
มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม	4.52	0.66	มากที่สุด
มีการออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบให้มีความชัดเจน	4.56	0.50	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.61	0.53	มากที่สุด
ความรู้สึกต่อระบบการทดสอบ			
เนื้อหาของการทดสอบครอบคลุมเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย	4.43	0.62	มาก
ระยะเวลาของการทดสอบมีความเหมาะสม	4.57	0.66	มากที่สุด
รายงานผลการทดสอบสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง	4.71	0.50	มากที่สุด
ผลที่ได้จากการทดสอบมีความคุ้มค่า	4.37	0.77	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.52	0.64	มากที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 4 ประการ คือ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ (2) เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ (3) เพื่อพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์และ (4) เพื่อตรวจสอบคุณภาพระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยทั้งสิ้น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ของธัญญารัตน์ จูมแพง (2555) และ เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร (2551) จากการศึกษา พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ มีจำนวน 27 มโนทัศน์ โดยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุด คือ ไฮเพอร์โบลา (ความถี่รวมเท่ากับ 20) รองลงมาเป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการหาสมการเส้นตรง พาลาโบลา และวงรีที่มีความถี่เท่ากัน คือ 5 จากนั้นสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 ท่านที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) แล้วรวบรวมผลที่ได้จากการศึกษาเพื่อนำมาสัมภาษณ์และสรุปประเด็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นนำมาสร้างเป็นแบบเลือกตอบสามระดับชนิดปลายเปิดแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนศึกษานารี จำนวน 20 คนที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจงแล้ววิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยายและการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นการพัฒนาและตรวจสอบคุณสมบัติทางจิตมิติแบบเลือกตอบสามระดับ และสี่ระดับ แบบใหม่ โดยการพัฒนาแบบเลือกตอบสามระดับโดยระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) ประกอบด้วยเหตุผลสนับสนุนคำตอบเป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3

ระดับความมั่นใจ (C tier) เป็นแบบตรวจสอบรายการคือ มั่นใจ/ไม่มั่นใจ และแบบสอบวินิจฉัยแบบสี่ระดับแบบใหม่ ระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) ประกอบด้วยเหตุผลสนับสนุนคำตอบเป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ระดับที่ 3 ระดับความมั่นใจ (C tier) เป็นแบบตรวจสอบรายการ คือ มั่นใจ/ไม่มั่นใจ และระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบ (D tier) แล้วนำมาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่านซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงโดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ได้แก่เป็นผู้สำเร็จการศึกษาอย่างน้อยระดับปริญญาตรี จากคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์ หรือเป็นผู้มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างน้อย 5 ปี หรือ เป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษในรายวิชาคณิตศาสตร์ หลังจากผู้เชี่ยวชาญประเมินเรียบร้อยแล้ว นำผลประเมินมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ จากนั้นนำไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 60 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการเลือกอย่างเจาะจง ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างวิจัยเป็นโรงเรียนศึกษานารีเป็นโรงเรียนที่มีผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) อยู่ในระดับผ่านคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ สำหรับการทดลองใช้แบบสอบได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ครั้ง แต่ละครั้ง แบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน โดยประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อนอย่างละ 10 คน สำหรับการสอบครั้งที่หนึ่ง กลุ่มย่อยที่ 1 สอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่และกลุ่มย่อยที่ 2 สอบด้วยแบบเลือกตอบสามระดับและการสอบในครั้งที่สอง กลุ่มย่อยที่ 1 สอบด้วยแบบเลือกตอบสามระดับ และกลุ่มย่อยที่ 2 สอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยที่การสอบครั้งที่สองทิ้งระยะเวลาห่างจากการสอบครั้งที่หนึ่งประมาณสองสัปดาห์แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางจิตมิติของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ด้านคุณภาพรายข้อด้วยค่าความยากและอำนาจจำแนกด้านความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน เปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบสอบทั้งสองฉบับด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบสอบทั้งสองฉบับกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ นอกจากนี้ยังดำเนินการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ทับซ้อนกัน (comparing correlation coefficients of overlapping samples)

ระยะที่ 2 การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยขั้นตอนการออกแบบและเขียนโปรแกรมประสานงานกับโปรแกรมเมอร์ ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมคือ PHP โดยการทำงานของ

ระบบแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบการทดสอบ ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดสอบและขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการทดสอบ

และระยะที่ 3 ประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ เมื่อพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์จากระยะที่ 2 เสร็จสิ้น ได้พัฒนาแบบประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและแบบประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ด้วยค่าดัชนี IOC และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 3 ท่านประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ และนักเรียนจำนวน 100 คน ทดลองการใช้ระบบแล้วประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลสถิติพื้นฐานความถี่และร้อยละ

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยแบ่งเป็น 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่และตอนที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละตอนดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์

การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์แบ่งเป็นส่วนย่อย 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ ส่วนที่ 1.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ส่วนที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและ

แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และ ส่วนที่ 1.4 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับ แบบใหม่ โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการตอบระดับคำตอบ ระดับเหตุผล และระดับความมั่นใจของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของเพียร์สัน (Pearson’s product correlation coefficient) พบว่า แบบเลือกตอบสามระดับ ทั้งระดับคำตอบ (A tier) ระดับเหตุผล (R tier) และระดับความมั่นใจ (C tier) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมากหมายความว่า ในการตอบของนักเรียนทั้งสามระดับเป็นการวัดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน เช่นเดียวกันกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ที่มีความสัมพันธ์ทั้งระดับคำตอบ (A tier) ระดับเหตุผล (R tier) ระดับความมั่นใจ (C tier) และการวาดภาพประกอบคำตอบ (D tier) มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมาก หมายความว่า ในการตอบของนักเรียนทั้งสี่ระดับเป็นการวัดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน

ส่วนที่ 1.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson’s product correlation coefficient) พบว่า แบบเลือกตอบสามระดับมีความสอดคล้องในทิศทางเดียวกันกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับสูงมาก จากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation) พบว่า แบบเลือกตอบสามระดับกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันในระดับสูงมาก การพิจารณาความสัมพันธ์ทั้งการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นให้ผลที่สอดคล้องกัน เป็นสิ่งยืนยันว่าแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สามารถวัดคุณลักษณะเดียวกันของนักเรียนที่เป็นตัวอย่างในการวิจัย

ส่วนที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

การวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ได้จำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ (1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) (2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP) (3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN) (4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3

(Misconception: MC) (5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC) และ (6) นักเรียนที่ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)

แบบเลือกตอบสามระดับให้ผลการวินิจฉัยของนักเรียนแบ่งออกเป็น นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) ร้อยละ 70 นักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) ร้อยละ 23.33 นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) และนักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) มีค่าเท่ากันคือร้อยละ 3.33 สำหรับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ให้ผลการวินิจฉัยนักเรียนแบ่งออกเป็น นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) ร้อยละ 66.67 นักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) ร้อยละ 31.67 และนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) ร้อยละ 1.67

จากผลการวินิจฉัยจำแนกกลุ่มนักเรียนของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่พบว่า ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (CC) ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (FN) และร้อยละของนักเรียนขาดความมั่นใจ (LC) ของแบบเลือกตอบสามระดับมีค่าสูงกว่าแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และร้อยละของนักเรียนที่ไม่มีความรู้ (LK) ของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สูงกว่าแบบเลือกตอบสามระดับ

ส่วนที่ 1.4 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่แบ่งออกเป็นการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในรายมโนทัศน์หลักและผลการวินิจฉัยในภาพรวม โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer’s V correlation coefficient) โดยมโนทัศน์หลักเรื่องที่ (1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง (2) ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน (3) ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน (4) การหาสมการเส้นตรง (5) วงกลม (7) วงรี และ (9) การแก้โจทย์ปัญหามีความสอดคล้องของผลวินิจฉัยในระดับสูงมาก หมายความว่า มีโอกาสเป็นไปได้ในระดับมากที่นักเรียนคนหนึ่งจะถูกจัดกลุ่มเดียวกันจากผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มโนทัศน์หลักเรื่องที่ (8) ไฮเพอร์โบลามีความสอดคล้องของผลวินิจฉัยในระดับสูง และมโนทัศน์หลักเรื่องที่ (6) พาราโบลา มีความสอดคล้องของผลวินิจฉัยในระดับปานกลาง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์

ในตอนที่ 2 เป็นการสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยสามารถแบ่งการสรุปผลการวิจัยเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์ ส่วนที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์ และส่วนที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความสอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์กับแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบเลือกตอบสามระดับกับผลการสัมภาษณ์

จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer’s V correlation coefficient) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับกับข้อมูลเชิงประจักษ์ซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์ พบว่า มโนทัศน์หลักเรื่องที่ (1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูงมาก สำหรับมโนทัศน์หลักเรื่องที่ (3) ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน (4) การหาสมการเส้นตรง (8) ไฮเพอร์โบลา และ (9) การแก้โจทย์ปัญหามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง สำหรับมโนทัศน์หลักเรื่องที่ (2) ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน (5) วงกลม และ (7) วงรี มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับปานกลาง และมโนทัศน์หลักเรื่องที่ (6) พาราโบลา มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับต่ำ

ส่วนที่ 2.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับผลการสัมภาษณ์

จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วีของคราเมอร์ (Cramer's V correlation coefficient) เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์ พบว่า มโนทัศน์หลักเรื่องที่ (1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง (2) ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน (3) ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน (4) การหาสมการเส้นตรง (5) วงกลม (7) วงรี (8) ไฮเพอร์โบลา และ (9) การแก้โจทย์ปัญหามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง สำหรับมโนทัศน์หลักเรื่องที่ (6) พาราโบลา มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับปานกลาง

ส่วนที่ 2.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความสอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์กับแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของความสอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์กับแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์วีของคราเมอร์ของแบบสอบทั้งสองฉบับกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า มโนทัศน์หลักส่วนใหญ่ (ร้อยละ 88.89) จากแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สูงกว่าแบบเลือกตอบสามระดับ (ร้อยละ 88.89) มโนทัศน์หลักเรื่องที่ (1) ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลางจากแบบเลือกตอบสามระดับสูงกว่าแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และเมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างที่ทับซ้อนกัน พบว่า แบบสองทั้งสองฉบับให้ผลการวินิจฉัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่มีความแตกต่างกัน

ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ผลการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ พบว่า สำหรับระบบการทดสอบออนไลน์นี้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) การลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบการทดสอบ (2) การดำเนินการทดสอบ และ (3) การรายงานผลการทดสอบ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

สำหรับผลประเมินคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ สามารถสรุปได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ 4.1) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินอินเทอร์เฟซและประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ 4.2) ผลประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซก่อนนำระบบการทดสอบไปใช้จริง และ 4.3) ผลการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 4.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินอินเทอร์เฟซและประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ

สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินอินเทอร์เฟซและประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ พบว่า แบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและแบบประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์มีค่าดัชนี IOC เท่ากับ 1 ทุกข้อรายการ หมายความว่า ข้อคำถามทุกข้อรายการสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่มุ่งวัดสามารถนำไปใช้ได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

ส่วนที่ 4.2 ผลประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซก่อนนำระบบการทดสอบไปใช้จริง

สำหรับผลการตรวจสอบคุณภาพก่อนนำระบบไปใช้จริงสามารถสรุปผลการตรวจสอบคุณภาพได้ ดังนี้ ผลจากการทดลองใช้ระบบการทดสอบออนไลน์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คนก่อนนำไปทดลองใช้จริง พบว่า มีความพึงพอใจต่อระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ โดยนักเรียนเข้าถึงระบบการทดสอบออนไลน์ได้อย่างง่าย ใช้งานได้ดี โดยจำนวนข้อสอบ ระดับความยากง่ายและเวลาในการทดสอบมีความเหมาะสมทำให้นักเรียนสามารถทำข้อสอบได้ทันเวลา ระบบสามารถทำงานได้อย่างราบรื่น ประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และการรายงานผลการทดสอบมีความถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ และครบถ้วนทำให้นักเรียนสามารถนำผลการทดสอบไปเพื่อปรับปรุง พัฒนาตนเอง และนำไปใช้ได้จริง

และผลการตรวจสอบคุณภาพระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีรายการประเมิน 4 ด้าน รวมทั้งสิ้น 17 รายการ พบว่า ระบบการทดสอบออนไลน์มีคุณภาพเฉลี่ยด้านลักษณะทั่วไปของระบบ อยู่ในระดับมาก คุณภาพเฉลี่ยด้านการออกแบบระบบอยู่ในระดับมาก คุณภาพเฉลี่ยด้านการทำงานของระบบอยู่ในระดับมาก และคุณภาพเฉลี่ยด้านคู่มือการใช้ระบบอยู่ในระดับมาก

ส่วนที่ 4.2 ผลการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบ

ผู้วิจัยจึงได้นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 100 คน ซึ่งแบ่งเป็นเพศชาย 48 คน คิดเป็นร้อยละ 48 และเพศหญิง 52 คน คิดเป็นร้อยละ 52 สำหรับเกรดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 3.50-4.00 จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 64 รองลงมาอยู่ในช่วง 3.00-3.49 จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 24 และช่วง 2.50-2.99 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 12 และผลการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่เกรด 4 จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 33 รองลงมาเป็นเกรด 3.5 จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 32 และเกรด 3 จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 14

สำหรับระบบการทดสอบออนไลน์มีคะแนนเต็ม 120 คะแนน แบ่งเป็นเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ คะแนนเต็ม 36 คะแนน และภาคตัดกรวยคะแนนเต็ม 84 คะแนน และการแปลความหมาย พบว่า ในเนื้อหาหลักเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์มีผลการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่ผ่าน จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 27 รองลงมาคือระดับอ่อน จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 22 และระดับดี จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 19 และในเนื้อหาหลักเรื่องภาคตัดกรวยมีผลการทดสอบส่วนใหญ่อยู่ในระดับไม่ผ่าน จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 31 รองลงมา ระดับดีเยี่ยม จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 25 และระดับพอใช้ จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ

สำหรับผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จะรายงานตามรูปแบบการตอบของผู้เข้ารับการทดสอบพบว่า ในมโนทัศน์ที่ 1 ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 45 คน ร้อยละ 45 รองลงมานักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องจำนวน 23 คน ร้อยละ 23 และนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 15 คน ร้อยละ 15

มโนทัศน์ที่ 2 ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 52 คน ร้อยละ 52 รองลงมานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 21 คน ร้อยละ 21 และ นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องจำนวน 12 คน ร้อยละ 12

มโนทัศน์ที่ 3 ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 43 คน ร้อยละ 43 รองลงมานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 17 คน ร้อยละ 17 และ นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 13 คน ร้อยละ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มโนทัศน์ที่ 4 การหาสมการเส้นตรง นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้ จำนวน 36 คน ร้อยละ 36 รองลงมานักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จำนวน 19 คน ร้อยละ 19 และ นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 จำนวน 13 คน ร้อยละ 13

มโนทัศน์ที่ 5 วงกลม นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับนักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องจำนวน 31 คน ร้อยละ 31 รองลงมานักเรียนที่ไม่มีความรู้ จำนวน 20 คน ร้อยละ 20 และนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 จำนวน 17 คน ร้อยละ 17

มโนทัศน์ที่ 6 พาราโบลา นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้ จำนวน 39 คน ร้อยละ 39 รองลงมานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 19 คน ร้อยละ 19 และ นักเรียนขาดความมั่นใจจำนวน 16 คน ร้อยละ 16

มโนทัศน์ที่ 7 วงรี นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 44 คน ร้อยละ 44 รองลงมานักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จำนวน 15 คน ร้อยละ 15 และนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 จำนวน 14 คน ร้อยละ 14

มโนทัศน์ที่ 8 ไฮเพอร์โบลา นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 26 คน ร้อยละ 26 รองลงมานักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง จำนวน 24 คน ร้อยละ 24 และนักเรียนที่ขาดความมั่นใจจำนวน 19 คน ร้อยละ 19

และมโนทัศน์ที่ 9 การแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับไม่มีความรู้จำนวน 27 คน ร้อยละ 27 รองลงมานักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 จำนวน 23 คน ร้อยละ 23 และนักเรียนที่ขาดความมั่นใจจำนวน 21 คน ร้อยละ 21

สำหรับผลการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ มีรายการประเมิน 3 ด้าน รวมทั้งสิ้น 12 รายการพบว่า ทั้งด้านการใช้ระบบการทดสอบ ด้านการออกแบบระบบการทดสอบ และด้านความรู้สึกต่อระบบการทดสอบนักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด

การอภิปรายผล

จากการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย มีประเด็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ผลการวินิจฉัยของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับ

ข้อมูลเชิงประจักษ์ และ การตรวจสอบคุณภาพของระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ด้านคุณภาพของแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่แบบใหม่ เมื่อพิจารณาค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบตามเกณฑ์ค่าความยาก (p) ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จากข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ พบว่า แบบเลือกตอบสามระดับในระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 28 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 93.33 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.73 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.40 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 1 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดี ส่วนในระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 26 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 86.67 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.74 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.43 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 2 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดี

แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับที่ 1 ระดับคำตอบ (A tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 29 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 96.67 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.75 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.34 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 1 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกพอใช้ ส่วนข้อสอบในระดับที่ 2 ระดับเหตุผล (R tier) อยู่ในเกณฑ์ ที่กำหนดจำนวน 28 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 93.33 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.76 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.35 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 2 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกพอใช้ และข้อสอบในระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบ (D tier) อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 30 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100 โดยมีค่าความยากเฉลี่ย 0.69 และมีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.65 แสดงว่าข้อสอบระดับที่ 4 ค่อนข้างง่าย และมีอำนาจจำแนกดีมาก อาจเกิดจากการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ทำหลังจากนักเรียน ได้เรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยมาแล้วครบถ้วนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำให้นักเรียนสามารถตอบถูกได้จากการจำ และข้อสอบทั้งสองฉบับเป็นข้อสอบแบบเดียวกันในสามระดับแรกนักเรียนอาจจำข้อสอบได้ นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากในเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย มีรายละเอียดของการวาดภาพแต่ละแบบที่คล้ายคลึงกันทำให้นักเรียนเกิดความสับสนตอบถูกในระดับคำตอบแต่วาดภาพไม่ถูกต้อง ในระดับที่ 4 รวมทั้งรายละเอียดในการวาดภาพของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์ ต้องมีพื้นฐานเกี่ยวกับการเลื่อนขนานเรขาคณิต และรูปทรงที่เคยศึกษามาตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ทำให้ข้อสอบในระดับที่ 4 สามารถจำแนกกลุ่มผู้เรียนได้ดีสอดคล้องกับ Anam R.S. et al. (2019) and Rifat Shafwatul et al. (2019) ที่กล่าวว่าการวาดภาพจะทำให้สามารถค้นหาสาเหตุของความเข้าใจผิดของนักเรียนได้

เนื่องจากภาพวาดเป็นภาพสะท้อนของสิ่งที่นักเรียนคิดในใจเอาไว้สะท้อนความเข้าใจผิดของนักเรียน สำรวจความคิดของนักเรียน ด้วยแบบทดสอบหลายลำดับขั้นและแบบทดสอบการวาดภาพซึ่งเป็นเครื่องมือทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน รวมทั้งเป็นวินิจฉัยความเข้าใจผิดของนักเรียนให้ชัดเจนยิ่งขึ้นซึ่งตรงตามแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น แล้วยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วิยดา ซ่อนขำ (2551) ธนบดี อินหาดกรวด (2554) Arslan et al. (2012) ที่พบว่าข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหลายระดับเมื่อนำไปทดลองใช้และตรวจสอบคุณภาพ แบบสอบวินิจฉัยจะมีค่าความยาก (p) อยู่ในช่วงค่อนข้างง่ายไปจนถึงความยากง่ายปานกลาง อำนาจจำแนกพอใช้ นอกจากนี้ผลการวิจัย พบว่า แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในระดับที่ 4 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่ายและมีอำนาจจำแนกดีมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนจะทำข้อสอบในระดับนี้ถูกต้องได้จะต้องมีความรู้และความเข้าใจทั้งในคำตอบ เหตุผล และการวาดภาพ จึงส่งผลข้อสอบในระดับนี้มีค่าความยากและอำนาจจำแนกดีมากซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าข้อสอบระดับอื่น

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยระหว่างแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลจากแบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่กับข้อมูลเชิงประจักษ์ในรายมโนทัศน์หลักให้ผลการวินิจฉัยที่ไม่แตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนบดี อินหาดกรวด (2554) อาจเนื่องมาจากในงานวิจัยเป็นการพัฒนาแบบสอบทั้งสองฉบับใช้ข้อสอบในสามระดับแรกเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน ทำให้รูปแบบการตอบของนักเรียนในสามระดับแรกมีความคล้ายคลึงกันทำให้ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องไม่แตกต่างกัน

2. การพัฒนาและประเมินคุณภาพระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

จากผลการศึกษาการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ พบว่า การทำงานแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) การลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบการทดสอบ (2) การดำเนินการทดสอบ และ (3) การรายงานผลการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาระบบของแอปพลิเคชันออนไลน์ต่าง ๆ เช่น Shopee Lazada และเว็บไซต์ออนไลน์ต่าง ๆ ที่ต้องวางแผนการลงทะเบียนเพื่อเข้าถึงข้อมูลผู้ใช้งาน การออกแบบลำดับการแสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้งานสะดวกในการใช้งาน การออกแบบหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้งานได้สะดวกและรวมเร็ว การรายงานผลการใช้งานเมื่อผู้ใช้งานต้องการ และที่สำคัญ คือ คู่มือการใช้งานระบบเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้อย่างราบรื่น

โดยจะต้องคำนึงถึงผู้ใช้งานระบบตั้งแต่การลงทะเบียนจนสิ้นสุดการใช้งานที่มีการพัฒนาระบบการทดสอบ เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุรเดช อนันตสวัสดิ์ (2554)

สำหรับการประเมินระบบการทดสอบออนไลน์ฯ จากผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ใน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการใช้ระบบการทดสอบ ด้านการออกแบบระบบ และด้านความรู้สึกต่อระบบทดสอบ พบว่า มีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 3 ด้าน ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะระบบมีการระบุเป้าหมายของการทดสอบ เนื้อหาที่จะทดสอบและระยะเวลาในการทดสอบไว้อย่างชัดเจน มีการออกแบบเมนูให้สะดวกต่อการใช้งาน มีข้อความแจ้งเตือน ความผิดพลาดอย่างเหมาะสมเมื่อผู้ทดสอบตอบข้อสอบไม่ครบ มีการออกแบบลำดับการแสดงข้อสอบและข้อมูลย้อนกลับที่เป็นลำดับชัดเจนโดยออกแบบให้ข้อสอบเรียงลำดับตามเนื้อหาจากง่ายไปยาก เมื่อทำข้อสอบจบแต่ละเนื้อหาจะได้รับข้อมูลย้อนกลับทันที ทำให้เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนอยากทำข้อสอบต่อในเรื่องถัดไป และเมื่อทำการทุกเนื้อหาแล้วจะมีรายงานผลการทดสอบภาพรวมเรื่องที่นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย เหตุผลสนับสนุนความพึงพอใจของนักเรียนต่อระบบการทดสอบที่กล่าวมาข้างต้น ยังสอดคล้องกับคำกล่าวของถนอมพร เลาหจรัสแสง (2541) ที่กล่าวถึงข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ประเภทแบบทดสอบว่าโปรแกรมการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยให้ผู้เรียนได้รับผลย้อนกลับทันที (immediate feedback) ซึ่งการทดสอบแบบกระดาษที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไม่สามารถทำได้ นอกจากนี้การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณผลสอบก็ยังมีความแม่นยำและรวดเร็วอีกด้วย และยังสอดคล้องกับ กิดานันท์ มลิทอง (2548) ที่กล่าวเกี่ยกับข้อดีของระบบการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ว่าการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการทดสอบมิใช่เป็นการใช้เพียงเพื่อวัดความรู้ของผู้เรียนเท่านั้น แต่ยังช่วยให้ผู้สอนมีความรู้สึกที่เป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้านกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการทดสอบได้อีกด้วย เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสามารถช่วยเปลี่ยนแปลง การทดสอบจากแบบแผนเก่า ๆ ของปรนัยหรือคำถามจากบทเรียนมาเป็นการทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนหรือผู้ที่ได้รับการทดสอบซึ่งเป็นที่น่าสนุกและน่าสนใจกว่าการทดสอบด้วยกระดาษ จะเห็นได้ว่าการใช้โปรแกรมการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นประโยชน์ต่อนักเรียนมากในเรื่องของการใช้ข้อมูลย้อนกลับโดยทันทีและนักเรียนให้ความสนใจ ไม่น่าเบื่ออีกทั้งยังเป็นการประหยัดกระดาษที่ต้องใช้เป็นจำนวนมากในการทดสอบแต่ละครั้ง

นอกจากนี้ด้านการพัฒนาระบบ ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนี้ผ่านการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในขั้นตอนตรวจสอบคุณภาพของระบบโดยทำการปรับขนาดของข้อความบางส่วนให้อ่านง่ายขึ้น และปรับโทนสีที่ใช้ให้มีความสว่างมากขึ้น ทำให้นักเรียน

อ่านข้อสอบได้สบายตา สอดคล้องกับ กิตติศักดิ์ ณ พัทลุง (2545) ที่กล่าวว่า ถึงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบการเรียนรู้หรือการทดสอบ ถ้าโปรแกรมมีสีสัน ภาพและเสียงที่เหมาะสมจะทำให้ผู้เรียนเกิดความตื่นเต้นและไม่เบื่อหน่าย และผู้เชี่ยวชาญยังได้แนะนำให้ลดจำนวนภาพการ์ตูนลงในบางหน้าจอโดยให้เหตุผลว่าการมีภาพการ์ตูนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนให้ความสนใจข้อสอบน้อยลง

ถึงแม้ว่าระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ประกอบด้วยข้อสอบที่มีคุณภาพแล้วแต่จากการนำระบบไปใช้กับนักเรียนจำนวน 100 คนพบว่า ระบบก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บางประการ คือ 1) ระยะเวลาในการทดสอบจำนวน 90 นาที ซึ่งคือว่าใช้เวลาค่อนข้างมากในระหว่างการทดสอบนักเรียนอาจจะเกิดอาการเมื่อยล้า เนื่องจากผู้เข้ารับการทดสอบจะต้องทำข้อสอบให้ครบทั้ง 30 ข้อ ระบบจึงจะสามารถรายงานผลการทดสอบได้ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของสุรเดช อนันตสวัสดิ์ (2554) ในอนาคตอาจจะพัฒนาโปรแกรมให้นักเรียนสามารถทำข้อสอบทีละเนื้อหาและกำหนดเวลาให้พอเหมาะกับเนื้อหานั้น ๆ 2) การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์ด้วยการพัฒนาโปรแกรมการเขียนด้วยภาษา PHP ให้สอดคล้องกับแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ซึ่งในระดับที่ 4 การวาดภาพประกอบคำตอบโดยการระบุพิกัดลงไปในรูปอาจทำให้ภาพเกิดความคลาดเคลื่อนและนักเรียนที่ใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันจะส่งผลให้ได้ภาพที่มีขนาดไม่เหมาะสม ในอนาคตอาจมีการพัฒนาโปรแกรมที่ให้นักเรียนสามารถวาดภาพได้ด้วยตนเองและระบุพิกัดลงไปในรูปภาพได้เลย และ 3) ระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้น ยังไม่ได้มีการรายงานมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายเนื้อหาหลักและไม่มีการเฉลยคำตอบของข้อสอบแต่ละข้อซึ่งอาจจะสามารถนำมาใช้เป็นให้ข้อมูลย้อนกลับให้นักเรียนนำไปพัฒนาตนเองได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 แบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสามารถนำแบบเลือกตอบสามระดับไปประยุกต์ใช้ในการวัดมโนทัศน์เรื่องอื่น ที่มีเนื้อหาลักษณะใกล้เคียงกัน โดยแบบเลือกตอบสามระดับ

สามารถพัฒนาได้ง่ายและประหยัดเวลามากกว่าแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ และเป็นเนื้อหาที่ไม่มีความสัมพันธ์กับเรื่องอื่น ๆ ที่เป็นพื้นฐานเพราะอาจส่งผลต่อผลการตอบของนักเรียนได้

1.2 การนำแบบสอบทั้งสองฉบับไปใช้ทดสอบเพื่อวินิจฉัยผู้เรียนควรแบ่งย่อยทีละมโนทัศน์หลักเพื่อลดความเมื่อยล้าในการทำข้อสอบและทำให้ผลการทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อนลดลง

1.3 ครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจสามารถนำระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบทดสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 หรือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งจัดเป็นการประเมินผลระหว่างเรียน โดยผลการทดสอบจะทำให้นักเรียนทราบจุดเด่น จุดด้อย และวางแผนแนวทางในการพัฒนาตนเอง เป็นประโยชน์ต่อนักเรียนและครูผู้สอนยังใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนการสอนซ่อมเสริมนักเรียนเพื่อพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพของแต่ละบุคคล โดยการนำระบบการทดสอบไปใช้ครูผู้สอนควรมีความรู้เบื้องต้นพื้นฐานในการใช้คอมพิวเตอร์ ควรมีการอำนวยความสะดวกนักเรียนในการใช้งานคอมพิวเตอร์ และศึกษาคู่มือการใช้งานระบบการทดสอบให้เข้าใจก่อนใช้งาน เพื่อให้เกิดความคล่องแคล่ว สะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยในครั้งนี้วัดระดับความมั่นใจของนักเรียนเป็นสองระดับตามที่ผู้วิจัยกำหนด ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจเพิ่มตัวเลือกในระดับความมั่นใจเพื่อให้ได้สารสนเทศจากการวินิจฉัยเพิ่มมากขึ้น

2.2 ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบสอบทั้งสองฉบับโดยในสามระดับแรกเป็นข้อสอบชุดเดียวกันและมีการวิเคราะห์ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทำให้ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องไม่แตกต่างกัน ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการวิเคราะห์เชิงทำนายหาความสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบทั้งสองกับผลการเรียนเฉลี่ย เกรดรายวิชาคณิตศาสตร์ หรือข้อมูลอื่น ๆ เพื่อศึกษาความแตกต่างของแบบสอบทั้งสองฉบับให้ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.3 การวิจัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ในครั้งนี้ ในระดับความมั่นใจเป็นความมั่นใจทั้งในระดับคำตอบและระดับเหตุผล ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยห้าระดับที่แยกระดับความมั่นใจทั้งระดับคำตอบและระดับเหตุผลเพื่อความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2.4 ระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นให้ผลการวินิจฉัยเป็นรายมโนทัศน์และมโนทัศน์

หลักแต่ไม่ได้มีการให้ผลย้อนกลับรายข้อ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์ที่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและไม่มีการใช้ข้อมูลย้อนกลับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2562, 21 สิงหาคม). *นโยบายและจุดเน้นของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ 2563.* http://www.moe.go.th/จุดเน้นการศึกษา-ปี-63

ณภัทร ชัยมงคล,โชติกา ภาษีผล, และ ศิริชัย กาญจนวาสี. (2558). *การพัฒนาระบบการทดสอบแบบปรับเหมาะหลายขั้นตอนด้วยวิธีออนเดอะฟลายที่มีการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการทดสอบมาตรฐานวิชาชีพของบุคลากรสาขาไอที* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัญฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทย Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/50934

ธนบดี อินหาดกรวด. (2554). *การเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสามระดับและสี่ระดับ* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/60108

ธัญญารัตน์ จูมแพง. (2551). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติและระดับความเข้าใจทางเรขาคณิตของนักเรียนตามกรอบแนวคิดของ Van Hiele เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์เบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาผู้เรียน.* สำนักพิมพ์สุวีริยาสาสน์.

ปรารถนา พลอภิชาต, สุวิมล ว่องวาณิช, และ ศิริเดช สุชีวะ. (2556). *การพัฒนาคู่มือการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สำหรับครูประถมศึกษาโดยใช้โมเดลข้อสอบและวิธีการลำดับขั้นของคุณลักษณะ* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยบัญฑิต]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/42995

มนัสสิริ อินทร์สวาท. (2559). *การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบวินิจฉัยแบบสามระดับสำหรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ระดับความมั่นใจที่แตกต่างกัน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/52379

ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. ราชบัณฑิตยสถาน.

วิยดา ซ่อนขำ. (2551). *การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (2551). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการใช้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อมศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ]. Srinakharineirot University Institutional Repository (SWU IR). http://thesis.swu.ac.th/swudis/Math_Ed/Vetcharit_A.pdf

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่.* โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม.* โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริเดช สุชีวะ. (2538). , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยChulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/56547

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2563). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับขั้นพื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562*. http://www.niets.or.th

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สำนักพิมพ์ สกสค.

สุวัฒนา เอี่ยมอรพรรณ. (2549). *วิธีและเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการคิด.* สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล เสวกสิริยวงศ์. (2553). *การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/34753

อมรรัตน์ สร้อยสังวาล. (2551). *การพัฒนาวิธีประเมินเชิงวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัญฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR).http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/58536

อัมพร ม้าคะนอง. (2547). *การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.* ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. บพิธการพิมพ์

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. https://www.researchgate.net/publication

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, 11*(34), 1667-1685. https://doi.org/10.1080/09500693.2012.680618

Bayuni, T C., Sopandi, W., & Sujana, A. (2018). Identification misconception of primary school teacher education students in changes of matters using a five-tier diagnostic test. *Journal of Physics: Conference Series. 1013*(4). http://doi :10.1088/1742-6596/ 1013/1/012086

Caleon, I. S. (2010). Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. *Research in Science Education, 40*(3) , 313-337. http://dx.doi.org/10.1007/s11165-009-9122-4

Caleon, ImeLda., & Subramaniam, R. (2010). Development and Application of a Three-Tier Diagnostic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves. *International Journal of Science Education, 7*(32) , 939-961. https://doi.org/10.1080/09500690902890130

Der-Ching Yang., & Yung-Chi Lin. (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.https://doi.org/10.1080/00131881.2015.1085235

Fadhilah, Rahmawati., Megita, Dwi Pamungkas., Bagas, Ardiyanto., Zakkiyatun, Nisa Fadhilatullathifi., Gunawan., & Ditaul, Safitri. (2020). Identification of Students' Misconceptions on Integral Topic Using a Four-Tier Diagnostic Test. *MaPan: Jurnal Matematika dan Pembelajaran, 8*(1), 114-124. https://doi.org/10.24252/mapan.2020v8n1a9.

Fadhilatullathifi, Z N., Ardiyanto, B., Rahayu, D D., Almukholani, T., Rinayah, I., & Rahmawati, F. (2020). Four-Tier Diagnostic Test Method to Identify Conceptual Understanding in Calculus. *Journal of Physics: Conference Series*, 1613. https://doi.org/ 10.1088/1742-6596/1613/1/012075

Gurel, D.K., Eryilmaz, A., & McDetmott, L.C. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 11*(5), 989-1008. https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1369a

Hopkins, C. D., & Antes, R. L. (1990). *Classroom Management and Evaluation.* F.E. Oencock Publishing.

Kiray, S A., & Simsek, S. (2020). Determination and Evaluation of the Science Teacher Candidates' Misconceptions About Density by Using Four-Tier Diagnostic Test. *International Journal of Science and Mathematics Education*. https://doi.org/10.1007/s10763-020-10087-5

Mirza, Qonita., & Frida U, Ermawat. (2020). The Validity and Reliability of five-tier conception diagnostic test for vector concepts. *Inovasi Pendidikan Fisika, 9*(3), 459-465. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/inovasi-pendidikan-fisika/article/view/35743

Novita Kurnia Izzati, Wasis. (2021). Misconception Profile of Students on Static Fluid Material Using the Four-Tier Diagnostic Test. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika, 6*(1), 44-51. http://ojs.uho.ac.id/index.php/JIPFI

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. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

Sreenivasulu, B. & Subramaniam, R. (2013). University Students' Understanding of Chemical Thermodynamics. *International Journal of Science Education, 35*(4),601-635. https://doi.org/10.1080/09500693.2012.683460

Sreenivasulu, B., & Subramaniam, R. (2013). University Students' Understanding of Chemical Thermodynamics. *International Journal of Science Education, 4*(35), 601-635. https://doi.org/10.1080/09500693.2012.683460

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 and Technological Education*, *34*(2), 164-186.https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1124409

Tumanggor, A M R., Supahar., Kuswanto, H. & Ringo, E S. (2020). Using four-tier diagnostic test instruments to detect physics teacher candidates' misconceptions: Case of mechanical wave concepts. *Journal of Physics : Conference Series, 5*, 1-7. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1440/1/012059/meta

Yuberti, Yuberti., Yani, Suryani., & Indah, Kurniawati. (2020). Four-Tier Diagnostic Test with Certainty of Response Index to Identify Misconception in Physics. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education, 3*(2), 245-253. https://doi.org/10.24042/ijsme.v3i2.6061

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ที่ให้ข้อมูลสัมภาษณ์ในการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์

ลำดับ	รายนาม	โรงเรียน	ประสบการณ์ (ปี)
1	นายธวัชชัย หวังศิริเวช	วัดราชบพิธ	7
2	นางสาวกรรณ์ชลิกา ชัยสุวรรณ	ศึกษานารี	8
3	นางสาวดวงกมล อัชฌาพงศ์	อิสลามวิทยาลัยแห่งประเทศไทย	8
4	นายทศพล เวชกามา	มัธยมวัดสิงห์	10
5	นางสาวชุติมา สุขเอี่ยม	สวนกุหลาบวิทยาลัย	6
6	นางสาวสุปราณี สูติพันธ์วิหาร	วัดอินทาราม	6
7	นางสาวนิธิมา เขมะบาล	ศึกษานารี	22
8	นายสุรเชษฐ์ เจริญรัตนาภิรมย์	ศึกษานารี	11
9	นายสรรฐณัฐ ปัญญาเสฏโฐ	ศึกษานารี	8
10	นายพิเชษฐ์ สร้อยทอง	จันทร์ประดิษฐารามวิทยาคม	10
11	นายบุญเศียร คงกลับ	ชิโนรสวิทยาลัย	20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพแบบสอบทั้งสองฉบับ

ลำดับ	รายนาม	ตำแหน่ง
1	ดร.รัชนิกร ชลไชยะ	อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2	ดร.ถนอม ชำนาญพันธ์	ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศึกษานารี
3	นายบุญเศียร คงกลับ	ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนชิโนรสวิทยาลัย
4	นางฐานิตา พึ่งคุณไตรรัตน์	ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศึกษานารี
5	นายสมบัติ แสงทองคำสุก	ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศึกษานารี
6	นางสาวนงค์เพ็ญ ทองเลิศ	ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศึกษานารี
7	นางสาววัชราภรณ์ สะเดา	ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศึกษานารี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจคุณภาพ

แบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและแบบประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งาน

ลำดับ	รายนาม	ตำแหน่ง	หมายเหตุ
1	นางสาวนิธิมา เขมะบาล	ครูวิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนศึกษานารี	จบปริญญาโท ด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา
2	นางสาวกรรณ์ชลิกา ชัยสุวรรณ	ครูวิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนศึกษานารี	จบปริญญาโท ด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา
3	นางสาวเอมิกา สุวรรณหิตาทร	ครูวิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียนศึกษานารี	จบปริญญาโท ด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ

ลำดับ	รายนาม	ตำแหน่ง	หมายเหตุ
1	ดร.รัชนิกร ชลไชยะ	อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี	ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์
2	นางศิริวรรณ ตันเสถียร	ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศึกษานารี	ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา
3	นางฐานิตา พึ่งคุณไตรรัตน์	ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนศึกษานารี	ผู้ทางคุณวุฒิ ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

แบบเลือกตอบสามระดับและแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แบบสอบวินิจฉัยสามระดับเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเครื่องมือเพื่อดำเนินการวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง **การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่** ของ นายวีรวัฒน์ โอษฐงาม นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิธีวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษากลุ่มเชี่ยวชาญเฉพาะการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมี อาจารย์ ดร.ณภัทร ชัยมงคล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ ขอความอนุเคราะห์ท่านให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบนี้ด้วยความตั้งใจ เพื่อประโยชน์ในทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้ด้วย

นายวีรวัฒน์ โอษฐงาม

ผู้วิจัย

คำชี้แจง

1. แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนฉบับนี้มี 20 หน้า จำนวน 30 ข้อ
2. เขียนคำตอบลงในแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยดินสอ หรือ ปากกา
3. ให้เวลาในการทำแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 2 ชั่วโมง หรือ 120 นาที
4. แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนฉบับนี้ มีลักษณะเป็นแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ซึ่งใน 1 ข้อนักเรียนจะต้องตอบคำถาม 3 ข้อย่อย

   ข้อย่อยที่ 1 เป็นแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คือ “ก” “ข” “ค” หรือ “ง” ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้อง

   ข้อย่อยที่ 2 เป็นแบบสอบวินิจฉัยที่ถาม**เหตุผลของคำตอบข้อย่อยที่ 1** แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คือ “ก” “ข” “ค” หรือ “ง” ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้อง

ข้อย่อยที่ 3 เป็นการตรวจสอบความมั่นใจในคำตอบ ถ้านักเรียน**มั่นใจในคำตอบ**ให้ทำเครื่องหมายวงกลมลงบนตัวเลือก “มั่นใจ” ถ้า**ไม่มั่นใจ**ให้วงกลมล้อมรอบตัวเลือก “ไม่มั่นใจ”

ตัวอย่างข้อสอบข้อที่ 0

ข้อที่ 0	0.1 จากสมการวงกลม $(x-4)^2+(y+5)^2=25$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง (ก.) จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (4 , -5) รัศมี 5 หน่วย ข. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (-4 , 5) รัศมี 25 หน่วย ค. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (4 , -5) รัศมี 25 หน่วย ง. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (-4 , 5) รัศมี 5 หน่วย
	0.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r$ เมื่อจุดศูนย์กลางคือ (h,k) และรัศมียาว r หน่วย (ข.) สมการมาตรฐานของวงกลม คือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$ เมื่อจุดศูนย์กลางคือ (h,k) และรัศมียาว r หน่วย ค. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ $(x+h)^2+(y+k)^2=r$ เมื่อจุดศูนย์กลางคือ (h,k) และรัศมียาว r หน่วย ง. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ $(x+h)^2+(y+k)^2=r^2$ เมื่อจุดศูนย์กลางคือ (h,k) และรัศมียาว r หน่วย
	0.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ (ก.) มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้ อ ที่ 1	1.1 ระยะทางระหว่างจุด (6,7) ไปยังจุด (10,4) เท่ากับข้อใด ก. $\sqrt{7}$ หน่วย ข. 5 หน่วย ค. $\sqrt{135}$ หน่วยง. 25 หน่วย
	1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1,y_1)$ และ $Q(x_2,y_2)$ จะได้ $\lvert\overline{PQ}\rvert = \sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2}$ ข. ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1,y_1)$ และ $Q(x_2,y_2)$ จะได้ $\lvert\overline{PQ}\rvert = \sqrt{(x_2-x_1)^2-(y_2-y_1)^2}$ ค. ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1,y_1)$ และ $Q(x_2,y_2)$ จะได้ $\lvert\overline{PQ}\rvert = \sqrt{(x_2+x_1)^2+(y_2+y_1)^2}$ ง. ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1,y_1)$ และ $Q(x_2,y_2)$ จะได้ $\lvert\overline{PQ}\rvert = \sqrt{(x_2+x_1)^2-(y_2+y_1)^2}$
	1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 2	2.1 จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (3,8) และ (7,2) คือข้อใด ก. (5.5,4.5) ข. (-2,3) ค. (5,5) ง. (-2.5,2.5)
	2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (x_1,y_1) และ (x_2,y_2) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{x_1+x_2}{2}, \frac{y_1+y_2}{2}\right)$ ข. จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (x_1,y_1) และ (x_2,y_2) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{x_1+y_1}{2}, \frac{x_2+y_2}{2}\right)$ ค. จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (x_1,y_1) และ (x_2,y_2) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{x_1-x_2}{2}, \frac{y_1-y_2}{2}\right)$ ง. จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (x_1,y_1) และ (x_2,y_2) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{x_1-y_1}{2}, \frac{x_2-y_2}{2}\right)$
	2.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 3	3.1 ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (5,6) และ (3,12) ตรงกับข้อใด ก. -3 ข. -1/3 ค. 1/3 ง. 3
	3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ ข. ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\frac{y_2 - y_1}{x_1 - x_2}$ ค. ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$ ง. มีข้อถูกสองข้อ คือ ข้อ ก. และ ข้อ ข.
	3.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 4	4.1 เส้นตรง $2x + 4y = 5$ ตั้งฉากกับเส้นตรงในข้อใด ก. $3x - 6y = 5$ ข. $10x + 5y = 19$ ค. $2x - y = 17$ ง. $7x + 14y = 28$
	4.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นคูณกันได้ 1 ข. เส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นคูณกันได้ -1 ค. เส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นเท่ากัน ง. เส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเป็นจำนวนตรงข้ามกัน
	4.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 5	5.1 เส้นตรง $3x + 5y = 8$ ขนานกับเส้นตรงในข้อใด ก. $3x - 5y = 1$ ข. $10x - 6y = -2$ ค. $20x + 12y = 4$ ง. $6x + 10y = 30$
	5.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรงสองเส้นขนานกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นคูณกันได้ 1 ข. เส้นตรงสองเส้นขนานกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นคูณกันได้ -1 ค. เส้นตรงสองเส้นขนานกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นเท่ากัน ง. เส้นตรงสองเส้นขนานกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นเป็นจำนวนตรงข้ามกัน
	5.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 6	6.1 ระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุด (3,5) ไปยังเส้นตรง $3x-4y=4$ ตรงกับข้อใด ก. 3 หน่วย ข. 4 หน่วย ค. 5 หน่วย ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
	6.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เป็นระยะตั้งฉากจากจุด (x_1,y_1) ไปยังเส้นตรง $ax+bx+c=0$ จากสูตร $\frac{\lvert ax_1+by_1+c\rvert}{\sqrt{x_1^2+y_1^2}}$ ข. เป็นระยะตั้งฉากจากจุด (x_1,y_1) ไปยังเส้นตรง $ax+bx+c=0$ จากสูตร $\frac{\lvert ax_1+by_1+c\rvert}{\sqrt{a^2+b^2}}$ ค. เป็นระยะที่ไม่ตั้งฉากจากจุด (x_1,y_1) ไปยังเส้นตรง $ax+bx+c=0$ จากสูตร $\frac{\lvert ax_1+by_1+c\rvert}{\sqrt{a^2+b^2}}$ ง. เป็นระยะไม่ตั้งฉากจากจุด (x_1,y_1) ไปยังเส้นตรง $ax+bx+c=0$ จากสูตร $\frac{\lvert ax_1+by_1+c\rvert}{\sqrt{x_1^2+y_1^2}}$
	6.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 7	7.1 ระยะห่างระหว่างเส้นตรง $3x-4y=12$ และ $6x-8y=-28$ เท่ากับข้อใด ก. 3.2 หน่วย ข. 5.2 หน่วย ค. 6 หน่วย ง. 8 หน่วย
	7.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน $Ax+By+C=0$ และ $Ax+By+D=0$ คือ $\lvert C-D\rvert$ ข. ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน $Ax+By+C=0$ และ $Ex+Fy+D=0$ คือ $\frac{\lvert C-D\rvert}{\sqrt{A^2+B^2}}$ ค. ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน $Ax+By+C=0$ และ $Ax+By+D=0$ คือ $\frac{\lvert C+D\rvert}{\sqrt{A^2+B^2}}$ ง. ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน $Ax+By+C=0$ และ $Ax+By+D=0$ คือ $\frac{\lvert C-D\rvert}{\sqrt{A^2+B^2}}$
	7.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 8	8.1 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ เมื่อกำหนด c เป็นจำนวนจริงใด ๆ A. เส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรง x = c B. เส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรง y = c ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. ข้อ A. ถูกต้องเพียงข้อเดียว ข. ข้อ B. ถูกต้องเพียงข้อเดียว ค. ถูกทั้งข้อ A. และ B. ง. ไม่มีข้อความใดถูกต้อง
	8.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรงที่จุดทุกจุดบนเส้นตรงมีพิกัด x เท่ากันทุกจุด ข. เส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรงที่จุดทุกจุดบนเส้นตรงมีพิกัด y เท่ากันทุกจุด ค. เส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรงที่จุดทุกจุดบนเส้นตรงมีพิกัด y เท่ากันทุกจุด ง. เส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรงที่จุดทุกจุดบนเส้นตรงมีพิกัด x ไม่เท่ากันทุกจุด
	8.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 9	9.1 สมการเส้นตรงที่ผ่านจุด (3,2) และ (4,5) ตรงกับข้อใด ก. $15x - 5y = 35$ ข. $3x + y = 11$ ค. $x + 3y = 9$ ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ
	9.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรงมีความชันเท่ากับ 3 และผ่านจุด (3,2) ข. เส้นตรงมีความชันเท่ากับ $-\frac{1}{3}$ และผ่านจุด (3,2) ค. เส้นตรงมีความชันเท่ากับ 3 และผ่านจุด (4,5) ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.
	9.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 10	10.1 สมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (4,3) และมีรัศมี 6 หน่วย ตรงกับข้อใด ก. $x^2 + y^2 - 8x - 6y - 11 = 0$ ข. $x^2 + y^2 - 8x - 6y + 19 = 0$ ค. $x^2 + y^2 + 8x + 6y - 11 = 0$ ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ
	10.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. การหาสมการวงกลมจะต้องทราบเพียงจุดศูนย์กลางของวงกลมแล้วแทนในสมการมาตรฐาน ข. การหาสมการวงกลมจะต้องทราบเพียงรัศมีของวงกลมแล้วแทนในสมการมาตรฐาน ค. การหาสมการวงกลมจะต้องทราบทั้งจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมแล้วแทนในสมการมาตรฐาน ง. การหาสมการวงกลมไม่สามารถทำได้หากทราบแค่จุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลม
	10.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 11	11.1 สมการวงกลม $x^2 + y^2 - 6x - 14y + 54 = 0$ มีรัศมีเท่ากับข้อใด ก. 2 หน่วย ข. 3 หน่วย ค. 4 หน่วย ง. 9 หน่วย
	11.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานคือ $(x-3)^2 + (y-7)^2 = 4^2$ จะได้จุดศูนย์กลางคือ (3,7) ข. สมการมาตรฐานคือ $(x-3)^2 + (y-7)^2 = 2^2$ จะได้จุดศูนย์กลางคือ (3,7) ค. สมการมาตรฐานคือ $(x-3)^2 + (y-7)^2 = 9^2$ จะได้จุดศูนย์กลางคือ (3,7) ง. สมการมาตรฐานคือ $(x-3)^2 + (y-7)^2 = 3^2$ จะได้จุดศูนย์กลางคือ (3,7)
	11.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 12	12.1 ถ้าวงกลมวงหนึ่งมีเส้นตรง $3x - y = 14$ เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P(5 , 1) และเส้นตรง L เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมและจุด P แล้วเส้นตรง L มีความชันเท่ากับข้อใด ก. -3 ข. -1/3 ค. 1/3 ง. 3
	12.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรง L ขนานกับเส้นตรงที่สัมผัสวงกลมที่จุด P ข. เส้นตรง L มีความชันเป็นเครื่องหมายตรงข้ามกับความชันของเส้นตรงที่สัมผัสวงกลมที่จุด P ค. เส้นตรง L ตั้งฉากกับเส้นตรงที่สัมผัสวงกลมที่จุด P ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
	12.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 13	13.1 ถ้าวงกลมวงหนึ่งมี $\overline{PQ}$ เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม โดยมีเส้นตรง $4x-3y=25$ และ $4x-3y=45$ เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ตามลำดับ แล้ววงกลมมีรัศมีเท่ากับข้อใด ก. 2 หน่วย ข. 4 หน่วย ค. 6 หน่วย ง. 10 หน่วย
	13.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ขนานกัน ดังนั้นระยะห่างระหว่างเส้นตรงทั้งสอง เท่ากับรัศมีวงกลม ข. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ขนานกัน ทำให้ระยะห่างระหว่างเส้นตรงทั้งสอง เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ค. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ไม่ขนานกัน ซึ่งหาระยะห่างระหว่างเส้นตรงเท่ากับ รัศมีวงกลม ง. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ไม่ขนานกัน แต่สามารถหาระยะห่างระหว่าง เส้นตรงทั้งสองเส้นซึ่งมีค่าเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม
	13.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 14	14.1 จากสมการวงกลม $(x+3)^2+(y-7)^2=16$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง ก. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (-3,7) รัศมี 16 หน่วย ข. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (-3,7) รัศมี 4 หน่วย ค. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (3,-7) รัศมี 4 หน่วย ง. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (3,-7) รัศมี 16 หน่วย
	14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. รูปมาตรฐานสมการวงกลม จุดศูนย์กลาง (h,k) และรัศมี r หน่วย คือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r$ ข. รูปมาตรฐานสมการวงกลม จุดศูนย์กลาง (h,k) และรัศมี r หน่วย คือ $(x+h)^2+(y+k)^2=r$ ค. รูปมาตรฐานสมการวงกลม จุดศูนย์กลาง (h,k) และรัศมี r หน่วย คือ $(x+h)^2+(y+k)^2=r^2$ ง. รูปมาตรฐานสมการวงกลม จุดศูนย์กลาง (h,k) และรัศมี r หน่วย คือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$
	14.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 15	15.1 สมการพาราโบลา $x^2 - 12x + 8y + 60 = 0$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีรูปตรงกับข้อใด ก. พาราโบลาหงาย ข. พาราโบลาคว่ำ ค. พาราโบลาตะแคงซ้าย ง. พาราโบลาตะแคงขวา
	15.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานพาราโบลาคือ $(x-h)^2 = 4c(y-k)$ และมีค่า c น้อยกว่า 0 ทำให้มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนานแกน x ข. สมการมาตรฐานพาราโบลาคือ $(x-h)^2 = 4c(y-k)$ และมีค่า c มากกว่า 0 ทำให้มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนานแกน x ค. สมการมาตรฐานพาราโบลาคือ $(x-h)^2 = 4c(y-k)$ และมีค่า c น้อยกว่า 0 ทำให้มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนานแกน y ง. สมการมาตรฐานพาราโบลาคือ $(x-h)^2 = 4c(y-k)$ และมีค่า c มากกว่า 0 ทำให้มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนานแกน y
	15.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 16	16.1 กำหนดสมการพาราโบลา $(y-5)^2 = 8(x+3)$ ถ้าเลื่อนจุดยอดของพาราโบลาไปทางซ้าย 2 หน่วยและเลื่อนลงด้านล่าง 4 หน่วยแล้วจุดยอดของสมการพาราโบลาใหม่ตรงกับข้อใด ก. (-5,1) ข. (2,-7) ค. (-7,3) ง. (1,-5)
	16.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. การเลื่อนพิกัดไปทางซ้าย 2 หน่วย ทำให้ค่า y ลดลง 2 หน่วย และการเลื่อนพิกัดลง ด้านล่างทำให้ค่า x ลดลง 4 หน่วย ข. การเลื่อนพิกัดไปทางซ้าย 2 หน่วย ทำให้ค่า y เพิ่มขึ้น 2 หน่วย และการเลื่อนพิกัด ลงด้านล่างทำให้ค่า x เพิ่มขึ้น 4 หน่วย ค. การเลื่อนพิกัดไปทางซ้าย 2 หน่วย ทำให้ค่า x ลดลง 2 หน่วย และการเลื่อนพิกัดลง ด้านล่างทำให้ค่า y ลดลง 4 หน่วย ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
	16.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 17	17.1จากสมการพาราโบลา $(x-4)^2 = 4(-2)(y+1)$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง ก. จุดยอดของพาราโบลา คือ (-4,1) และจุดโฟกัสของพาราโบลา คือ (-6,1) ข. จุดยอดของพาราโบลา คือ (4,-1) และจุดโฟกัสของพาราโบลา คือ (4,-3) ค. จุดยอดของพาราโบลา คือ (4,-1) และจุดโฟกัสของพาราโบลา คือ (2,-1) ง. จุดยอดของพาราโบลา คือ (-4,1) และจุดโฟกัสของพาราโบลา คือ (-4,-1)
	17.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เป็นรูปพาราโบลาหงาย จุดโฟกัสอยู่ด้านบนจุดยอด ข. เป็นรูปพาราโบลาคว่ำ จุดโฟกัสอยู่ด้านล่างจุดยอด ค. เป็นรูปพาราโบลาหงาย จุดโฟกัสอยู่ด้านล่างจุดยอด ง. เป็นรูปพาราโบลาคว่ำ จุดโฟกัสอยู่ด้านบนจุดยอด
	17.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

ข้อที่ 18	18.1 สมการพาราโบลา $y^2 - 10y + 8x + 49 = 0$ มีค่า c เท่ากับข้อใด ก. -8 ข. -2 ค. 2 ง. 8
	18.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการพาราโบลาได้ $(y-5)^2 = -8(x+3)$ และค่า c ต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ ข. จัดรูปสมการพาราโบลาได้ $(y-5)^2 = 8(x+3)$ และค่า $4c = 8$ ค. สมการพาราโบลาได้ $(y-5)^2 = -8(x+3)$ และค่า $4c = -8$ ง. จัดรูปสมการพาราโบลาได้ $(y-5)^2 = 8(x+3)$ และค่า C ต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ
	18.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 19	19.1 สมการวงรีในข้อใดที่มีแกนเอกขนานแกน x ก. $\frac{(x-5)^2}{16}+\frac{(y-11)^2}{25}=1$ ข. $\frac{(x-5)^2}{25}+\frac{(y-11)^2}{9}=1$ ค. $\frac{(y-11)^2}{21}+\frac{(x-5)^2}{16}=1$ ง. $\frac{(y-11)^2}{16}+\frac{(x-5)^2}{9}=1$
	19.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เป็นสมการวงรีที่มีจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของวงกลมอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน คือเส้นตรง y = 11 ข. เป็นสมการวงรีที่มีจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของวงกลมอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน คือเส้นตรง x = 5 ค. เป็นสมการวงรีที่มีจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของวงกลมอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน คือเส้นตรง x = -5 ง. เป็นสมการวงรีที่มีจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของวงกลมอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน คือเส้นตรง y = -11
	19.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 20	20.1 ถ้าสมการวงรี $\frac{(x-3)^2}{16}+\frac{(y+4)^2}{25}=1$ แล้วระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวงรีและจุดโฟกัสมีค่าเท่ากับข้อใด ก. 3 หน่วย ข. $\sqrt{41}$ หน่วย ค. 9 หน่วย ง. 41 หน่วย
	20.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จากสมการวงรีจะได้ค่า a = 4 และ b = 5 แทนในสูตร $c^2=a^2+b^2$ ข. จากสมการวงรีจะได้ค่า a = 5 และ b = 4 แทนในสูตร $c^2=a^2+b^2$ ค. จากสมการวงรีจะได้ค่า a = 4 และ b = 5 แทนในสูตร $a^2=b^2+c^2$ ง. จากสมการวงรีจะได้ค่า a = 5 และ b = 4 แทนในสูตร $a^2=b^2+c^2$
	20.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 21	21.1 กำหนดสมการวงรี $\frac{(x-5)^2}{25}+\frac{(y+11)^2}{9}=1$ แล้วจุดยอดของสมการวงรีตรงกับข้อใด ก. (0,-11) และ (10,-11) ข. (5,-16) และ (5,-6) ค. (-10,11) และ (0,11) ง. (-5,6) และ (-5,16)
	21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน y และมีค่า a = 5 ดังนั้นจุดยอดมีพิกัด y ต่างจาก จุดศูนย์กลาง ± 5 ข. สมการวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน y และมีค่า a = 5 ดังนั้นจุดยอดมีพิกัด x ต่างจาก จุดศูนย์กลาง ± 5 ค. สมการวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน x และมีค่า a = 5 ดังนั้นจุดยอดมีพิกัด x ต่างจาก จุดศูนย์กลาง ± 5 ง. สมการวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน x และมีค่า a = 5 ดังนั้นจุดยอดมีพิกัด y ต่างจาก จุดศูนย์กลาง ± 5
	21.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 22	22.1 กำหนดสมการวงรี $\frac{(x-4)^2}{100}+\frac{(y-5)^2}{64}=1$ แล้วจุดศูนย์กลางวงรีตรงกับข้อใด ก. (-4,-5) ข. (4,5) ค. (-5,-4) ง. (5,4)
	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานของวงรีที่มีจุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ ข. สมการมาตรฐานของวงรีที่มีจุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x+h)^2}{a^2}+\frac{(y+k)^2}{b^2}=1$ ค. สมการมาตรฐานของวงรีที่มีจุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x-k)^2}{a^2}+\frac{(y-h)^2}{b^2}=1$ ง. สมการมาตรฐานของวงรีที่มีจุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x+k)^2}{a^2}+\frac{(y+h)^2}{b^2}=1$
	22.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 23	23.1 สมการไฮเพอร์โบลารูปหนึ่งมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (1,-5) มีจุดยอดจุดหนึ่งอยู่ที่จุด (-2,-5) และมีแกนสังยุคยาว 8 หน่วย อยากทราบว่าสมการไฮเพอร์โบลาตรงกับข้อใด ก. $\frac{(x-1)^2}{4^2}-\frac{(y+5)^2}{3^2}=1$ ข. $\frac{(x-1)^2}{3^2}-\frac{(y+5)^2}{4^2}=1$ ค. $\frac{(y+5)^2}{4^2}-\frac{(x-1)^2}{3^2}=1$ ง. $\frac{(y+5)^2}{3^2}-\frac{(x-1)^2}{4^2}=1$
	23.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จากโจทย์จะได้ค่า a = 3 , b = 4 และเป็นสมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x ข. จากโจทย์จะได้ค่า a = 3 , b = 4 และเป็นสมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y ค. จากโจทย์จะได้ค่า a = 4 , b = 3 และเป็นสมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x ง. จากโจทย์จะได้ค่า a = 4 , b = 3 และเป็นสมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y
	23.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 24	24.1 สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y-2)^2}{16}-\frac{(x-1)^2}{9}=1$ แล้วระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของไฮเพอร์โบลาและจุดโฟกัส มีค่าเท่ากับข้อใด ก. $\sqrt{7}$ หน่วย ข. 5 หน่วย ค. 7 หน่วย ง. 25 หน่วย
	24.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 4 และ b = 3 แทนในสูตร $c^2=a^2+b^2$ ข. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 3 และ b = 4 แทนในสูตร $c^2=a^2+b^2$ ค. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 4 และ b = 3 แทนในสูตร $a^2=b^2+c^2$ ง. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 3 และ b = 4 แทนในสูตร $a^2=b^2+c^2$
	24.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 25	25.1 สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y+11)^2}{9}-\frac{(x-5)^2}{25}=1$ มีแกนตามขวางและแกนสังยุคตรงกับข้อใด ก. 3 หน่วยและ 5 หน่วย ตามลำดับ ข. 6 หน่วยและ 10 หน่วย ตามลำดับ ค. 5 หน่วยและ 3 หน่วย ตามลำดับ ง. 10 หน่วยและ 6 หน่วย ตามลำดับ
	25.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 3 , b = 5 แกนตามขวาง = a หน่วย แกนสังยุคยาว = b หน่วย ข. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 3 , b = 5 แกนตามขวาง = 2a หน่วย แกนสังยุคยาว = 2b หน่วย ค. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 5 , b = 3 แกนตามขวาง = a หน่วย แกนสังยุคยาว = b หน่วย ง. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 5 , b = 3 แกนตามขวาง = 2a หน่วย แกนสังยุคยาว = 2b หน่วย
	25.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 26	26.1 ข้อใดเป็นสมการเส้นกำกับของไฮเพอร์โบลา $\frac{(y+1)^2}{9}-\frac{(x+2)^2}{16}=1$ ก. $3x-4y=-2$ และ $3x+4y=-10$ ข. $4x-3y=-5$ และ $-4x-3y=11$ ค. $3x-4y=2$ และ $3x+4y=10$ ง. $4x-3y=5$ และ $-4x-3y=-11$
	26.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x จะได้ความชันเส้นของกำกับ ทั้งสองมีค่าเท่ากับ $\pm\frac{b}{a}$ และจุดศูนย์กลางไฮเพอร์โบลาเป็นจุดผ่านเส้นกำกับทั้งสอง ข. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x จะได้ความชันของเส้นกำกับ ทั้งสองมีค่าเท่ากับ $\pm\frac{a}{b}$ และจุดศูนย์กลางไฮเพอร์โบลาเป็นจุดผ่านเส้นกำกับทั้งสอง ค. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y จะได้ความชันของเส้นกำกับ ทั้งสองมีค่าเท่ากับ $\pm\frac{a}{b}$ และจุดศูนย์กลางไฮเพอร์โบลาเป็นจุดผ่านเส้นกำกับทั้งสอง ง. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y จะได้ความชันของเส้นกำกับ ทั้งสองมีค่าเท่ากับ $\pm\frac{b}{a}$ และจุดศูนย์กลางไฮเพอร์โบลาเป็นจุดผ่านเส้นกำกับทั้งสอง
	26.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 27	27.1 กำหนดสมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y+11)^2}{9}-\frac{(x-5)^2}{25}=1$ แล้วจุดยอดของไฮเพอร์โบลาตรงกับข้อใด ก. (2,-11) และ (8,-11) ข. (5,-16) และ (5,-6) ค. (10,-11) และ (0,-11) ง. (5,-8) และ (5,-14)
	27.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x โดยมีค่า a = 5 , b = 3 และจุดยอด คือ $(h,k \pm a)$ ข. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x โดยมีค่า a = 3 , b = 5 และจุดยอด คือ $(h \pm a,k)$ ค. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y โดยมีค่า a = 3 , b = 5 และจุดยอด คือ $(h,k \pm a)$ ง. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y โดยมีค่า a = 5 , b = 3 และจุดยอด คือ $(h \pm a,k)$
	27.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 28	28.1 สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-7)^2}{16}-\frac{(y+3)^2}{9}=1$ แล้วจุดศูนย์กลางของไฮเพอร์โบลาตรงกับข้อใด ก. (-3,7) ข. (-7,3) ค. (7,-3) ง. (3,-7)
	28.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานของไฮเพอร์โบลาที่จุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ ข. สมการมาตรฐานของไฮเพอร์โบลาที่จุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x+h)^2}{a^2}-\frac{(y+k)^2}{b^2}=1$ ค. สมการมาตรฐานของไฮเพอร์โบลาที่จุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x+k)^2}{a^2}-\frac{(y+h)^2}{b^2}=1$ ง. สมการมาตรฐานของไฮเพอร์โบลาที่จุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x-k)^2}{a^2}-\frac{(y-h)^2}{b^2}=1$
	28.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 29	29.1 กำหนดให้วงรีรูปหนึ่งมีสมการ $\frac{(x-1)^2}{9}+\frac{(y-2)^2}{25}=1$ แล้ว ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรีและแกนสังยุคยาว 8 หน่วย มีสมการตรงกับข้อใดต่อไปนี้ ก. $\frac{(x-1)^2}{9}-\frac{(y-2)^2}{16}=1$ ข. $\frac{(x-1)^2}{16}-\frac{(y-2)^2}{9}=1$ ค. $\frac{(y-2)^2}{16}-\frac{(x-1)^2}{9}=1$ ง. $\frac{(y-2)^2}{9}-\frac{(x-1)^2}{16}=1$
	29.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. “ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรี” แสดงว่าสมการไฮเพอร์โบลามีค่า b เท่ากับค่า a ของสมการวงรี ข. “ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรี” แสดงว่าสมการไฮเพอร์โบลามีแกนตามขวางขนานแกน y ค. “ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรี” แสดงว่าสมการไฮเพอร์โบลามีจุดศูนย์กลางร่วมกันกับสมการวงรี ง. “ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรี” แสดงว่าสมการไฮเพอร์โบลามีค่า c เท่ากับสมการวงรี
	29.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 30	30.1 กำหนดให้ไฮเพอร์โบลารูปหนึ่งมีสมการ $\frac{(y-6)^2}{25}-\frac{(x-4)^2}{16}-=1$ แล้ววงกลมที่ผ่านจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลามีสมการวงกลมตรงกับข้อใดต่อไปนี้ ก. $(x-4)^2+(y-6)^2=9$ ข. $(x-4)^2+(y-6)^2=16$ ค. $(x-4)^2+(y-6)^2=25$ ง. $(x-4)^2+(y-6)^2=41$
	30.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. “วงกลมที่ผ่านจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลา” แสดงว่าวงกลมมีจุดศูนย์กลางร่วมกันกับไฮเพอร์โบลา ข. “วงกลมที่ผ่านจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลา” แสดงว่าวงกลมมีรัศมีเท่ากับ c ของไฮเพอร์โบลา ค. “วงกลมที่ผ่านจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลา” แสดงว่าจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลาเป็นจุดปลายเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ง. ถูกต้องทุกข้อที่กล่าวมา
	30.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาเครื่องมือเพื่อดำเนินการวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง **การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่** ของนายวีรวัฒน์ โอษฐงาม นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิธีวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษากลุ่มเชี่ยวชาญเฉพาะการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมี อาจารย์ ดร.ณภัทร ชัยมงคล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ ขอความอนุเคราะห์ท่านให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบนี้ด้วยความตั้งใจ เพื่อประโยชน์ในทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้ด้วย

นายวีรวัฒน์ โอษฐงาม

ผู้วิจัย

คำชี้แจง

5. แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนฉบับนี้มี 32 หน้า จำนวน 30 ข้อ
6. เขียนคำตอบลงในแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยดินสอ หรือ ปากกา
7. ให้เวลาในการทำแบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 2 ชั่วโมง หรือ 120 นาที
8. แบบสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนฉบับนี้ มีลักษณะเป็นแบบสอบวินิจฉัยสามระดับ ซึ่งใน 1 ข้อนักเรียนจะต้องตอบคำถาม 4 ข้อย่อย

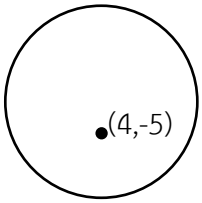
   ข้อย่อยที่ 1 เป็นแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คือ “ก” “ข” “ค” หรือ “ง” ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้อง

   ข้อย่อยที่ 2 เป็นแบบสอบวินิจฉัยที่ถาม**เหตุผลของคำตอบข้อย่อยที่ 1** แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คือ “ก” “ข” “ค” หรือ “ง” ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบตัวเลือกที่ถูกต้อง

   ข้อย่อยที่ 3 เป็นการตรวจสอบความมั่นใจในคำตอบ ถ้านักเรียน**มั่นใจในคำตอบ**ให้ทำเครื่องหมายวงกลมลงบนตัวเลือก “มั่นใจ” ถ้า**ไม่มั่นใจ**ให้วงกลมล้อมรอบตัวเลือก “ไม่มั่นใจ”

ข้อย่อยที่ 4 เป็นการวาดภาพประกอบการตอบคำถาม โดยให้นักเรียนวาดภาพกระบวนการคิดพร้อมระบุพิกัดจุดที่สำคัญ

ตัวอย่างข้อสอบข้อที่ 0

ข้อที่ 0	0.2 จากสมการวงกลม $(x-4)^2+(y+5)^2=25$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง (จ.) จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (4 , -5) รัศมี 5 หน่วย ฉ. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (-4 , 5) รัศมี 25 หน่วย ช. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (4 , -5) รัศมี 25 หน่วย ซ. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (-4 , 5) รัศมี 5 หน่วย
	0.3 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว จ. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r$ เมื่อจุดศูนย์กลางคือ (h,k) และรัศมียาว r หน่วย (ฉ.) สมการมาตรฐานของวงกลม คือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$ เมื่อจุดศูนย์กลางคือ (h,k) และรัศมียาว r หน่วย ช. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ $(x+h)^2+(y+k)^2=r$ เมื่อจุดศูนย์กลางคือ (h,k) และรัศมียาว r หน่วย ซ. สมการมาตรฐานของวงกลม คือ $(x+h)^2+(y+k)^2=r^2$ เมื่อจุดศูนย์กลางคือ (h,k) และรัศมียาว r หน่วย
	0.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ (ก.) มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	0.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น 

ข้อที่ 1	1.1 ระยะทางระหว่างจุด (6,7) ไปยังจุด (10,4) เท่ากับข้อใด ก. $\sqrt{7}$ หน่วย ข. 5 หน่วย ค. $\sqrt{135}$ หน่วย ง. 25 หน่วย
	1.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1,y_1)$ และ $Q(x_2,y_2)$ จะได้ $\lvert\overline{PQ}\rvert=\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2}$ ข. ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1,y_1)$ และ $Q(x_2,y_2)$ จะได้ $\lvert\overline{PQ}\rvert=\sqrt{(x_2-x_1)^2-(y_2-y_1)^2}$ ค. ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1,y_1)$ และ $Q(x_2,y_2)$ จะได้ $\lvert\overline{PQ}\rvert=\sqrt{(x_2+x_1)^2+(y_2+y_1)^2}$ ง. ระยะทางระหว่างจุด $P(x_1,y_1)$ และ $Q(x_2,y_2)$ จะได้ $\lvert\overline{PQ}\rvert=\sqrt{(x_2+x_1)^2-(y_2+y_1)^2}$
	1.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	1.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 2	2.1 จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (3,8) และ (7,2) คือข้อใด ก. (5.5,4.5) ข. (-2,3) ค. (5,5) ง. (-2.5,2.5)
	2.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}\right)$ ข. จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{x_1 + y_1}{2}, \frac{x_2 + y_2}{2}\right)$ ค. จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{x_1 - x_2}{2}, \frac{y_1 - y_2}{2}\right)$ ง. จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{x_1 - y_1}{2}, \frac{x_2 - y_2}{2}\right)$
	2.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	2.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 3	3.1 ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (5,6) และ (3,12) ตรงกับข้อใด ก. -3 ข. -1/3 ค. 1/3 ง. 3
	3.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ ข. ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\frac{y_2 - y_1}{x_1 - x_2}$ ค. ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) มีค่าเท่ากับ $\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$ ง. มีข้อถูกสองข้อ คือ ข้อ ก. และ ข้อ ข.
	3.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	3.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 4	4.1 เส้นตรง $2x + 4y = 5$ ตั้งฉากกับเส้นตรงในข้อใด ก. $3x - 6y = 5$ ข. $10x + 5y = 19$ ค. $2x - y = 17$ ง. $7x + 14y = 28$
	4.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นคูณกันได้ 1 ข. เส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นคูณกันได้ -1 ค. เส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นเท่ากัน ง. เส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเป็นจำนวนตรงข้ามกัน
	4.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	4.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 5	5.1 เส้นตรง $3x + 5y = 8$ ขนานกับเส้นตรงในข้อใด ก. $3x - 5y = 1$ ข. $10x - 6y = -2$ ค. $20x + 12y = 4$ ง. $6x + 10y = 30$
	5.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรงสองเส้นขนานกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นคูณกันได้ 1 ข. เส้นตรงสองเส้นขนานกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นคูณกันได้ -1 ค. เส้นตรงสองเส้นขนานกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นเท่ากัน ง. เส้นตรงสองเส้นขนานกันก็ต่อเมื่อความชันของเส้นตรงทั้งสองเส้นเป็นจำนวนตรงข้ามกัน
	5.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	5.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 6	6.1 ระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุด (3,5) ไปยังเส้นตรง $3x-4y=4$ ตรงกับข้อใด ก. 3 หน่วย ข. 4 หน่วย ค. 5 หน่วย ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
	6.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เป็นระยะตั้งฉากจากจุด (x_1, y_1) ไปยังเส้นตรง $ax+bx+c=0$ จากสูตร $\frac{\lvert ax_1+by_1+c\rvert}{\sqrt{x_1^2+y_1^2}}$ ข. เป็นระยะตั้งฉากจากจุด (x_1, y_1) ไปยังเส้นตรง $ax+bx+c=0$ จากสูตร $\frac{\lvert ax_1+by_1+c\rvert}{\sqrt{a^2+b^2}}$ ค. เป็นระยะที่ไม่ตั้งฉากจากจุด (x_1, y_1) ไปยังเส้นตรง $ax+bx+c=0$ จากสูตร $\frac{\lvert ax_1+by_1+c\rvert}{\sqrt{a^2+b^2}}$ ง. เป็นระยะไม่ตั้งฉากจากจุด (x_1, y_1) ไปยังเส้นตรง $ax+bx+c=0$ จากสูตร $\frac{\lvert ax_1+by_1+c\rvert}{\sqrt{x_1^2+y_1^2}}$
	6.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	6.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 7	7.1 ระยะห่างระหว่างเส้นตรง $3x-4y=12$ และ $6x-8y=-28$ เท่ากับข้อใด ก. 3.2 หน่วย ข. 5.2 หน่วย ค. 6 หน่วย ง. 8 หน่วย
	7.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน $Ax+By+C=0$ และ $Ax+By+D=0$ คือ $\lvert C-D\rvert$ ข. ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน $Ax+By+C=0$ และ $Ex+Fy+D=0$ คือ $\frac{\lvert C-D\rvert}{\sqrt{A^2+B^2}}$ ค. ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน $Ax+By+C=0$ และ $Ax+By+D=0$ คือ $\frac{\lvert C+D\rvert}{\sqrt{A^2+B^2}}$ ง. ระยะทางระหว่างเส้นคู่ขนาน $Ax+By+C=0$ และ $Ax+By+D=0$ คือ $\frac{\lvert C-D\rvert}{\sqrt{A^2+B^2}}$
	7.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	7.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 8	8.1 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ เมื่อกำหนด c เป็นจำนวนจริงใด ๆ A. เส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรง x = c B. เส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรง y = c ข้อใดกล่าวถูกต้อง ง. ข้อ A. ถูกต้องเพียงข้อเดียว จ. ข้อ B. ถูกต้องเพียงข้อเดียว ฉ. ถูกทั้งข้อ A. และ B. ง. ไม่มีข้อความใดถูกต้อง
	8.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรงที่จุดทุกจุดบนเส้นตรงมีพิกัด x เท่ากันทุกจุด ข. เส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรงที่จุดทุกจุดบนเส้นตรงมีพิกัด y เท่ากันทุกจุด ค. เส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรงที่จุดทุกจุดบนเส้นตรงมีพิกัด y เท่ากันทุกจุด ง. เส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรงที่จุดทุกจุดบนเส้นตรงมีพิกัด x ไม่เท่ากันทุกจุด
	8.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	8.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 9	9.1 สมการเส้นตรงที่ผ่านจุด (3,2) และ (4,5) ตรงกับข้อใด ก. $15x - 5y = 35$ ข. $3x + y = 11$ ค. $x + 3y = 9$ ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ
	9.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรงมีความชันเท่ากับ 3 และผ่านจุด (3,2) ข. เส้นตรงมีความชันเท่ากับ $-\frac{1}{3}$ และผ่านจุด (3,2) ค. เส้นตรงมีความชันเท่ากับ 3 และผ่านจุด (4,5) ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.
	9.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	9.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 10	10.1 สมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (4,3) และมีรัศมี 6 หน่วย ตรงกับข้อใด ก. $x^2 + y^2 - 8x - 6y - 11 = 0$ ข. $x^2 + y^2 - 8x - 6y + 19 = 0$ ค. $x^2 + y^2 + 8x + 6y - 11 = 0$ ง. ข้อมูลไม่เพียงพอ
	10.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. การหาสมการวงกลมจะต้องทราบเพียงจุดศูนย์กลางของวงกลมแล้วแทนในสมการมาตรฐาน ข. การหาสมการวงกลมจะต้องทราบเพียงรัศมีของวงกลมแล้วแทนในสมการมาตรฐาน ค. การหาสมการวงกลมจะต้องทราบทั้งจุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลมแล้วแทนในสมการมาตรฐาน ง. การหาสมการวงกลมไม่สามารถทำได้หากทราบแค่จุดศูนย์กลางและรัศมีของวงกลม
	10.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	10.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 11	11.1 สมการวงกลม $x^2 + y^2 - 6x - 14y + 54 = 0$ มีรัศมีเท่ากับข้อใด ก. 2 หน่วย ข. 3 หน่วย ค. 4 หน่วย ง. 9 หน่วย
	11.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานคือ $(x-3)^2 + (y-7)^2 = 4^2$ จะได้จุดศูนย์กลางคือ (3,7) ข. สมการมาตรฐานคือ $(x-3)^2 + (y-7)^2 = 2^2$ จะได้จุดศูนย์กลางคือ (3,7) ค. สมการมาตรฐานคือ $(x-3)^2 + (y-7)^2 = 9^2$ จะได้จุดศูนย์กลางคือ (3,7) ง. สมการมาตรฐานคือ $(x-3)^2 + (y-7)^2 = 3^2$ จะได้จุดศูนย์กลางคือ (3,7)
	11.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	11.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 12	12.1 ถ้าวงกลมวงหนึ่งมีเส้นตรง $3x - y = 14$ เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P(5 , 1) และเส้นตรง L เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมและจุด P แล้วเส้นตรง L มีความชันเท่ากับข้อใด ก. -3 ข. -1/3 ค. 1/3 ง. 3
	12.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นตรง L ขนานกับเส้นตรงที่สัมผัสวงกลมที่จุด P ข. เส้นตรง L มีความชันเป็นเครื่องหมายตรงข้ามกับความชันของเส้นตรงที่สัมผัสวงกลมที่จุด P ค. เส้นตรง L ตั้งฉากกับเส้นตรงที่สัมผัสวงกลมที่จุด P ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
	12.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	12.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 13	13.1 ถ้าวงกลมวงหนึ่งมี $\overline{PQ}$ เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม โดยมีเส้นตรง $4x-3y=25$ และ $4x-3y=45$ เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ตามลำดับ แล้ววงกลมมีรัศมีเท่ากับข้อใด ก. 2 หน่วย ข. 4 หน่วย ค. 6 หน่วย ง. 10 หน่วย
	13.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ขนานกัน ดังนั้นระยะห่างระหว่างเส้นตรงทั้งสอง เท่ากับรัศมีวงกลม ข. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ขนานกัน ทำให้ระยะห่างระหว่างเส้นตรงทั้งสอง เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ค. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ไม่ขนานกัน ซึ่งหาระยะห่างระหว่างเส้นตรงเท่ากับ รัศมีวงกลม ง. เส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ไม่ขนานกัน แต่สามารถหาระยะห่างระหว่างเส้นตรงทั้งสองเส้นซึ่งมีค่าเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม
	13.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	13.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 14	14.1 จากสมการวงกลม $(x+3)^2+(y-7)^2=16$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง ก. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (-3,7) รัศมี 16 หน่วย ข. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (-3,7) รัศมี 4 หน่วย ค. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (3,-7) รัศมี 4 หน่วย ง. จุดศูนย์กลางของวงกลม คือ (3,-7) รัศมี 16 หน่วย
	14.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. รูปมาตรฐานสมการวงกลม จุดศูนย์กลาง (h,k) และรัศมี r หน่วย คือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r$ ข. รูปมาตรฐานสมการวงกลม จุดศูนย์กลาง (h,k) และรัศมี r หน่วย คือ $(x+h)^2+(y+k)^2=r$ ค. รูปมาตรฐานสมการวงกลม จุดศูนย์กลาง (h,k) และรัศมี r หน่วย คือ $(x+h)^2+(y+k)^2=r^2$ ง. รูปมาตรฐานสมการวงกลม จุดศูนย์กลาง (h,k) และรัศมี r หน่วย คือ $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$
	14.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	14.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 15	15.1 สมการพาราโบลา $x^2 - 12x + 8y + 60 = 0$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีรูปตรงกับข้อใด ก. พาราโบลาหงาย ข. พาราโบลาคว่ำ ค. พาราโบลาตะแคงซ้าย ง. พาราโบลาตะแคงขวา
	15.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานพาราโบลาคือ $(x-h)^2 = 4c(y-k)$ และมีค่า c น้อยกว่า 0 ทำให้มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนานแกน x ข. สมการมาตรฐานพาราโบลาคือ $(x-h)^2 = 4c(y-k)$ และมีค่า c มากกว่า 0 ทำให้มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนานแกน x ค. สมการมาตรฐานพาราโบลาคือ $(x-h)^2 = 4c(y-k)$ และมีค่า c น้อยกว่า 0 ทำให้มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนานแกน y ง. สมการมาตรฐานพาราโบลาคือ $(x-h)^2 = 4c(y-k)$ และมีค่า c มากกว่า 0 ทำให้มีเส้นไดเรกทริกซ์ขนานแกน y
	15.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	15.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 16	16.1 กำหนดสมการพาราโบลา $(y-5)^2 = 8(x+3)$ ถ้าเลื่อนจุดยอดของพาราโบลาไปทางซ้าย 2 หน่วยและเลื่อนลงด้านล่าง 4 หน่วยแล้วจุดยอดของสมการพาราโบลาใหม่ตรงกับข้อใด ก. (-5,1) ข. (2,-7) ค. (-7,3) ง. (1,-5)
	16.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. การเลื่อนพิกัดไปทางซ้าย 2 หน่วย ทำให้ค่า y ลดลง 2 หน่วย และการเลื่อนพิกัด ลงด้านล่างทำให้ค่า x ลดลง 4 หน่วย ข. การเลื่อนพิกัดไปทางซ้าย 2 หน่วย ทำให้ค่า y เพิ่มขึ้น 2 หน่วย และการเลื่อนพิกัด ลงด้านล่างทำให้ค่า x เพิ่มขึ้น 4 หน่วย ค. การเลื่อนพิกัดไปทางซ้าย 2 หน่วย ทำให้ค่า x ลดลง 2 หน่วย และการเลื่อนพิกัด ลงด้านล่างทำให้ค่า y ลดลง 4 หน่วย ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
	16.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	16.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 17	17.2จากสมการพาราโบลา $(x-4)^2 = 4(-2)(y+1)$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง ก. จุดยอดของพาราโบลา คือ (-4,1) และจุดโฟกัสของพาราโบลา คือ (-6,1) ข. จุดยอดของพาราโบลา คือ (4,-1) และจุดโฟกัสของพาราโบลา คือ (4,-3) ค. จุดยอดของพาราโบลา คือ (4,-1) และจุดโฟกัสของพาราโบลา คือ (2,-1) ง. จุดยอดของพาราโบลา คือ (-4,1) และจุดโฟกัสของพาราโบลา คือ (-4,-1)
	17.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เป็นรูปพาราโบลาหงาย จุดโฟกัสอยู่ด้านบนจุดยอด ข. เป็นรูปพาราโบลาคว่ำ จุดโฟกัสอยู่ด้านล่างจุดยอด ค. เป็นรูปพาราโบลาหงาย จุดโฟกัสอยู่ด้านล่างจุดยอด ง. เป็นรูปพาราโบลาคว่ำ จุดโฟกัสอยู่ด้านบนจุดยอด
	17.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	17.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 18	18.1 สมการพาราโบลา $y^2 - 10y + 8x + 49 = 0$ มีค่า c เท่ากับข้อใด ก. -8 ข. -2 ค. 2 ง. 8
	18.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการพาราโบลาได้ $(y-5)^2 = -8(x+3)$ และค่า c ต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ ข. จัดรูปสมการพาราโบลาได้ $(y-5)^2 = 8(x+3)$ และค่า $4c = 8$ ค. สมการพาราโบลาได้ $(y-5)^2 = -8(x+3)$ และค่า $4c = -8$ ง. จัดรูปสมการพาราโบลาได้ $(y-5)^2 = 8(x+3)$ และค่า C ต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ
	18.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	18.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 19	19.1 สมการวงรีในข้อใดที่มีแกนเอกขนานแกน x ก. $\frac{(x-5)^2}{16}+\frac{(y-11)^2}{25}=1$ ข. $\frac{(x-5)^2}{25}+\frac{(y-11)^2}{9}=1$ ค. $\frac{(y-11)^2}{21}+\frac{(x-5)^2}{16}=1$ ง. $\frac{(y-11)^2}{16}+\frac{(x-5)^2}{9}=1$
	19.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. เป็นสมการวงรีที่มีจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของวงรีอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน คือเส้นตรง y = 11 ข. เป็นสมการวงรีที่มีจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของวงรีอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน คือเส้นตรง x = 5 ค. เป็นสมการวงรีที่มีจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของวงรีอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน คือเส้นตรง x = -5 ง. เป็นสมการวงรีที่มีจุดยอด จุดโฟกัส และจุดศูนย์กลางของวงรีอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน คือเส้นตรง y = -11
	19.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	19.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

ข้อที่ 20	20.1 ถ้าสมการวงรี $\frac{(x-3)^2}{16}+\frac{(y+4)^2}{25}=1$ แล้วระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวงรีและจุดโฟกัสมีค่าเท่ากับข้อใด ก. 3 หน่วย ข. $\sqrt{41}$ หน่วย ค. 9 หน่วย ง. 41 หน่วย
	20.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จากสมการวงรีจะได้ค่า a = 4 และ b = 5 แทนในสูตร $c^2=a^2+b^2$ ข. จากสมการวงรีจะได้ค่า a = 5 และ b = 4 แทนในสูตร $c^2=a^2+b^2$ ค. จากสมการวงรีจะได้ค่า a = 4 และ b = 5 แทนในสูตร $a^2=b^2+c^2$ ง. จากสมการวงรีจะได้ค่า a = 5 และ b = 4 แทนในสูตร $a^2=b^2+c^2$
	20.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	20.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 21	21.1 กำหนดสมการวงรี $\frac{(x-5)^2}{25}+\frac{(y+11)^2}{9}=1$ แล้วจุดยอดของสมการวงรีตรงกับข้อใด ก. (0,-11) และ (10,-11) ข. (5,-16) และ (5,-6) ค. (-10,11) และ (0,11) ง. (-5,6) และ (-5,16)
	21.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน y และมีค่า a = 5 ดังนั้นจุดยอดมีพิกัด y ต่างจาก จุดศูนย์กลาง ± 5 ข. สมการวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน y และมีค่า a = 5 ดังนั้นจุดยอดมีพิกัด x ต่างจาก จุดศูนย์กลาง ± 5 ค. สมการวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน x และมีค่า a = 5 ดังนั้นจุดยอดมีพิกัด x ต่างจาก จุดศูนย์กลาง ± 5 ง. สมการวงรีที่มีแกนเอกขนานแกน x และมีค่า a = 5 ดังนั้นจุดยอดมีพิกัด y ต่างจาก จุดศูนย์กลาง ± 5
	21.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	21.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 22	22.1 กำหนดสมการวงรี $\frac{(x-4)^2}{100}+\frac{(y-5)^2}{64}=1$ แล้วจุดศูนย์กลางวงรีตรงกับข้อใด ก. (-4,-5) ข. (4,5) ค. (-5,-4) ง. (5,4)
	22.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานของวงรีที่มีจุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ ข. สมการมาตรฐานของวงรีที่มีจุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x+h)^2}{a^2}+\frac{(y+k)^2}{b^2}=1$ ค. สมการมาตรฐานของวงรีที่มีจุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x-k)^2}{a^2}+\frac{(y-h)^2}{b^2}=1$ ง. สมการมาตรฐานของวงรีที่มีจุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x+k)^2}{a^2}+\frac{(y+h)^2}{b^2}=1$
	22.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	22.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 23	23.1 สมการไฮเพอร์โบลารูปหนึ่งมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (1,-5) มีจุดยอดจุดหนึ่งอยู่ที่จุด (-2,-5) และมีแกนสังยุคยาว 8 หน่วย อยากทราบว่าสมการไฮเพอร์โบลาตรงกับข้อใด ก. $\frac{(x-1)^2}{4^2}-\frac{(y+5)^2}{3^2}=1$ ข. $\frac{(x-1)^2}{3^2}-\frac{(y+5)^2}{4^2}=1$ ค. $\frac{(y+5)^2}{4^2}-\frac{(x-1)^2}{3^2}=1$ ง. $\frac{(y+5)^2}{3^2}-\frac{(x-1)^2}{4^2}=1$
	23.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จากโจทย์จะได้ค่า a = 3 , b = 4 และเป็นสมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x ข. จากโจทย์จะได้ค่า a = 3 , b = 4 และเป็นสมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y ค. จากโจทย์จะได้ค่า a = 4 , b = 3 และเป็นสมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x ง. จากโจทย์จะได้ค่า a = 4 , b = 3 และเป็นสมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y
	23.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	23.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

ข้อที่ 24	24.1 สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y-2)^2}{16}-\frac{(x-1)^2}{9}=1$ แล้วระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของไฮเพอร์โบลาและจุดโฟกัส มีค่าเท่ากับข้อใด ก. $\sqrt{7}$ หน่วย ข. 5 หน่วย ค. 7 หน่วย ง. 25 หน่วย
	24.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 4 และ b = 3 แทนในสูตร $c^2=a^2+b^2$ ข. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 3 และ b = 4 แทนในสูตร $c^2=a^2+b^2$ ค. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 4 และ b = 3 แทนในสูตร $a^2=b^2+c^2$ ง. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 3 และ b = 4 แทนในสูตร $a^2=b^2+c^2$
	24.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	24.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 25	25.1 สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y+11)^2}{9}-\frac{(x-5)^2}{25}=1$ มีแกนตามขวางและแกนสังยุคตรงกับข้อใด ก. 3 หน่วยและ 5 หน่วย ตามลำดับ ข. 6 หน่วยและ 10 หน่วย ตามลำดับ ค. 5 หน่วยและ 3 หน่วย ตามลำดับ ง. 10 หน่วยและ 6 หน่วย ตามลำดับ
	25.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 3 , b = 5 แกนตามขวาง = a หน่วย แกนสังยุคยาว = b หน่วย ข. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 3 , b = 5 แกนตามขวาง = 2a หน่วย แกนสังยุคยาว = 2b หน่วย ค. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 5 , b = 3 แกนตามขวาง = a หน่วย แกนสังยุคยาว = b หน่วย ง. จากสมการไฮเพอร์โบลาจะได้ค่า a = 5 , b = 3 แกนตามขวาง = 2a หน่วย แกนสังยุคยาว = 2b หน่วย
	25.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	25.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 26	26.1 ข้อใดเป็นสมการเส้นกำกับของไฮเพอร์โบลา $\frac{(y+1)^2}{9}-\frac{(x+2)^2}{16}=1$ ก. $3x-4y=-2$ และ $3x+4y=-10$ ข. $4x-3y=-5$ และ $-4x-3y=11$ ค. $3x-4y=2$ และ $3x+4y=10$ ง. $4x-3y=5$ และ $-4x-3y=-11$
	26.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x จะได้ความชันเส้นของกำกับทั้งสองมีค่าเท่ากับ $\pm\frac{b}{a}$ และจุดศูนย์กลางไฮเพอร์โบลาเป็นจุดผ่านเส้นกำกับทั้งสอง ข. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x จะได้ความชันของเส้นกำกับทั้งสองมีค่าเท่ากับ $\pm\frac{a}{b}$ และจุดศูนย์กลางไฮเพอร์โบลาเป็นจุดผ่านเส้นกำกับทั้งสอง ค. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y จะได้ความชันของเส้นกำกับทั้งสองมีค่าเท่ากับ $\pm\frac{a}{b}$ และจุดศูนย์กลางไฮเพอร์โบลาเป็นจุดผ่านเส้นกำกับทั้งสอง ง. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y จะได้ความชันของเส้นกำกับทั้งสองมีค่าเท่ากับ $\pm\frac{b}{a}$ และจุดศูนย์กลางไฮเพอร์โบลาเป็นจุดผ่านเส้นกำกับทั้งสอง
	26.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	26.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่ 27	27.1 กำหนดสมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(y+11)^2}{9}-\frac{(x-5)^2}{25}=1$ แล้วจุดยอดของไฮเพอร์โบลาตรงกับข้อใด ก. (2,-11) และ (8,-11) ข. (5,-16) และ (5,-6) ค. (10,-11) และ (0,-11) ง. (5,-8) และ (5,-14)
	27.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x โดยมีค่า a = 5 , b = 3 และจุดยอด คือ $(h,k\pm a)$ ข. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน x โดยมีค่า a = 3 , b = 5 และจุดยอด คือ $(h\pm a,k)$ ค. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y โดยมีค่า a = 3 , b = 5 และจุดยอด คือ $(h,k\pm a)$ ง. สมการไฮเพอร์โบลาที่มีแกนตามขวางขนานแกน y โดยมีค่า a = 5 , b = 3 และจุดยอด คือ $(h\pm a,k)$
	27.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	27.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่ 28	28.1 สมการไฮเพอร์โบลา $\frac{(x-7)^2}{16}-\frac{(y+3)^2}{9}=1$ แล้วจุดศูนย์กลางของไฮเพอร์โบลาตรงกับข้อใด ก. (-3,7) ข. (-7,3) ค. (7,-3) ง. (3,-7)
	28.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. สมการมาตรฐานของไฮเพอร์โบลาที่จุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x-h)^2}{a^2}-\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$ ข. สมการมาตรฐานของไฮเพอร์โบลาที่จุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x+h)^2}{a^2}-\frac{(y+k)^2}{b^2}=1$ ค. สมการมาตรฐานของไฮเพอร์โบลาที่จุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x+k)^2}{a^2}-\frac{(y+h)^2}{b^2}=1$ ง. สมการมาตรฐานของไฮเพอร์โบลาที่จุดศูนย์กลาง (h,k) คือ $\frac{(x-k)^2}{a^2}-\frac{(y-h)^2}{b^2}=1$
	28.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	28.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

ข้อที่ 29	29.1 กำหนดให้วงรีรูปหนึ่งมีสมการ $\frac{(x-1)^2}{9}+\frac{(y-2)^2}{25}=1$ แล้วไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรีและแกนสังยุคยาว 8 หน่วย มีสมการตรงกับข้อใดต่อไปนี้ ก. $\frac{(x-1)^2}{9}-\frac{(y-2)^2}{16}=1$ ข. $\frac{(x-1)^2}{16}-\frac{(y-2)^2}{9}=1$ ค. $\frac{(y-2)^2}{16}-\frac{(x-1)^2}{9}=1$ ง. $\frac{(y-2)^2}{9}-\frac{(x-1)^2}{16}=1$
	29.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. “ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรี” แสดงว่าสมการไฮเพอร์โบลามีค่า b เท่ากับค่า a ของสมการวงรี ข. “ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรี” แสดงว่าสมการไฮเพอร์โบลามีแกนตามขวางขนานแกน y ค. “ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรี” แสดงว่าสมการไฮเพอร์โบลามีจุดศูนย์กลางร่วมกันกับสมการวงรี ง. “ไฮเพอร์โบลาที่มีจุดยอดอยู่ที่จุดปลายแกนโทของสมการวงรี” แสดงว่าสมการไฮเพอร์โบลามีค่า c เท่ากับสมการวงรี
	29.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	29.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

ข้อที่ 30	30.1 กำหนดให้ไฮเพอร์โบลารูปหนึ่งมีสมการ $\frac{(y-6)^2}{25}-\frac{(x-4)^2}{16}-=1$ แล้ววงกลมที่ผ่านจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลามีสมการวงกลมตรงกับข้อใดต่อไปนี้ ก. $(x-4)^2+(y-6)^2=9$ ข. $(x-4)^2+(y-6)^2=16$ ค. $(x-4)^2+(y-6)^2=25$ ง. $(x-4)^2+(y-6)^2=41$
	30.2 เพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบดังกล่าว ก. “วงกลมที่ผ่านจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลา” แสดงว่าวงกลมมีจุดศูนย์กลางร่วมกันกับไฮเพอร์โบลา ข. “วงกลมที่ผ่านจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลา” แสดงว่าวงกลมมีรัศมีเท่ากับ c ของไฮเพอร์โบลา ค. “วงกลมที่ผ่านจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลา” แสดงว่าจุดโฟกัสทั้งสองของไฮเพอร์โบลาเป็นจุดปลายเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ง. ถูกต้องทั้งข้อ ก. ข. และ ค.
	30.3 นักเรียนมั่นใจในคำตอบข้างต้นหรือไม่ ก. มั่นใจ ข. ไม่มั่นใจ
	30.4 ให้นักเรียนวาดภาพประกอบการตอบคำถามข้างต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ค

แบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซและแบบประเมินประสบการณ์ผู้ใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินการใช้งานอินเทอร์เฟซ
ระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ชื่อผู้ประเมิน

.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความเห็นของท่าน

5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 = เห็นด้วย 3 = ไม่แน่ใจ 2 = ไม่เห็นด้วย 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ประเด็นการประเมิน	5	4	3	2	1
1. ลักษณะทั่วไปของระบบ					
1.1 มีการระบุเป้าหมายของการทดสอบอย่างชัดเจน					
1.2 มีการระบุเนื้อหาที่ทดสอบอย่างชัดเจน					
1.3 มีการบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ทดสอบอย่างครบถ้วน					
1.4 ระยะเวลาในการทดสอบมีความเหมาะสม					
1.5 รายงานผลการทดสอบมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย					
2. การออกแบบระบบ					
2.1 มีการออกแบบระบบให้สวยงาม และน่าสนใจ					
2.2 มีการออกแบบข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจอให้อ่านง่าย					
2.3 มีการออกแบบเครื่องมือบนหน้าจอให้ใช้งานได้ง่าย					
2.4 มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม					
2.5 มีการออกแบบลำดับการแสดงข้อสอบที่ชัดเจน					
3. การทำงานของระบบ					
3.1 ระบบมีการประมวลผลอย่างรวดเร็ว					
3.2 ระบบมีแนวโน้มในการทำงานอย่างราบรื่น					
3.3 ระบบมีความเที่ยง (reliability)					

ประเด็นการประเมิน	5	4	3	2	1
4. คู่มือการใช้ระบบ					
4.1 คู่มือการใช้ระบบมีบทนำที่อธิบายความเป็นมาอย่างชัดเจน					
4.2 คู่มือการใช้ระบบ ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย					
4.3 คู่มือการใช้ระบบมีภาพประกอบที่ชัดเจน					
4.4 คู่มือการใช้ระบบอธิบายเป็นขั้นตอนชัดเจน					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(สำหรับนักเรียน)

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อ

ระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ข้อมูลทั่วไป

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง **อายุ**.....ปี **โรงเรียน**.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความเห็นของท่าน

5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง 4 = เห็นด้วย 3 = ไม่แน่ใจ 2 = ไม่เห็นด้วย 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ประเด็นการประเมิน	5	4	3	2	1
การใช้ระบบการทดสอบ					
ระบบใช้งานง่ายไปข้างหน้าอย่างราบรื่น					
ระบบมีการประมวลผลอย่างรวดเร็ว					
ระบบมีความสะดวกในการพิมพ์รายงานผลการทดสอบ					
การออกแบบระบบการทดสอบ					
มีการออกแบบระบบให้มีความสวยงามและน่าสนใจ					
มีการออกแบบให้เครื่องมือบนหน้าจอสามารถใช้งานง่าย					
มีการออกแบบให้ข้อความและส่วนประกอบบนหน้าจออ่านง่าย					
มีการออกแบบให้มีข้อความแจ้งเตือนความผิดพลาดอย่างเหมาะสม					
มีการออกแบบลำดับของการแสดงข้อสอบให้มีความชัดเจน					
ความรู้สึกต่อระบบการทดสอบ					
เนื้อหาของการทดสอบครอบคลุมเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย					
ระยะเวลาของการทดสอบมีความเหมาะสม					
รายงานผลการทดสอบสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง					
ผลที่ได้จาการทดสอบมีความคุ้มค่า					

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้ระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คู่มือการใช้งานระบบทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

(THE ONLINE TESTING SYSTEM FOR DIAGNOSING MATHEMATICS MISCONCEPTION USING THE NEW FOUR-TIER DIAGNOSTIC TEST)

ระบบการทดสอบนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต

เรื่อง **การพัฒนาระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิธีวิทยาการพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา

กลุ่มเชี่ยวชาญเฉพาะการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ ที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับแนวคิดการประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียน (formative assessment) มีเป้าหมายของการพัฒนาระบบเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์โดยการใช้แบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย มีเนื้อหาสอดคล้องหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามผลการเรียนรู้หลัก 6 ข้อ คือ 1) หาระยะทางระหว่างจุดสองจุด และจุดกึ่งกลางของส่วนของเส้นตรง 2) หาความชันของเส้นตรง และใช้ความชันในการอธิบายเกี่ยวกับเส้นขนานและเส้นตั้งฉาก 3) เขียนกราฟและหาสมการเส้นตรง 4) หาระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน 5) เขียนกราฟและหาสมการวงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา และ 6) ใช้ความรู้เกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาหลัก 2 เนื้อหา คือ เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย

ลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ประกอบด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับประกอบด้วยคำถาม 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นระดับคำตอบ (A tier) เป็นเนื้อหาความรู้เนื้อหาสำคัญด้วยคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นระดับเหตุผล (R tier) วัดเหตุผลที่สนับสนุนการตอบระดับแรกด้วยคำถามแบบปรนัยจำนวน 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 3 เป็นระดับความมั่นใจ (C tier)ในภาพรวมของการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ คือ มั่นใจ และ ไม่มั่นใจ และส่วนที่ 4 เป็นการวาดรูปประกอบการตอบคำถาม (D tier) เป็นการเลือกรูปภาพและระบุพิกัดส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตวิเคราะห์

ระบบการทดสอบจะรายงานผลการวินิจฉัย โดยพิจารณาจากร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มที่ถูกจัดกลุ่มเป็นกลุ่มตามรูปแบบการตอบแต่ละข้อแล้วนำมาหาฐานนิยมเพื่อเป็นผลวินิจฉัยในรายมโนทัศน์หลัก ส่วนผลวินิจฉัยในภาพรวมของแบบสอบทั้งฉบับเกิดจากการนำผลวินิจฉัยจากทั้ง 9 มโนทัศน์ มาหาฐานนิยม หากไม่สามารถหาค่าฐานนิยมจากผลการวินิจฉัยทั้ง 9 มโนทัศน์ได้ให้นำฐานนิยมจากผลการวินิจฉัยด้วยข้อสอบทั้งหมดในแบบสอบวินิจฉัยมาประกอบการตัดสินผลการวินิจฉัยในภาพรวม ซึ่งรายละเอียดจะเป็นดังตารางข้างล่าง

ตาราง การแปลผลรูปแบบการตอบจากแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

ผลการวินิจฉัย	แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบสี่ระดับแบบใหม่			
	A tier	R tier	C tier	D tier
CC	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	เชื่อมโยง
FP	ตอบถูก	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
	ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
FN	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	เชื่อมโยง
MC	ตอบถูก	ตอบผิด	มั่นใจ	เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบผิด	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
LC	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
LK	ตอบถูก	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบถูก	มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
	ตอบถูก	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบถูก	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	เชื่อมโยง
	ตอบผิด	ตอบผิด	ไม่มั่นใจ	ไม่เชื่อมโยง

จากตารางข้างต้น จัดรูปแบบผลการวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่สามารถจำแนกนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่

1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC) หมายความว่า นักเรียนมีความรู้ดีมากและมีความเข้าใจที่ถูกต้องในเนื้อหานั้น ๆ สามารถตอบคำถามถูกต้องทั้งคำตอบ เหตุผล และการวาดรูป

2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP) หมายความว่า นักเรียนมีความรู้บางส่วน สามารถตอบคำตอบในระดับคำตอบได้ถูกต้องแต่มีความคลาดเคลื่อนในการให้เหตุผลหรือการวาดรูปประกอบคำตอบ

3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN) หมายถึง นักเรียนมีความรู้บางส่วนสามารถให้เหตุผลและวาดภาพประกอบคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถตอบในระดับคำตอบได้ถูกต้อง

4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC) หมายถึง นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือมีความเข้าใจผิดในเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยที่ไม่สมบูรณ์คลาดเคลื่อนไปจากความจริงที่ได้รับการยอมรับทางคณิตศาสตร์

5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC) หมายถึง นักเรียนสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้องแต่ขาดความมั่นใจในการตอบ

และ 6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK) หมายถึง นักเรียนขาดความรู้ตอบข้อสอบไม่ถูกต้อง 2 ส่วนขึ้นไป

สำหรับผลการวินิจฉัยรวมทั้งหมดนั้นจะรายงานหลังจากทำข้อสอบครบทั้ง 30 ข้อ โดยจะมีการรายงานตารางแสดงคะแนนรวม คะแนนที่ได้ คะแนนร้อยละ ความหมายคะแนน ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ และผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยจำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ

ผู้จัดทำระบบหวังเป็นอย่างยิ่งว่าระบบการทดสอบออนไลน์เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำผลการทดสอบไปใช้ในการพัฒนาตนเองต่อไปในอนาคตได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วีรวัฒน์ โอษฐงาม
ผู้จัดทำระบบ

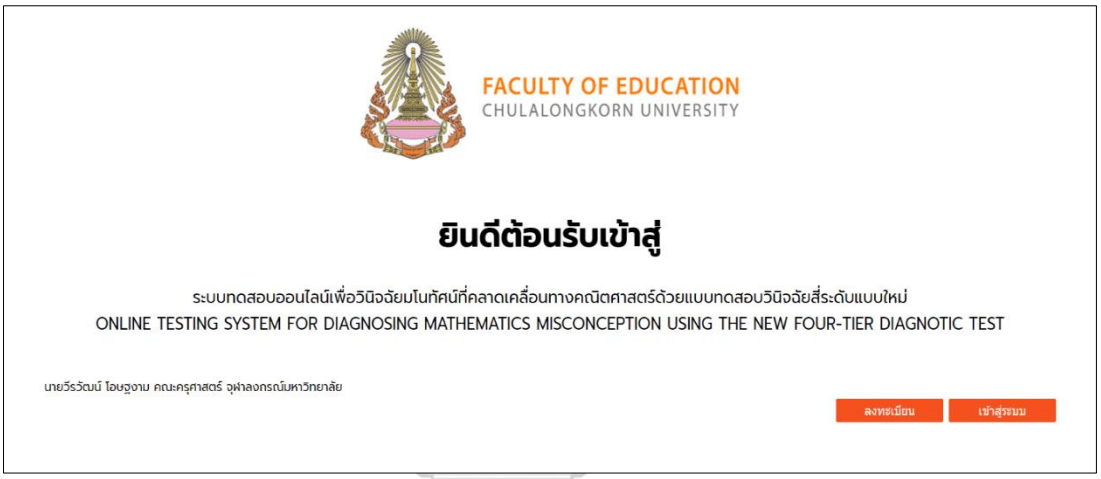
การเข้าถึงระบบการทดสอบออนไลน์ฯ

ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงได้จาก http://new4tierdiag.com

การใช้งานระบบการทดสอบออนไลน์

ขั้นตอนที่ 1 การลงทะเบียนเข้าสู่ระบบการทดสอบ

ผู้เข้ารับการทดสอบดำเนินการเข้าสู่ระบบในหน้าแรกของระบบจะปรากฏภาพ คลิกที่ปุ่มเข้าสู่ระบบ ทางด้านล่างขวาของหน้าจอ แสดงดังภาพข้างล่าง



ภาพหน้าจอหลักของระบบการทดสอบออนไลน์

เมื่อผู้เข้าร่วมทดสอบลงทะเบียนกรอกข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ในการรายงานผลการทดสอบและเข้าสู่ระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ระบบจะแสดงหน้าจอรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ดังภาพ ให้ผู้เข้ารับการทดสอบคลิกที่ปุ่ม “เข้าทดสอบ” ระบบจะแสดงคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ ซึ่งระบบการทดสอบออนไลน์นี้จัดทำขึ้นเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยด้วยแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่ แสดงดังภาพข้างล่าง

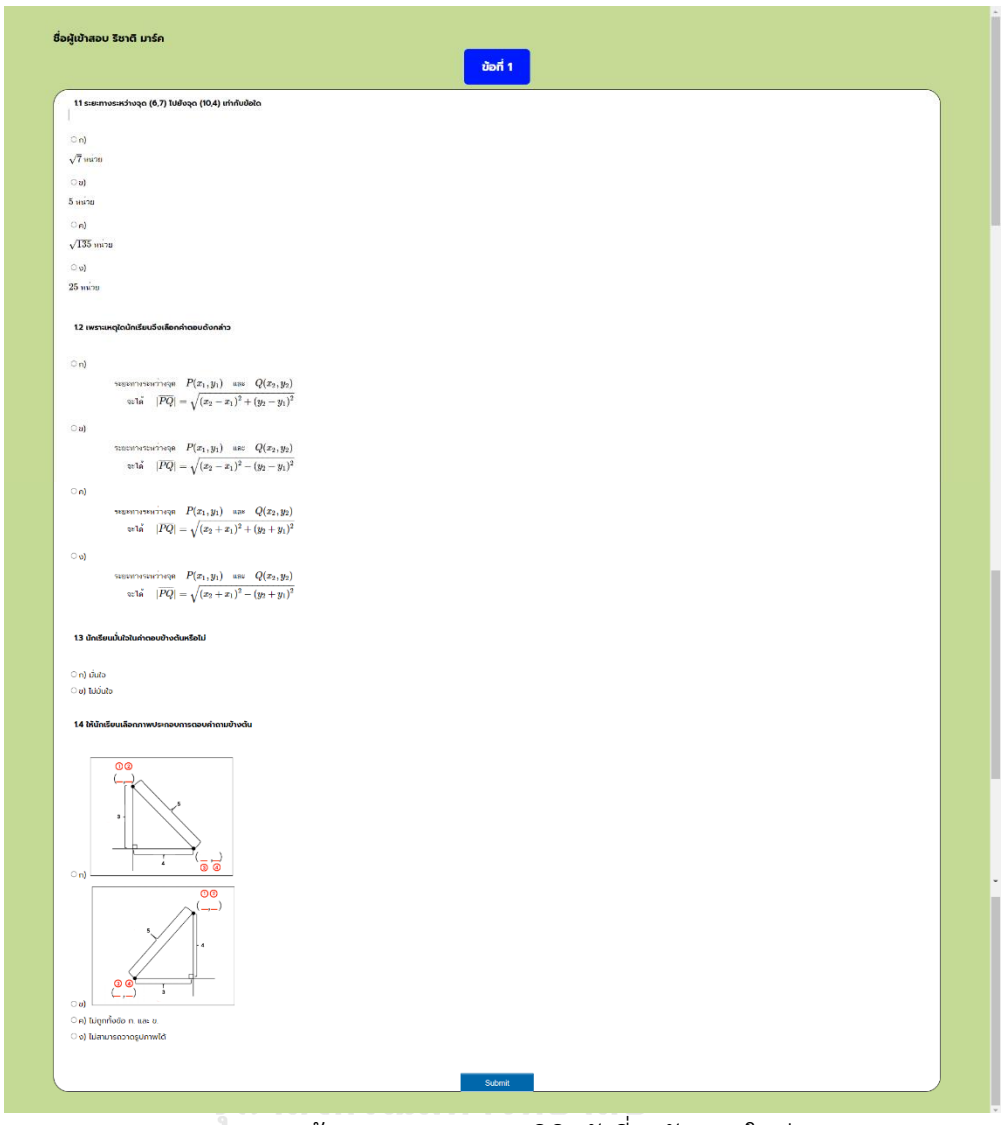
ภาพหน้าจอแสดงรายละเอียดการลงทะเบียน

ภาพหน้าจอแสดงรายละเอียดของข้อมูลผู้เข้ารับการทดสอบ

ภาพหน้าจอคำชี้แจงและขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการทดสอบ

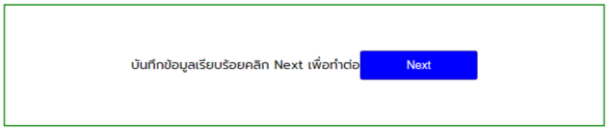
หลังจากผู้เข้ารับการทดสอบอ่านคำชี้แจง และขั้นตอนการทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้วให้เลือกปุ่ม “เริ่มการทดสอบ” จะปรากฏข้อสอบทีละ 1 ข้อ แต่ละข้อประกอบด้วยข้อสอบย่อย 4 ระดับ และมีแสดงเวลาที่เหลือในการทดสอบไว้ที่มุมบนขวา โดยผู้ทดสอบจะต้องตอบ 4 คำถามใน 1 ข้อแล้ว คลิกปุ่ม “ข้อถัดไป” เพื่อทำข้อสอบต่อ ในกรณีที่ผู้เข้าสอบตอบไม่ครบในแต่ละข้อจะมีข้อความแจ้งเตือนให้ผู้เข้าสอบตอบให้ครบรายละเอียดแสดงดังภาพข้างล่าง



ภาพหน้าจอแสดงแบบสอบวินิจฉัยสี่ระดับแบบใหม่

CHULALONGKORN UNIVERSITY

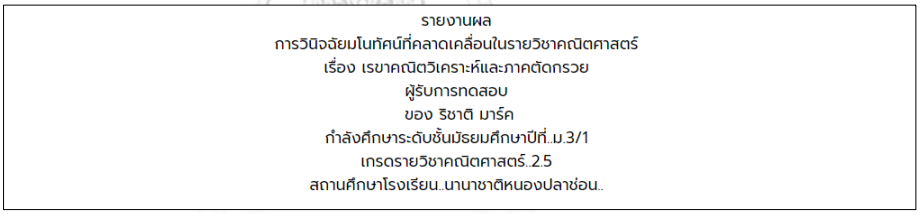
ภาพหน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนเมื่อตอบข้อสอบไม่ครบ



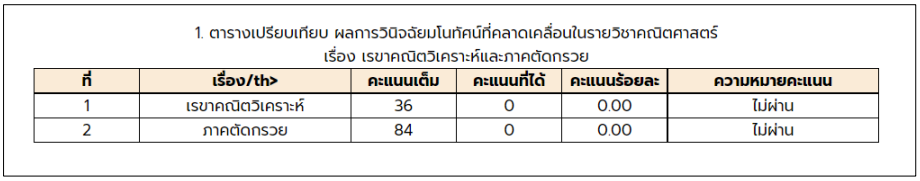
ภาพหน้าจอแสดงข้อความให้ทำข้อต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การรายงานผลการทดสอบ

เมื่อผู้เข้ารับการทดสอบดำเนินการสอบครบทั้ง 30 ข้อซึ่งครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย แล้วระบบจะรายงานผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) รายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ 2) ตารางแสดงคะแนนรวม คะแนนที่ได้ คะแนนร้อยละ และความหมายคะแนน 3) ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ และ 4) ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยจำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ แสดงดังภาพข้างล่าง


รายงานผล
การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย
ผู้รับการทดสอบ
ของ ริชาติ มาร์ค
กำลังศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่..ม.3/1
เกรดรายวิชาคณิตศาสตร์..2.5
สถานศึกษาโรงเรียน..นานาชาติหนองปลาซ่อน..

ภาพรายงานข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ


1. ตารางเปรียบเทียบ ผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย

ที่	เรื่อง/th>	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คะแนนร้อยละ	ความหมายคะแนน
1	เรขาคณิตวิเคราะห์	36	0	0.00	ไม่ผ่าน
2	ภาคตัดกรวย	84	0	0.00	ไม่ผ่าน

ภาพหน้าจอแสดงตารางแสดงคะแนนรวม คะแนนที่ได้ คะแนนร้อยละ และความหมายคะแนน

2. ตารางแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ

ข้อที่	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผล
1	1.1 ระยะทางระหว่างจุด (6,7) ไปยังจุด (10,4) เท่ากับข้อใด	LK
2	2.1 จุดกึ่งกลางระหว่างจุด (3,8) และ (7,2) คือข้อใด	LK
3	3.1 ความชันของเส้นตรงที่ผ่านจุด (5,6) และ (3,12) ตรงกับข้อใด	LK
4	4.1 เส้นตรง $2x + 4y = 5$ ตั้งฉากกับเส้นตรงในข้อใด	LK
5	5.1 เส้นตรง $3x + 5y = 8$ ขนานกับเส้นตรงในข้อใด	LK
6	6.1 ระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุด (3,5) ไปยังเส้นตรง $3x - 4y = 4$ ตรงกับข้อใด	LK
7	7.1 ระยะห่างระหว่างเส้นตรง $3x - 4y = 12$ และ $6x - 8y = -28$ เท่ากับข้อใด	LK
8	8.1 จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ เมื่อกำหนด c เป็นจำนวนจริงใด ๆ A. เส้นตรงที่ขนานแกน x คือเส้นตรง $x = c$ B. เส้นตรงที่ขนานแกน y คือเส้นตรง $y = c$ ข้อใดกล่าวถูกต้อง	LK
9	9.1 สมการเส้นตรงที่ผ่านจุด (3,2) และ (4,5) ตรงกับข้อใด	LK
10	10.1 สมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุด (4,3) และมีรัศมี 6 หน่วย ตรงกับข้อใด	LK
11	11.1 สมการวงกลม $x^2 + y^2 - 6x - 14y + 54 = 0$ มีรัศมีเท่ากับข้อใด	LK
12	12.1 ถ้าวงกลมวงหนึ่งมีเส้นตรง $3x - y = 14$ เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P(5,1) และเส้นตรง L เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลมและจุด P แล้วเส้นตรง L มีความชันเท่ากับข้อใด	LK
13	13.1 ถ้าวงกลมวงหนึ่งมี PQ เป็นเส้นผ่างศูนย์กลางของวงกลม โดยมีเส้นตรง $4x - 3y = 25$ และ $4x - 3y = 45$ เป็นเส้นสัมผัสวงกลมที่จุด P และ Q ตามลำดับ แล้ววงกลมมีรัศมีเท่ากับข้อใด	LK
14	14.1 จากสมการวงกลม $(x + 3)^2 + (y - 7)^2 = 16$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง	LK
15	15.1 สมการพาราโบลา $x^2 - 12x + 8y + 60 = 0$ เป็นสมการพาราโบลาที่มีรูปตรงกับข้อใด	LK
16	16.1 กำหนดสมการพาราโบลา $(y - 5)^2 = 8(x + 3)$ ถ้าเลื่อนจุดยอดของพาราโบลาไปทางซ้าย 2 หน่วยและเลื่อนลงด้านล่าง 4 หน่วยแล้วจุดยอดของสมการพาราโบลาใหม่ตรงกับข้อใด	LK
17	17.1 จากสมการพาราโบลา $(x - 4)^2 = 4(-2)(y + 1)$ ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง	LK
18	18.1 สมการพาราโบลา $y^2 - 10y + 8x + 49 = 0$ มีค่า c เท่ากับข้อใด	LK
19	19.1 สมการวงรีในข้อใดที่มีแกนเอกขนานแกน x	LK
	20.1 ถ้าสมการวงรี	

1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)
2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP)
3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN)
4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)
5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC)
6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)

ภาพหน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 30 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. ตารางแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์
เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย จำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ

ที่	มโนทัศน์	ผลการวินิจฉัย
1	ระยะทางระหว่างจุดสองจุดและจุดกึ่งกลาง	FN
2	ความชันเส้นตรงที่ตั้งฉากและขนานกัน	MC
3	ระยะทางระหว่างเส้นตรงกับจุดและเส้นคู่ขนาน	LK
4	การหาสมการเส้นตรง	LK
5	วงกลม	LK
6	พาราโบลา	LK
7	วงรี	LK
8	ไฮเพอร์โบลา	LK
9	แก้โจทย์ปัญหา	LK

1) นักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง (Correct concept: CC)
2) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (False positive: FP)
3) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 2 (False negative: FN)
4) นักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนแบบที่ 3 (Misconception: MC)
5) นักเรียนขาดความมั่นใจ (Lack of Confidence: LC)
6) ไม่มีความรู้ (Lack of knowledge: LK)

ภาพหน้าจอแสดงผลการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์

เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวยจำแนกตามมโนทัศน์ 9 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วีรวัฒน์ โอษฐงาม
วัน เดือน ปี เกิด	27 พฤษภาคม 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษานอกระบบโรงเรียน คณิตศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	57/1090 คอนโดเอลลิโอสาทร-วุฒากาศ แขวงบางค้อ เขตจอมทอง กทม. 10150

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY