การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกโดยใช้โมเดลวินิจฉัยพุทธิปัญญาจีไดนา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4

นายวรุตม์ ผิวงาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A DIAGNOSTIC TEST IN IONIC BONDING USING G-DINA COGNITIVE DIAGNOSIS MODEL FOR TENTH GRADE STUDENTS

Mr. Warute Phiwngam

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Educational Measurement and Evaluation
Department of Educational Research and Psychology
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกโดยใช้โมเดลวินิจฉัยพุทธิปัญญาจีไดนาสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดย	นายวรุตม์ ผิวงาม
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา
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
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วรุตม์ ผิวงาม : การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกโดยใช้โมเดลวินิจฉัยพุทธิปัญญาจีไดนาสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. (DEVELOPMENT OF A DIAGNOSTIC TEST IN IONIC BONDING USING G-DINA COGNITIVE DIAGNOSIS MODEL FOR TENTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.ณภัทร ชัยมงคล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก 2) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ และ 3) ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ โดยแบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก ระยะที่ 2 การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ ระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยทั้งหมด คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1,234 คน เครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วย แบบตรวจสอบรายการและแบบสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี IOC การตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบด้วยดัชนี PVAF TPR TNR PCA และ PCV และตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบด้วยวิธีของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน

ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1. ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก พบว่า กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก จำนวน 30 มโนทัศน์ และสามารถนำผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกมาจัดกลุ่มตามทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกได้ จำนวน 3 ทักษะ คือ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก

2. ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ พบว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยแต่ละข้อมีการให้คะแนนเป็นแบบ 0 และ 1 กล่าวคือ ตอบผิดได้ 0 คะแนน และตอบถูกได้ 1 คะแนน และตัวเลือกลวงสร้างมาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

3. ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ พบว่า ข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.062 ถึง 0.773 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ จำนวน 20 ข้อ คิดเป็น ร้อยละ 66.7 และข้อสอบที่มีค่าดัชนี PVAF เป็นไปตามเกณฑ์ จำนวน 18 ข้อ คิดเป็น ร้อยละ 60.0 ผลการตรวจสอบค่าดัชนี TPR และ TNR พบว่า ดัชนี PVAF มีประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามเกณฑ์ตามที่กำหนด ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี PCA และ PCV พบว่า เมทริกซ์คิวมีความถูกต้องในการจำแนกทักษะคิดเป็นร้อยละ 99.21 กล่าวคือแบบสอบสามารถจำแนกทักษะที่มุ่งวัดได้อย่างถูกต้อง และค่าความเที่ยงของแบบสอบมีค่าเท่ากับ 0.845 ซึ่งผ่านตามเกณฑ์และอยู่ในระดับค่อนข้างสูง สำหรับผลการให้ข้อมูลป้อนกลับใช้ผลจากผลการวิเคราะห์มโนทัศน์โดยมีการระบุจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกเป็นรายบุคคล โดยข้อมูลป้อนกลับแสดงอยู่ในรูปแบบรายงานซึ่งส่งกลับไปยังครูผู้สอนของกลุ่มเป้าหมายอันจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพื่อลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกของผู้เรียนต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6280133027 : MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION
KEYWORD: Cognitive Diagnostic Test, Q-matrix, Q-matrix Validation, PVAF Index, Cognitive Diagnostic Model, G-DINA Model, Diagnostic Feedback, Ionic Bonding

Warute Phiwngam : DEVELOPMENT OF A DIAGNOSTIC TEST IN IONIC BONDING USING G-DINA COGNITIVE DIAGNOSIS MODEL FOR TENTH GRADE STUDENTS. Advisor: NHABHAT CHAIMONGKOL, Ph.D.

The purposes of this research were to 1) explore misconceptions about ionic bonding, 2) develop the ionic bonding diagnostic test with feedback, and 3) examine the quality of the ionic bonding diagnostic test with feedback. The research was divided into 3 phases. In phase 1, the misconceptions about ionic bonding were explored. Phase 2 was carried out to develop the ionic bonding diagnostic test with feedback, and the ionic bonding diagnostic test with feedback was validated in phase 3. The target group was 1,234 tenth grade students. Two instruments that were developed in this research included a checklist and an ionic bonding diagnostic test. Q-matrix was validated through IOC and PVAF indices. Item discrimination, TPR, TNR, PCA and PCV indices were analyzed to assess validity and accuracy of PVAF index, and the KR20 was used to quantify test reliability.

The research findings were as follows:

1. 30 out of 37 misconceptions about ionic bonding were found in the target group of students and they were classified into 3 skills: 1) explaining the formation of ionic bonding, 2) writing and naming ionic compounds, and 3) identifying interactions between ionic compounds.

2. The ionic bonding diagnostic test consists of thirty-multiple-choice items, each of which was scored 1 or 0 for correct and incorrect responses, respectively. The distractors were developed based on students' misconceptions about ionic bonding.

3. The ionic bonding concept diagnostic test had discrimination indices ranging from 0.062 to 0.773. There were 20 items with discrimination indices above the criteria, representing 66.7% of all items. The PVAF index was able to specify the students' skills correctly for 18 items, representing 60.0% of all items. As for the results of TPR and TNR indices, the test did not meet the criteria. However, PCA and PCV showed that the Q-matrix had a classification accuracy of 99.21%, suggesting that the Q-matrix could specify students' skills accurately. The test had a reliability coefficient of 0.845 which was acceptable high and passed the criteria. The feedback obtained from the analysis of strengths and areas for improvement for individual students were reported to teachers of the target group of students as useful feedback information for correcting students' misconceptions about ionic bonding.

Field of Study:	Educational Measurement and Evaluation	Student's Signature .....
Academic Year:	2020	Advisor's Signature .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เกิดจากความเมตรากรุณาอย่างยิ่ง และดูแลใส่ใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ของอาจารย์ ดร.ณภัทร ชัยมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ แนวคิด คำแนะนำ และความช่วยเหลือที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการทำวิจัยทั้งในด้านการพัฒนาและปรับปรุงข้อบกพร่องให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ที่สุด ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย และศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาและเสียสละเวลาอันมีค่า ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความกรุณาในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณครูและอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูล ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยมฯ ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้รับการศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่คอยให้การสนับสนุนทั้งการให้กำลังใจ การให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และข้อแนะนำสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้ตรงตามขั้นตอนที่มุ่งหมายไว้อย่างดีเสมอมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษาทั้งธันยบูรณ์ ธัญลักษณ์มะระ นุชปิยา ทองโชติ และภัทรพร พูลสวัสดิ์ ที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษา จนผู้วิจัยสามารถจัดการกับอุปสรรคต่าง ๆ จนทำวิทยานิพนธ์สำเร็จได้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณแม่นันทิยา ผิวงาม คุณพ่ออนุตร ผิวงาม คุณย่า คุณน้าและคุณอาตลอดจนญาติพี่น้อง ที่คอยอบรม ดูแล ให้การสนับสนุนผู้วิจัยได้ศึกษาต่อ ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และที่สำคัญคือทำให้ผู้วิจัยมีโอกาสได้เข้าถึงการศึกษาที่มีคุณภาพซึ่งนำไปสู่การนำความรู้ไปใช้พัฒนาประเทศชาติในอนาคต

วรุตม์ ผิวงาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญภาพ ..... ค
บทที่ 1 บทนำ 4
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 4
คำถามวิจัย 8
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8
ขอบเขตของการวิจัย 8
นิยามศัพท์ 10
ประโยชน์ที่ได้รับ 14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 15
1.1) การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิก 15
1.2) การสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิก 21
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ 28
2.1) ความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ 28
2.2) ประเภทของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ 30
2.3) ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ 52
ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาและการให้ข้อมูลป้อนกลับ 54
3.1) ความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา..... 54
3.2) โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 57
3.3) การตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว (Q-matrix) 69
3.4) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 80
3.5) แนวคิดเกี่ยวกับการให้ข้อมูลป้อนกลับ 83
ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย 87
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 89
ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก..... 89
ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย 89
เครื่องมือที่ใช้..... 90
ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ 90
การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 90
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 91
ระยะที่ 2 การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ 93
ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย 93
เครื่องมือที่ใช้..... 94
ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ 94
การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 96
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 98
ระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ 103
ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย 103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือที่ใช้ 103
การเก็บรวบรวมข้อมูล 104
การวิเคราะห์ข้อมูล 105
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 111
ระยะที่ 1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก 111
ตอนที่ 1 ผลการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก 111
ตอนที่ 2 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก 114
ระยะที่ 2 ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ 118
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ 118
ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ 119
ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ 126
ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PVAF 129
ระยะที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ 155
ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 155
ส่วนที่ 1 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัย มโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 156
ส่วนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PVAF 157
ส่วนที่ 3 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 167
ส่วนที่ 4 ผลการตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF 167

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 5 ผลการตรวจสอบค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่อง พันธะไอออนิก 168
ตอนที่ 2 ผลการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก 169
ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของโมเดลจีไดนาในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 169
ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของผู้สอบ 173
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 178
สรุปผลการวิจัย 180
อภิปรายผลการวิจัย 185
1. การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก 185
2. การพัฒนาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ 186
3. การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ 187
3.1) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 188
3.2) การให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่อง พันธะไอออนิก 191
ข้อเสนอแนะ 191
1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 191
2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 192
บรรณานุกรม 194
ภาคผนวก 198
ประวัติผู้เขียน 248

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิกจำแนกตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิก 22

ตาราง 2.2 การเปรียบเทียบจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ 32

ตาราง 2.3 การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมี 46

ตาราง 2.4 โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจำแนกตามชนิดจองตัวแปรแฝงและรูปแบบการชดเชยของโมเดล 65

ตาราง 2.5 จุดเด่นและข้อจำกัดของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาประเภทต่าง ๆ 67

ตาราง 3.1 กลุ่มเป้าหมายในการสัมภาษณ์ของระยะที่ 1 91

ตาราง 3.2 กลุ่มเป้าหมายในการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในระยะที่ 2 93

ตาราง 3.3 เมทริกซ์คิวสำหรับการวินิจฉัยของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ 95

ตาราง 3.4 การแปลผลค่าดัชนีอำนาจจำแนก 99

ตาราง 3.5 ตัวอย่างการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF 101

ตาราง 3.6 กลุ่มเป้าหมายในการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในระยะที่ 3 103

ตาราง 4.1 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิกจำแนกตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิกจากเอกสารและงานวิจัยทั้งหมด 11 เรื่อง 112

ตาราง 4.2 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจากแบบสัมภาษณ์ทั้ง 3 ฉบับ 115

ตาราง 4.3 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจำแนกตามทักษะเรื่องพันธะไอออนิก 116

ตาราง 4.4 ตัวอย่างร่างข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 119

ตาราง 4.5 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 1 120

ตาราง 4.6 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 2 123

ตาราง 4.7 กลุ่มเป้าหมายในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ 126

ตาราง 4.8 ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 128

ตาราง 4.9 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่อง พันธะไอออนิก ฉบับที่ 1 131

ตาราง 4.10 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่อง พันธะไอออนิกฉบับที่ 2 141

ตาราง 4.11 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ .. 152

ตาราง 4.12 เมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับ 154

ตาราง 4.13 ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 156

ตาราง 4.14 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่อง พันธะไอออนิก 158

ตาราง 4.15 เมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกหลังปรับปรุง 165

ตาราง 4.16 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 166

ตาราง 4.17 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 167

ตาราง 4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 168

ตาราง 4.19 ค่าพารามิเตอร์การเดาและความสะเพร่าของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 170

ตาราง 4.20 ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้อย่างถูกต้องของผู้สอบที่มีรูปแบบทักษะที่รอบรู้ต่างกัน 171

ตาราง 4.21 ความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่ม (Class probability) ของผู้สอบที่มีรูปแบบความรอบรู้ต่าง ๆ 172

ตาราง 4.22 สัดส่วนของกลุ่มเป้าหมายที่รอบรู้ในทักษะต่าง ๆ ของเนื้อหาพันธะไอออนิก 173

ตาราง 4.23 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความรอบรู้ในทักษะของผู้สอบแต่ละคน 174

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.24 ตัวอย่างผลการป้อนกลับเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่อง
พันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายคนที่ 123 175

ตาราง 4.25 ตัวอย่างผลการป้อนกลับเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่อง
พันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายคนที่ 135 176

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 2.1 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 39

ภาพ 2.2 ค่าความแปรปรวนและโอกาสในการตอบข้อสอบถูกเมื่อข้อสอบ มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดแตกต่างกัน 71

ภาพ 2.3 mesaplot สำหรับตัวอย่างข้อสอบวินิจฉัย 3 ข้อ 73

ภาพ 2.4 ดัชนี TPR 74

ภาพ 2.5 ดัชนี TPR และ TNR 82

ภาพ 2.6 ดัชนี PCA 82

ภาพ 2.7 ความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability) 84

ภาพ 2.8 กรอบแนวคิดการวิจัย 88

ภาพ 3.1 กรอบดำเนินงานในระยะที่ 1 92

ภาพ 3.2 กรอบดำเนินงานในระยะที่ 2 102

ภาพ 3.3 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ 108

ภาพ 3.4 กรอบดำเนินงานในระยะที่ 4 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิชาเคมีเป็นวิชาในแขนงหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและสมบัติของสารเคมี แต่เนื่องจากข้อจำกัดของมนุษย์ที่ไม่สามารถมองเห็นโครงสร้างที่แท้จริงของอะตอมหรือโครงสร้างของสารเคมีได้ ทำให้การเรียนการสอนวิชาเคมีค่อนข้างเป็นนามธรรม ส่งผลให้ผู้เรียนมักเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนระหว่างการเรียนรู้ (Enawaty & Sartika, 2015; Fadillah & Salirawati, 2018) จากการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาเคมีของ Soeharto et al. (2019) พบว่าเนื้อหาในรายวิชาเคมีที่มีจำนวนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดคือเรื่องพันธะเคมี ซึ่งเป็นเนื้อหาที่นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทุกคนต้องศึกษาในช่วงแรกของรายวิชา หากนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือจุดที่ควรปรับปรุงในเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี จะก่อให้เกิดอุปสรรคในการเรียนเนื้อหาอื่น ๆ ของรายวิชาเคมีต่อไปในอนาคต (Fadillah & Salirawati, 2018) และจากการศึกษาของ Taber et al. (2012) พบว่า เนื้อหาในเรื่องพันธะเคมีที่มักพบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้แก่เรื่อง พันธะไอออนิก (Ionic bonding) โดยทักษะ (skill) หรือคุณลักษณะ (attribute) ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก ตามที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ได้ระบุไว้ประกอบด้วย 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก เมื่อศึกษาเอกสารและงานวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในแต่ละทักษะดังกล่าวทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ พบว่ายังมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกเกิดขึ้นอีกจำนวนมากที่ยังไม่ค้นพบในการวิจัยของประเทศไทย ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาการเรียนรู้ในเนื้อหาพันธะไอออนิกและเป็นอุปสรรคต่อผู้เรียนได้ในอนาคต อีกทั้งในประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก ซึ่งอาจทำให้ผู้สอนไม่สามารถรับรู้ถึงความคลาดเคลื่อนในการเรียนเรื่องพันธะไอออนิก และขาดข้อมูลที่ทำให้ทราบถึงความจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกของผู้เรียน ที่อาจส่งผลให้ผู้สอนไม่เห็นแนวทางในการจัดการสอนให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งเป้าไว้ได้

ในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ หลากหลายประเทศเลือกใช้การจัดการศึกษาฐานสมรรถนะที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจและความถนัดของตนเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่เน้นทักษะสำคัญต่อการใช้ชีวิตและทักษะพื้นฐานที่มีอยู่ในหลักสูตรเดิม ในส่วนของการวัดและการประเมินผลฐานสมรรถนะนั้น จะเน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนได้ทราบถึงระดับทักษะหรือคุณลักษณะที่ตนเป็นจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงเพื่อนำไปสู่การพัฒนาให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดผ่านการรายงานผลจากวิธีการต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งการใช้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ในชั้นเรียนจะช่วยให้ผู้เรียนได้ทราบระดับความจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะที่ผู้เรียนมี และทักษะที่ตนยังไม่รู้สอบ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาทักษะของตนเอง และแก้ไขทักษะที่ยังเป็นจุดที่ควรปรับปรุงเพื่อให้มีสมรรถนะตามที่มุ่งหวัง ผ่านการให้ข้อมูลป้อนกลับจากการทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ (Jang & Wagner, 2014; Ma & de la Torre, 2020a)

ในรายวิชาเคมี การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกเพื่อใช้ในการตรวจสอบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะของผู้เรียนซึ่งจะนำไปสู่การระบุทักษะที่เป็นจุดเด่นและจุดด้อยของผู้เรียนในเนื้อหาพันธะไอออนิก และช่วยให้ข้อมูลอันจะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนที่ช่วยให้ทราบแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน และอาจช่วยให้ครูผู้สอนสามารถปรับปรุงแก้ไขทักษะที่ผู้เรียนยังบกพร่อง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตรงตามผลการเรียนรู้ตามที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กำหนดไว้ ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ในรายวิชาเคมีที่พบในงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมามักเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบพหุระดับ (multi-tier diagnostic test) เช่น แบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 2 ระดับ (Tan & Treagust, 1999; Utami et al., 2019; Vrabec & Proksa, 2016) ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับ สามารถตรวจสอบเหตุผลในการตอบข้อสอบของผู้สอบและช่วยให้ผู้สอนทราบเกี่ยวกับการเดาของผู้สอบ แต่อย่างไรก็ตาม แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับไม่สามารถจำแนกระหว่างผู้สอบที่มีจุดแข็งกับผู้สอบที่เดาเหตุผลได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้แบบสอบแบบ 2 ระดับ ไม่เหมาะสมต่อการวัดความรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (Gurel et al., 2015) ส่วนแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 3 ระดับ (Şenol & Yilmaz, 2017; สุรเดช อนันตสวัสดิ์, 2560) ซึ่งเพิ่มข้อสอบที่วัดระดับความมั่นใจในการตอบข้อสอบในระดับก่อนหน้าทั้ง 2 ข้อได้ ส่งผลให้มีความแม่นยำในการตรวจสอบจุดแข็งของผู้สอบได้ดีกว่าแบบ 2 ระดับ (Soeharto et al., 2019) แต่ถึงแม้ว่าจะมีความแม่นยำในการตรวจสอบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของผู้สอบได้ดีกว่าแบบ 2 ระดับ แต่ไม่สามารถใช้ค่าพารามิเตอร์ความมั่นใจในระดับที่ 3 สำหรับอธิบายความมั่นใจในการตอบคำถามในระดับก่อนหน้าทั้ง 2 ข้อ ส่งผลให้การตรวจสอบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของแบบสอบแบบเลือกตอบ 3 ระดับคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง (Gurel et al., 2015; Soeharto et al., 2019) อีกทั้งผู้สอบต้องใช้เวลาในการทำข้อสอบค่อนข้างมาก เนื่องจากข้อสอบ 1 ข้อ ผู้สอบจำเป็นต้องตอบคำถามถึง 3 ข้อย่อย ส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้าในการทำ

แบบสอบ (Waugh & Gronlund, 2013) ดังนั้น ถึงแม้ว่าที่ผ่านมาจะมีความพยายามในการใช้แบบสอบแบบเลือกตอบแบบพหุระดับในการวินิจฉัยทักษะที่มุ่งวัดของผู้สอบ แต่พบว่ายังคงมีข้อจำกัดเรื่องความแม่นยำในการจำแนกทักษะของผู้สอบอยู่ ซึ่งในปัจจุบันมีพัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีค่อนข้างมาก ส่งผลให้มีการนำทฤษฎีเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามาประยุกต์ใช้กับแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ (สุมาลี มีสกุลและคณะ, 2558) ซึ่งช่วยให้การประมาณค่าทักษะที่ผู้สอบมีเป็นจุดแข็งมีความถูกต้องและแม่นยำได้ (ณภัทร ชัยมงคล, 2560) โดยโมเดลดังกล่าวเป็นโมเดลทางสถิติที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างทักษะหรือคุณลักษณะทางจิตวิทยากับคุณลักษณะของแบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นอย่างถูกต้อง แม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือทางสถิติ (de la Torre & Chiu, 2016; Ma & de la Torre, 2020a; Nájera et al., 2019) อีกทั้งยังเป็นโมเดลที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับแบบสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ (multiple-choice test) ซึ่งช่วยผู้สอนเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างได้จำนวนมากภายในระยะเวลาอันสั้น มีความเป็นปรนัย และช่วยให้ผู้สอบไม่เกิดความเหนื่อยล้าในการทำแบบสอบ (Gurel et al., 2015; Soeharto et al., 2019) เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะต่าง ๆ ของผู้สอบ

ในส่วนของประเภทของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เช่น โมเดลจีไดนา (G-DINA), ไดนา (DINA), ไดโน (DINO), ไนดา (NIDA), addictive CDM, loglinear CDM แต่เนื่องจากข้อจำกัดและความซับซ้อนของโมเดล ทำให้นำมาใช้ในทางปฏิบัติได้ยาก ซึ่งในปัจจุบันมีเพียงโมเดลจีไดนาและไดนาที่นิยมนำมาใช้จำแนกทักษะของผู้สอบในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ (Nájera et al., 2019) เนื่องจากสะดวกในทางปฏิบัติและยังคงสามารถวินิจฉัยความสามารถของผู้สอบได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดย สุมาลี มีสกุลและคณะ (2558) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการวินิจฉัยทักษะการแก้ไขปัญหาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวระหว่างโมเดลจีไดนากับไดนา ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 1,214 คน พบว่า โมเดลจีไดนา มีประสิทธิภาพในการวินิจฉัยทักษะของผู้สอบได้ดีกว่าโมเดลไดนา และโมเดลจีไดนามีดัชนีความสอดคล้องของโมเดลทั้งเชิงสัมบูรณ์และสัมพัทธ์ที่แสดงถึงความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์สูงกว่าโมเดลไดนา เนื่องจากโมเดลจีไดนาเป็นโมเดลแบบชดเชย (Compensatory model) ที่มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ยืดหยุ่นกว่าโมเดลไดนา โดยมีแนวคิดที่ว่า ยิ่งผู้สอบมีทักษะสอดคล้องกับทักษะที่ใช้ในการตอบข้อสอบจำนวนมากเพียงใด โอกาสในการตอบข้อสอบถูกจะมากกว่าผู้สอบที่มีทักษะจำนวนน้อยกว่าหรือไม่มีทักษะใด ๆ เลย หมายความว่า นอกจากจะสามารถระบุทักษะที่เป็นจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของผู้สอบแล้ว ยังสามารถระบุได้ว่าผู้สอบแต่ละคนมีทักษะในด้านใดมากกว่ากัน ในขณะที่โมเดลไดนาสามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้เพียงจุดแข็งหรือจุดที่ควรปรับปรุง แต่ไม่สามารถระบุได้ว่าผู้สอบมีทักษะในด้านมากกว่ากัน ส่งผลให้โมเดลจีไดนาเหมาะสำหรับการวินิจฉัยกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถหลากหลาย นอกจากนั้นยังสามารถดัดแปลง

โมเดลจีไดนา ไปเป็นโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลอื่น ๆ ได้โดยไม่ทำให้ข้อมูลเสียหาย (Ma & de la Torre, 2020b)

ขณะที่การตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จำเป็นต้องอาศัยเมทริกซ์คิว (Q-matrix) ซึ่งเป็นเมทริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบกับทักษะที่มุ่งวัด โดยวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวในงานวิจัยที่ผ่านมาที่นิยมใช้ ได้แก่ การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญและการใช้เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) ซึ่งเป็นวิธีการที่ค่อนข้างนามธรรม เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องและแม่นยำมาจากดุลพินิจหรือข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญไม่ได้มาจากการตอบของผู้สอบโดยตรง (de la Torre & Chiu, 2016; Ma & de la Torre, 2020a; Nájera et al., 2019) และทักษะของผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการตัดสินความถูกต้องอาจมีระดับที่แตกต่างกับตัวผู้สอบจริง (Johnson et al., 2008) ส่งผลให้เกิดความลำเอียงในการตัดสินหรือคลาดเคลื่อนในการตัดสินความถูกต้องและแม่นยำของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ และทั้งสองวิธีดังกล่าวยังขาดหลักฐานทางสถิติที่สนับสนุนความถูกต้อง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสร้างเมทริกซ์คิว ซึ่ง (de la Torre & Chiu, 2016) ได้พัฒนาวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวที่อาศัยค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบ ที่สามารถลดผลของความคลาดเคลื่อนในการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญและวิธีการคิดออกเสียง และเพิ่มความน่าเชื่อถือทางสถิติในการจำแนกทักษะของผู้สอบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ได้ โดยใช้โมเดลจีไดนาในตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของเมทริกซ์คิวของแบบสอบด้วยดัชนี Proportion of Variance Accounted For (PVAF) ที่แสดงถึงสัดส่วนของความแปรปรวนของโอกาสการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องระหว่างผู้สอบที่ทักษะที่เป็นจุดแข็งตามจำนวนที่ข้อสอบกำหนดกับผู้สอบที่รอบรู้ทุกจำนวนทักษะ ซึ่งช่วยในการระบุทักษะที่จำเป็นต่อการตอบข้อสอบแต่ละข้อให้ถูกต้อง และเป็นดัชนีที่คำนวณได้จากการตอบข้อสอบแต่ละข้อของผู้สอบ นอกจากนั้นสามารถตรวจสอบคุณภาพของดัชนี PVAF ของโมเดลจีไดนาได้ว่าสามารถจำแนกทักษะที่มุ่งวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากเพียงใดด้วยดัชนี True Positive Rate (TPR) และ True Negative Rate (TNR) ส่งผลให้การตรวจสอบคุณภาพของเมทริกซ์คิวมีหลักฐานทางสถิติและเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนความถูกต้องมากกว่าโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาอื่น ๆ รวมทั้งยังสามารถตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะของเมทริกซ์คิวได้ด้วยดัชนี PCA ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้โมเดลจีไดนา สามารถวินิจฉัยทักษะที่มุ่งวัดและให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียนได้อย่างน่าเชื่อถือและมีหลักฐานเชิงประจักษ์ (de la Torre & Chiu, 2016)

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทางผู้วิจัยจึงสนใจที่จะวินิจฉัยจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ที่ครอบคลุมทักษะที่ต้องการมุ่งวัดทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อ

สารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิกโดยประยุกต์ใช้การวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลจีไดนา ในการจำแนกจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในแต่ละทักษะข้างต้นของผู้สอบ พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของจีไดนาด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญร่วมกับวิธีการใช้ดัชนี PVAF เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ค่าดัชนี PVAF ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และนำไปสู่การใช้ค่าดัชนี PVAF ในการสนับสนุนผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวร่วมกับวิธีการใช้การตัดสินใจโดยผู้เชี่ยวชาญตามที่ Ma and de la Torre (2020a) ได้เสนอไว้ รวมทั้งนำผลการทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพมาวินิจฉัยทักษะเรื่องพันธะไอออนิกของผู้สอบ และนำไปสู่การให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะดังกล่าวของผู้สอบ อันเป็นประโยชน์ต่อการใช้พิจารณาจุดบกพร่องของผู้เรียนในเรื่องพันธะไอออนิก หรือเป็นแนวทางในการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถศึกษาในเนื้อหาพันธะไอออนิกได้อย่างเต็มศักยภาพ

คำถามวิจัย

1. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก มีอะไรบ้าง
2. แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ มีลักษณะอย่างไร
3. คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ มีลักษณะอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก
2. เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ
3. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบสอบในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในสาระเคมี ตามสาระการเรียนรู้แกนกลางของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เน้นพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมุ่งวัดจุดแข็งและจุดที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ควรปรับปรุงในทักษะของผู้เรียน ทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก

แบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ (multiple-choice test) จำนวน 30 ข้อ เพื่อให้ผู้สอบสามารถทำข้อสอบได้เสร็จภายเวลา 40 นาที โดยที่ข้อสอบ 1 ข้อประกอบด้วย 4 ตัวเลือก แบ่งเป็น ตัวถูก 1 ตัวเลือก และตัวลวง 3 ตัวเลือก หากผู้สอบตอบข้อสอบถูกแต่ละข้อจะได้ 1 คะแนน และหากตอบข้อสอบผิดจะได้ 0 คะแนน ซึ่งตัวถูกพัฒนาขึ้นตามมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเรื่องพันธะไอออนิก และตัวลวงพัฒนาขึ้นตามโททัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบบสอบฉบับดังกล่าวได้รับการคัดเลือกข้อสอบมาจากแบบสอบ 2 ฉบับที่ประกอบไปด้วยข้อสอบฉบับละ 40 ข้อ ซึ่งมีคุณภาพเพียงพอในการจำแนกทักษะที่มุ่งวัด

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 ในกรุงเทพมหานคร จาก 2 สังกัด ประกอบด้วย สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จำนวน 40,118 คน

การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก แบ่งเป็น 1) การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างทักษะที่มุ่งวัดกับข้อสอบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกโดยผู้เชี่ยวชาญ 2) การตรวจสอบคุณภาพของเมทริกซ์คิวโดยอาศัยดัชนี PVAF 3) การตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF จากค่าดัชนี TPR และ TNR 4) การตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะที่ถูกต้องของแบบสอบด้วยดัชนี PCA และ PCV 5) การตรวจสอบค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยวิธีของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Reliability) และ การให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิกของผู้สอบแต่ละคน ในรูปแบบของกราฟแสดงจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในแต่ละทักษะเรื่องพันธะไอออนิก ซึ่งเป็นข้อมูลชี้แจงให้กลุ่มเป้าหมายทราบถึงทักษะที่เป็นจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของกลุ่มเป้าหมาย รวมถึงการให้ข้อมูลมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและมโนทัศน์ที่ถูกต้องในรายทักษะเป็นจุดที่ควรปรับปรุง โดยส่งมอบข้อมูลป้อนกลับให้แก่ครูผู้สอนของกลุ่มเป้าหมายในรูปแบบรายงานผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์

นิยามศัพท์

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก หมายถึง แบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาหรือแบบสอบที่มุ่งวัดจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะทางกระบวนการวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก ทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก

ทักษะ (Skill) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการตอบข้อสอบเรื่องพันธะไอออนิกซึ่งเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้าสถิตระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ โดยสามารถวัดได้จากทักษะทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก

ทักษะการอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก หมายถึง ทักษะของนักเรียนเพื่อใช้ตอบข้อสอบในเรื่องการอธิบายเกิดพันธะไอออนิก โดยสามารถระบุชนิดของอนุภาคและชนิดแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นเป็นพันธะไอออนิกจากแผนภาพได้อย่างถูกต้อง ระบุจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดจากการถ่ายโอนในระหว่างอนุภาคที่สร้างพันธะไอออนิกได้อย่างถูกต้อง เปรียบเทียบความเสถียรของอนุภาคในพันธะไอออนิกได้อย่างถูกต้อง ระบุชนิดของอนุภาคในโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกได้อย่างถูกต้อง และอธิบายโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกจากแผนภาพโครงสร้างที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง

ทักษะการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก หมายถึง ทักษะของนักเรียนเพื่อใช้ตอบข้อสอบในเรื่องการเขียนสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิก และการอ่านชื่อสารประกอบไอออนิก โดยสามารถระบุสูตรเคมีของสารประกอบไอออนิกจากชื่อของสารประกอบหรือคู่ไอออนบวกและไอออนลบที่สร้างพันธะกันได้อย่างถูกต้อง หรือสามารถระบุชื่อของสารประกอบไอออนิกจากสูตรเคมีของสารประกอบ หรือคู่ไอออนบวกและไอออนลบที่สร้างพันธะกันได้อย่างถูกต้อง

ทักษะการระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก หมายถึง ทักษะของนักเรียนเพื่อใช้ตอบข้อสอบในเรื่องการระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก โดยสามารถระบุได้ว่าสารประกอบไอออนิกชนิดใดที่ไม่สามารถละลายน้ำและอยู่ในรูปของตะกอนของแข็งเมื่อเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบ 2 ชนิด สามารถระบุชนิดของตะกอนที่เกิดขึ้นเมื่อนำสาระลายของสารประกอบไอออนิก 2 ชนิดมาผสมกัน สามารถเขียนสัญลักษณ์ของสารประกอบไอออนิกและไอออนที่เกี่ยวข้องในสมการไอออนิก และเขียนสมการไอออนิกสุทธิของตะกอนสารประกอบไอออนิกที่เกิดขึ้นหลังจากเกิดปฏิกิริยาได้อย่างถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา หมายถึง โครงสร้างทางสถิติที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกกับข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก โดยโมเดลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือโมเดลจีไดนา ซึ่งเป็นโมเดลสำหรับการระบุทักษะของผู้สอบที่มุ่งวัดของข้อสอบในทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์และเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น และเป็นโมเดลแบบชดเชย (Compensatory model) ที่มีแนวคิดที่ว่า ยิ่งผู้สอบมีทักษะตรงกับทักษะที่ใช้ในการตอบข้อสอบจำนวนมากเพียงใด โอกาสในการตอบข้อสอบถูกจะมากกว่าผู้สอบที่มีทักษะจำนวนน้อยกว่าหรือไม่มีทักษะใด ๆ เลย จึงเหมาะกับการวินิจฉัยทักษะของผู้สอบที่มีความสามารถหลากหลาย

เมทริกซ์คิว (Q-matrix) หมายถึง เป็นเมทริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์กับทักษะที่มุ่งวัด ซึ่งมีขนาด J x K มิติ เมื่อ J หมายถึง จำนวนข้อสอบทั้งหมดในแบบสอบ และ K หมายถึง จำนวนทักษะที่มุ่งวัด โดยเมทริกซ์คิวจะประกอบด้วย เวคเตอร์คิว (q-vector, q) ของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์และเป็นตัวแทนของทักษะที่มุ่งวัด ที่ประกอบไปด้วยสมาชิกในเวคเตอร์คิว คือ q_{jk} ที่มีค่าได้ทั้งหมด 2 ค่า ได้แก่ 1 เมื่อ ข้อสอบข้อที่ j ต้องการทักษะที่ k ในการตอบ และมีค่าเป็น 0 เมื่อ ข้อสอบข้อที่ j ไม่ต้องการทักษะที่ k ในการตอบ ดังนั้นแบบทอสอบทั้งฉบับจะมีความยาวทั้งหมด J ข้อ และมุ่งวัดทักษะจำนวน K ทักษะ

คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ หมายถึง ความแม่นยำ ถูกต้อง และน่าเชื่อถือในการจำแนกทักษะของผู้สอบแต่ละคนของเมทริกซ์คิวในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ซึ่งดัชนีที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของข้อสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ได้แก่

ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับทักษะที่มุ่งวัด หมายถึง ค่าที่แสดงความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับทักษะที่มุ่งวัดผ่านการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้วยการใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับทักษะที่มุ่งวัด (IOC) ซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ และยืนยันคุณภาพในการจำแนกทักษะของเมทริกซ์คิวในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกว่าข้อสอบแต่ละข้อสามารถจำแนกทักษะได้ตรงตามที่ต้องการมุ่งวัดหรือไม่

ดัชนีอำนาจจำแนก (Item Discrimination Index) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่ใช้จำแนกระหว่างผู้สอบที่มีทุกทักษะที่ข้อสอบข้อนั้นต้องการเป็นจุดแข็งกับผู้สอบที่มีทุกทักษะเป็นจุดที่ควรปรับปรุง เลยที่ข้อสอบข้อดังกล่าวต้องการ ซึ่งคำนวณได้จากผลต่างระหว่างความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีทุกทักษะที่ข้อสอบข้อดังกล่าวต้องการเป็นจุดแข็ง กับความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีทุกทักษะที่ข้อสอบข้อดังกล่าวต้องการเป็นจุดที่ควรปรับปรุง ซึ่งเป็นดัชนีที่ส่งผลต่อความ

แม่นยำและความถูกต้องของการจำแนกทักษะของผู้สอบนอกเหนือจากจำนวนผู้สอบ และจำนวนข้อสอบในแบบสอบ (de la Torre & Chiu, 2016)

ดัชนี Proportion of Variance Accounted For (PVAF) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงสัดส่วนความแปรปรวนของโอกาสการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องระหว่างผู้สอบที่มีทักษะที่เป็นจุดแข็งตามจำนวนที่ข้อสอบกำหนดกับผู้สอบที่มีทุกทักษะเป็นจุดแข็ง ซึ่งจะเสนอข้อมูลว่าข้อสอบแต่ละข้อสามารถจำแนกทักษะที่มุ่งวัดในทักษะใดบ้าง พร้อมทั้งเสนอทักษะทั้งหมดที่เหมาะสมต่อการใช้จำแนกในข้อสอบแต่ละข้อ โดยข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะที่มุ่งวัดได้อย่างถูกต้องจะต้องมีค่าดัชนี PVAF สูงกว่าค่า Epsilon (ϵ, EPS) ซึ่งเป็นค่าคะแนนจุดตัด และแปรผันไปตามจำนวนผู้สอบ ความยาวของแบบสอบ และดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบ และเป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในการสนับสนุนความถูกต้องในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการใช้การตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญได้

ดัชนี True Positive Rate (TPR) หมายถึง ค่าดัชนีสัดส่วนของเวกเตอร์คิวทั้งหมดในเมทริกซ์คิวที่จำแนกทักษะได้อย่างถูกต้องและไม่จำเป็นต้องปรับปรุงอีก ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ที่สามารถจำแนกทักษะที่มุ่งวัดในแบบสอบทั้งฉบับได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยค่า TPR ยิ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการจำแนกทักษะของเมทริกซ์คิวมีความถูกต้องและไม่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ

ดัชนี True Negative Rate (TNR) หมายถึง ค่าดัชนีสัดส่วนของเวกเตอร์คิวทั้งหมดในเมทริกซ์คิวที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะแต่ได้รับปรับปรุงให้ถูกต้องแล้ว ซึ่งแสดงถึงคุณภาพของดัชนี PVAF ว่ามีประโยชน์เพียงใดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของเมทริกซ์คิวและไม่ใช้ดัชนี PVAF ในการตรวจสอบ โดยค่า TNR ยิ่งเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการจำแนกทักษะของแบบสอบวินิจฉัยที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF ยิ่งมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดัชนี Proportion of correctly classified attributes (PCA) หมายถึง ดัชนีแสดงความถูกต้อง (accuracy) ในการจำแนกทักษะที่มุ่งวัดของเมทริกซ์คิวในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ หลังจากใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF ของแบบสอบทั้งฉบับซึ่งคำนวณได้จากผลต่างระหว่างสัดส่วนการจำแนกทักษะของผู้สอบด้วยดัชนี PVAF กับสัดส่วนการจำแนกทักษะของผู้สอบที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นค่า PCA ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF สามารถจำแนกทักษะได้ถูกต้อง

ดัชนี Proportion of correctly classified attribute vectors (PCV) หมายถึง ดัชนีแสดงความถูกต้องในการจำแนกทักษะที่มุ่งวัดของเวคเตอร์คิวในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์หลังจากใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF โดยจะแสดงในรูปเมทริกซ์ขนาด 1 x K มิติ เมื่อ K แทนจำนวนทักษะที่มุ่งวัด โดย PCV ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า การจำแนกทักษะของเวคเตอร์คิวที่มุ่งวัดจำนวนทักษะต่าง ๆ และผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีความถูกต้อง

ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงความคงเส้นคงวาของแบบสอบวินิจฉัย ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยด้วยความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยวิธีของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Reliability) สูตร KR20 เนื่องจากผลการตอบข้อสอบมีการให้คะแนน 2 ค่า คือ 0 และ 1

การให้ข้อมูลป้อนกลับในการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องพันธะไอออนิก คือ การให้ข้อมูลกับผู้สอบหลังจากที่ผู้สอบดำเนินการตอบแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก โดยครอบคลุมรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ของโมเดลจีไดนาของแบบสอบวินิจฉัย และรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะทั้ง 3 ทักษะของผู้สอบรายบุคคล ซึ่งผู้วิจัยจะนำข้อมูลป้อนกลับดังกล่าวไปมอบให้กับครูผู้สอนของผู้สอบในรูปแบบของรายงาน ผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้สอบทราบทักษะที่เป็นจุดเด่นและที่ควรปรับปรุงของตนเอง นอกจากนั้นยังมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สามารถวิเคราะห์ได้ ดังนี้

พารามิเตอร์การเดา (guessing, g_j) หมายถึง ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบข้อที่ j ของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาได้อย่างถูกต้องของผู้สอบที่มีจำนวนทักษะไม่เพียงพอต่อการตอบข้อสอบ

พารามิเตอร์ความสะเพร่า (slip, s_j) หมายถึง ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบข้อสอบข้อที่ j ของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไม่ถูกต้อง ของผู้สอบที่มีจำนวนทักษะครบตามที่ข้อสอบข้อที่ j ต้องการ

ความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่ม (Class probability) หมายถึง โอกาสที่ผู้สอบจะได้รับการจัดให้อยู่ในรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งแสดงทักษะที่เป็นจุดแข็งและทักษะที่เป็นจุดที่ควรปรับปรุง หลังจากที่ทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

รูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะ (Skill profile) หมายถึง สัญลักษณ์แสดงจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกของผู้สอบรายบุคคล ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะจัดอยู่ในรูปของตัวเลขจำนวน 3 ตัวเลข เรียงลำดับตามทักษะเรื่องพันธะไอออนิก 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อ

สารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก แสดงตัวเลขดังกล่าวค่าเพียง 2 ค่า คือ 1 หมายถึง ทักษะดังกล่าวเป็นทักษะที่เป็นจุดแข็งของผู้สอบ และ 0 หมายถึง ทักษะดังกล่าวเป็นทักษะที่เป็นจุดที่ควรปรับปรุงของผู้สอบ เช่น 101 หมายถึง ผู้สอบมีทักษะการอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก และทักษะการระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิกเป็นจุดแข็ง แต่มีทักษะการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกเป็นจุดที่ควรปรับปรุง ซึ่งรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะอาจแสดงอยู่ในรูปของกราฟความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability) ซึ่งแสดงความน่าจะเป็นของผู้สอบรายบุคคลที่มีแต่ละทักษะที่มุ่งวัดเป็นจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุง

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้แนวทางในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์โดยการประยุกต์โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลจีไดนา และแนวทางการประยุกต์ใช้ค่าดัชนี PVAF ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ที่มีความน่าเชื่อถือทางสถิติและมีข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนผลการตรวจสอบความคุณภาพเมทริกซ์คิวจากการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ
2. ผู้สอนรายวิชาเคมีสามารถนำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ไปใช้ในการประเมินระหว่างเรียนสำหรับวินิจฉัยจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกของผู้เรียน เพื่อแก้ไขทักษะที่บกพร่องเรื่องพันธะไอออนิกของผู้เรียนให้มีความถูกต้อง
3. ได้ข้อมูลป้อนกลับด้านจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกที่มีความถูกต้อง และแม่นยำ อันจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สอนในวางแผนการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียนเพื่อวางรากฐานการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลจีไดนาเรื่องพันธะไอออนิกได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร งานวิจัย และบทความทางวิชาการ เพื่อนำมาสรุป แล้วจำแนกออกได้ 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และการให้ข้อมูลป้อนกลับ และตอนที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย ซึ่งแต่ละตอนมีรายละเอียด ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มุ่งเน้นการสำรวจและการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.1) การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิก และ 1.2) การสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1) การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิก

Soeharto et al. (2019) ทำการวิเคราะห์แบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาในวิชาวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นระหว่างปี 2015 ถึง 2019 จำนวน 111 แบบสอบ และพบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาเคมีทั้งหมด 12 เนื้อหา โดยเนื้อหาที่พบมากที่สุด คือ เรื่องพันธะเคมี และจากการสัมภาษณ์นักเรียนในประเทศอังกฤษของ Taber (1997) พบว่า เนื้อหาในเรื่องพันธะเคมีที่มักพบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้แก่เรื่อง พันธะไอออนิก (Ionic bonding) ซึ่งจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่อง ไอออนิก ทำให้ทราบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่มักพบในเรื่องพันธะไอออนิก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Enawaty and Sartika (2015) อธิบายเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหารายวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ไว้ว่า พันธะเคมีเป็นมโนทัศน์ที่มักเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในผู้เรียนเนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างนามธรรม ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นโครงสร้างอะตอมของธาตุ และปฏิกิริยาในการเกิดพันธะเคมีระหว่างอะตอมของธาตุได้ หากผู้เรียนได้รับความรู้ไปอย่างคลาดเคลื่อนส่งผลให้เกิดอุปสรรคในการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างบทเรียนในรายวิชาเคมี โดยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่ (Enawaty & Sartika, 2015) สร้างขึ้นเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

จำนวน 5 ข้อ ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนิสิตปริญญาตรีจำนวน 19 คน และได้ข้อสรุปเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเรื่องพันธะไอออนิกที่กลุ่มตัวอย่างยังขาดอยู่ ดังนี้

1. ไม่สามารถระบุได้ว่า สารประกอบที่กำหนดให้ สารใดเกิดพันธะไอออนิกและสารใดเกิดพันธะโคเวเลนต์ เช่น ไม่สามารถระบุได้ว่าสารประกอบ $BeCl_2$ เป็นสารประกอบไอออนิกหรือสารประกอบโคเวเลนต์ (คิดเป็นร้อยละ 73)
2. ไม่สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสของสารประกอบไอออนิกและโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ (คิดเป็นร้อยร้อย 68) โดยไม่สามารถเลือกโครงสร้างของสารประกอบไอออนิกและโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ถูกต้องจากแผนภาพที่กำหนดให้ได้
3. ไม่สามารถระบุประเภทของพันธะจากความแตกต่างระหว่างค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีที่กำหนดให้ได้ (คิดเป็นร้อยละ 47) เช่น พันธะระหว่างคู่อนุภาคที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่างกันมากกว่า 1.7 จะสามารถเกิดเป็นสารไอออนิกได้

Tan and Treagust (1999) สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาเคมีเรื่องพันธะไอออนิกในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 119 คน ทำให้พบมโนทัศน์ที่มักคลาดเคลื่อน ดังนี้

1. พันธะระหว่างธาตุโลหะกับธาตุอโลหะทำให้เกิดโมเลกุลสาร เช่น สารประกอบ NaCl เป็นโมเลกุล
2. พันธะระหว่างธาตุโลหะกับธาตุอโลหะทำให้เกิดโมเลกุลที่ประกอบไปด้วยไอออนที่มีประจุตรงข้ามกัน เช่น หลังจากที่อะตอมโซเดียมจ่ายเวเลนซ์อิเล็กตรอนให้แก่อะตอมคลอรีน จะเกิดโมเลกุลของโซเดียมคลอไรด์ที่สร้างพันธะระหว่างโซเดียมไอออนกับคลอไรด์ไอออน
3. อะตอมโลหะและอะตอมอโลหะสามารถสร้างพันธะร่วมกันจนเกิดเป็นโมเลกุลที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแบบเบาบาง เช่น สารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ไม่สามารถใช้เป็นวัสดุก่อผนังเตาเผาได้ เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลไม่แข็งแรง
4. อะตอมของธาตุโลหะกับธาตุอโลหะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันจนเกิดเป็นโมเลกุล เช่น อะตอมโซเดียมใช้อิเล็กตรอนร่วมกับอะตอมคลอรีน จนเกิดเป็นโมเลกุล

Coll and Taylor (2001) สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก พบว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่สามารถพบได้ในผู้เรียน ประกอบด้วย

1. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรง เนื่องจากการออกแรงให้กับเกลือ ทำให้เกลือถูกบดละเอียดได้ง่าย
2. โครงสร้างแลตทิซของสารประกอบไอออนิกเป็นโมเลกุล โดยพบว่านักเรียนใช้คำว่าโมเลกุลอธิบายโครงสร้างของสารประกอบไอออนิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. พันธะไอออนิกเกี่ยวข้องกับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เนื่องจากพันธะไอออนิกเกี่ยวข้องกับแรงแวนเดอวาลส์
4. รัศมีไอออนของโซเดียมไอออนกว้างกว่าคลอไรด์ไอออน
5. รัศมีไอออนของลิเทียมไอออนกว้างกว่าโซเดียมไอออน
6. พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน เช่น ซีเซียมใช้อิเล็กตรอนร่วมกันกับคลอไรด์จนเกิดเป็นสารประกอบซีเซียมคลอไรด์
7. โครงสร้างและการจัดเรียงอนุภาคในพันธะไอออนิกขึ้นอยู่กับความดัน
8. กระจกจัดเป็นผลึกของสารประกอบไอออนิก

Özmen (2004) ได้ศึกษาเอกสารการวิจัยและได้สรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกที่สามารถพบได้ในนักเรียน ประกอบด้วย 10 มโนทัศน์ ได้แก่

1. พันธะไอออนิกคือการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ไม่ใช่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ
2. โซเดียมไอออนและไอออนอื่น ๆ มีความเสถียรเพราะมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดครบ 8 อิเล็กตรอน
3. แรงยึดเหนี่ยวของพันธะไอออนิกไม่แข็งแรง
4. โครงสร้างของสารประกอบไอออนิกเป็นโมเลกุล
5. รัศมีไอออนของโซเดียมไอออนกว้างกว่าคลอไรด์ไอออน
6. รัศมีไอออนของลิเทียมไอออนกว้างกว่าโซเดียมไอออน
7. โมเลกุลไอโอดีนมีประจุเป็น -1
8. พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
9. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างธาตุโลหะกับธาตุอโลหะในโลหะผสมคือแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้าสถิต
10. กระจกเป็นผลึกสารประกอบไอออนิก

Taber et al. (2012) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบถูก – ผิด จำนวน 20 ข้อ เพื่อใช้ในการตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในกลุ่มตัวอย่างนิสิตระดับปริญญาตรีแบ่งเป็นนิสิตจากประเทศอังกฤษจำนวน 128 คน ประเทศกรีซ จำนวน 168 คน และประเทศตุรกีจำนวน 288 คน และพบว่าในกลุ่มตัวอย่างมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก ดังนี้

1. โซเดียมไอออนจะสร้างพันธะกับคลอไรด์ไอออนที่จ่ายอิเล็กตรอนให้เท่านั้น
2. คลอไรด์ไอออนจะสร้างพันธะกับโซเดียมไอออนที่รับอิเล็กตรอนมาเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. เป็นไปไม่ได้ที่จะระบุตำแหน่งของพันธะไอออนิกหากไม่ทราบตำแหน่งของคลอไรด์ไอออนที่รับอิเล็กตรอนจากโซเดียมไอออน
4. พันธะไอออนิกเกิดจากการรับ – จ่ายอิเล็กตรอนระหว่างโซเดียมไอออนกับคลอไรด์ไอออน
5. พันธะไอออนิกเกิดขึ้นเมื่ออะตอมธาตุจ่าย 1 อิเล็กตรอนให้กับอีกอะตอม ส่งผลให้อะตอมทั้งสองมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเต็มในระดับชั้นพลังงาน
6. อะตอมของโซเดียมสร้างพันธะได้เพียงพันธะไอออนิก เนื่องจากสามารถจ่ายเวเลนซ์อิเล็กตรอนได้เพียง 1 อิเล็กตรอน
7. อะตอมของคลอรีนสามารถสร้างพันธะได้เพียงพันธะไอออนิก เนื่องจากสามารถรับอิเล็กตรอนได้เพียง 1 อิเล็กตรอนในชั้นนอกสุด
8. ไอออนลบ 1 ไอออนสามารถดึงดูดกับไอออนบวกได้เพียง 1 ไอออน
9. ไอออนบวก 1 ไอออนสามารถดึงดูดกับไอออนลบได้เพียง 1 ไอออน

Vrabec and Proksa (2016) ได้นำแบบสอบ Bonding Representations Inventory (Luxford & Bretz, 2014) ซึ่งเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบจำนวน 23 ข้อ ในเรื่องพันธะเคมีมาใช้ตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในนักเรียนประเทศสโลวาเกียจำนวน 330 คน และได้ข้อมูลของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบเจอในกลุ่มตัวอย่างนักเรียน ดังนี้

1. พันธะไอออนิกเกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน เช่น NaCl เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุโซเดียมกับคลอรีน
2. คลอไรด์ไอออนจ่ายอิเล็กตรอนให้กับอะตอมโซเดียมในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์
3. ทุกพันธะไอออนิกเป็นไปตามกฎออกเตต
4. สารประกอบไอออนิกจัดเป็นโมเลกุล เช่น การสร้างพันธะไอออนิกส่งผลให้เกิดโมเลกุล NaCl
5. โมเลกุลของสารประกอบไอออนิกทำให้เกิดโครงสร้างสารประกอบไอออนิก
6. อะตอมของโลหะและอโลหะดึงดูดกันจนเกิดเป็นสารประกอบไอออนิก เช่น อะตอม Na และ Cl สร้างแรงดึงดูดกันและกันจนเกิดเป็น NaCl

Luxford and Bretz (2014) ตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาพันธะไอออนิกที่พบในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในสหรัฐอเมริกาจำนวน 725 แล้วพบว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาดังกล่าว 6 มโนทัศน์ ได้แก่

1. สารประกอบ NaCl มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
2. เมื่อไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนจะทำให้มีความเสถียรมากยิ่งขึ้น
3. ไอออนที่มีประจุชนิดเดียวกันจะออกแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกัน
4. อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอนออกแรงยึดเหนี่ยวกันจนเกิดเป็นพันธะเคมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. โมเลกุลของ NaCl ยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันจนเกิดเป็นโครงสร้างแลตทิซ
6. อะตอม Na 1 อะตอม สามารถสร้างพันธะกับ Cl ได้เพียง 1 อะตอม

Fadillah and Salirawati (2018) อธิบายเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหารายวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ไว้ว่า เนื้อหาพันธะเคมีเป็นเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ส่งผลให้ผู้เรียนทำความเข้าใจได้ยาก และก่อให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และนำไปสู่อุปสรรคในการเรียนเนื้อหาอื่น ๆ ในรายวิชาเคมีที่มีเนื้อหาซึ่งเกี่ยวข้องกับพันธะเคมีและปฏิกิริยาเคมี โดย Fadillah and Salirawati (2018) ได้สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับจำนวน 3 ข้อ สำหรับการตรวจสอบร้อยละของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 180 คน จากโรงเรียนที่มีผลคะแนนสอบระดับชาติในปี 2016 แตกต่างกัน (สูง กลาง และต่ำ)

Utami et al. (2019) ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่สามารถพบได้ในเรื่องพันธะไอออนิกในรายวิชาเคมี ดังนี้

1. พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน
2. พันธะไอออนิกเกิดขึ้นระหว่างไอออนของโซเดียม 1 ไอออนกับไอออนของคลอรีน 1 ไอออนเท่านั้น ส่วนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนอื่น ๆ ไม่ใช่พันธะเคมี
3. เรียกสารประกอบไอออนิก เช่น คู่ของโซเดียมไอออนกับคลอไรด์ไอออนว่าโมเลกุลได้
4. แรงยึดเหนี่ยวของพันธะโคเวเลนต์แข็งแรงน้อยกว่าพันธะไอออนิก และสามารถทำลายได้ด้วยการให้ความร้อน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาเคมีเรื่องพันธะไอออนิกที่มักพบในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไว้ดังนี้

1. อะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะเมื่อสร้างพันธะกันจะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ
2. สารประกอบไอออนิกนำไฟฟ้าได้เมื่ออยู่ในสถานะของแข็ง

สมเจตน์ อุระศิลป์และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554) สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 33 คน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ดังนี้

1. ไม่เปลี่ยนเสียงท้ายของสารประกอบไอออนิกเป็น ไ-ด์
2. อ่านชื่ออนุมูลกลุ่มที่มีประจุลบผิด
3. ไม่สามารถระบุชนิดของสารประกอบไอออนิกที่เกิดตะกอนได้เมื่อนำสารละลายของสารประกอบไอออนิกมาผสมกัน

4. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดไม่ละลายน้ำ

อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ (2558) ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกในทักษะการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 32 คน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ประกอบด้วย

1. เขียนแสดงเลขประจุไว้ในสูตรเคมี เช่น $Al_2(SO_4^{2-})_3$ หรือ $AlSO_4^{2-}$
2. จำสัญลักษณ์ของอนุมูลกลุ่มที่มีประจุลบไม่ได้ เช่น ซัลเฟตไอออน เขียนเป็น S_4^{2-}
3. อ่านชื่อไอออนบวกของธาตุที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียวโดยการระบุเลขออกซิเดชัน เช่น MgO อ่านว่า แมกนีเซียม(II)ออกไซด์
4. จำชื่อธาตุหรือชื่ออนุมูลกลุ่มไม่ได้ เช่น CaS อ่านว่า แคลเซียมซัลเฟต
5. ไม่เปลี่ยนเสียงพยางค์ท้ายเป็น ไ-ด์ (-ide) เช่น CaS อ่านว่า แคลเซียมซัลเฟอร์
6. เขียนสูตรเคมีของสารประกอบโดยไม่พิจารณาประจุของไอออนบวกและไอออนลบ เช่น $AlSO_4$

สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560) ทำการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะเคมี จนได้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาพันธะไอออนิกจำนวนทั้งหมด 15 มโนทัศน์ จำแนกตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ได้แก่

1. พันธะไอออนิกเกิดจากพันธะระหว่างธาตุหมู่ IA กับธาตุหมู่ VIIA เท่านั้น
2. เมื่อธาตุอโลหะสร้างพันธะกับธาตุโลหะหมู่ IIA จะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ
3. เมื่อไอออนบวกที่เกิดจากอะตอมโลหะเดี่ยวหรืออนุมูลกลุ่มสร้างพันธะกับอนุมูลกลุ่มที่เป็นไอออนลบ จะไม่เรียกพันธะดังกล่าวว่าพันธะไอออนิก
4. พันธะไอออนิก คือ พันธะที่อะตอมโลหะกับอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
5. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล ไม่ใช่เป็นผลึกโครงร่าง
6. สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดโครงสร้างเป็นลักษณะเส้นตรง
7. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกไม่ต้องเปลี่ยนพยางค์สุดท้ายเป็นคำว่า “ไอด์”
8. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า จะใช้หลักการอ่านเช่นเดียวกันกับการอ่านชื่อสารโคเวเลนต์
9. อ่านชื่อสารประกอบไอออนิกโดยการอ่านชื่อไอออนลบก่อนชื่อไอออนบวก
10. สารประกอบไอออนิกทุกชนิดมีสมบัติที่ละลายน้ำได้
11. เมื่อสารประกอบไอออนิกหลอมเหลวจะไม่นำไฟฟ้า แต่จะนำได้เมื่อละลายในน้ำ
12. สารประกอบไอออนิกที่มีไอออนของธาตุหมู่ IIA เป็นองค์ประกอบจะละลายนำได้ทุกชนิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น
14. การเขียนสมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน
15. โลหะและสารประกอบไอออนิกจะนำไฟฟ้าได้เมื่อหลอมเหลวเท่านั้น

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบในเรื่องพันธะไอออนิก สามารถสังเคราะห์เป็นตารางมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาพันธะไอออนิก จำแนกตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิก ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2561) ทั้งหมด 4 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 3) การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบไอออนิก 4) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ซึ่งจากเอกสารและงานวิจัยพบว่า ทุกทักษะมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่สามารถพบได้ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ยกเว้นในทักษะที่ 3 การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ที่ไม่พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ส่งผลให้มีทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกทั้งหมดเพียง 3 ทักษะที่สามารถพบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ซึ่งแต่ละทักษะประกอบไปด้วยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนดังตาราง 2.1 และพบว่า ลำดับของทักษะที่มีจำนวนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก (ร้อยละ 73) รองลงมาคือ 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (ร้อยละ 17.5) และลำดับสุดท้ายคือ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก (ร้อยละ 9.5) และ 3 อันดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุด ได้แก่ สารประกอบไอออนิกจะมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล (ร้อยละ 11.11) อันดับถัดมา คือ พันธะไอออนิกคือพันธะที่อะตอมของโลหะกับอะตอมอโลหะให้อิเล็กตรอนร่วมกัน (ร้อยละ 9.5) และอันดับที่ 3 คือ พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (ร้อยละ 6.3)

1.2) การสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิก

จากการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยนำผลการสำรวจมาสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกได้ดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิกจำแนกตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิก

ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Tan and Treagust (1999)	Coll and Taylor (2001)	Özmen (2004)	Taber et al. (2012)	Vrabec and Proksa (2016)	Luxford and Bretz (2014)	Utami et al. (2019)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561)	สมเจตน์ อุรุศิลป์และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554)	อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ (2558)	สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560)	ความถี่ (f)
1. การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก	1. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะเสมอ					✓			✓			✓	3
	2. พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน	✓		✓	✓			✓					4
	3. พันธะไอออนิก คือ พันธะที่อะตอมโลหะกับอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน	✓	✓	✓		✓	✓					✓	6
	4. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรง		✓	✓									2
	5. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล	✓	✓	✓		✓	✓	✓				✓	7
	6. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล		✓										1
	7. ทุกไอออนในสารประกอบไอออนิกมีความเสถียรเพราะมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเต็มระดับชั้น			✓	✓								2

ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Tan and Treagust (1999)	Coll and Taylor (2001)	Özmen (2004)	Taber et al. (2012)	Wrabec and Prokša (2016)	Luxford and Bretz (2014)	Utami et al. (2019)	ศศิวัฒน์ เกษรินทร์ และคณะ (2561)	สมเกษ์ อุรสัญโน และศักดิ์ศรี ศุภวร (2554)	อัจฉรีย์ ศรีสุข และคณะ (2558)	สุเทพ อัมมหฤทัย และคณะ (2560)	**ผลรวม (f)**
	8. โครงสร้างการจัดเรียงอนุภาคในพันธะไอออนิกขึ้นอยู่กับความต้น		✓										1
	9. ไอออน 1 ไอออนสามารถดึงดูดไอออนชนิดตรงกันข้ามได้เพียง 1 ไอออน				✓		✓	✓					3
	10. ทุกพันธะไอออนิกเป็นไปตามกฎออกเตต					✓							1
	11. คลอไรด์ไอออนจะสร้างพันธะกับโซเดียมไอออนที่รับอิเล็กตรอนมาเท่านั้น				✓								1
	12. เมื่อธาตุโลหะสร้างพันธะกับธาตุโลหะหมู่ IIA จะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ											✓	1
	13. เมื่อไอออนบวกที่เกิดจากอะตอมโลหะเดี่ยวหรืออนุมูลกลุ่มสร้างพันธะกับอนุมูลกลุ่มที่เป็นไอออนลบ จะไม่เรียกพันธะดังกล่าวว่าพันธะไอออนิก											✓	1
	14. คลอไรด์ไอออนจ่ายอิเล็กตรอนให้กับอะตอมโซเดียมในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์					✓							1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Tan and Treagust (1999)	Coll and Taylor (2001)	Özmen (2004)	Taber et al. (2012)	Vrabec and Proksa (2016)	Luxford and Bretz (2014)	Utami et al. (2019)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561)	สมเจตน์ อุระศิลป์และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554)	อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ (2558)	สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560)	ความถี่ (f)
	15. เมื่อไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น						✓						1
	16. สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดโครงสร้างเป็นลักษณะเส้นตรง											✓	1
	17. เป็นไปไม่ได้ที่จะระบุตำแหน่งของพันธะไอออนิกหากไม่ทราบตำแหน่งของคลอไรด์ไอออนที่รับอิเล็กตรอนจากโซเดียมไอออน				✓								1
	18. รัศมีไอออนของโซเดียมไอออนกว้างกว่ารัศมีของคลอไรด์ไอออน		✓	✓									2
	19. รัศมีไอออนของลิเทียมไอออนกว้างกว่าโซเดียมไอออน		✓	✓									2
	20. กระจกเป็นสารประกอบไอออนิก		✓	✓									2
	21. โมเลกุลไอโอดีนมีประจุเป็น -1			✓									1
	22. ไอออนที่มีประจุชนิดเดียวกันจะออกแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกัน						✓						1

ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Tan and Treagust (1999)	Coll and Taylor (2001)	Özmen (2004)	Taber et al. (2012)	Vrabec and Proksa (2016)	Luxford and Bretz (2014)	Utami et al. (2019)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561)	สมเจตน์ อุระศิลป์และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554)	อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ (2558)	สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560)	ความถี่ (f)
	23. อิเล็กตรอน 2 ตัวออกแรงยึดเหนี่ยวกันจนเกิดเป็นพันธะเคมี						✓						1
												รวม	46
2. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	24. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกไม่ต้องเปลี่ยนพยางค์สุดท้ายเป็นคำว่า “ไอด์”									✓	✓	✓	3
	25. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียวเหมือนกันกับการอ่านชื่อไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า										✓		1
	26. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า จะใช้หลักการอ่านเช่นเดียวกันกับการอ่านชื่อสารโคเวเลนต์											✓	1
	27. เขียนเลขประจุไว้ในสูตรเคมี										✓		1
	28. อ่านชื่ออนุมูลกลุ่มที่มีประจุลบผิด									✓	✓		2

ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Tan and Treagust (1999)	Coll and Taylor (2001)	Özmen (2004)	Taber et al. (2012)	Vrabec and Proksa (2016)	Luxford and Bretz (2014)	Utami et al. (2019)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561)	สมเจตน์ อุระศิลป์และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554)	อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ (2558)	สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560)	ความถี่ (f)
	29. เขียนสัญลักษณ์ของอนุมูลกลุ่มที่มีประจุลบผิด										✓		1
	30. เขียนสูตรเคมีของสารประกอบโดยไม่พิจารณาประจุของไอออนบวกและไอออนลบ										✓		1
	31. อ่านชื่อสารประกอบไอออนิกโดยการอ่านชื่อไอออนลบก่อนชื่อไอออนบวก											✓	1
												รวม	**11**
3. การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบไอออนิก	-ไม่พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและการวิจัย-												
												รวม	**0**
4. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของ	32. สารประกอบไอออนิกทุกชนิดละลายน้ำได้											✓	1
	33. ระบุชนิดของสารประกอบไอออนิกที่เป็นตะกอนจากการผสมสาระลายของสารประกอบไอออนิกผิด									✓			1

ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	Tan and Treagust (1999)	Coll and Taylor (2001)	Özmen (2004)	Taber et al. (2012)	Vrabec and Proksa (2016)	Luxford and Bretz (2014)	Utami et al. (2019)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561)	สมเจตน์ อุระศิลป์และศักดิ์ศรี สุภาษร (2554)	อัจฉรีรัตน์ ศิริ และคณะ (2558)	สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560)	ความถี่ (f)
สารประกอบไอออนิก	34. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดไม่ละลายน้ำ									✓			1
	35. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดละลายน้ำได้											✓	1
	36. ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น											✓	1
	37. การเขียนสมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน											✓	1
												รวม	**6**
												รวมทั้งหมด	**63**

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์

แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 2.1) ความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ 2.2) ประเภทของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ 2.3) ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ และ 2.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ โดยแต่ละส่วน มีรายละเอียด ดังนี้

2.1) ความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ให้ความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ไว้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ หมายถึง แบบสอบที่เน้นการวัดทักษะที่เป็นจุดเด่นและจุดด้อยในการเรียนรู้ของผู้เรียน ที่อาจก่อให้เกิดปัญหาในการเรียน โดยสามารถตรวจสอบทักษะองค์ประกอบย่อยในทักษะที่เป็นเป้าหมายในการเรียนรู้ของผู้เรียน และระบุได้ว่าผู้เรียนแต่ละคนยังมีจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะองค์ประกอบย่อยไหน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงองค์ประกอบย่อยนั้น ผ่านการสอนเสริมต่อไป

สุวิมล เสวกสุริยวงศ์ และโชติกา ภาษีผล (2553) ให้ความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ไว้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ คือ แบบสอบที่ใช้ระบุความบกพร่องทางการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยนำไปใช้ในระหว่างการสอน เพื่อตรวจสอบจุดเด่นและจุดด้อยของผู้เรียน โดยมีการแบ่งเนื้อหาของแบบสอบออกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ โดยแต่ละองค์ประกอบย่อยจะมีข้อสอบที่ใช้วัดในองค์ประกอบนั้น เมื่อนำผลการสอบมาวินิจฉัยจะสามารถนำมาปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องทางการเรียนของนักเรียนให้ตรงกับจุดบกพร่องที่เกิดขึ้น ผ่านการสอนซ่อมเสริมได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Waugh and Gronlund (2013) ให้ความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ไว้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ เป็นแบบสอบที่มีจุดประสงค์ในการตรวจสอบจุดบกพร่องในการเรียนรู้ของผู้เรียน อันเนื่องมาจากจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะใดทักษะหนึ่ง หรือขาดคุณลักษณะบางอย่างในการตอบคำถาม ส่งผลให้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เจาะจงไปที่ความรู้ที่เป็นจุดบกพร่องของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนา แต่อย่างไรก็ตามแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์นั้นเป็นแบบสอบที่ยากต่อการสร้าง ซึ่งมักจะใช้การสังเกตหรือการตัดสินแทนการให้ผู้เรียนทำแบบสอบมากกว่า

Yaghmour et al. (2016) ได้อธิบายความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ไว้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ หมายถึง แบบสอบที่มีจุดประสงค์ในการตรวจสอบจุดแข็งของทักษะพื้นฐานและสมรรถนะที่สะท้อนถึงผลลัพธ์ทางการศึกษา เพื่อวินิจฉัยความยากลำบากในการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องเผชิญระหว่างกระบวนการเรียนรู้ และเพื่อระบุแหล่งที่มาของความคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับทักษะและสมรรถนะ ดังนั้น แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จึงช่วยให้ครูสามารถออกแบบแผนการสอน

ที่เหมาะสมกับผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้จัดการกับความรู้ที่คลาดเคลื่อนเพื่อให้สามารถบรรลุทักษะและสมรรถนะที่สำคัญ

Dega (2019) ได้ให้ความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ไว้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ หมายถึง แบบสอบที่ใช้วัดทักษะเฉพาะของผู้เรียนซึ่งจำเป็นต่อการระบุข้อมูลเกี่ยวกับจุดเด่นและจุดด้อยทางพุทธิปัญญาของผู้เรียน ซึ่งการประเมินด้วยแบบสอบนี้กล่าวได้ว่า เป็นการประเมินเพื่อนำผลไปใช้ในการระบุความเข้าใจในผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้จากประสบการณ์เดิมหรือความเข้าใจผิด ด้วยแบบสอบที่สร้างขึ้นมาวัดในเฉพาะหัวข้อความรู้นั้น ๆ โดยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จะช่วยประเมินว่าผู้เรียนได้เรียนอะไรมาแล้วบ้างหรือมีพื้นฐานความยากลำบากในการเรียนมามากเพียงใด หากไม่มีการวินิจฉัย อาจส่งผลให้ผู้เรียนจำกัดความรู้ของตนเอง ไม่เปิดรับการเรียนรู้ต่อสิ่งใหม่ ๆ นอกจากนั้นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ได้รับการสร้างขึ้นมาเพื่อพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีความเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจต่อระดับการตอบสนองของผู้เรียนก่อนกระบวนการการเรียนการสอน และผลของการใช้แบบสอบสามารถนำมาใช้พัฒนาสมรรถนะของผู้เรียน

Stobart and Gipps (2010) อธิบายความหมายของการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไว้ว่า การวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจัดเป็นองค์ประกอบย่อยของการประเมินระหว่างเรียน (formative assessment) และมักใช้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เพื่อตรวจสอบทักษะของผู้เรียนที่ยังบกพร่องเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียน และ

Li and Suen (2013) ได้อธิบายความสำคัญของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ไว้ว่า การใช้แบบสอบวินิจัยจัดเป็นการประเมินมีความสำคัญต่อการประเมินระหว่างเรียน เนื่องจากช่วยให้ผู้ประเมินสามารถจำแนกทักษะของผู้สอบที่จำเป็นในการทำข้อสอบได้

จากความหมายของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ หมายถึง แบบสอบที่มีจุดประสงค์ในการตรวจสอบทักษะที่เป็นเป้าหมายในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการระบุทักษะที่เป็นจุดเด่นและจุดด้อยของผู้เรียน ซึ่งการใช้แบบสอบวินิจฉัยในระหว่างเรียนจัดเป็นการประเมินระหว่างเรียนที่ช่วยให้ผู้สอนทราบแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะกับผู้เรียน และสามารถปรับปรุงแก้ไขทักษะของผู้เรียนที่ยังบกพร่อง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้ที่สำคัญได้

2.2) ประเภทของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์

Gurel et al. (2015) ให้อธิบายเกี่ยวกับประเภทของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาทั้งหมด 6 ประเภท ดังนี้

1. แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ด้วยการสัมภาษณ์ (interview diagnostic test) เป็นแบบสอบที่ช่วยเปิดเผยความคิดผู้เรียนหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามมุมมองของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ช่วยให้ผู้สอนศึกษาพัฒนาการของแนวคิดและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้ นอกจากนั้นยังได้ข้อมูลเชิงลึก และมีความยืดหยุ่นในการถามคำถาม แต่อย่างไรก็ตามการสอบสัมภาษณ์ใช้เวลาในการสอบค่อนข้างนาน และผู้สัมภาษณ์จำเป็นต้องมีทักษะในการสัมภาษณ์ เพื่อลดความลำเอียงในการแปลผล และอีกข้อจำกัดคือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ค่อนข้างยาก

2. แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบปลายเปิด (open-ended diagnostic test) เป็นแบบสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้สอบได้เขียนความคิดของตน แต่เนื่องจากอุปสรรคทางด้านภาษาที่ใช้เขียนทำให้ยากต่อการระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้สอบ นอกจากนั้นยังพบว่า นักเรียนโดยทั่วไปจะขาดความกระตือรือร้นในการเขียนคำตอบให้สมบูรณ์

3. แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบอย่างง่าย (ordinary multiple choice test) เป็นแบบสอบที่สามารถตรวจให้คะแนนได้ทันที และสามารถใช้กับผู้สอบจำนวนมากได้ โดยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบเป็นแบบสอบที่มีส่วนทำให้เกิดการพัฒนาการวิจัยในการตรวจสอบมโนทัศน์อย่างแพร่หลาย รวมทั้งการตรวจสอบความตรงมีความน่าเชื่อถือจากการรับรองของงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมา และเหมาะสำหรับการตรวจสอบความรู้และการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมีจุดเด่นได้แก่

1. สามารถตรวจสอบเนื้อหาได้อย่างหลากหลายภายในระยะเวลาที่จำกัด
2. สามารถวัดคุณลักษณะได้อย่างหลากหลายทั้งระดับการเรียนรู้และทักษะทางพุทธิปัญญา
3. มีความเป็นปรนัยและมีความเที่ยงสูง
4. การตรวจให้คะแนนง่ายและรวดเร็ว
5. เหมาะสำหรับนักเรียนที่มีความรู้แต่ขาดทักษะในการเขียนคำตอบ
6. เหมาะสำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะหลากหลายด้าน
7. ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการวินิจฉัยที่สำคัญ

แต่อย่างไรก็ตามแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบยังมีข้อจำกัดอยู่ ได้แก่

1. ผู้สอบสามารถเดาคำตอบได้ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดและความเที่ยงของแบบสอบต่ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ตัวเลือกต่าง ๆ ไม่สามารถระบุข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความเข้าใจที่แท้จริงของผู้สอบได้ ถึงแม้ว่าผู้สอบจะทำข้อสอบได้ถูกต้อง ส่งผลให้คะแนนของแบบสอบคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง (แต่จีไดนา สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับทักษะของผู้สอบได้อย่างแม่นยำ)
3. ผู้สอบถูกบังคับให้เลือกตำตอบ เนื่องจากมีจำนวนตัวเลือกที่จำกัด
4. การสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่ดีนั้นเป็นเรื่องที่ยาก

4. แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับ เป็นแบบสอบที่ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ และข้อสอบที่ให้ผู้สอบอธิบายเหตุผลในการตัดสินใจในการเลือกตอบตัวเลือกของข้อสอบแต่ละข้อในรูปของข้อความสั้น ๆ โดยนักเรียนจะตอบข้อสอบถูกเมื่อเลือกตัวถูกและให้เหตุผลได้ถูกต้อง โดยตัวลวงจะสร้างขึ้นจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่รวบรวมจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้เชี่ยวชาญ และการทดสอบด้วยแบบสอบปลายเปิด นอกจากนั้นยังสามารถลดโอกาสการเดาของผู้สอบ เหมาะสำหรับการสอบที่มีผู้สอบจำนวนมาก อย่างไรก็ตามแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากไม่สามารถระบุได้ว่า การตอบผิดของนักเรียนมาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือจากการใช้ภาษาในแบบสอบ อีกทั้งการกำหนดตัวเลือกเหตุผลอาจก่อให้เกิดการชี้นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องของคำถาม ซึ่งจะเห็นได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแบบเลือกตอบ 2 ระดับ ไม่สามารถจำแนกความผิดพลาดของผู้สอบที่เกิดจากจุดที่ควรปรับปรุงออกจากการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และไม่สามารถจำแนกผู้สอบที่ตอบถูกที่เกิดจากจุดแข็งออกจากการเดาข้อสอบได้ ส่งผลให้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับ ไม่เหมาะสมต่อการวัดความรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้น ผู้สอบบางคนอาจมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่แตกต่างจากตัวเลือกในแบบสอบ ส่งผลให้ผู้สอบไม่เลือกตัวเลือกใด ๆ เลย

5. แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ เป็นแบบสอบที่ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบที่ให้ระบุเหตุผลในการตอบตัวเลือกดังกล่าว และข้อสอบที่ระบุระดับความมั่นใจในคำตอบที่เลือก โดยถือว่าผู้สอบตอบถูกเมื่อทั้งตัวเลือกและเหตุผลถูกต้อง และถือว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเมื่อตอบข้อสอบผิดด้วยเหตุผลที่ผิด แต่มีระดับความมั่นใจที่สูง ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับมีความแม่นยำในการตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้ดีกว่าแบบเลือกตอบอย่างง่ายและแบบ 2 ระดับ แต่อย่างไรก็ตามแบบสอบแบบเลือกตอบ 3 ระดับนั้นไม่สามารถใช้ระดับความมั่นใจเพียง 1 ค่าในการอธิบายความมั่นใจของข้อสอบทั้ง 2 ระดับก่อนหน้าของผู้สอบได้แม่นยำ ส่งผลให้ไม่สามารถสัดส่วนการขาดความรู้และคะแนนที่แท้จริงของผู้สอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 4 ระดับ เป็นแบบสอบที่ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบที่ระบุระดับความมั่นใจในคำตอบที่เลือกในคำถามหลัก ข้อสอบที่ให้ระบุเหตุผลในการตอบตัวเลือกดังกล่าว และข้อสอบที่ระบุระดับความมั่นใจในเหตุผลที่เลือก ซึ่งสามารถระบุการขาดความรู้ของผู้สอบได้แม่นยำกว่าแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ เมื่อไรก็ตามที่ผู้สอบตอบคำถามหลักได้ถูกต้องด้วยความมั่นใจ และให้เหตุผลได้ถูกต้องแต่ไม่มั่นใจ แสดงว่าผู้สอบขาดความรู้ เนื่องจากเกิดความสงสัยในความรู้ของตนเอง แต่หากเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ การที่ผู้สอบตอบไม่มั่นใจแสดงว่าผู้สอบขาดความรู้ แต่หากเลือกตอบมั่นใจ แสดงว่าผู้สอบมีความรู้ ส่งผลให้ผลการใช้แบบสอบ 3 ระดับเกิดความคลาดเคลื่อน อย่างไรก็ตาม แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 4 ระดับ ใช้เวลาในการทำข้อสอบนาน ไม่เหมาะกับการนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการตอบคำถามหลักจะมีผลต่อข้อสอบการให้เหตุผลเสมอ

Soeharto et al. (2019) ได้จำแนกข้อดีและข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ ดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 การเปรียบเทียบจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ประเภทต่าง ๆ

ประเภท	จุดเด่น	ข้อจำกัด
1. แบบสัมภาษณ์ (interview)	1. เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้สัมภาษณ์ได้ข้อมูลเชิงลึกจากผู้สอบ 2. ช่วยให้ผู้สัมภาษณ์สามารถสร้างแนวคิดและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน	1. ใช้เวลาในสอบมาก 2. ผู้สัมภาษณ์ต้องมีทักษะในการสัมภาษณ์เพียงพอ 3. ผู้สอบอาจจะให้คำตอบไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ 4. ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ค่อนข้างเป็นนามธรรม ยากต่อการวิเคราะห์ 5. อาจเกิดความลำเอียงจากการสัมภาษณ์เนื่องจากความยากและซับซ้อนในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. แบบสอบปลายเปิด (open-ended test)	ให้ผู้สอบตอบคำถามได้อย่างอิสระ โดยไม่จำกัดความยาวของคำตอบ	1. ใช้เวลาในการวิเคราะห์คำตอบของผู้สอบ 2. มีความซับซ้อนในการประเมินและตีความคำตอบ เนื่องจากอุปสรรคทางด้านภาษาที่ทำให้คำตอบที่เขียนไม่ตรงกับสิ่งที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภท	จุดเด่น	ข้อจำกัด
		ผู้สอบเข้าใจ 3. ผู้สอบอาจเขียนคำตอบไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ 4. ผู้สอบต้องมีทักษะในการเขียนคำตอบให้มีความหมายที่ตรงไปตรงมา 5. อาจเกิดความลำเอียงในคำตอบจากความไม่เข้าใจในสิ่งที่โจทย์ถาม
3. แบบสอบแบบเลือกตอบ (multiple-choice test)	1. สะดวกและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้สอบจำนวนมากในระยะเวลาที่จำกัดได้ 2. มีการนำไปตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้หลากหลาย 3. มีวิธีการตรวจสอบคุณภาพทั้งทางตรงและความเที่ยงที่หลากหลาย น่าเชื่อถือและใช้ได้จริง 4. ช่วยให้ผู้วิจัยตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างครอบคลุมจุดประสงค์การวัดภายในระยะเวลาอันสั้น 5. สามารถตรวจสอบความสามารถของผู้สอบได้ในหลายระดับ 6. ข้อสอบมีความเป็นปรนัยและมีความเที่ยง 7. ง่ายต่อการตอบคำถามและง่ายต่อการตรวจให้คะแนน 8. เหมาะสำหรับนักเรียนที่มีความเข้าใจในเนื้อหาแต่ขาดทักษะในการเขียน 9. ในข้อสอบแต่ละข้อมีองค์ประกอบที่สามารถนำไปพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างหลากหลาย	1. การสร้างตัวลวงค่อนข้างยาก ส่งผลให้การพัฒนาแบบสอบให้มีคุณภาพนั้นเป็นไปได้ยาก 2. ในข้อสอบบางข้ออาจขาดตัวเลือกที่แสดงถึงความเข้าใจของผู้สอบที่เกี่ยวข้องกับคำถาม ส่งผลให้ไม่สามารถตรวจสอบความเข้าใจที่แท้จริงของผู้สอบได้ 3. ผู้สอบถูกบังคับให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว ซึ่งเป็นการจำกัดความสามารถในการสร้าง บริหาร และการตีความจากความเข้าใจของผู้สอบ 4. ผู้สอบสามารถเดาคำตอบได้ 5. การทำข้อสอบถูกไม่สามารถยืนยันได้ว่าผู้สอบเข้าใจในเนื้อหาข้อสอบอย่างแท้จริง
4. แบบสอบแบบเลือกตอบ 2 ระดับ (two-tier multiple-choice test)	1. ครอบคลุมทุกข้อดีของแบบสอบแบบเลือกตอบ 2. ช่วยให้ผู้สอนทราบว่าผู้สอบเดาคำตอบหรือไม่ 3. ช่วยให้ทราบเหตุผลในการตอบข้อสอบแต่	1. เหมือนข้อ 1 – 3 ในแบบสอบแบบเลือกตอบ 2. อาจเกิดการสร้างความเข้าใจที่ผิดจากการอ่านตัวเลือกในข้อสอบได้ 3. ข้อสอบแต่ละข้อค่อนข้างยาว ใช้เวลาใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภท	จุดเด่น	ข้อจำกัด
	ละข้อของผู้สอบ	การอ่านมาก ส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้าในการทำข้อสอบ 4. ตัวเลือกในข้อสอบอาจใบ้คำตอบที่ถูกต้องได้ 5. ใช้เวลาในการทำข้อสอบนานกว่าแบบสอบแบบเลือกตอบ
5. แบบสอบแบบเลือกตอบ 3 ระดับ (three-tier multiple-choice test)	1. ครอบคลุมทุกข้อดีของแบบสอบแบบเลือกตอบ 2 ระดับ 2. มีความแม่นยำในการตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมากกว่าแบบสอบแบบเลือกตอบและแบบ 2 ระดับ เนื่องจากสามารถตรวจสอบระดับความมั่นใจในการตอบข้อสอบของผู้เรียน ทำให้จำแนกได้ว่าผู้สอบมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือความไม่รู้หรือไม่	1. เหมือนข้อ 1 – 3 ในแบบสอบแบบเลือกตอบ 2. ใช้เวลาในการทำข้อสอบนานกว่าแบบสอบแบบเลือกตอบ 2 ระดับ 3. ระดับความมั่นใจในข้อสอบอาจไม่ตรงกับระดับความมั่นใจที่แท้จริงของผู้สอบ เนื่องจากผู้สอบต้องระบุค่าดังกล่าวตามตัวเลือกที่กำหนด ส่งผลให้การตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้นอาจจะน้อยหรือมากกว่าความเป็นจริง
6. แบบสอบแบบเลือกตอบ 4 ระดับ (four-tier multiple-choice test)	1. ครอบคลุมทุกข้อดีของแบบสอบแบบเลือกตอบ 3 ระดับ 2. ช่วยเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบความมั่นใจในการตอบข้อสอบ เพื่อระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้อย่างแม่นยำ	1. เหมือนข้อ 1 – 3 ในแบบสอบแบบเลือกตอบ 2. ใช้เวลาในการทำข้อสอบนานกว่าแบบสอบแบบเลือกตอบ 3 ระดับ 3. ไม่เป็นที่แพร่หลายในการตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ (พบเฉพาะในวิชาฟิสิกส์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3) ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ ขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบหลายระดับ โดยขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา มีรายละเอียด ดังนี้

สุปราณี บุระ และคณะ (2557) พัฒนาแบบสอบนิจฉัยเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานสำหรับใช้วินิจฉัยปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนจำนวน 4 เรื่องย่อย ได้แก่ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ และการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลจีดีไอเอ็นเอในการจำแนกทักษะของผู้เรียน โดยแบ่งระยะในการทำการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การร่างโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

1.1 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน เพื่อนำมาร่างข้อมูลของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

1.2 ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับทักษะที่มุ่งวัดในร่างโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญจำเป็นต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

- เป็นผู้ที่มีวุฒิการศึกษาในระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิตในสาขาการสอนคณิตศาสตร์หรือที่เกี่ยวข้อง หรือ
- เป็นผู้ที่มีส่วนร่วมหรือประสบการณ์ในการจัดทำหลักสูตรและจัดการเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โดยต้องมีวุฒิการศึกาขั้นต่ำคือมหาบัณฑิตในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ
- เป็นครูผู้สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มาแล้วอย่างน้อย 5 ปี และมีวุฒิการศึกษาขั้นต่ำในระดับปริญญามหาบัณฑิต

1.4 สร้างแผนภาพโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 ร่างเมทริกซ์คิว (Q-matrix) เพื่อระบุความสอดคล้องระหว่างทักษะที่ต้องการวัดกับข้อสอบแต่ละข้อ ตามขั้นตอนที่ 1

2.2 สร้างข้อสอบตามเมทริกซ์คิว โดยเป็นคำตอบแบบเลือกตอบอย่างง่าย เพื่อไม่ให้เกิดความเหนื่อยล้าและเบื่อหน่ายของผู้สอบในการทำแบบสอบ จึงแบ่งคะแนนออกเป็น 2 ค่า โดยถ้าตอบถูกจะได้ 1 คะแนน และหากตอบผิดจะได้ 0 คะแนน

2.3 พิมพ์แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ในระยะถัดไป

ระยะที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ผ่านการใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลจีดีไอเอ็นเอ

1. นำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด 8 ชุดไปใช้ทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 ด้วยการเลือกแบบเจาะจง 5 โรงเรียน โดยมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 1,692 คน
2. คัดเลือกนักเรียนที่ทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นมาจำนวน 134 คน เพื่อนำมาทดสอบวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง
3. นำผลการทดสอบจากแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานและการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็นประเด็น ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างทักษะที่ต้องการวัดกับข้อสอบแต่ละข้อที่ใช้วินิจฉัยเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและทักษะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence; IOC)
2. ตรวจสอบพารามิเตอร์ของแบบสอบรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ประกอบด้วย ความสะเพร่า (s_j) การเดาข้อสอบ (g_j) และอำนาจจำแนก (item discrimination) ผ่าน CDM package ของโปรแกรม R

3. ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบทั้งฉบับด้วยวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) โดยตัดสินใจความน่าจะเป็นในการรอบรู้แต่ละทักษะของผู้สอบ (P(α)) ด้วยค่า 0.5 เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน
4. วิเคราะห์ความตรงตามสภาพด้วยค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์กับเทคนิคการคิดออกเสียง

ศุภามณ จันทร์สกุล และสุกัญญา บุญศรี (2560) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ความรอบรู้ทางการพยาบาล โดยใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลไดนา และโมเดลจีไดนาในการจำแนกความรอบรู้ทางพยาบาล ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ดังนี้

1. ศึกษาตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาการพยาบาลมารดาและทารก
2. สร้างเมทริกซ์คิว (Q-matrix) โดยแบ่งทักษะออกเป็น 4 ทักษะ ได้แก่
    1) ความก้าวหน้าในการคลอด (Attribute 1)
    2) อาการที่ผู้คลอดแสดงออกมาในช่วงระยะต่าง ๆ (Attribute 2)
    3) การปรับตัวทางกายและจิตสังคมของผู้คลอดที่เหมาะสม (Attribute 3)
    4) การพยาบาลผู้คลอดและทารกในครรภ์ (Attribute 4)
3. สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ

เมทริกซ์คิวซึ่งแสดงทักษะที่ข้อสอบวินิจฉัยแต่ละข้อในแบบสอบความรอบรู้ทางการพยาบาล (ศุภามณ จันทร์สกุล และสุกัญญา บุญศรี, 2560) ต้องการวัด

ข้อที่	Attribute 1	Attribute 2	Attribute 3	Attribute 4
1	1	1	1	0
2	1	1	0	1
3	1	1	1	0
4	1	0	0	0
5	1	0	0	1
6	1	1	1	0
7	1	1	0	0
8	1	1	0	1
9	1	1	0	1
10	1	1	1	0

4 ตัวเลือก โดยเชื่อมโยงแต่ละทักษะเข้ากับข้อสอบแต่ละข้อจนได้เมทริกซ์คิว ดังภาพ อ้างอิงจาก : ศุภามณ จันทร์สกุล และสุกัญญา บุญศรี (2560)

4. นำเมทริกซ์คิวไปวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการตอบตามโมเดลไดนา และจีไดนา ของนิสิตพยาบาล โดยการจำลองคำตอบของกลุ่มตัวอย่าง 150 คน ผ่านโปรแกรม OX ที่พัฒนาโดย Jurgen A. Doornik (2007) และเขียนโค้ดโดย de la Torre (2009)
5. นำผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม OX มาแปลผล

ในส่วนของการวิเคราะห์สามารถทำได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ผลในโมเดลไดนาและจีไดนา
    1.1 ทดสอบความสอดคล้องของแบบสอบด้วยดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบ -2LL, AIC และ BIC
    1.2 ทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสัมบูรณ์จากค่าสัดส่วนการตอบถูก (Proportion Correct Probability) ค่าสหสัมพันธ์การแปลงมาตรฐาน (Z-transformed Correlation) และค่า Log-Odds Ratio
    1.3 ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อจากพารามิเตอร์การเดา (g_j) ความสะเพร่า (s_j) และอำนาจจำแนก ($d_{j,DINA}$) โดยคำนวณได้จาก $d_{j,DINA} = 1 - s_j - g_j$
    1.4 ศึกษาโปรไฟล์คุณลักษณะของผู้สอบแต่ละกลุ่มโดยใช้ค่าสัดส่วนความรอบรู้
2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลไดนาและจีไดนา
    2.1 เปรียบเทียบค่า Log-Odds Ratio ระหว่างโมเดลไดนากับจีไดนา ในการประเมินการวินิจฉัยเชิงสัมบูรณ์
    2.2 เปรียบเทียบค่า -2LL AIC และ BIC ระหว่างโมเดลไดนากับจีไดนา ในการประเมินการวินิจฉัยเชิงสัมพัทธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พรพิมล ยังฉิม และคณะ (2554) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เลือกใช้แบบสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือกและกำหนดให้ตัวเลือกที่ 5 เป็นตัวเลือกแบบปลายเปิด โดยมีตัวอย่างดังภาพ 2.1

หาก 48 – a = 12 ดังนั้น 48 – 12 มีค่าเท่าใด

1. a
2. 12
3. 18
4. a + 12
5. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ $a - \frac{1}{5}a = 28{,}000$

1. 7,000
2. 14,000
3. 32,000
4. 35,000
5. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

ภาพ 2.1 ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

โดยมีจุดประสงค์ในการวิจัย คือ 1) เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบแบบพหุมิติและการประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียน 2) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำและความถูกต้องนการวินิจฉัยระหว่างวิธีของแองกอฟ วิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และวิธีเจาะจงจุดตัด ในการจำแนกกลุ่มนักเรียน 3) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน โดยแบ่งแหล่งข้อมูลออกเป็นแหล่งข้อมูลเชิงคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 6 คน และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ 5 คน และแหล่งข้อมูลเชิงปริมาณจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา 424 คน โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังนี้

1. สำรวจและจัดกลุ่มมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. ร่างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสาตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน
3. นำร่างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการไปทดลองใช้

4. นำผลการทดสอบมาตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ตามร่างโมเดลโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ
5. ใช้วิธีของแองกอฟในการกำหนดจุดตัดและเป็นเกณฑ์ในการกำหนดข้อสอบแต่ละข้อว่ามีความรอบรู้การแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือไม่
6. กำหนดค่าความน่าจะเป็นประจำข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน
7. วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีของเครือข่ายเบย์เซียน

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประมาณ ประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ และการวัดและการประเมินผลการศึกษา
2. การวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (LISREL) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวินิจฉัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์
3. วิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา นอกจากนั้นวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ หรือ EAP reliability แบบวิธีการประมาณค่า Marginal maximum-likelihood (MML) ซึ่งมีหลักการพื้นฐานคือ Multidimension random coefficients multinomial logit model (MRCMLM) ด้วยโปรแกรม IRTPRO 2.1
4. เปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มด้วยค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม (the correctprediction rate)
5. ตรวจสอบคุณภาพของวิธีวินิจฉัยด้วยค่าสัมประสิทธิ์สอดคล้องของแคปปา (Cohen's kappa coefficient) ซึ่งแสดงถึงความสอดคล้องของผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยแบบสอบกับการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียง

ในส่วนของขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบหลายระดับ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560) พัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับร่วมกับระบบการสะท้อนข้อมูลป้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดประสงค์ ได้แก่ 1) เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ 3) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัย

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะเคมี โดยแบ่งขั้นตอนในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ ดังนี้

1. เลือกเนื้อหาในพันธะเคมีที่จะนำมาตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน จำนวน 3 เนื้อหาหลัก และ 16 เนื้อหาย่อย
2. สร้างวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ต้องการมุ่งวัด
3. กำหนดแผนผังการสร้างข้อสอบ ตามจำนวนเนื้อหาย่อย โดยกำหนดให้มีข้อสอบจำนวน 6 ข้อ ต่อเนื้อหาย่อย 1 เนื้อหา รวมทั้งหมด 96 ข้อ
4. สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ ตามวัตถุประสงค์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ต้องการวัด โดยสร้างตัวลวงตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบในจุดประสงค์นั้น ๆ ทั้งคำถามระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ส่วนคำถามระดับที่ 3 เป็นการกำหนดให้ผู้สอบตอบคำถามว่ามั่นใจหรือไม่มั่นใจในคำตอบในทั้ง 2 ระดับ ดังตัวอย่างต่อไปนี้
5. ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Item Objective Congruence; IOC) ด้วยผู้เชี่ยวชาญ 7 คน ประกอบด้วย
   - ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัย ในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่สำเร็จการศึกษาในระดับดุษฎีบัณฑิตด้านวิชาเอกเคมี
   - ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูผู้สอบในรายวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีประสบการณ์สอนมาแล้วอย่างน้อย 10 ปี
   - ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูผู้สอนวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีวุฒิเป็นครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษขึ้นไป
   - ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูสอนวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีวุฒิปริญญามหาบัณฑิตในสาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษาหรือวิจัยการศึกษา

   โดยที่ค่า IOC ที่คำนวณได้ควรมีค่ามากกว่า 0.50 ซึ่งหมายถึง ข้อสอบข้อดังกล่าว สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ต้องการวัด
6. ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจึงเริ่มจัดพิมพ์แบบสอบ
7. นำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักเรียนจำนวน 624 คน ด้วยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ในด้านอำนาจจำแนก ความยาก และความเที่ยงแบบสอดคล้องภายในโดยใช้สัมประสิทธิ์ครอนบาคแอลฟา (Cronbach's alpha

coefficient) และตรวจสอบคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ผ่านโปรแกรม IRT Pro แบบ 3 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย ค่าความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) และการเดา (c) โดยข้อสอบที่มีคุณภาพจะต้องประกอบด้วยค่าความยากที่อยู่ในช่วง -2.50 ถึง +2.50 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.5 ถึง 2.5 และความน่าจะเป็นในการเดาไม่เกิน 0.30

8. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ โดยใช้ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยด้วยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์กับผลการวินิจฉัยด้วยวิธีการคิดออกเสียง และตรวจสอบความครอบคลุมทุกรูปแบบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
    8.1 ศึกษาวิธีการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง
    8.2 สุ่มกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน จากกลุ่มตัวอย่างง่าย (simple random sampling) ของการวิจัยมาทดสอบความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ระหว่างผลการตอบข้อสอบกับการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยนำคำถามในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ มาถามกลุ่มตัวอย่างด้วยเทคนิคดังกล่าว
    8.3 ผู้วิจัยแจ้งจุดประสงค์และวิธีการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงให้กับกลุ่มตัวอย่างรายบุคคล แล้วเริ่มทำการวินิจฉัย พร้อมทั้งบันทึกผลการวินิจฉัยในแบบบันทึก หากกลุ่มตัวอย่างตอบคำถามได้ถูกต้อง และตอบคำถามได้ถูกต้องจะถือว่า “ผ่าน” ในเนื้อหานั้น ๆ แต่หากกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถอธิบายกระบวนการได้มาซึ่งคำตอบ หรือตอบคำถามไม่ถูกต้อง จะถือว่า “ไม่ผ่าน” ในเนื้อหานั้น ๆ
    8.4 นำผลการใช้เทคนิคการคิดออกเสียงมาหาความสอดคล้องกับผลการใช้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ โดยใช้ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K)

Taber et al. (2012) สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ในนิสิตระดับปริญญาตรีในทวีปยุโรป แบ่งช่วงที่ 1 เป็นนิสิตจากประเทศอังกฤษจำนวน 370 คน และในช่วงที่ 2 เป็นนิสิตจากประเทศกรีซ จำนวน 168 คน และประเทศตุรกีจำนวน 288 คน เพื่อตรวจสอบว่านิสิตที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับพันธะไอออนิกหรือไม่ และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวมีความเกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมและบริบททางการศึกษาของนักเรียนที่สามารถวัดได้ด้วยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์อย่างไร โดยแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 20 ข้อ มีขั้นตอนในการพัฒนา ดังนี้

1. สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จำนวน 30 ข้อแบบถูก – ผิด
2. นำแบบสอบไปทดลองใช้กับนิสิตประเทศอังกฤษจำนวน 370 คน

3. ปรับปรุงแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จนได้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จำนวน 20 ข้อ
4. นำแบบสอบไปทดสอบกับนิสิตประเทศกรีซ จำนวน 168 คน และประเทศตุรกีจำนวน 288 คน
5. ตรวจสอบความถี่ของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่สามารถพบได้ในกลุ่มตัวอย่าง

Tan and Treagust (1999) สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับ สำหรับสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 119 คน โดยใช้แบบสอบแบบกระดาษ (paper-and-pencil test) แบบเลือกตอบ 2 ระดับ โดยพัฒนามาจากมาจากแบบสอบของ Peterson (1986) สำหรับการตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในนักเรียนประเทศออสเตรเลียอายุช่วง 16 ถึง 18 ปี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี ที่สามารถแบ่งได้ 5 กลุ่ม ได้แก่ พันธะ โครงสร้างแลตทิซ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล และความสามารถในการนำไฟฟ้าของแกรไฟต์ โดยใช้สถิติความถี่ในการระบุร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

Şenol and Yilmaz (2017) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ ในเรื่องพันธะเคมี ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 15 ข้อ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเรื่องพันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 150 คน และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างแบบสอบระดับที่ 1 โดยมี 1 ตัวถูก และ 3 ตัวลวง โดยแต่ละตัวลวงสร้างขึ้นจากมโนทัศน์ที่มักพบในเรื่องพันธะเคมี
3. นำแบบสอบบที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหากับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาการสอนเคมีและครูผู้สอนเคมีที่มีความเชี่ยวชาญ
4. นำแบบสอบมาปรับปรุงและพัฒนาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
5. นำแบบสอบไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 175 คน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบด้านความตรงและความเที่ยง

การวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบ ประกอบด้วย

1. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ เรื่องพันธะเคมีด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ต้องการวัดกับข้อสอบแต่ละข้อ (Item Objective Congruence, IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ
2. ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวก (positive correlation) ระหว่างคะแนนสอบรายข้อ

3. ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ครอนบาคแอลฟา (Cronbach's alpha)
4. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อด้วยค่าความยาก (item difficulty) และอำนาจจำแนก (item discrimination)

Vrabec and Proksa (2016) นำแบบสอบ Bonding Representations Inventory (BRI) ที่เป็นแบบสอบแบบเลือกตอบจำนวน 23 ข้อ ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบอย่างง่าย 7 ข้อ และแบบเลือกตอบ2 ระดับจำนวน 8 ข้อ พัฒนาโดย Luxford และ Bretz (2014) มาตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนประเทศสโลวาเกียที่มีอายุ 15 – 16 ปี จำนวน 330 คน ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ดังนี้

1. นำแบบสอบ BRI มาแปลเป็นภาษาสโลวาเกีย โดยพยายามให้มีความคลาดเคลื่อนในการแปลจากต้นฉบับให้น้อยที่สุด
2. นำแบบสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง
3. นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ BRI

ส่วนวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย

1. ตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก (item discrimination) และความยาก (item difficulty)
2. ตรวจสอบความสามารถในการจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ด้วยสถิติ Ferguson's δ
3. ตรวจสอบความเที่ยงด้วยค่าสัมประสิทธิ์ครอนบาค (Cronbach's alpha)

Utami et al. (2019) สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์คอมพิวเตอร์แบบเลือกตอบ 2 ระดับเรื่องพันธะเคมี เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี โดยแบ่งขั้นตอนในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เป็นดังนี้

1. รวบรวมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบในเรื่องพันธะเคมีจากเอกสารและงานวิจัย หนังสือ และวารสารทางวิชาการ
2. นำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาออกแบบข้อสอบวินิจฉัย โดยกำหนดให้ข้อสอบวินิจฉัย 2 ข้อใช้ในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 1 มโนทัศน์

โดยมีวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับเรื่องพันธะเคมี ดังนี้

1. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นด้วยการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ

2. ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบแบบสอบซ้ำ

วันเพ็ญ คำเทศ (2560) อธิบายวิธีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่ามีทั้งหมด 3 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย

1. การกำหนดขอบเขตสาระการเรียนรู้ที่ต้องการวินิจฉัย มีทั้งหมด 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่
    3.1 การกำหนดข้อความรู้ที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ (propositional knowledge statements)
    3.2 นำข้อความรู้มาสร้างผังมโนทัศน์
    3.3 เชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อความรู้ที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับผังมโนทัศน์
    3.4 ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาของผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นอย่างละเอียดโดยนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ ครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อนำผลการตรวจสอบมาปรับปรุงและพัฒนาให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน โดยศึกษาจากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ผู้เรียนแบบไม่มีโครงสร้าง หรือการสร้างข้อสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบแบบปลายเปิดที่มีตัวเลือกที่ 5 ให้เขียนตัวเลือกด้วยตนเอง
3. การสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ มีทั้งหมด 4 ขั้นตอนย่อย ได้แก่
    3.1 การสร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาที่สัมพันธ์กับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มุ่งวัด
    3.2 สร้างข้อสอบวินิจฉัยตามตารางวิเคราะห์ที่กำหนด
    3.3 นำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับผู้เรียน เพื่อนำผลมาตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อและทั้งฉบับ
    3.4 นำผลการตรวจสอบคุณภาพมาปรับปรุงแก้ไข ข้อสอบที่มีข้อบกพร่องเพื่อให้คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์สูงขึ้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังตาราง 2.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 2.3 การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมี

ผู้วิจัย	จุดประสงค์การวิจัย	เครื่องมือการวิจัย	ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	การวิเคราะห์หรือสถิติที่ใช้
แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา				
สุปราณี บุระและคณะ (2557)	เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนจำนวน 4 เรื่องย่อย ได้แก่ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ	แบบสอบวินิจฉัยเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน	**ระยะที่ 1** การสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย 1. การร่างโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน 2. สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน **ระยะที่ 2** การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัย มโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ผ่านการใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลจีดีไอเอ็นเอ 1. นำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นทั้งหมด 8 ชุดไปใช้ทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 2. คัดเลือกนักเรียนที่ เพื่อนำมาทดสอบวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง 3. นำผลการทดสอบจากแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานและการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติต่าง ๆ	1. วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างทักษะที่ต้องการวัดกับข้อสอบแต่ละข้อที่ใช้วินิจฉัยเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและทักษะที่ต้องการวัด 2. ตรวจสอบพารามิเตอร์ของแบบสอบรายข้อของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ประกอบด้วย ความสะเพร่า (s_j) การเดาข้อสอบ (g_j) และอำนาจจำแนก 3. ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบทั้งฉบับด้วยวิธีของลิวิงตัน และวิธีของโลเวท 4. วิเคราะห์ความตรงตามสภาพด้วยค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยจากแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์กับเทคนิคการคิดออกเสียง

ผู้วิจัย	จุดประสงค์การวิจัย	เครื่องมือการวิจัย	ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	การวิเคราะห์ หรือสถิติที่ใช้
ศุภามณ จันทร์สกุล และ สุกัญญา บุญศรี (2560)	เพื่อสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบอย่างง่ายในการวินิจฉัยความรอบรู้ทางการพยาบาล 2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในวินิจฉัยระหว่างโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลไดนากับโมเดลจีไดนา	แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ความรอบรู้ทางการพยาบาล	1. ศึกษาตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาการพยาบาลมารดาและทารก 2. สร้างเมทริกซ์คิว (Q-matrix) 3. สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จำนวน 10 ข้อ เป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยเชื่อมโยงแต่ละทักษะเข้ากับข้อสอบแต่ละข้อจนได้เมทริกซ์คิว 4. นำเมทริกซ์คิวไปวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการตอบตามโมเดลไดนา และจีไดนาของนิสิตพยาบาล 1. นำผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม OX มาแปลผล	1. ทดสอบความสอดคล้องของแบบสอบด้วยดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบ -2LL, AIC และ BIC 2. ทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงสัมบูรณ์จากค่าสัดส่วนการตอบถูก ค่าสหสัมพันธ์การแปลงมาตรฐาน และค่า Log-Odds Ratio 3. ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อจากพารามิเตอร์การเดา (g_j) ความสะเพร่า (s_j) และอำนาจจำแนก ($d_{j,DINA}$) โดยคำนวณได้จาก $d_{j,DINA} = 1 - s_j - g_j$ 4. ศึกษาโปรไฟล์คุณลักษณะของผู้สอบแต่ละกลุ่มโดยใช้ค่าสัดส่วนความรอบรู้ 5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลไดนาและจีไดนา เปรียบเทียบค่า Log-Odds Ratio ระหว่างโมเดลไดนากับ จีไดนาในการประเมินการวินิจฉัยเชิงสัมบูรณ์
พรพิมล ยังฉิม และคณะ (2554)	1. เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบแบบพหุมิติและการประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียน	แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1. สำรวจและจัดกลุ่มมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2. ร่างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสาตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน 3. นำร่างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การ	1. การวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์โดยผู้เชี่ยวชาญ 2. การวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (LISREL) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการ

ผู้วิจัย	จุดประสงค์การวิจัย	เครื่องมือการวิจัย	ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	การวิเคราะห์ หรือสถิติที่ใช้
	2.เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำและความถูกต้องนการวินิจฉัยระหว่างวิธีของแองกอฟ วิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และวิธีเจาะจงจุดตัด ในการจำแนกกลุ่มนักเรียน 3. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน		แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการไปทดลองใช้ 4. นำผลการทดสอบมาตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ตามร่างโมเดลโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 5. ใช้วิธีของแองกอฟในการกำหนดจุดตัดและเป็นเกณฑ์ในการกำหนดข้อสอบแต่ละข้อว่ามีความรอบรู้การแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือไม่ 6. กำหนดค่าความน่าจะเป็นประจำข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน 7. วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีของเครือข่ายเบย์เซียน	วินิจฉัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วย 3. การตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาและวิธีวิเคราะห์พหุมิติ EAP 4. เปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มด้วยค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม 5. การตรวจสอบคุณภาพของวิธีวินิจฉัยด้วยค่าสัมประสิทธิ์สอดคล้องของแคปปา
แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบหลายระดับ				
สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560)	1. เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2. พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ 3. พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบ	ระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับร่วมกับระบบการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วย	1. เลือกเนื้อหาในพันธะเคมีที่จะนำมาตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 2. สร้างวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ต้องการมุ่งวัด 3. กำหนดแผนผังการสร้างข้อสอบ ตามจำนวนเนื้อหาย่อย 2. สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์	1. ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาโดยการใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้วยผู้เชี่ยวชาญ 2. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม 3. ตรวจสอบความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน

ผู้วิจัย	จุดประสงค์การวิจัย	เครื่องมือการวิจัย	ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	การวิเคราะห์ หรือสถิติที่ใช้
	วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธะเคมี	คอมพิวเตอร์	แบบเลือกตอบ 3 ระดับ ตามวัตถุประสงค์และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ต้องการวัด โดยสร้างตัวลวงตามมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบในจุดประสงค์นั้น ๆ ทั้งคำถามระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ส่วนคำถามระดับที่ 3 เป็นการกำหนดให้ผู้สอบตอบคำถามว่ามั่นใจหรือไม่มั่นใจในคำตอบในทั้ง 2 ระดับ	โดยใช้สัมประสิทธิ์ครอนบาคแอลฟา 4. ตรวจสอบคุณภาพตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 5. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ โดยใช้ค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) 6. ตรวจสอบความครอบคลุมทุกรูปแบบของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี
Tan and Treagust (1999)	เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 2 ระดับ	3. สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จำนวน 30 ข้อแบบถูก – ผิด 4. นำแบบสอบไปทดลองใช้กับนิสิต 5. ปรับปรุงแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จนได้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จำนวน 20 ข้อ 6. นำแบบสอบไปทดสอบกับนิสิต 7. ตรวจสอบความถี่ของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่สามารถพบได้ในกลุ่มตัวอย่าง	-
Şenol and Yilmaz (2017)	1. เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา 2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ	แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ	1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2. สร้างแบบสอบระดับที่ 1 โดยมี 1 ตัวถูก	1. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ

ผู้วิจัย	จุดประสงค์การวิจัย	เครื่องมือการวิจัย	ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	การวิเคราะห์ หรือสถิติที่ใช้
	วินิจฉัยมโนทัศน์		และ 3 ตัวลวง โดยแต่ละตัวลวงสร้างขึ้นจากมโนทัศน์ที่มักพบในเรื่องพันธะเคมี 3. นำแบบสอบบที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหากับผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาการสอนเคมีและครูผู้สอนเคมีที่มีความเชี่ยวชาญ 4. นำแบบสอบมาปรับปรุงและพัฒนาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ 5. นำแบบสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำผลมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบด้านความตรงและความเที่ยง	2. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ด้วยดัชนีความสอดคล้องระหว่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ต้องการวัดกับข้อสอบแต่ละข้อโดยผู้เชี่ยวชาญ 3. ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ครอนบาคแอลฟา 4. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อด้วยค่าความยาก และอำนาจจำแนก
Vrabec and Proksa̋ (2016)	เพื่อตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนประเทศสโลวาเกีย	แบบสอบ Bonding Representations Inventory (BRI)	1. นำแบบสอบ BRI มาแปลเป็นภาษาโดยพยายามให้มีความคลาดเคลื่อนในการแปลจากต้นฉบับให้น้อยที่สุด 2. นำแบบสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 3. นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ BRI	1. ตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก และความยากของข้อสอบรายข้อ 2. ตรวจสอบความสามารถในการจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ด้วยสถิติ Ferguson's δ 3. ตรวจสอบความเที่ยงด้วยค่าสัมประสิทธิ์ครอนบาค
Utami et al. (2019)	เพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี	แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์คอมพิวเตอร์แบบเลือกตอบ 2 ระดับ	1. รวบรวมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบในเรื่องพันธะเคมีจากเอกสารและงานวิจัย หนังสือ และวารสารทางวิชาการ 2. นำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนมาออกแบบ	1. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นด้วยการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ 2. ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบแบบสอบ

ผู้วิจัย	จุดประสงค์การวิจัย	เครื่องมือการวิจัย	ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	การวิเคราะห์หรือสถิติที่ใช้
			ข้อสอบวินิจฉัย โดยกำหนดให้ข้อสอบวินิจฉัย 2 ข้อใช้ในการวัดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 1 มโนทัศน์	ซ้ำ
วันเพ็ญ คำเทศ (2560)	-	-	1. การกำหนดขอบเขตสาระการเรียนรู้ที่ต้องการวินิจฉัย 2. การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน โดยศึกษาจากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสัมภาษณ์ 3. สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์

พรพิมล ยังฉิม และคณะ (2554) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือกที่ตัวเลือกที่ 5 เป็นแบบปลายเปิด มีจุดประสงค์ได้ 1) เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบแบบพหุมิติและการประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียน 2) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำและความถูกต้องนการวินิจฉัยระหว่างวิธีของแองกอฟ วิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และวิธีเจาะจงจุดตัด ในการจำแนกกลุ่มนักเรียน 3) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน โดยแบ่งแหล่งข้อมูลออกเป็นแหล่งข้อมูลเชิงคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 6 คน และครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ 5 คน และแหล่งข้อมูลเชิงปริมาณจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา 424 คน ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม เมื่อนำมาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์พบว่า แบบวินิจฉัยมีค่าความเที่ยงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (EAP reliability) เท่ากับ 0.78 โดยแบบสอบมีความตรงเชิงโครงสร้างจากการทดสอบด้วยสถิติไคสแควร์ด้วยค่า 22.70 (df = 16, p = 0.122) ค่า GFI = 0.99, AGFI = 0.97, RMSEA = 0.032 ในส่วนของการเปรียบเทียบความแม่นยำในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี พบว่า วิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส เทียบกับการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง มีค่าสัดส่วนความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 82.89 77.63 และ 71.05 ตามลำดับ นอกจากนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปาในการเปรียบเทียบความสอดคล้องของการวินิจฉัยด้วยวิธีของเครือข่ายเบย์เซียนกับวิธีการคิดออกเสียงพบว่ามีความสอดคล้องอยู่ในระดับดีด้วยค่าเท่ากับ 0.64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุรเดช อนันตสวัสดิ์ และคณะ (2560) พัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับร่วมกับระบบการสะท้อนข้อมูลป้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดประสงค์ ได้แก่ 1) เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับ 3) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน เรื่องพันธะเคมี ผลการวิจัยพบว่า ในเนื้อหาพันธะเคมี มีมโนทัศน์ที่มักพบในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งหมด 40 มโนทัศน์ โดยมโนทัศน์ที่มักคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น ในส่วนของคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบพบข้อสอบทั้งหมด 90 ข้อ มีข้อสอบที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ได้

ทั้งหมด 80 ข้อ ในขณะที่ขั้นตอนการพัฒนาระบบสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน และผลการตรวจสอบคุณภาพของระบบวินิจฉัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจในทุกด้าน

Şenol and Yilmaz (2017) พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบ 3 ระดับในเรื่องพันธะเคมี ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 15 ข้อ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจำนวน 150 คน และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ ได้ผลการตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามตอนที่ 1 ในส่วนของคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์พบว่า มีแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์มีความตรงเชิงเนื้อหา และความตรงเชิงโครงสร้าง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ครอนบาคแอลฟาเท่ากับ 0.74 ส่วนค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.47 – 0.77 ส่วนค่าอำนาจจำแนกมีค่าสูงกว่า 0.30 จึงสรุปได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงและความตรงที่เพียงพอต่อการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมี

Vrabec and Proksa̋ (2016) นำแบบสอบ BRI ที่เป็นแบบสอบแบบเลือกตอบจำนวน 23 ข้อ ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบอย่างง่าย 7 ข้อ และแบบเลือกตอบ 2 ระดับจำนวน 8 ข้อ พัฒนาโดย Luxford และ Bretz (2014) มาตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนประเทศสโลวาเกียที่มีอายุ 15 – 16 ปี จำนวน 330 คน ได้ผลการวิจัยดังนี้ คะแนนเฉลี่ยของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบอย่างง่ายอยู่ที่ช่วง 10.58 ± 3.34 คะแนน ส่วนคะแนนเฉลี่ยของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบ 2 ระดับอยู่ที่ช่วง 7.88 ± 2.71 และพบว่ามีข้อสอบจำนวน 4 ข้อที่เป็นข้อสอบยากและอำนาจจำแนกต่ำสำหรับกลุ่มตัวอย่าง ส่วนในเรื่องของค่าความเที่ยง พบว่าทั้งแบบสอบแบบเลือกตอบและแบบเลือกตอบ 2 ระดับ มีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคค่าเท่ากับ 0.58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ พบว่ารูปแบบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จากการวิจัยที่ผ่านมา แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ได้แก่ แบบสอบแบบใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Model) และแบบสอบแบบเลือกตอบหลายระดับ (Multiple-tier diagnostic test) โดยแบบสอบแบบเลือกตอบหลายระดับเป็นที่นิยมในการตรวจสอบความรู้รอบของผู้เรียนในเรื่องพันธะเคมี ซึ่งมีตั้งแต่แบบสอบ 2 ระดับ และแบบสอบแบบ 3 ระดับ อย่างไรก็ตามการใช้แบบสอบแบบเลือกตอบหลายระดับยังคงมีข้อจำกัดในการจำแนกจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของผู้สอบ เช่น แบบ 2 ระดับ ที่ประกอบด้วยข้อคำถามหลักและข้อเหตุผลของการตอบข้อคำถามหลักที่ไม่สามารถจำแนกผู้สอบที่ตอบถูกกับผู้สอบที่เดาคำตอบได้ และผู้สอบอาจจะเดาคำตอบจากเหตุผลที่โจทย์ให้มาได้ ส่วนแบบสอบ 3 ระดับถึงแม้จะมีการใส่ระดับความมั่นใจในการตอบเข้ามาวัดผู้สอบ แต่ระดับดังกล่าวไม่สามารถจำแนกได้

อย่างแม่นยำว่าผู้สอบมีความมั่นใจในระดับใด เนื่องจากระดับความมั่นใจในตัวเลือกของข้อสอบอาจไม่ตรงกับความมั่นใจของตัวผู้สอบเอง อีกทั้งยังไม่สามารถจำแนกได้ว่า ระดับความมั่นใจที่ผู้สอบเลือกเป็นความมั่นใจของคำตอบในข้อย่อยที่ 1 หรือข้อย่อยที่ 2 ในขณะที่โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญานั้น เป็นโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบที่สร้างขึ้นกับทักษะ (skill) ที่ข้อสอบแต่ละข้อมุ่งวัด ซึ่งสามารถนำมาใช้จำแนกทักษะ ของผู้สอบได้ว่าผู้สอบมีความจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในด้านใดบ้าง จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศของผู้วิจัยพบว่าการใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไปประยุกต์ใช้กับแบบสอบวินิจฉัยในเนื้อหาพันธะไอออนิกในรายวิชาเคมียังไม่เป็นที่แพร่หลาย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำโมเดลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบเลือกตอบในการวิจัยครั้งนี้

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาและการให้ข้อมูลป้อนกลับ

ผู้วิจัยแบ่งหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ออกเป็น 5 ประเด็น ประกอบด้วย 3.1) ความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 3.2) โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 3.3) การตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว (Q-matrix) 3.4) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 3.5) แนวคิดเกี่ยวกับการให้ข้อมูลป้อนกลับ โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

3.1) ความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

De La Torre (2011) ได้อธิบายความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไว้ว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive diagnosis model, CDM) คือ โมเดลตัวแปรแฝงที่สร้างขึ้นมาสำหรับประเมินผู้เรียนว่ามีจุดแข็งหรือจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะชุดหนึ่ง ซึ่งในโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาได้มีการเรียกทักษะ (skill) ว่าเป็นคุณลักษณะ (attribute) และมีการนำเสนอในรูปของเมทริกซ์ที่กำหนดค่าเพียง 2 ค่า (binary vector) โดยในปัจจุบันมีโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาหลายโมเดล ตัวอย่าง เช่น the deterministic inputs, noisy “and” gate, the reduced reparametrized unified model, the log-linear CDM และ general diagnostic model (GDM) แต่ยังไม่มีการยืนยันให้ชัดเจนว่าโมเดลที่แตกต่างกันจะเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ที่ต่างกันหรือไม่ หรือยังไม่มีการระบุขอบเขตความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลที่ชัดเจน นอกจากนั้น การประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยสูตรการคำนวณที่แตกต่างกันมาก และการเปรียบเทียบความสอดคล้องสัมพัทธ์ของข้อสอบข้อหนึ่งนั้นยังคงเป็นสิ่งที่ท้าทาย

ณภัทร ชัยมงคล (2560) ได้ให้ความหมายของการประเมินเพื่อวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ไว้ว่า การประเมินเพื่อวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Assessment, CDA) เป็นการประเมินผู้เรียนว่า ผู้เรียนมีความรอบรู้หรือจุดแข็ง (Mastery) หรือมีทักษะทางจิตวิทยาดังกล่าวเป็นจุดที่ควรปรับปรุง ส่วนโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Model: CDM) เป็นการระบุปฏิสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางจิตวิทยาและคุณลักษณะของข้อสอบที่ใช้ในการวัด ทั้งนี้ การประเมินเพื่อวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจะมีความเฉพาะเจาะจงมากกว่าโมเดลการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory Model : IRT) เนื่องจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องประมาณแบบเป็นเอกมิติ (unidimension) และมีการระบุข้อมูลในรูปของคุณลักษณะหรือทักษะ (attribute) ซึ่งเป็นตัวแปรประเภทไม่ต่อเนื่อง (discrete) และประกอบด้วยค่าเพียง 2 ค่า (dichotomous) ได้แก่ 1 หมายถึง ผู้เรียนมีจุดแข็งหรือผ่านในทักษะนั้น และ 0 หมายถึง ผู้เรียนมีจุดที่ควรปรับปรุงหรือไม่ผ่านในทักษะ โดยทักษะทั้งหมดจะจัดอยู่ในรูปของรูปแบบ (pattern, $\boldsymbol{\alpha}$ เมื่อ $\boldsymbol{\alpha} = [\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_K]$) ซึ่งเป็นคุณลักษณะแฝง (latent trait) และเป็นเวคเตอร์ที่มีทั้งหมด K ทักษะ ซึ่งข้อสอบแต่ละข้อในการวินิจฉัยจะประกอบไปด้วยเวคเตอร์ตัวแทนของทักษะที่ต้องการ หรือเวคเตอร์ q เมื่อ q_{jk} คือ เวคเตอร์ q ที่มี 2 ค่า โดยมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อ ข้อสอบข้อ j ไม่ต้องการทักษะที่ k ใน/การตอบ และมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อข้อสอบข้อ j ต้องการทักษะที่ k ในการตอบ ดังนั้นแบบสอบทั้งฉบับจะมีความยาวข้อสอบทั้งหมด J ข้อ และวัดทักษะทั้งหมด K ทักษะ ซึ่งเรียกเวคเตอร์ทั้งหมดที่มีความยาว J นี้ว่า เมทริกซ์คิว (Q-matrix) ที่ขนาด J X K มิติ หากการประเมินเพื่อวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามีคุณภาพ จะสามารถประมาณค่าคุณลักษณะแฝงของผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง และสามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็นรูปแบบทักษะ ได้ทั้งหมด 2^K คุณลักษณะ เช่น เมื่อ K = 3 รูปแบบเวคเตอร์ตัวอย่าง คือ $\boldsymbol{\alpha}$ = (011) หมายความว่า ผู้เรียนที่มีทักษะที่ 2 และ 3 เป็นจุดแข็ง และทักษะที่ 1 เป็นจุดที่ควรปรับปรุง จากที่กล่าวไว้เบื้องต้นว่าโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ให้ความสำคัญเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างทักษะที่ใช้วัดกับข้อสอบที่สร้างขึ้นในเมทริกซ์คิว (ณภัทร, 2561 อ้างถึงใน de la Torre & Minchen, 2014) ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เมทริกซ์ข้อมูลผลการตอบข้อสอบ (response data) และ เมทริกซ์ถ่วงน้ำหนัก (weight matrix) หรือเมทริกซ์คิว (Q-matrix) ซึ่งเมทริกซ์ทั้งสองจะถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ และมีรูปแบบการตอบสนองแบบ 2 ค่า ซึ่งในการเก็บข้อมูลผลการตอบข้อสอบจะถูกบันทึกอยู่ในเมทริกซ์ X ที่มีขนาด I X J มิติ และมีเวคเตอร์ x_{ij} เป็นองค์ประกอบ เมื่อ i แทนผลการตอบข้อสอบของผู้สอบ i ในข้อสอบข้อที่ j หาก x มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่า ผู้เรียนตอบข้อสอบข้อ j ถูก และ 0 แสดงว่า ผู้เรียนตอบข้อสอบข้อ j ผิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Ma and de la Torre (2020a) ได้อธิบายความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไว้ว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา คือ โมเดลที่มีจุดประสงค์ในการจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มตามคุณสมบัติที่เป็นตัวคุณลักษณะแฝงแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete latent trait) โดยเรียกคุณสมบัติดังกล่าวว่า คุณลักษณะ (attribute) หรือทักษะ (skill) โดยแต่ละคุณลักษณะที่ศึกษามักเป็นเป็นตัวแปรเพียง 2 ระดับในการระบุว่าผู้เรียนมีจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในคุณลักษณะเฉพาะด้านต่าง ๆ อีกทั้งในปัจจุบันมีการใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย โดยโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ เมทริกซ์คิว (Q-matrix) ซึ่งพัฒนาโดยผู้เชี่ยวชาญและตรวจสอบความถูกต้องด้วยการวิเคราะห์โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และอีกองค์ประกอบ คือ Condensation Rule ซึ่งอธิบายโอกาสในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้อย่างถูกต้องของผู้สอบที่มีคุณลักษณะรูปแบบต่าง ๆ

Ma and de la Torre (2020b) ได้อธิบายความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไว้ว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา คือ ชุดของโมเดลทางจิตวิทยาที่มีจุดประสงค์ในการแบ่งกลุ่มบุคคลตามลักษณะของทักษะแฝง โดยเรียกทักษะ (skill) ว่า คุณลักษณะ (attribute) และจะแสดงอยู่ในรูปของตัวแปรแฝงแบบ 2 ค่า (binary) ซึ่งบ่งชี้คุณลักษณะที่บุคคลนั้น ๆ มีความสามารถหรือไม่มีความสามารถ ในบริบททางการศึกษา การวิเคราะห์โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา สามารถนำไปสู่การวินิจฉัยทักษะความสามารถของผู้เรียนว่ามีจุดเด่นและจุดอ่อนอย่างไร เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการสอนของครูให้เหมาะกับการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนั้นโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญายังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับศาสตร์สาขาอื่น ๆ ได้อีกด้วย เช่น การวินิจฉัยความผิดปกติทางจิตวิทยา และการคัดเลือกบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Nájera et al. (2019) ให้ความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไว้ว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา คือ โมเดลทางสถิติซึ่งเป็นโมเดลพหุมิติของตัวแปรแฝงที่สามารถจำแนกผู้สอบอย่างแม่นยำด้วยการใช้กลุ่มของตัวแปรแฝงแบบไม่ต่อเนื่องให้อยู่ในรูปของเวคเตอร์ โดยเรียกตัวแปรแฝงว่า คุณลักษณะ (attribute) ซึ่งหมายถึง ทักษะหรือกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่ผู้สอบควรมีหรือจุดแข็งเพื่อใช้ในการทำข้อสอบ แบ่งเป็น 2 ค่า คือ จุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุง หรือมากกว่า 2 ค่า เช่น สมรรถนะต่ำ สมรรถนะปานกลาง และสมรรถนะสูง โดยโมเดลนี้จำเป็นต้องใช้เมทริกซ์คิว (Q-matrix) ในการบ่งชี้คุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้สอบจากการทำข้อสอบแต่ละข้อ ช่วยให้สามารถพิจารณาจุดเด่นและจุดด้อยของผู้สอบได้อย่างแม่นยำ และช่วยให้ผู้ใช้วางแผนการสอนให้สามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาของผู้เรียนจำเป็นต้องบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ในส่วนของคุณลักษณะมักเขียนอยู่ในรูป K ซึ่งสามารถแปลความหมายได้ว่า ผู้สอบคนที่ i จะมีโปรไฟล์คุณลักษณะ

$\alpha_i = [\alpha_{i1}, \alpha_{i2}, \ldots, \alpha_{iK}]$ ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่กำหนดค่าเพียง 2 ค่า หาก α_{ik} มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง ผู้สอบคนที่ i มีจุดแข็งในคุณลักษณะ k ส่วน α_{ik} มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง ผู้สอบคนที่ i มีจุดที่ควรปรับปรุงในคุณลักษณะ k ซึ่งการระบุโปรไฟล์คุณลักษณะนี้จะเหมาะสำหรับคุณลักษณะที่สามารถแบ่งออกเป็น 2 ค่า จึงทำให้เวคเตอร์ของกลุ่มแฝง (latent class) ที่เป็นองค์ประกอบในโปรไฟล์คุณลักษณะซึ่งแตกต่างกันทั้งหมด 2^K กลุ่ม และ แต่ละกลุ่มมีสัญลักษณ์เป็น α_l โดยที่ $1 \leq l \leq 2^K$ ส่งผลให้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาชนิดต่าง ๆ เขียนสัญลักษณ์เป็น $P(X_j=1|\alpha_l)$ หรือ โอกาสที่กลุ่มแฝง l จะตอบข้อสอบข้อ j ได้ถูกต้อง

จากงานวิจัยต่าง ๆ ข้างต้น สามารถสรุปความหมายของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาได้ว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Model: CDM) คือ โมเดลทางสถิติที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะหรือทักษะทางจิตวิทยากับคุณลักษณะของข้อสอบที่ใช้ในการตรวจสอบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของผู้สอบ โดยมีจุดประสงค์ในการจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มที่มีรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในคุณลักษณะหรือทักษะที่แตกต่างกันโดยอาศัยเมทริกซ์คิว (Q-matrix) ซึ่งมีขนาด J x K มิติ เมื่อกำหนดให้ K แทน จำนวนคุณลักษณะที่ใช้ในการทำข้อสอบ และ J คือ จำนวนข้อสอบของแบบสอบ นอกจากนั้นการกำหนดค่าของคุณลักษณะมักกำหนดเพียง 2 ค่า (dichotomous) ได้แก่ 1 เมื่อผู้สอบมีทักษะนั้นเป็นจุดแข็ง และ 0 เมื่อผู้สอบมีทักษะนั้นเป็นจุดที่ควรปรับปรุง ส่งผลให้สามารถจำแนกกลุ่มผู้สอบตามคุณลักษณะออกเป็น 2^K กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีรูปแบบคุณลักษณะที่แตกต่างกันซึ่งเขียนอยู่ในของรูปแบบ (pattern, α เมื่อ $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2 \ldots \alpha_K]$) ที่เป็นเวคเตอร์คุณลักณะแฝง และใช้เมทริกซ์คิว (Q-matrix) ในการบ่งชี้ทักษะของผู้สอบจากการตอบข้อสอบแต่ละข้อ และกำหนดขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ส่งผลให้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาช่วยให้ผู้สอนวางแผนในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนา หรือแก้ไขทักษะของผู้เรียนให้มีสมรรถนะในการเรียนรู้ที่สำคัญ ตรงตามจุดประสงค์ของการศึกษานั่นเอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2) โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

ในส่วนของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่สามารถพบได้ในการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา มีรายละเอียด ดังนี้

Ma and de la Torre (2020b) ได้เสนอกรอบแนวคิดของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจีไดนา (G-DINA) ไว้ว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแบบ *generalized deterministic inputs, noisy "and" gate* หรือโมเดลจีไดนา (G-DINA) มีการกำหนดให้แบบสอบมีจำนวน J ข้อ ที่ใช้วัดคุณลักษณะหรือทักษะแบบสองค่า จำนวน K ทักษะ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและทักษะกำหนดเป็นเมทริกซ์ คิวขนาด J x K หาก q_{jk} มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง ข้อสอบข้อ j วัดทักษะ k หากมีค่า

เท่ากับ 0 หมายถึง ข้อสอบข้อ j ไม่ได้วัดทักษะ k และจำนวนรูปแบบทักษะของผู้สอบที่พบมีจำนวนเท่ากับ 2^K รูปแบบ ซึ่งแสดงถึงกลุ่มของผู้ที่มีจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะที่แตกต่างกัน และสามารถระบุรูปแบบความจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะของผู้สอบกลุ่ม c ได้ดังนี้ $\boldsymbol{\alpha}_c = [\alpha_{c1},..., \alpha_{cK}]^T$ เมื่อ α_{ck} มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าผู้สอบกลุ่ม c มีจุดแข็งในทักษะ k และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อ ผู้สอบกลุ่ม c มีจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะ k โดย T แสดงถึง transposition สำหรับการวิเคราะห์โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจำเป็นต้องระบุฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ (item response function) ของความสัมพันธ์ระหว่างการตอบข้อสอบ รูปแบบทักษะของผู้สอบ และโมเดลสำหรับการแจกแจงทักษะร่วม (joint attribute distribution) ที่ช่วยให้ทราบสัดส่วนของกลุ่มผู้สอบที่มีรูปแบบทักษะต่าง ๆ ในประชากรที่กำหนด

ในส่วนของฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Function) ของโมเดลจีไดนา เมื่อข้อสอบข้อ j ไม่ต้องการจุดแข็งในทุกทักษะในการตอบให้ถูก จะส่งผลให้โมเดลจีไดนา ที่มี 2^K รูปแบบ กลายเป็น $2^{K_j^*}$ กลุ่ม เมื่อ $K_j^* = \sum_{k=1}^{K} q_{jk}$ โดย K หมายถึงทักษะที่จำเป็นต่อข้อสอบข้อ j และ $\boldsymbol{\alpha}_{lj}^*$ คือ เวคเตอร์ลดรูปของทักษะที่แถวแนวตั้งแสดงทักษะที่จำเป็น เมื่อ l = 1,...,$2^{K_j^*}$ เมื่อ โอกาสที่ผู้สอบ i ซึ่งมีโปรไฟล์ทักษะเป็น $\boldsymbol{\alpha}_c$ ที่ตอบข้อสอบข้อ j ได้ถูกต้อง จะสามารถเขียนได้เป็น $P(Y_{ij} = 1|\boldsymbol{\alpha}_c) = P_j(\boldsymbol{\alpha}_c)$ และหากผู้สอบที่มีรูปแบบทักษะ c เป็นผู้สอบกลุ่ม l จะได้ $P_j(\boldsymbol{\alpha}_c) = P(\boldsymbol{\alpha}_{lj}^*)$ เมื่อ j ใน $P(\boldsymbol{\alpha}_{lj}^*)$ ถูกลดรูปเพื่อเลี่ยงความซ้ำซ้อน จึงสามารถเขียนสมการฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ (IRF) ของโมเดลจีไดนา ได้ ดังนี้

$$g[P(\alpha_{lj}^*)] = \delta_{j0} + \sum_{k=1}^{K_j^*} \delta_{jk}\alpha_{lk} + \sum_{k'=k+1}^{K_j^*} \sum_{k=1}^{K_j^*-1} \delta_{jkk'}\alpha_{lk}\alpha_{lk'} + ... + \delta_{j12...K_j^*} \prod_{k=1}^{K_j^*} \alpha_{lk}$$

เมื่อ $g[\,]$ คือ log หรือ logit link function ของฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ

δ_{j0} คือ จุดตัดแกนของข้อสอบข้อ j

δ_{jk} คือ อิทธิพลหลักเนื่องจาก α_k

$\delta_{jkk'}$ คือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่าง α_k กับ $\alpha_{k'}$

$\delta_{j12\ldots K_j^*}$ คือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์เนื่องจาก α_k ,..., $\alpha_{K_j^*}$

เมื่อทำการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการจะสามารถวิเคราะห์โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาอื่น ๆ นอกเหนือจากโมเดลจีไดนาได้ เช่น ไดนา (DINA) ไดโน (DINO) แอลแอลเอ็ม (LLM) และ อาร์รัม (R-RUM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Nájera et al. (2019) อธิบายเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาประเภทต่าง ๆ ไว้ว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ โมเดลลดรูป (reduced model) เนื่องจากเป็นโมเดลย่อยในโมเดลแบบทั่วไป (general model) ได้แก่

- โมเดล *deterministic input, noise* "and" *gate* (DINA) เป็นโมเดลลดรูปซึ่งเป็นที่รู้จักกันมากที่สุด ซึ่งกำหนดว่า ผู้ที่มีคุณลักษณะจำเป็นในการทำข้อสอบครบทุกคุณลักษณะเท่านั้นถึงจะทำข้อสอบได้ถูกต้อง
- โมเดล *deterministic input noise* "or" *gate* (DINO) เป็นโมเดลลดรูปที่กำหนดว่า ผู้ที่มีคุณลักษณะจำเป็นในการทำข้อสอบเพียง 1 คุณลักษณะ จะสามารถทำข้อสอบได้ถูกต้อง
- โมเดล *the noisy input, deterministic output* "and" *gate* (NIDA) เป็นโมเดลลดรูปที่มีการปรับพารามิเตอร์ให้เป็นหน่วยเดียวกัน (reduced reparameterized unified model) และเป็นโมเดลที่มีการชดเชย (compensatory model)
- โมเดล addictive CDM และ the linear logistic model เป็นโมเดลลดรูปที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ แต่โครงสร้างค่อนข้างยากที่จะเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น ๆ
- โมเดล the loglinear CDM เป็นโมเดลที่พัฒนามาจากโมเดล the linear logistic model ที่มีความยืดหยุ่นและสามารถนำไปใช้กับข้อมูลได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น
- โมเดล generalized DINA (G-DINA) เป็นโมเดลที่สามารถวิเคราะห์โมเดลดรูปต่าง ๆ ที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ และสามารถเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูลระหว่างโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาต่างชนิดกันได้ภายในการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว โดยโมเดลจีไดนา มีสูตรในการคำนวณโอกาสในการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง โดยคิดจากผลรวมระหว่างอิทธิพลจากทักษะแต่ละตัวร่วมกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ ดังนี้

$$P(\alpha_{lj}^{*}) = \delta_{j0} + \sum_{k=1}^{K_j^{*}} \delta_{jk}\alpha_{lk} + \sum_{k'=k+1}^{K_j^{*}} \sum_{k=1}^{K_j^{*}-1} \delta_{jkk'}\alpha_{lk}\alpha_{lk'} + \ldots + \delta_{j12\ldots K_j^{*}} \prod_{k=1}^{K_j^{*}} \alpha_{lk}$$

เมื่อ α_{lj}^{*} คือ เวคเตอร์คุณลักษณะแบบลดรูปที่เกี่ยวข้องกับการตอบข้อสอบข้อ j

δ_{j0} คือ โอกาสพื้นฐานในการตอบข้อสอบข้อ j ถูก

δ_{jk} คือ อิทธิพลหลักเนื่องจาก α_k

$\delta_{jkk'}$ คือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์เนื่องจาก α_k กับ $\alpha_{k'}$

$\delta_{j12\ldots K_j^{*}}$ คือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์เนื่องจาก $\alpha_k,\ldots,\alpha_{k'}$

ณภัทร ชัยมงคล (2560) อธิบายเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลไดนา ไว้ว่า โมเดลไดนา (Deterministic inputs, noisy and gate: DINA model) เป็นโมเดลที่มีคุณลักษณะ 2 ประการ ได้แก่

1. เป็นโมเดลที่ไม่มีการชดเชย หรือ ไม่ยอมให้ผู้เรียนที่มีทักษะอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดในข้อ j มีโอกาสทำข้อสอบได้ถูกต้อง โดยสามารถอธิบายได้จากสมการ

$$\eta_{ij} = \prod_{k=1}^{K} \alpha_{ik}^{qjk} \in [0,1]$$

หากผู้เรียนคนที่ i มีจำนวนทักษะครบตามที่ข้อสอบข้อ j ต้องการ จะส่งผลให้ค่า η_{ij} เท่ากับ 1 และหากผู้เรียนคนดังกล่าวขาดทักษะใดทักษะหนึ่งในการตอบข้อสอบข้อ j จะทำให้ค่า η_{ij} เท่ากับ 0 นอกจากนั้นยังมีค่าพารามิเตอร์การเดา (guessing, g_j) สำหรับผู้เรียนที่บังเอิญเดาคำตอบได้ถูกต้อง ถึงแม้ว่ามีจำนวนทักษะไม่เพียงพอต่อการตอบข้อสอบ และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (slip, s_j) สำหรับผู้เรียนที่มีทักษะครบตามที่ข้อสอบข้อ j ต้องการ แต่พลาดทำข้อสอบผิด

2. โอกาสในการตอบข้อสอบถูกจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อผู้ตอบมีทักษะที่ข้อสอบข้อ j กำหนดไว้ ดังสมการ

$$P\left(X_{ij} = 1 \middle| \alpha_i, g_i, s_j\right) = (1 - s_j)^{\eta_{ij}} \cdot g_j^{1-\eta_{ij}}$$
$$= \begin{cases} 1-s_j & \text{for } \eta_{ij}=1 \\ g_j & \text{for } \eta_{ij}=0 \end{cases}$$

ในโมเดลไดนา มีความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบข้อ j ถูกอยู่ 2 ค่า คือ g_j และ $1 - s_j$ โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก g_j ถึง $1 - s_j$ เมื่อผู้สอบตอบคำถามในทักษะที่ต้องการได้ถูกในทุกทักษะ ซึ่งจะทำให้ค่า η_{ij} ไม่เป็น 0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุมาลี มีสกุล และคณะ (2558) อธิบายเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไว้ว่า ในปัจจุบันการนำทฤษฎีเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามาประยุกต์ใช้กับแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์แบบปรนัยยังคงอยู่ในวงจำกัด ทั้ง ๆ ที่ในปัจจุบันมีความพร้อมทางด้านเครื่องมือและเทคโนโลยีในการวินิจฉัยดังกล่าวค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาระหว่างโมเดลจีไดนา กับโมเดลไดนา ในการวินิจฉัยทักษะการแก้ไขปัญหาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 จำนวน 1,214 คน พบว่าโมเดลจีไดนา มีประสิทธิภาพในการวินิจฉัยทักษะการแก้ไขปัญหาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดได้ดีกว่าไดนา เนื่องจากมีค่าดัชนีสอดคล้องของโมเดลเชิงสัมบูรณ์ และสัมพัทธ์ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Basokcu, Ogretmen and

Kelecioglu (2013) ซึ่งเกิดจาก โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลจีไดนา เป็นโมเดลแบบชดเชย (Compensatory model) ที่มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ยืดหยุ่นมากกว่าโมเดลไดนา โดยมีแนวคิดที่ว่า นักเรียนที่มีทักษะสอดคล้องกับทักษะที่ใช้ในการตอบข้อสอบจำนวนมาก จะต้องมีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกมากกว่านักเรียนที่มีทักษะที่น้อยกว่าหรือไม่มีทักษะใด ๆ เลย โดยผู้สอบที่มีทุกทักษะเป็นจุดแข็งใช้ในการตอบข้อสอบจะโอกาสในการตอบข้อสอบถูกสูงที่สุด และผู้สอบที่มีทุกทักษะที่ใช้ในการตอบข้อสอบเป็นจุดที่ควรปรับปรุง จะมีโอกาสในการตอบข้อสอบต่ำสุด ในขณะที่โมเดลไดนา นั้นเป็นโมเดลแบบไม่ชดเชย (Non-compensatory model) มีความยืดหยุ่นน้อยกว่า เนื่องจากมีการกำหนดให้เฉพาะผู้สอบที่จุดแข็งครบทุกทักษะใช้ในการตอบข้อสอบเท่านั้นที่มีจะโอกาสในการตอบข้อสอบถูกสูงที่สุด ส่วนผู้สอบที่ขาดทักษะในการตอบข้อสอบตั้งแต่ 1 ทักษะเป็นต้นไป จะมีโอกาสในการตอบข้อสอบต่ำสุด ส่งผลให้โมเดลจีไดนา เหมาะสมต่อการวินิจฉัยกลุ่มผู้สอบที่มีจุดแข็งในทักษะต่าง ๆ ที่หลากหลาย และเหมาะกับข้อสอบวินิจฉัยที่วัดทักษะจำนวนภายใน 1 ข้อมากกว่าโมเดลไดนา แต่อย่างไรก็ตามการที่โมเดลไดนา มีการประมาณค่าโอกาสในการตอบข้อสอบถูกเฉพาะผู้สอบที่มีจุดแข็งในทุกทักษะ และผู้สอบที่ขาดทักษะในการตอบข้อสอบตั้งแต่ 1 ทักษะเป็นต้นไป ส่งผลให้มีการประมาณค่าพารามิเตอร์น้อยกว่าโมเดลจีไดนา ส่งผลให้โมเดลไดนา มีความประหยัดในทางสถิติมากกว่าโมเดลจีไดนา

De La Torre (2011) ได้อธิบายเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดล DINO, Addictive CDM, NIDA, G-NIDA และ Reduced RUM ไว้ดังนี้

1. โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแบบ *deterministic input, noisy "or" gate* (DINO; Templin & Henson, 2006) มีการคำนวณความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ดังฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ (IRF) ดังนี้

$$P(\alpha_{lj}^{*}) = \begin{cases} g_j^{'} \text{ หาก } \alpha_{lj}^{*} = 0_{K_j^{*}} \\ 1 - s_j^{'} \text{ ในกรณีตรงข้าม} \end{cases}$$

จากฟังก์ชันของโมเดลไดโนจะมีความแตกต่างจากโมเดลไดนา ตรงที่ทุกกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่มีทุกทักษะเป็นจุดที่ควรปรับปรุง จะมีโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกเท่ากันหมด นอกจากนั้นโมเดล DINO ยังสามารถคำนวณได้จากโมเดลจีไดนา อีกด้วย โดยกำหนดพารามิเตอร์ของโมเดลจีไดนา ให้เป็นดังสมการต่อไปนี้

$$\delta_{jk} = -\delta_{jk^{'}k^{''}} = \cdots = (-1)^{K_j^{*}+1}\delta_{j12\ldots K_j^{*}}$$

เมื่อ k = 1,..., K_j^*, k' = 1,..., K_j^*- 1 และ k''>k',..., K_j^* แสดงว่าค่าอิทธิพลหลักและอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ถูกจำกัดให้มีค่าเท่ากัน โดยที่ค่าพารามิเตอร์การเดา (g_j) ของโมเดล DINO หมายถึง ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกสำหรับผู้สอบที่มีทุกทักษะเป็นจุดที่ควรปรับปรุงในการตอบข้อสอบข้อที่ j (ตรงข้ามกับไดนา ที่มีจุดที่ควรปรับปรุงอย่างน้อย 1 ทักษะ) และโอกาสในการตอบถูกโดยที่ไม่เกิดความสะเพร่า (1 - s_j) หมายถึง ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกโดยไม่เกิดความสะเพร่าของผู้สอบที่มีทักษะในการตอบข้อสอบข้อที่ j อย่างน้อย 1 ทักษะ (ตรงข้ามกับไดนา ที่ต้องใช้ครบทุกทักษะที่ข้อสอบข้อ j ต้องการ)

2. โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแบบ *addictive CDM* (A-CDM) ได้จากการปรับอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในโมเดลจีไดนา ให้เป็นศูนย์ทั้งหมด โดยเหลือไว้เพียงพารามิเตอร์การเดาและอิทธิพลหลัก ซึ่งมีการคำนวณความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ดังฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ (IRF) ดังนี้

$$P(\alpha_{lj}^*) = \delta_{j0} + \sum_{k=1}^{K_j^*} \delta_{jk}\alpha_{lk}$$

จากฟังก์ชันดังกล่าวของโมเดล A-CDM พบว่า A-CDM มีข้อตกลงเบื้องต้นในการศึกษาอิทธิพลทางตรงของทักษะที่มีผลต่อความน่าจะเป็นต่อการตอบข้อสอบที่ถูกต้องเท่านั้น โดยไม่คำนึงถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างทักษะ ส่งผลให้โมเดล A-CDM มีความตรงไปตรงมามากกว่าโมเดลจีไดนา ที่ยืดหยุ่นทักษะต่าง ๆ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันได้

3. โมเดล *noisy inputs, deterministic* "and" *gate* (NIDA; Junker & Sijtsma, 2001) จัดเป็นโมเดล Log CDM โดยมีความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ดังฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ (IRF) ดังนี้

Chulalongkorn University

$$P(\alpha_{lj}^*) = \prod_{k=1}^{K}[g_k^{\alpha_{lk}}(1-s_k)^{1-\alpha_{lk}}]^{q_{jk}}$$

$$= \prod_{k=1}^{K_j^*} g_k^{\alpha_{lk}}(1-s_k)^{(1-\alpha_{lk})}$$

ในโมเดล NIDA จะกำหนดพารามิเตอร์การเดาและความสะเพร่าตามคุณลักษณะหรือทักษะไม่ใช่ที่ข้อสอบแต่ละข้อ โดยที่ทักษะ k จะสามารถระบุโอกาสการเดา (g_k) ข้อสอบได้ถูกเมื่อ α_{lk} = 0 และสามารถระบุโอกาสการตอบข้อสอบถูกโดยไม่เกิดความสะเพร่า (1 – s_k) ได้เมื่อ α_{lk} = 1 ส่งผลให้โมเดล NIDA เป็นโมเดลการวินิจฉัยที่ค่อนข้างจำกัดเนื่องจากข้อสอบทุกข้อมีค่าการเดาและ

ความสะเพร่าเท่ากันหมด จึงมีการพัฒนาเดล generalized NIDA (G-NIDA) ที่ขยายการระบุพารามิเตอร์การเดาและอำนาจจำแนกของแบบสอบรายข้อ โดยมีความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ดังฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ ดังนี้

$$P(\alpha_{lj}^{*}) = \prod_{k=1}^{K_j^{*}} g_{jk}^{(1-\alpha_{lk})}(1-s_{jk})^{\alpha_{lk}}$$

$$= \prod_{k=1}^{K_j^{*}} g_{jk} \times \prod_{k=1}^{K_j^{*}} \left(\frac{1-s_{jk}}{g_{jk}}\right)^{\alpha_{lk}}$$

เมื่อปรับเป็นฟังก์ชัน logarithm จะได้

$$\log[P(\alpha_{lj}^{*})] = \sum_{k=1}^{K_j^{*}} \log(g_{jk}) + \sum_{k=1}^{K_j^{*}} \alpha_{lk} \log\left(\frac{1-s_{jk}}{g_{jk}}\right)$$

$$= \nu_{j0} + \sum_{k=1}^{K_j^{*}} \nu_{jk}\alpha_{lk}$$

เมื่อ $\nu_{j0} = \sum_{k=1}^{K_j^{*}} \log(g_{jk})$ และ $\nu_{jk} = \log\left(\frac{1-s_{jk}}{g_{jk}}\right)$ โดยพบว่าโมเดล G-NIDA ไม่คำนึงถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ และมีการประมาณพารามิเตอร์ (parameter estimation) ทั้งหมด $K_j^{*} + 1$ พารามิเตอร์

4. โมเดล Reduced RUM (R-RUM) จัดเป็น โมเดล Log CDM ที่มีความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ดังฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ ต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$$P(\alpha_{lj}) = \pi_j^{*} \prod_{k=1}^{K} r_{jk}^{*\, q_{jk}\times(1-\alpha_{lk})}$$

ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$P(\alpha_{lj}^{*}) = \pi_j^{*} \prod_{k=1}^{K} r_{jk}^{*} \times \prod_{k=1}^{K} \left(\frac{1}{r_{jk}^{*}}\right)^{\alpha_{lk}}$$

เมื่อ $\pi_j^{*} \prod_{k=1}^{K} r_{jk}^{*} = \prod_{k=1}^{K_j^{*}} g_{jk}$ และ $r_{jk}^{*} = g_{jk}/(1-s_{jk})$ ส่งผลให้ R-RUM เป็นโมเดลทางเลือกของโมเดล G-NIDA ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ และเป็นหนึ่งในโมเดล log CDM

ศุภามณ จันทร์สกุล และสุกัญญา บุญศรี (2560) ได้อธิบายเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลจีไดนา และไดนา ไว้ว่า โมเดลไดนา เป็นโมเดลที่ไม่มีการชดเชย โดยมีข้อตกลงว่าทักษะหนึ่งไม่สามารถถูกชดเชยด้วยทักษะอีกทักษะหนึ่งที่มีค่าสูงกว่า กล่าวคือ ผู้สอบจะตอบข้อสอบถูกเมื่อมีทักษะที่ข้อสอบข้อนั้นกำหนดทุกทักษะเท่านั้น โดยโมเดลไดนา มีการจัดรูปแบบการตอบข้อสอบของผู้สอบในรูปเมทริกซ์การตอบ ที่มี N X J มิติ โดย N คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด J คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมด y_{ij} คือ ผู้สอบคนที่ i ที่ตอบข้อสอบข้อ j ได้ถูกต้อง α_{ik} คือ ทักษะที่ผู้สอบคนที่ i เป็นจุดแข็ง โดยมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ ผู้สอบคนที่ i มีจุดแข็งในทักษะ k และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อผู้สอบคนที่ i มีจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะ i ดังนั้นผู้สอบแต่ละคนจะมีโปรไฟล์ทักษะ (α_i) ที่เป็นเวคเตอร์แบบ 2 ค่า (binary vector) ของทักษะทั้งหมด K ทักษะที่แบบสอบชุดนั้น ๆ ต้องการวัด ซึ่งผู้เรียนที่มีจุดแข็งในทุกทักษะจะมีความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องดังสมการ

$$\xi ij = \prod_{k=1}^{k} \alpha_{ik}^{q_{jk}}$$

จากสมการ ξij มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อ ผู้สอบมีจุดแข็งครบทุกทักษะที่จำเป็นต่อการตอบข้อสอบข้อ j และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อ ผู้สอบขาดทักษะที่จำเป็นอย่างน้อย 1 ทักษะ โดยข้อสอบแต่ละข้อจะมีพารามิเตอร์ความสะเพร่า (slip, s_j) ที่สามารถเขียนแสดงในรูปสัญลักษณ์ $s_j = P(Y_{ij} = 0| \xi ij = 1)$ โดยอธิบายได้ว่า ผู้สอบตอบข้อสอบผิด ถึงแม้ว่ามีจุดแข็งครบทุกทักษะที่ข้อสอบข้อ j ต้องการ และพารามิเตอร์การเดา (guess, g_j) ที่สามารถเขียนแสดงในรูปสัญลักษณ์ $g_j = P(Y_{ij} = 1| \xi ij = 0)$ โดยอธิบายได้ว่า ผู้สอบตอบข้อสอบถูก ถึงแม้ว่าผู้สอบที่มีจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะที่ข้อสอบข้อ j ต้องการอย่างน้อย 1 ทักษะ ดังนั้นความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบข้อ j ได้ถูกต้อง (y_{ij}) เป็นดังสมการ

$$P(Y_{ij} = 1|\alpha_i, s_j, g_j) = (1-s_j)^{\xi ij} g^{1-\xi ij}$$

จากสมการข้างต้น อธิบายได้ว่า การตอบข้อสอบข้อ j ได้ถูกต้องขึ้นอยู่กับทักษะของผู้สอบ (α_i) พารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และพารามิเตอร์การเดา (g_j) ในขณะที่โมเดลจีไดนา เป็นโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่ชดเชยได้ โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ทักษะที่ต่ำกว่าที่จำเป็นต่อการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง สามารถชดเชยได้ด้วยทักษะบางทักษะที่สูงกว่า กล่าวคือ ทักษะขั้นสูงสามารถชดเชยทักษะขั้นต่ำกว่า ส่งผลให้เกิดการชดเชยโอกาสการตอบข้อสอบข้อดังกล่าวได้ถูกต้อง ดังนั้นจะมีการรวมชุดทักษะไว้ในรูปของผลรวม (sum) ซึ่งหมายถึง ทักษะต่าง ๆ มีอิทธิพลร่วมกันทำให้เกิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลักการบวก (addictive) ส่งผลให้มีอากาสตอบข้อสอบได้สูงขึ้น นอกจากนั้นโมเดลจีไดนาจัดเป็นโมเดลแบบ generalization ของโมเดลไดนา ที่ผ่อนปรนข้อตกลงเบื้องต้น (relaxed assumptions) และสามารถคำนวณความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูก ได้ดังสมการ

$$P(\alpha_{lj}^{*}) = \delta_{j0} + \sum_{k=1}^{K_j^{*}} \delta_{jk}\alpha_{lk} + \sum_{k'=k+1}^{K_j^{*}} \sum_{k=1}^{K_j^{*}-1} \delta_{jkk'}\alpha_{lk}\alpha_{lk'} + \ldots + \delta_{j12\ldots K_j^{*}} \prod_{k=1}^{K_j^{*}} \alpha_{lk}$$

เมื่อ δ_{j0} คือ intercept ของข้อสอบข้อ j

δ_{jk} คือ อิทธิพลหลักเนื่องจาก α_k

$\delta_{jkk'}$ คือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์เนื่องจาก α_k กับ $\alpha_{k'}$

$\delta_{j12\ldots K_j^{*}}$ คือ อิทธิพลปฏิสัมพันธ์เนื่องจาก $\alpha_k,\ldots,\alpha_{k'}$

จุดเด่นของโมเดลจีไดนา เมื่อเปรียบเทียบกับโมเดลไดนา คือ โมเดลจีไดนา ไม่สร้างพารามิเตอร์เพียงค่าเดียว และมีการคำนวณ Posterior probability ของทักษะ โดยใช้ EM algorithm พร้อมกับจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มตามทักษะที่แตกต่างกันทั้งหมด 2^K กลุ่ม ทำให้ทราบโปรไฟล์คุณลักษณะของผู้สอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้แบ่งประเภทของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาตามชนิดของตัวแปรแฝง และรูปแบบการชดเชยของโมเดลไว้ดังตาราง 2.4 โดย Templin and Henson (2010)

ตาราง 2.4 โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจำแนกตามชนิดจองตัวแปรแฝงและรูปแบบการชดเชยของโมเดล

Observed Response Variables	*Latent Predictor Variables*		
	Dichotomous	*Polytomous*	*Model Type*
Dichotomous	RSM		Noncompensatory
	AHM		
	DINA		
	HO-DINA		
	MS-DINA		
	NIDA		
	BIN	BIN	
	MCLCM	MCLCM	
	NC-RUM	NC-RUM	
	RERUM		
	DINO		Compensatory
	NIDO		
	BIN	BIN	
	MCLCM	MCLCM	
	C-RUM	C-RUM	
	GDM	GDM	
	LCDM	LCDM	
Polytomous	RSM		Noncompensatory
	AHM		
	BIN	BIN	
	MCLCM	MCLCM	
	NC-RUM	NC-RUM	
	BIN	BIN	Compensatory
	MCLCM	MCLCM	
	C-RUM	C-RUM	
	GDM	GDM	
	LCDM	LCDM	

ที่มา Templin and Henson (2010)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่มีการกำหนดค่าของทักษะเป็น 2 ค่า (dichotomous latent variable) ประเภทต่าง ๆ นอกจากโมเดลจีไดนา ดังตาราง 2.4 แล้ว พบว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามีอีกหลากหลายประเภท ซึ่งในการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยครั้งนี้สามารถเปรียบเทียบจุดเด่นและข้อจำกัดของโมเดลประเภทต่าง ๆ ได้ดังตาราง 2.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 2.5 จุดเด่นและข้อจำกัดของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาประเภทต่าง ๆ

โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา	จุดเด่น	ข้อจำกัด
DINA	1. มีความประหยัดในการประมาณค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากมีการประมาณค่าน้อยกว่าโมเดลอื่น ๆ 2. เหมาะกับข้อสอบที่มีการวัดทักษะเพียง 1 ทักษะต่อ 1 ข้อ	1. ไม่ยืดหยุ่น เนื่องจากเป็นโมเดลที่ไม่มีการชดเชย ไม่ผ่อนปรนให้นำทักษะอื่น ๆ นอกจากเหนือที่กำหนดมาเพิ่มโอกาสในการทำข้อสอบให้ถูกต้อง (ณภัทร ชัยมงคล, 2560; สุมาลี มีสกุล และคณะ, 2558) 2. มีประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มผู้สอบต่ำกว่าโมเดลจีไดนา (สุมาลี มีสกุล และคณะ, 2558) 3. มีวิธีการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำทางสถิติของเมทริกซ์คิวที่น่าเชื่อถือน้อยกว่าโมเดลจีไดนา) (Nájera et al., 2019)
G-DINA	1. เหมาะกับการวินิจฉัยในผู้สอบที่มีความสามารถแตกต่างกัน มีความยืดหยุ่นในการจำแนกกลุ่มทักษะของผู้สอบที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการชดเชยให้โอกาสในการตอบถูกของผู้สอบที่มีทักษะไม่ครบ มีค่าสูงขึ้นได้ 2. เหมาะกับข้อสอบที่มีการวัดทักษะมากกว่า 1 ทักษะต่อ 1 ข้อ 3. สามารถดัดแปลงเป็นโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาอื่น ๆ ได้ โดยไม่ทำให้ข้อมูลเสียหาย (Ma & de la Torre, 2020b) 4. มีประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มผู้สอบสูงกว่าโมเดลไดนา เนื่องจากโมเดลมีความยืดหยุ่นและสอดคล้องกับข้อมูลมากกว่า (Nájera et al., 2019;	มีการนำอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างระหว่างทักษะที่มุ่งวัดมาคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง ส่งผลให้การคำนวณมีความซับซ้อนและจำเป็นต้องใช้ค่าพารามิเตอร์จำนวนมาก

โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา	จุดเด่น	ข้อจำกัด
	สุมาลี มีสกุลและคณะ, 2558) 5. มีวิธีการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำทางสถิติของเมทริกซ์คิวที่น่าเชื่อถือมากกว่าโมเดลไดนา (Nájera et al., 2019)	
3. DINO	สามารถจำแนกกลุ่มผู้สอบที่ขาดทุกทักษะที่ข้อสอบกำหนด ออกจากผู้สอบกลุ่มอื่น ๆ ได้	ไม่สามารถจำแนกความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบที่ขาดทักษะอย่างน้อย 1 ทักษะเป็นต้นไป ในการตอบข้อสอบ ออกจากกันได้
4. A-CDM	มีความตรงไปตรงมามากกว่าโมเดลจีไดนา เนื่องจากความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกไม่ขึ้นอยู่กับอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างทักษะที่ใช้ในการตอบข้อสอบ (De La Torre, 2011)	1. ไม่เหมาะกับการสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่ใช้วัดทักษะที่มีความสัมพันธ์กัน 2. โครงสร้างค่อนข้างยากที่จะเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น ๆ (Nájera et al., 2019)
5. NIDA	1. วัดความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกตามทักษะที่ผู้สอบมี 2. เป็นโมเดลที่มีการชดเชย	ค่อนข้างจำกัดเนื่องจากข้อสอบทุกข้อมีพารามิเตอร์การเดาและความสะเพร่าเท่ากันทุกข้อ (De La Torre, 2011)
6. G-NIDA	ขยายข้อจำกัดในด้านการระบุพารามิเตอร์การเดาและความสะเพร่าของโมเดล NIDA ให้สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวรายข้อได้	การคำนวณความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกมีความซับซ้อนขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับโมเดล NIDA
7. R-RUM	เป็นโมเดลทางเลือกของโมเดลจีไดนา เนื่องจากเป็นโมเดล log CDM เช่นเดียวกัน	การคำนวณความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกมีความซับซ้อน

จากตาราง 2.5 จะเห็นได้ว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลจีไดนา (G-DINA) เป็นโนเดลที่เหมาะกับการวินิจฉัยในผู้สอบที่มีความหลากหลายในด้านความสามารถ มีความยืดหยุ่นในการจำแนกกลุ่มทักษะของผู้สอบที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะที่สูงกว่าโมเดลไดนา ถึงแม้มีข้อจำกัดในด้านความซับซ้อนในการคำนวณอิทธิพลปฏิสัมพันธ์และจำเป็นต้องใช้ค่าพารามิเตอร์จำนวนมาก แต่ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้การคำนวณค่าดัชนีหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ ง่ายขึ้น ส่งผลให้ผู้วิจัยสนใจที่จะเลือกโมเดลจีไดนาในการวิจัยครั้งนี้

3.3) การตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว (Q-matrix)

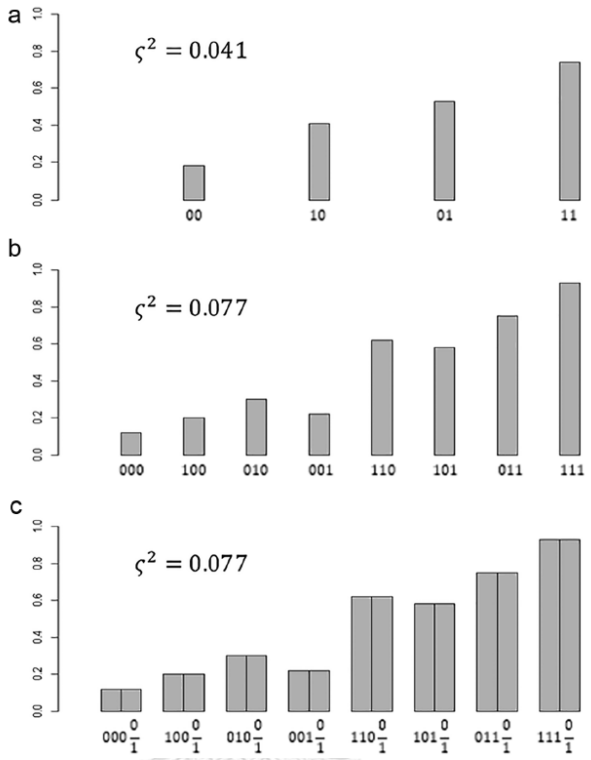
Nájera et al. (2019) ได้ให้อธิบายเกี่ยวกับเมทริกซ์คิว (Q-matrix) ไว้ว่า เมทริกซ์คิวเป็นเมทริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบกับคุณลักษณะหรือทักษะ (attribute) ของผู้สอบ ซึ่งจำเป็นต่อโมเดลการวินิจฉัยเชิงพุทธิปัญญา และเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเป็นอันดับแรกในการประยุกต์ใช้โมเดลการวินิจฉัยเชิงพุทธิปัญญา เนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญต่อการตัดสินใจว่าแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์จำเป็นต้องใช้คุณลักษณะใดและใช้กี่คุณลักษณะ โดย เมทริกซ์คิว มักมีการกำหนดค่าเพียง 2 ค่า ด้วยจำนวนมิติเป็น J x K เมื่อ J คือ จำนวนข้อสอบ และ K คือ จำนวนคุณลักษณะ ซึ่งจะช่วยพิจารณาจำนวนคุณลักษณะที่ถูกต้องในการตอบข้อสอบแต่ละข้อ ทำให้เห็นโครงสร้างของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่ชัดเจน และช่วยยืนยันความถูกต้องและเหมาะสมของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา นอกจากนั้นในเมทริกซ์ $Q = [q_{jk}]$ ที่ q_{jk} แต่ละตัวจะช่วยชี้ให้เห็นว่า คุณลักษณะ k มีความเกี่ยวข้องกับการตอบข้อสอบข้อ j อย่างถูกต้อง ได้หรือไม่ ดังนั้น ในข้อสอบแต่ละข้อจะมีเวคเตอร์คิว (q-vector, q_j) ที่ชี้ให้ทราบคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ และจำนวนคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับเวคเตอร์คิว เขียนแทนด้วย K_j^* ส่งผลให้ข้อสอบ 1 ข้อสามารถแบ่งกลุ่มคุณลักษณะแฝงของผู้สอบออกเป็น $2^{K_j^*}$ กลุ่ม โดยข้อมูลหลักที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา คือ ข้อมูลการจำแนกโปรไฟล์ของทักษะ (skill profile) ซึ่งเป็นเมทริกซ์ที่มีมิติ N X K เมื่อ N คือจำนวนผู้สอบ และ K คือจำนวนคุณลักษณะ ทำให้ทราบโอกาสความน่าจะเป็นของผู้สอบที่มีจุดแข็งในคุณลักษณะแต่ละคุณลักษณะ หลังจากทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ โดยที่โอกาสความน่าจะเป็นนี้สามารถทำให้เป็น 2 ค่าได้ด้วยคะแนนจุดตัด (cutoff point) และมักจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.5 เพื่อให้ในการพิจารณาว่าผู้สอบมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดแข็งหรือจุดที่ควรปรับปรุงอย่างไร

สุปราณี บุระ และคณะ (2557) สร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ซึ่งเป็นแบบสอบแบบเติมคำตอบหลายคำตอบ พร้อมทั้งตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบค่าดัชนี IOC

(Item Objective Congruence) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับคุณลักษณะหรือทักษะที่ต้องการวินิจฉัย

Nájera et al. (2019) ได้อธิบายเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพของเมทริกซ์คิว ไว้ว่า การตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว ในปัจจุบันที่ใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบนั้นค่อนข้างเป็นนามธรรม ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการสร้างเมทริกซ์คิวได้ นอกจากนั้นในปัจจุบันยังมีวิธีในการตรวจสอบคุณภาพที่ค่อนข้างจำกัด และไม่สามารถตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในระบุทักษะผู้สอบของเมทริกซ์คิวได้ ถึงแม้ว่ามีวิธีการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการระบุทักษะผู้สอบของเมทริกซ์คิว แต่ยังไม่สามารถระบุเมทริกซ์คิวที่ถูกต้องได้ จึงได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบเมทริกซ์คิวที่สามารถระบุเวคเตอร์คิวที่คลาดเคลื่อนโดยอ้างอิงจากค่าดัชนีอำนาจจำแนก ซึ่งมีหลักการที่ว่า เวคเตอร์คิวของกลุ่มผู้สอบที่มีครบทุกทักษะและไม่เกิดความคลาดเคลื่อน จะมีค่าความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกเป็นค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับผู้สอบกลุ่มอื่น ๆ แต่หากมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ค่าโอกาสในการตอบข้อสอบถูกในแต่ละกลุ่มจะมีค่าพอ ๆ กัน หรือสรุปได้ว่า ยิ่งเวคเตอร์คิวที่สร้างขึ้นมีความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกมากเพียงใด แสดงว่าเวคเตอร์คิวที่สร้างขึ้นยิ่งมีความแม่นยำในการระบุทักษะของบุคคลมากเท่านั้น ดังนั้นเมทริกซ์คิวที่ดีต้องมีการกระจายของค่าโอกาสในการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบที่มาก และยิ่งเวคเตอร์คิวมีความซับซ้อนยิ่งส่งผลให้มีกลุ่มแฝงจำนวนมาก นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงหลักการความประหยัด (Parsimony Principle) ที่อธิบายว่า ในกรณีที่เวคเตอร์คิวชนิดที่แตกต่างกัน แต่มีความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกเท่ากัน โมเดลที่มีความเรียบง่ายมากกว่าจะเป็นโมเดลที่มีเหมาะสมกว่า เช่นในภาพ 2.2 พบว่า โอกาสในการตอบข้อสอบถูกของข้อสอบข้อหนึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนทักษะและกลุ่มแฝงในโมเดลจีไดนา เมื่อ a และ b แทนเวคเตอร์คิวที่ประกอบด้วย 2 และ 3 ทักษะ ตามลำดับ และ c แทนเวคเตอร์คิว ที่ประกอบด้วย 4 ทักษะ โดยที่ทักษะสุดท้ายไม่มีความเกี่ยวข้องในการตอบข้อสอบ และกราฟแท่ง 2 แท่งแทนโอกาสในการตอบถูกที่ขึ้นอยู่กับค่าของทักษะที่ 4 ซึ่งในกรณีนี้มีค่าเท่าเดิม และความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกอยู่ในรูป ς^2 และกำหนดให้ทุกกลุ่มแฝงมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของโมเดลจีไดนา ในรูปของโอกาสในการตอบข้อสอบหนึ่งข้อถูกขึ้นอยู่กับจำนวนทักษะที่ใช้ในการตอบข้อสอบ ที่กำหนดให้อยู่ในรูปของเวคเตอร์คิว (2 3 และ 4 ทักษะ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาที่ภาพ 2.2a พบว่าเวคเตอร์คิวมีทั้งหมด 2 ทักษะ และค่าความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูก (ς^2) เท่ากับ 0.041 ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากลุ่มแฝงอื่น ๆ เมื่อพิจารณาภาพ 2.2b ที่เวคเตอร์คิว มีทั้งหมด 3 ทักษะ และภาพ 2.2c ที่เวคเตอร์คิวมีทั้งหมด 4 ทักษะ พบว่า ค่าความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูก (ς^2) มีค่าเท่ากัน คือ 0.077 แต่เนื่องจากภาพ 2.2b มีความเรียบง่ายของทักษะ

มากกว่า ภาพ 2.2c ตามหลักการความประหยัด ส่งผลให้ภาพ 2.2b เป็นเวคเตอร์คิวของกลุ่มแฝงที่มีความแม่นยำในการระบุทักษะของผู้สอบมากที่สุด



ภาพ 2.2 ค่าความแปรปรวนและโอกาสในการตอบข้อสอบถูกเมื่อข้อสอบมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดแตกต่างกัน

ในโมเดลไดนา หากกำหนดให้ค่าดัชนีอำนาจจำแนกสำหรับข้อสอบข้อ j เป็น φ_j ซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบระหว่างโอกาสในการตอบข้อสอบถูกระหว่างกลุ่มผู้สอบที่มีทักษะต่างกัน 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ $\eta_{lj} = 1$ แทนกลุ่มที่มีทักษะครบทุกด้านที่ข้อสอบข้อ j ต้องการ และ $\eta_{lj} = 0$ แทนกลุ่มที่เหลือ สืบเนื่องจากเวคเตอร์คิวที่ถูกต้องจะต้องมีค่าความแตกต่างระหว่างโอกาสในการตอบข้อสอบถูกสูงสุด โดยมีค่าพารามิเตอร์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- พารามิเตอร์ความสะเพร่า (slip, s_j) หมายถึง โอกาสที่ทำข้อสอบข้อ j ผิดพลาดถึงแม้มีครบทุกทักษะที่ข้อสอบต้องการ ($\eta_{lj} = 1$) หรือ $P(X_j=0|\eta_{lj} = 1)$
- พารามิเตอร์การเดา (guessing, g_j) หมายถึง โอกาสที่ทำข้อสอบข้อ j ได้ ถึงแม้ว่าขาดทักษะอย่างน้อย 1 อย่าง ($\eta_{lj} = 0$) หรือ $P(X_j=1|\eta_{lj} = 0)$

เวกเตอร์คิวที่มีความถูกต้องมากที่สุดจะทำให้มีค่า $1 - s_j - g_j$ เป็นค่าสูงที่สุด (de la Torre, 2008) ซึ่งสามารถหาได้จาก จากผลต่างของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกระหว่างกลุ่มผู้สอบที่มีทุกทักษะครบในการทำข้อสอบกับกลุ่มผู้สอบที่ไม่มีทักษะใดเลยในการตอบข้อสอบ

ส่วนในโมเดลจีไดนา มีดัชนีอำนาจจำแนกเป็น ς_j^2 หมายถึง ความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกระหว่างกลุ่มแฝงที่แตกต่างกัน ซึ่งถ่วงน้ำหนักโดย posterior distribution ระหว่างกลุ่มแฝง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\varsigma_j^2 = \sum_{l=1}^{2_j^{K^*}} \omega(\alpha_{lj}^*)[P(\alpha_{lj}^*) - \bar{P}(\alpha_{lj}^*)]^2$$

เมื่อ $\omega(\alpha_{lj}^*)$ แทน โอกาสในการตอบข้อสอบข้อ j ถูกของผู้สอบทุกคนในกลุ่ม α_{lj}^* ภายหลัง (posterior probability)

$P(\alpha_{lj}^*)$ แทน โอกาสในการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบในกลุ่ม α_{lj}^*

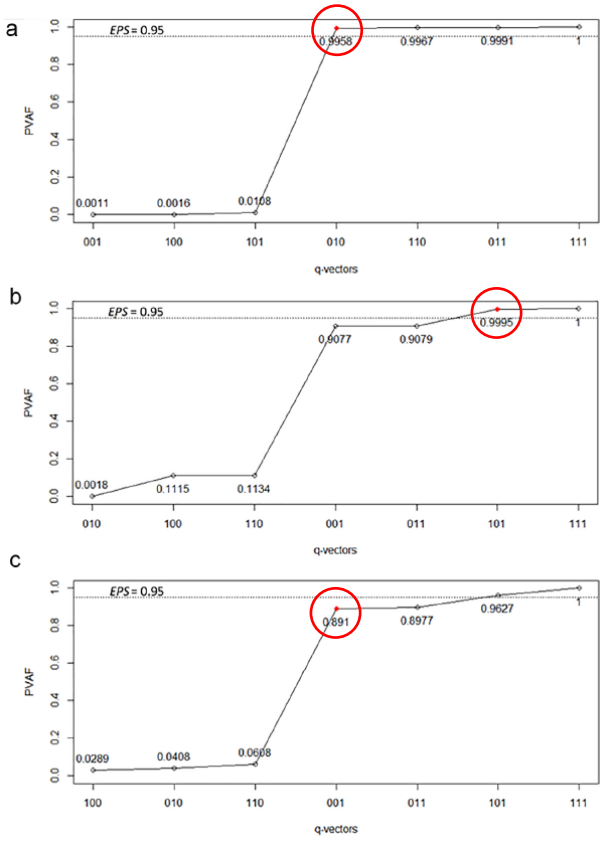
$\bar{P}(\alpha_{lj}^*)$ แทน โอกาสในการตอบข้อสอบข้อ j ถูกของทุกกลุ่มทักษะ

เวกเตอร์คิวที่ประกอบด้วยทุกทักษะที่จำเป็นต่อการตอบข้อสอบ จะมีค่า ς_j^2 สูงที่สุด และทุก ๆ การเพิ่มจำนวนทักษะที่จำเป็นต่อการตอบข้อสอบให้ถูกจะนำไปสู่ความแตกต่างของค่าดังกล่าวระหว่างกลุ่มแฝง ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของโอกาสการตอบข้อสอบถูก อย่างไรก็ตาม ความแปรปรวนของโอกาสการตอบข้อสอบถูกอาจไม่ถูกต้องเสมอไป จึงจำเป็นต้องพิจารณาความสมดุลระหว่างความสอดคล้องของข้อมูลและหลักการความประหยัด โดยที่เวคเตอร์คิวที่ถูกต้องจะต้องมีความเรียบง่ายและมีความแปรปรวนมากที่สุด ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยค่า Proportion of Variance Accounted For (PVAF) ของแต่ละเวคเตอร์คิวที่เป็นไปได้ โดยที่ค่า PVAF นี้อาจเขียนเป็น $\varsigma_j^2/\varsigma_{j1:K}^2$ และสามารถใช้ค่า Epsilon ($\in$, EPS) ซึ่งเป็นค่าจุดตัด สำหรับพิจารณาค่า PVAF ที่เหมาะสม ถ้าหาก PVAF > EPS แสดงว่าเวคเตอร์คิวนั้นเป็นเวคเตอร์ที่มีความเรียบง่ายมากที่สุด และในกรณีที่เวคเตอร์คิว 2 เวคเตอร์มีค่า PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่กำหนดเท่ากัน เวคเตอร์ที่มีค่า PVAF สูงกว่าจัดเป็นเวคเตอร์ที่มีความเหมาะสมมากกว่า

จากภาพ 2.3 ที่มีจำนวนทักษะ 3 ทักษะ (K) และมีค่า EPS = 0.95 ที่แสดงในรูป mesaplot ที่แกน x แสดงเวคเตอร์คิวที่มีทักษะต่างกัน และแกน y แสดงค่า PVAF ของแต่ละเวคเตอร์คิวโดยมีค่าเรียงลำดับจากต่ำไปสูง โดยที่ค่าสูงสุดอยู่ที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับเวคเตอร์คิวที่ทุกทักษะมีค่าเป็น 1 จากภาพ 2.3a ที่มีค่าเวคเตอร์คิวที่ถูกต้องเป็น q = [0 1 0], ซึ่งมีเพียงทักษะลำดับที่ 2 เท่านั้นที่ใช้ในการตอบข้อสอบ ในส่วนของเวคเตอร์คิวอื่น ๆ ทางด้านซ้ายพบว่า มีค่าต่ำกว่าเวคเตอร์คิวที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อย่างมาก แสดงให้เห็นถึงความไม่เกี่ยวข้องของทักษะที่ 1 และ 3 สำหรับการตอบข้อสอบข้อดังกล่าว ส่วนทางด้านขวาของเวคเตอร์คิวที่ถูกต้องนั้นมีค่า PVAF ที่เพิ่มขึ้นเพียงนิดเดียว เนื่องจากมีการเพิ่มจำนวนทักษะชนิดอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องในการตอบข้อสอบดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า ที่ EPS ค่า 0.95 เวคเตอร์คิวที่มีถูกต้องมากที่สุด คือ q = [0 1 0] ที่มีความเรียบง่ายที่สุด ด้วยค่า PVAF ที่สูงกว่า 0.95 จากภาพ 2.3b และ 2.2c แสดงให้เห็นข้อสอบ 2 ข้อที่มีค่า PVAF มากเกินจริง โดยที่เวคเตอร์คิวที่ถูกต้อง คือ q = [1 0 1] และ q = [0 0 1] ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่า EPS สามารถมีค่าได้หลากหลายขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง ดัชนีอำนาจจำแนก และจำนวนข้อสอบ



ภาพ 2.3 mesaplot สำหรับตัวอย่างข้อสอบวินิจฉัย 3 ข้อ

อีกทั้ง Nájera et al. (2019) ได้อธิบายประโยชน์ของการใช้วิธีจุดตัดคะแนน (cutoff point) ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวสำหรับโมเดลจีไดนา ว่ามีทั้งหมด 3 ประเด็น ได้แก่

1. มีความยืดหยุ่นสูง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโมเดลลดรูปต่าง ๆ เช่น ไดนา ไดโน นิดา และนิโด
2. สามารถระบุเวคเตอร์คิวที่กำหนดคลาดเคลื่อนได้ พร้อมทั้งระบุเวคเตอร์คิวที่ถูกต้องได้

3. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ เนื่องจากสามารถตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีนี้ผ่านโปรแกรม R ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ไม่มีค่าใช้จ่าย ง่ายต่อการเข้าถึง ซึ่งมีการพัฒนาและเผยแพร่อยู่ในแพ็กเกจ GDINA

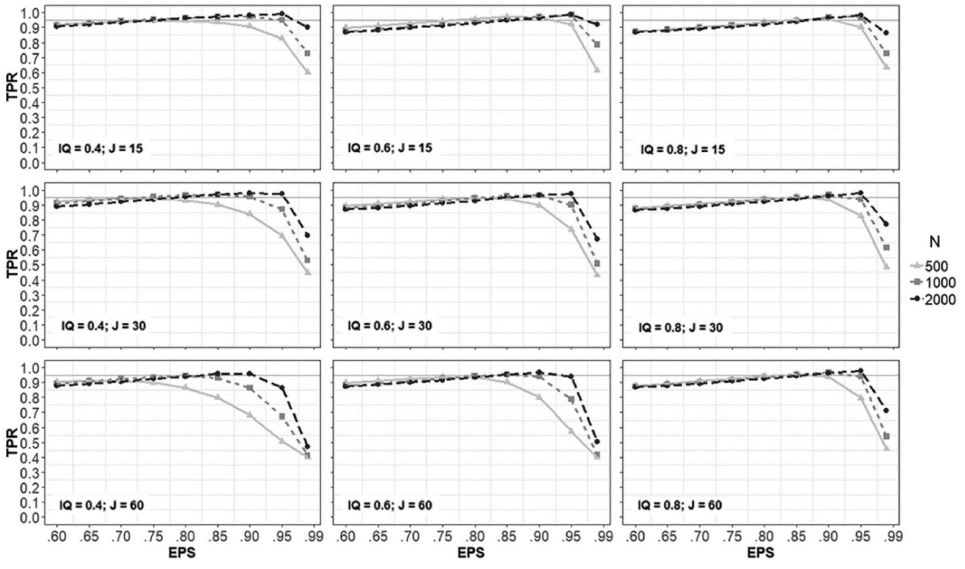
ทั้งนี้ ค่า EPS พื้นฐานถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.95 ซึ่งเป็นการยืนยันว่าเวคเตอร์คิวที่โปรแกรมเสนอแนะสามารถอธิบายความแปรปรวนสูงสุดได้ร้อยละ 95 แต่อย่างไรก็ตาม ค่า EPS ที่เหมาะสมของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์หนึ่ง ๆ นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

1. จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
2. ดัชนีอำนาจจำแนก
3. จำนวนข้อสอบ

เพื่อตรวจสอบความสามารถในการตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีจุดตัดคะแนน จำเป็นต้องใช้ค่า True Positive Rate (TPR) ที่สามารถเข้าถึงได้ผ่านแพ็กเกจ GDINA ในโปรแกรม R โดยค่า TPR แสดงถึงสัดส่วนของเวคเตอร์คิวที่ถูกต้องซึ่งถูกเก็บรักษาไว้ โดยไม่มีการดัดแปลง ซึ่งค่า TPR มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เมื่อ

1. จำนวนผู้สอบมากขึ้น
2. อำนาจจำแนกสูงขึ้น
3. จำนวนข้อสอบน้อยลง

จากภาพ 2.4 ซึ่งมีการกำหนดเส้นตรงแนวนอนของค่า TPR = 0.95 เพื่อใช้ในการตีความ พบว่า เมื่อค่า EPS มีค่าเท่ากับ .99 จะส่งผลให้ค่า TPR มีค่าต่ำ เนื่องจากค่า EPS ที่สูงเกินไป ส่งผลให้ค่า PVAF มีค่าต่ำกว่า EPS จึงไม่สามารถระบุเวคเตอร์คิวที่ถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพ 2.4 ดัชนี TPR (Nájera et al., 2019)

จากภาพ 2.4 พบว่า อิทธิพลของจำนวนผู้สอบจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อจำนวนข้อสอบเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่ออำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าลดลง ในกรณีที่ข้อสอบมีอำนาจจำแนกต่ำ จะพบว่าระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนผู้สอบต่างกัน จะมีค่า TPR แตกต่างกันมากกว่าในกรณีที่ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง ในส่วนของจำนวนข้อสอบพบว่า จะมีค่า TPR ต่ำ เมื่ออำนาจจำแนกต่ำ จึงสรุปได้ว่า ค่า EPS ที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ความถูกต้องของเวคเตอร์คิวนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยขึ้นอยู่กับจำนวนผู้สอบ จำนวนข้อสอบ และอำนาจจำแนกของข้อสอบ ผู้ใช้จึงควรเลือกค่า EPS ที่เหมาะสม เพื่อให้เวคเตอร์คิวที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ และความถูกต้องมากที่สุด

ในโมเดลจีไดนา นอกจากจะสามารถใช้ค่า TPR สำหรับการตรวจสอบความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพของวิธีจุดตัดคะแนน ได้แล้ว ยังสามารถใช้ค่า True Negative Rate (TNR) ที่แสดงถึงสัดส่วนของ q-vector ที่คลาดเคลื่อนแต่มีการตั้งค่าว่าเป็นเวคเตอร์คิวที่ถูกต้อง ซึ่งจำเป็นต่อการใช้ตรวจสอบความสามารถร่วมกับค่า TPR เพื่อพิจารณาว่า วิธีจุดตัดคะแนนมีความสามารถในการระบุเวคเตอร์คิวที่ถูกต้องหรือไม่ ด้วย TPR และ TNR ที่มีค่าสูง แต่ถ้าหากค่า TPR มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าไม่มีเวคเตอร์คิวใดเลยที่ถูกต้อง เนื่องจากข้อสอบข้อนั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ทักษะใดเลยในการตอบ หรือข้อสอบข้อนั้นไม่สามารถวินิจฉัยทักษะเฉพาะใดได้เลย จึงจำเป็นต้องใช้ค่า TPR ควบคู่กับค่า TNR ในการตรวจสอบความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว โดยค่า TNR แสดงให้เห็นประโยชน์ของการใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้วิธีการนั้น หาก TNR มีค่ามาก แสดงว่าวิธีการตรวจสอบคุณภาพนั้นมีความสามารถสูง โดยค่า TPR และ TNR ที่เหมาะสม คือ ค่า 0.95 และ 0.80 ขึ้นไป ตามลำดับ

นอกจากนั้นยังสามารถหาสัดส่วนของทักษะที่จำแนกได้อย่างถูกต้องจากค่า proportion of correctly classified attribute (PCA) ซึ่งจะช่วยวัดความในการสร้างเมทริกซ์คิว โดยที่ค่า PCA จะแสดงสัดส่วนของทักษะที่จำแนกอย่างถูกต้องในรูปของเมทริกซ์ N X K เพื่อประเมินอิทธิพลของวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว ในกรณีที่จำแนกได้อย่างถูกต้อง โดยแบ่งดัชนีที่ใช้ในการพิจารณาออกเป็น 2 ดัชนี ดังนี้

$$PCA = PCA_{Q^*} - PCA_{Q}$$

และ $$PCA_{max} = PCA_{Qtrue} - PCA_{Q}$$

เมื่อ PCA_{Q^*} แทน ค่า PCA หลังจากประมาณค่าโมเดลด้วยเมทริกซ์คิวที่ได้จากวิธีการตรวจสอบคุณภาพ (Q*)

PCA_{Q} แทน ค่า PCA หลังจากประมาณค่าโมเดลด้วยเมทริกซ์คิวที่ได้จากเมทริกซ์คิว ที่คลาดเคลื่อน (Q)

PCA_{Qtrue} แทน ค่า PCA หลังจากประมาณค่าโมเดลด้วยเมทริกซ์คิวที่ได้จากเมทริกซ์คิว ที่ถูกต้อง (Qtrue)

PCA_{max} แทน ค่าดัชนีที่แสดงถึงการปรับปรุงค่า PCA จากการประมาณค่าโมเดลด้วยเมทริกซ์คิวที่ได้จากเมทริกซ์คิวที่ถูกต้อง

PCA แทน ค่าดัชนีที่แสดงถึงการปรับปรุงค่า PCA หลังจากใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว (ด้วยค่า EPS เฉพาะตัว) โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

- หาก PCA มีค่าเข้าใกล้ PCA_{max} แสดงว่าเมทริกซ์คิว ที่ใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพดังกล่าวสามารถช่วยให้การระบุทักษะของผู้สอบดีขึ้นเมื่อเทียบกับเมทริกซ์คิวที่มีความคลาดเคลื่อน
- หาก PCA มีค่าใกล้ 0 แสดงว่าเมทริกซ์คิวที่ใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพดังกล่าวไม่ช่วยให้การระบุทักษะของผู้สอบดีขึ้นเมื่อเทียบกับเมทริกซ์คิวที่มีความคลาดเคลื่อน เช่น PCA = 0.02 แสดงว่า Q* สามารถระบุทักษะของผู้สอบได้ดีกว่าร้อยละ 2
- หาก PCA มีค่าเป็นลบ แสดงว่าเมทริกซ์คิว ที่ใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพดังกล่าวทำให้การระบุทักษะของผู้สอบแย่ลงเมื่อเทียบกับเมทริกซ์คิว ที่มีความคลาดเคลื่อน

และสุดท้ายคือค่าสมการการถดถอยพหุคูณ ที่จะช่วยให้สามารถทำนายค่า EPS ที่เหมาะสม (ทำให้ค่า PCA มีค่าสูง) ด้วยฟังก์ชัน ของ จำนวนผู้สอบ จำนวนข้อสอบ และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ นอกจากนั้นยังสามารถวัดความสอดคล้องของโมเดลได้จากค่า corrected R^2 ($\mathbf{R_c^2}$) และเพื่อให้ค่า EPS ที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 จึงจำเป็นต้องใช้ฟังก์ชัน logit ในการคำนวณหาค่า EPS ที่เหมาะสม ตามที่ Baum (2008) กล่าวไว้ ดังนี้

$$\text{Logit(EPS)} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \mathrm{N} + \beta_2 \cdot \mathrm{J} + \beta_3 \cdot \mathrm{IQ}$$

เมื่อ $$\text{Logit(EPS)} = \log\left(\frac{\mathbf{EPS}}{\mathbf{1-EPS}}\right)$$

Ma and de la Torre (2020b) อธิบายวิธีการตรวจสอบคุณภาพ Q – matrix ด้วยโปรแกรม R ไว้ว่า การตรวจสอบความถูกต้องของเมทริกซ์คิว ในโมเดลจีไดนา สามารถทำได้ด้วยโปรแกรม R ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจอบความสอดคล้องของโมเดลการวินิจฉัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและทักษะที่จำเป็นในการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ หรือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตรวจสอบความถูกต้องในการระบุคุณลักษณะหรือทักษะ นอกจากนั้นยังสามารถนำเสนอข้อมูลในรูปของภาพกราฟิกได้ ซึ่งฟังก์ชันในการวิเคราะห์ต่าง ๆ ประกอบด้วย

- gs.parm สำหรับตรวจสอบค่าพารามิเตอร์การเดา (g_j) และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) ของข้อสอบรายข้อ
- discrim สำหรับตรวจสอบค่าอำนาจจำแนก (item discrimination index) ของข้อสอบรายข้อ
- Qval( ) สำหรับการตรวจสอบเมทริกซ์คิว ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ของ de la Torre and Chiu (2016) ด้วยค่า ς^2 หรือค่า PVAF ซึ่งเป็นวิธีที่ขึ้นอยู่กับ empirical cutoffs (Najera et al., 2019) ในกรณีที่โปรแกรมมีการแจ้งให้ปรับปรุงโมเดลที่คำนวณจากค่า PVAF หลายตำแหน่ง ควรเปลี่ยนวิธีการตรวจสอบคุณภาพด้วย the stepwise Wald test แทน ซึ่งจะช่วยระบุตำแหน่งของทักษะที่มีการกำหนดคลาดเคลื่อนได้
- plot( ) สำหรับการตรวจสอบเมทริกซ์คิว ซึ่งวิเคราะห์ด้วย Wald test ที่แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ในรูป Mesa plot ที่ยึดตามสัดส่วนของความแปรปรวนจากเวคเตอร์คิวของผู้สอบแต่ละคน เพื่อแสดงให้เห็นจุดสำคัญในการเลือกเวคเตอร์คิวของที่เหมาะสมของข้อสอบแต่ละข้อ ในกรณีที่ผลการวิเคราะห์ชี้แนะให้มีการปรับเปลี่ยนเมทริกซ์คิว ในข้อสอบแต่ละข้อ ผู้ใช้ควรนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาตัดสินร่วมกันกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญว่าจะปรับเปลี่ยนเมทริกซ์คิว หรือไม่
- modelcomp( ) สำหรับการตรวจสอบสมมติฐานว่า ข้อสอบข้อใดที่จำเป็นต้องมีความรอบรู้ในทักษะอย่างน้อย 2 อย่าง ด้วย Wald test โดยจะมีการกำหนดคอลัมน์ “models” ที่จะช่วยเสนอแนะโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่เหมาะสมสำหรับข้อสอบแต่ละข้อ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง ได้แก่ ความเรียบง่าย และค่า p value ที่มากกว่า โดยผู้ใช้สามารถกำหนดวิธีการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

  • กำหนด method = “LM” หรือ method = “LR” ในฟังก์ชัน modelcomp( ) สำหรับคะแนนและ LR test โดยจะมีการตรวจสอบสมมติฐานศูนย์ ที่แสดงถึง reduced model สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เช่นเดียวกันกับโมเดลจีไดนา และการตีความเมื่อมีการยอมรับสมมติฐานศูนย์นั่นคือ reduced model สามารถใช้แทนโมเดลจีไดนา ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ฟังก์ชัน modelcomp( ) นี้เหมาะสำหรับใช้กับโมเดล nested เท่านั้น ในกรณีที่โมเดลการวินิจฉัยเป็นโมเดลประเภทอื่น จำเป็นต้องใช้ฟังก์ชัน AIC( ) หรือ BIC( ) ในการวิเคราะห์ทักษะที่ใช้วัดในข้อสอบแต่ละข้อแทน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- modelfit( ) สำหรับประเมินความสอดคล้องของโมเดลด้วยการคำนวณสถิติ M_2, M_{ord}, $RMSEA_2$ และ SRMSR
- itemfit( ) สำหรับการคำนวณ the log odds ratio และ transformed correlation ที่ช่วยให้ทราบรายละเอียดความสอดคล้องสัมบูรณ์ของคู่ข้อสอบ และนำไปสู่การระบุแหล่งความคลาดเคลื่อนของความสอดคล้องของโมเดล
- anova( ) สำหรับเปรียบเทียบโมเดลจีไดนา กับ saturated model และโมเดลอื่น ๆ ที่รวมอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ในระดับการทดสอบต่าง ๆ
- dif( ) เพื่อตรวจสอบ differential item functioning ด้วย Wald test หรือ LR test
- summary( ) สำหรับระบุข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสอดคล้องของโมเดลเชิงสัมพัทธ์ จำนวนพารามิเตอร์ และ attribute prevalence ที่ช่วยให้ทราบสัดส่วนของผู้สอบที่มีจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในแต่ละทักษะ
- coef( ) สำหรับการสร้างพารามิเตอร์ข้อสอบชนิดต่าง ๆ โดยในโมเดลจีไดนา จะกำหนดคำสั่งมาตรฐานของ coef( ) สำหรับการสร้าง P(α_{ij}^{*}) ของแต่ละพารามิเตอร์ในข้อสอบแต่ละข้อ
    - หากมีการกำหนดชนิดของพารามิเตอร์ด้วยคำสั่ง what = “delta” จะสามารถสร้างพารามิเตอร์ δ ของข้อสอบได้
    - หากมีการกำหนดชนิดของพารามิเตอร์ด้วยคำสั่ง what = “lambda” จะสามารถสร้างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแจกแจงทักษะร่วมได้
- personparma( ) คู่กับ GDINA( ) พร้อมกับคำสั่ง what ที่คล้ายกับฟังก์ชัน coef( ) สำหรับประมาณรูปแบบทักษะของผู้สอบแต่ละคนด้วยวิธีการ maximum likelihood estimation (MLE), expected a posteriori (EAP) หรือ maximum a posteriori (MAP) โดยในโมเดลจีไดนา จะกำหนดคำสั่งมาตรฐานเป็นวิธี EAP แต่หากมีการกำหนดการประมาณรูปแบบทักษะของผู้สอบด้วยคำสั่ง what = “MLE” หรือ “MAP” ระบบจะสร้างคอลัมน์ multimodes ขึ้นมา โดยประกอบด้วยตัวบ่งชี้ TRUE ที่บ่งชี้ว่าการประมาณค่าที่เกิดขึ้นเกิดจากการสุ่มเลือก และ FALSE ที่บ่งชี้ว่ากสนประมาณค่าไม่ได้เกิดขึ้นจากการสุ่มเลือก

Nájera et al. (2019) ระบุข้อดีของการตรวจสอบเมทริกซ์คิวด้วยวิธี unique cutoff point (EPS) แทนการตรวจสอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ ไว้ว่า

1. ช่วยให้ได้ข้อมูลที่เป็นหลักฐานทางสถิติมากกว่าการตรวจสอบด้วยผู้เชี่ยวชาญที่มีความเป็นนามธรรม และอาจก่อให้เกิดการสร้างเมทริกซ์คิวที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ส่งผลให้

โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่สร้างขึ้น ไม่สามารถระบุทักษะของผู้สอบได้ตรงตามความเป็นจริง

2. ยิ่งแบบสอบที่สร้างขึ้นมีจำนวนผู้สอบ จำนวนข้อสอบ และอำนาจจำแนก มีมากเพียงใด ยิ่งส่งผลให้ความสามารถในการจำแนกคุณลักษณะหรือทักษะของผู้สอบมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และจำนวนผู้สอบขั้นต่ำที่ทำให้การตรวจสอบคุณภาพของเมทริกซ์คิวน่าเชื่อถือ คือ 1,000 คน เป็นต้นไป
3. ค่า EPS จะแปรผันไปตามสถานการณ์ที่แตกต่างกัน จึงเหมาะสมกับข้อมูลในความเป็นจริง ส่งผลให้ สามารถจำแนกคุณลักษณะหรือทักษะของผู้สอบในการสอบวินิจฉัยให้มีความน่าเชื่อถือตามหลักการทางสถิติมากยิ่งขึ้น

จากแนวคิดเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว (Q-matrix) ดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การตรวจสอบคุณภาพของเมทริกซ์คิวที่นิยมใช้มีทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่

1. วิธีการตรวจสอบโดยใช้ดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญว่าข้อสอบแต่ละมุ่งวัดทักษะใด ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างนามธรรม เนื่องจากไม่มีดัชนีหรือหลักการทางสถิติรองรับผลการวิเคราะห์ให้มีความน่าเชื่อถือ อีกทั้งไม่สามารถตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการระบุทักษะของผู้สอบของเมทริกซ์คิวได้

2. เทคนิคการคิดออกเสียง (think aloud) ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยของผู้สอบกับผลการสัมภาษณ์ผู้สอบในการอธิบายวิธีการคิดหาคำตอบของข้อสอบแต่ละข้อ

3. วิธีการตรวจสอบโดยใช้โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ซึ่งในการตรวจสอบคุณภาพของเมทริกซ์คิวประกอบด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1 การตรวจสอบความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูก

3.2 การตรวจสอบความเรียบง่ายของเวคเตอร์คิวที่มีความเรียบง่ายหรือประหยัดตามหลักการความประหยัด (Parsimony Principle) ในกรณีที่ความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกมีค่าเท่ากัน ซึ่งในโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาต่าง ๆ นั้นสามารถตรวจสอบคุณภาพได้เพียงแค่ค่าความแปรปรวนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูก ในส่วนของการตรวจสอบความเรียบง่ายนั้นยังจำเป็นต้องใช้ดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญ หรือจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการคิดออกเสียงอยู่ ส่งผลให้การตรวจสอบคุณภาพของเมทริกซ์คิวยังคงเป็นนามธรรม และขาดหลักฐานทางสถิติ แต่สำหรับโมเดลจีไดนา สามารถตรวจสอบได้ทั้งค่าความแปรปรวนและความเรียบง่ายของเวคเตอร์คิว ด้วยค่าดัชนี PVAF ที่ต้องมีค่ามากกว่า EPS ผ่านการใช้แพ็กเกจ GDINA ด้วยโปรแกรม R โดยค่า PVAF จะยิ่งมีค่าสูงขึ้นเมื่อข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกสูง นอกจากนั้นโมเดลจีไดนายังสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของผู้สออบของดัชนี PVAF ด้วยดัชนี TPR และดัชนี

TNR และตรวจสอบความถูกต้องของดัชนี PVAF ด้วยดัชนี PCA ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้ว่าโมเดลจีไดนาเป็นโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลเดียวที่มีการตรวจสอบอย่างมีหลักฐานทางสถิติ ช่วยลดความเป็นนามธรรมและความคลาดเคลื่อนจากการใช้ดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญและการใช้เทคนิคการคิดออกเสียง ส่งผลให้เป็นโมเดลที่มีความน่าเชื่อถือทางสถิติมากกว่าโมเดลอื่น ๆ ในปัจจุบัน

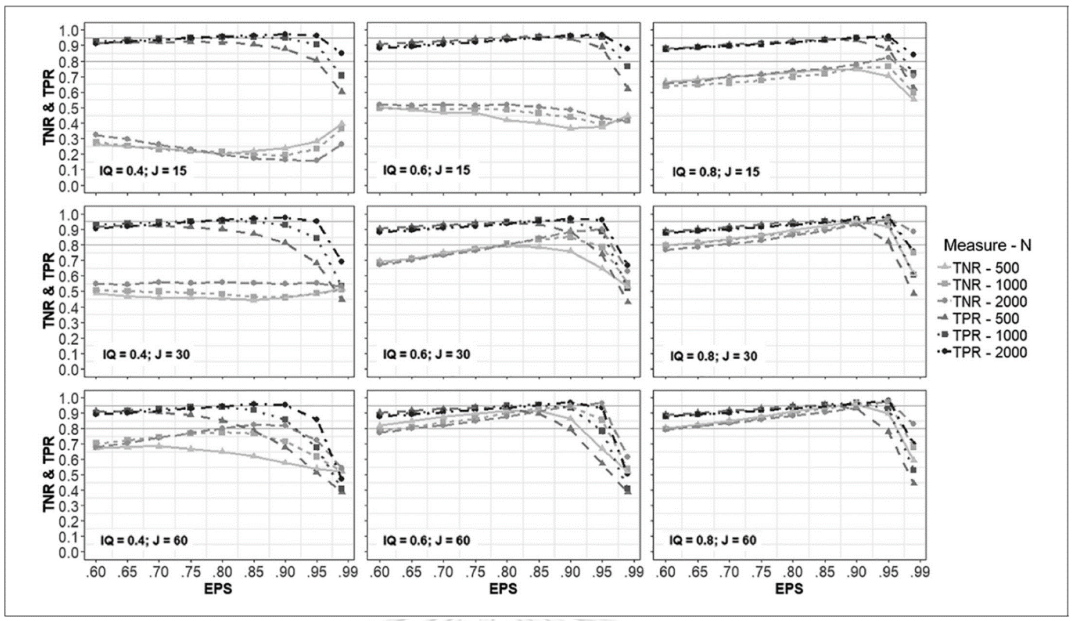
3.4) เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

Ma and de la Torre (2020b) เปรียบเทียบการวิเคราะห์โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาระหว่างโมเดลจีไดนา กับโมเดล higher-order DINA โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 536 คน และข้อสอบจำนวน 20 ข้อ พบว่า ผลการวิเคราะห์ที่ได้เหมือนกันทั้งหมด แต่โมเดลจีไดนา ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 4.11 วินาที ในขณะที่อีกโมเดลหนึ่งใช้เวลาในการวิเคราะห์ 23.27 วินาที เมื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจีไดนา แต่ใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ต่างกันระว่างแพ็กเกจ GDINA ในโปรแกรม R กับโปรแกรม MPlus โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 2922 คน กับข้อสอบจำนวน 28 ข้อ พบว่า ผลการวิเคราะห์ของทั้งสองโปรแกรมเหมือนกันเกือบทั้งหมด โดยมีข้อสอบจำนวน 2 ข้อ ที่มีตัวเลขทศนิยมตำแหน่งที่ 3 แตกต่างกัน แต่แพ็กเกจ GDINA ในโปรแกรม R ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 21.42 วินาที ในขณะที่โปรแกรม MPlus ใช้เวลาในการวิเคราะห์ถึง 32 นาที 4 วินาที

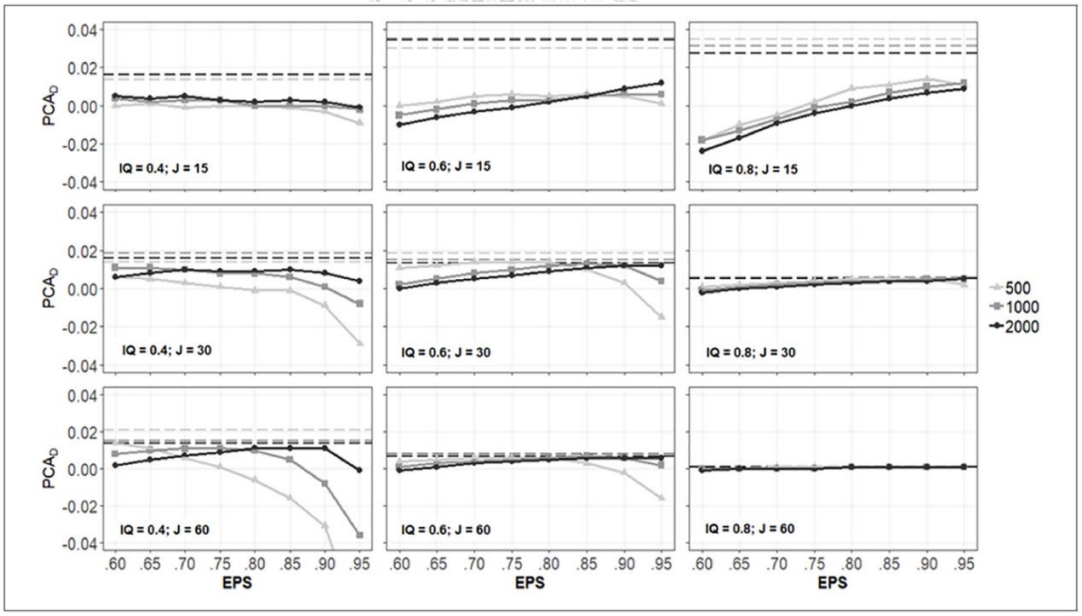
Nájera et al. (2019) ตรวจสอบประสิทธิภาพของดัชนี PVAF ในการจำแนกทักษะผู้สอบด้วยค่าดัชนี TPR TNR และ PCA ในข้อสอบที่วัด 5 ทักษะ ที่มีจำนวนข้อสอบต่างกัน (15 30 และ 60 ข้อ) จำนวนผู้สอบต่างกัน (500 1,000 และ 2,000 คน) และอำนาจจำแนกต่างกัน (0.4 0.6 และ 0.8) พบว่า ค่า TPR ในกรณีที่มีจำนวนผู้สอบมาก (2,000 คน) จะมีค่าสูงเสมอ (TPR > 0.86) ถึงแม้ว่าค่าอำนาจจำแนกต่ำ (0.4) และจำนวนข้อสอบน้อย (15 ข้อ) เมื่อค่า EPS อยู่ระหว่าง 0.85 ถึง 0.95 พบว่าค่า TPR มีค่าสูงกว่า 0.94 แต่ในกรณีที่จำนวนผู้สอบน้อย (500 คน) พบว่า ค่า TPR ไม่เพียงพอสำหรับค่า EPS ระหว่าง 0.85 ถึง 0.95 ($0.51 \leq \text{TPR} \leq 0.80$) จึงสรุปได้ว่า ค่า EPS ที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ค่า TPR นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้สอบ จำนวนข้อสอบ และอำนาจจำแนกที่ใช้ในการตรวจสอบเมทริกซ์คิวให้มีคุณภาพ ส่วนค่า TNR ในกรณีที่ค่า EPS = 0.95 จำนวนข้อสอบน้อย (15 ข้อ) จะมีค่าที่ยอมรับได้เมื่อข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง (0.8) และจำนวนผู้สอบมาก (2,000 คน) แต่เมื่อค่าอำนาจจำแนกต่ำ (0.4) จะมีค่าที่ยอมรับได้เมื่อข้อสอบมีจำนวนข้อมาก (60) และจำนวนผู้สอบมาก (2,000 คน) เมื่ออำนาจจำแนกมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 และจำนวนข้อสอบมากกว่าหรือเท่ากับ 30 ข้อ จะส่งผลให้ความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพด้วยค่า

EPS จะมีค่าสูง และพบว่าค่า EPS จะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้สอบมากที่สุด หากจำนวนผู้สอบมาก (2,000 คน) ค่า EPS ประมาณ 0.90 และ 0.95 จะให้ผลการวิเคราะห์ที่ดี และยังสามารถใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่าง 1,000 คน นอกจากนั้นค่า EPS เท่ากับ 0.95 เหมาะสมกับแบบสอบที่มีอำนาจจำแนกและจำนวนข้อสอบมาก ๆ แต่หากจำนวนผู้สอบมีน้อย (500 คน) ค่า EPS ที่เหมาะสม คือ 0.85 หรือ 0.90 ขึ้นอยู่กับว่าค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าปานกลางหรือสูง ตามลำดับ ดังภาพ 2.5 ซึ่งมีการกำหนดเส้นตรงแนวนอนของค่า TPR = 0.95 และ TNR = 0.80 ตามลำดับ เพื่อใช้ในการตีความ

ในส่วนของค่า PCA ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ระบุความถูกต้องในการระบุทักษะของผู้สอบได้อย่างถูกต้อง โดยค่า PCA มีค่าที่หลากหลายขึ้นอยู่กับจำนวนผู้สอบ (N) จำนวนข้อสอบ (J) และอำนาจจำแนก (IQ) และค่า EPS ดังภาพ 2.6 เส้นประแนวนอนแสดงถึงค่า PCA_{max} ในกรณีต่าง ๆ และค่า PCA ในกรณีที่ N = 500, J = 60, IQ = 0.4 และ EPS = 0.95 มีค่าเท่ากับ -0.086 (Najera et al., 2019)โดยมีค่า PCA_{max} ที่เป็นค่า PCA สูงสุดและเป็นจุดอ้างอิงสูงที่สุด เมื่อพิจารณาข้อสอบที่มีจำนวนข้อปานกลางหรือมาก (30 หรือ 60 ข้อ ตามลำดับ) และมีค่าอำนาจจำแนกปานกลางหรือสูง (0.6 หรือ 0.8 ตามลำดับ) พบว่า ค่า PCA มีค่าใกล้เคียง 0 และค่า PCA_{max} แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนในการระบุทักษะของผู้สอบมีน้อยมาก แสดงให้เห็นว่า แบบสอบที่มีจำนวนข้อมากและอำนาจจำแนกสูงจะทำให้ความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้เรียนลดลง แต่เมื่อแบบสอบมีจำนวนข้อสอบน้อย และอำนาจจำแนกต่ำ จะมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้เรียนสูงขึ้น และ PCA จะมีค่าต่ำกว่า 0 เนื่องจากค่า PCA_Q ที่ลดลง จึงสรุปได้ว่า โอกาสการจำแนกทักษะของผู้สอบที่คลาดเคลื่อนจะมากขึ้น เมื่อจำนวนผู้สอบน้อย จำนวนข้อสอบน้อยและอำนาจจำแนกต่ำ ส่งผลให้ความถูกต้องในการจำแนกทักษะของผู้เรียนต่ำและทำให้ผลการวิเคราะห์ผู้เรียนคลาดเคลื่อน ดังนั้น เมื่อไรก็ตามที่จำนวนข้อสอบผู้สอบน้อย (500 คน) จำนวนข้อสอบสั้น (15 ข้อ) และอำนาจจำแนกต่ำ (0.4) จะต้องพิจารณาค่า PCA เพื่อตรวจสอบผลของการจำแนกทักษะของผู้เรียนที่คลาดเคลื่อน ส่วนแบบสอบที่มีค่า PCA เข้าใกล้ 0 และ PCA_{max} และมีค่า EPS สูง แสดงว่า แบบสอบฉบับนั้นสามารถจำแนกทักษะของผู้สอบได้อย่างถูกต้อง



ภาพ 2.5 ดัชนี TPR และ TNR



ภาพ 2.6 ดัชนี PCA

ศุภามณ จันทร์สกุล และสุกัญญา บุญศรี (2560) เปรียบเทียบคุณภาพในการวินิจฉัยของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโมเดลไดนา และโมเดลจีไดนา สำหรับแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ความรอบรู้ทางการพยาบาล โดยจำลองข้อมูลของผู้สอบจำนวน 150 คนขึ้นมา ผลการวิจัยพบว่าโมเดลไดนา มีค่า Log-Odds Ratio ต่ำกว่าโมเดลจีไดนา จึงสรุปได้ว่า โมเดลไดนา เป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพในการประเมินวินิจฉัยเชิงสัมบูรณ์มากกว่าโมเดลจีไดนา ในขณะที่โมเดลจีไดนา

มีค่า -2LL และ AIC ต่ำกว่าโมเดลไดนา ส่วนโมเดลไดนา มีค่า BIC สูงกว่า จึงสรุปว่า โมเดลจีไดนาเป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพในการประเมินวินิจฉัยเชิงสัมพัทธ์มากกว่าโมเดลไดนา

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาพบว่า โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามีหลากหลายโมเดล โดยโมเดลที่มีความนิยมเนื่องจากมีความไม่ซับซ้อน และมีโปรแกรมที่สะดวกใช้งานง่าย ได้แก่ โมเดลไดนา ที่จัดเป็นโมเดลแบบไม่ชดเชย หมายความว่า ทักษะที่ผู้สอบมีแต่ละทักษะไม่สามารถชดเชยกันได้ และโมเดลจีไดนาที่เป็นโมเดลแบบชดเชย หมายความว่า ทักษะแต่ละทักษะที่ผู้สอบมีสามารถใช้ชดเชยกันได้ ทำให้ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องของผู้สอบมีความหลากหลายกว่าโมเดลไดนา ซึ่งสอดคล้องกับความเป็นจริงมากกว่าไดนา เนื่องจากทักษะในเรื่องใดเรื่องหนึ่งมักมีความสัมพันธ์กัน และสามารถใช้ทดแทนกันได้ และจากงานที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าโมเดลจีไดนา มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าไดนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญในการจำแนกทักษะของผู้สอบของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญานั่นคือเมทริกซ์คิว (Q-matrix) แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบปัญหาจากการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว เนื่องจากการขาดหลักฐานทางสถิติหรือหลักฐานเชิงประจักษ์ในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบได้ นอกจากนั้นจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาของผู้วิจัย พบว่า งานวิจัยของผู้พัฒนาการตรวจสอบคุณภาพดด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF (de la Torre & Chiu, 2016; Ma & de la Torre, 2020a; Nájera et al., 2019) นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว แต่ยังไม่ได้นำวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวดังกล่าวไปใช้จริงกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จึงเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยสนใจในการวิจัยครั้งนี้

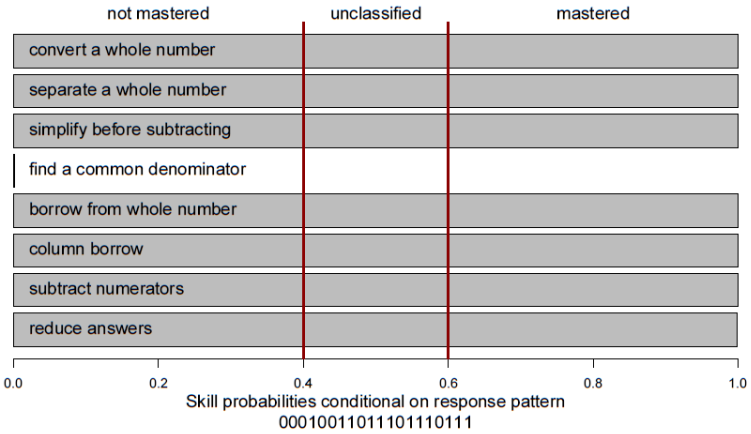
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5) แนวคิดเกี่ยวกับการให้ข้อมูลป้อนกลับ

แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการให้ข้อมูลป้อนกลับประเภทต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Jang and Wagner (2014) ได้อธิบายความหมายของการให้ข้อมูลป้อนกลับในการวินิจฉัยไว้ว่าการให้ข้อมูลป้อนกลับในการวินิจฉัย (Diagnostic Feedback) เป็นวิธีการให้ข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงให้แก่ผู้เรียนในด้านจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะที่ผู้เรียนมี ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะ (Skill profile) ซึ่งนอกจากการระบุความคลาดเคลื่อนของทักษะในตัวผู้เรียนแล้ว ยังสามารถระบุระยะห่างระหว่างระดับทักษะที่ผู้เรียนมีกับระดับทักษะที่พึงประสงค์หรือเป็นเป้าหมาย เพื่อนำไปสู่การกระตุ้นผู้เรียนให้มีการพัฒนาตนเองไปสู่ระดับทักษะที่ต้องการ

George et al. (2016) ได้เสนอวิธีการให้ข้อมูลป้อนกลับสำหรับโมเดลการวิจิยทางพุทธิปัญญาผ่านความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability) ดังภาพ 2.7 ซึ่งช่วยให้ทราบรูปแบบความรอบรู้ในทักษะของผู้สอบ ซึ่งเป็นกราฟแผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นในการรอบรู้ของทักษะแต่ละทักษะจากทั้งหมด 8 ทักษะของกลุ่มตัวอย่าง หากกลุ่มตัวอย่างมีความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะสูงกว่าค่า 0.6 หมายถึง กลุ่มตัวอย่างมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดแข็ง แต่หากมีค่าต่ำกว่า 0.4 หมายถึง กลุ่มตัวอย่างมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดที่ควรปรับปรุง และจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขในทักษะนั้น ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่มีความน่าจะเป็นในการรอบรู้ในช่วง 0.4 – 0.6 หมายถึง ไม่สามารถระบุทักษะดังกล่าวของกลุ่มเป้าหมายได้ว่าเป็นจุดแข็งหรือจุดที่ควรปรับปรุง (George et al., 2016) เช่นภาพ 2.7 กลุ่มตัวอย่างคนดังกล่าวมีทักษะทั้งหมด 7 ทักษะเป็นจุดแข็ง เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการรอบรู้มีค่าสูงกว่า 0.6 ขณะที่มี 1 ทักษะ คือ find a common demominator เป็นจุดที่ควรปรับปรุง เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการรอบรู้มีค่าต่ำกว่า 0.4 จึงมีความจำเป็นต้องแก้ไขความรู้ในทักษะดังกล่าว



ภาพ 2.7 ความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability)

กิตติทัศน์ หวานฉ่ำ และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2560) ได้อธิบายความหมายและประเภทของข้อมูลป้อนกลับไว้ว่า ข้อมูลป้อนกลับ คือ ข้อมูลที่มอบให้กับผู้เรียนหลังจากที่ผู้เรียนตอบข้อสอบเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงองค์ความรู้ที่ใช้ในการตอบข้อสอบข้อดังกล่าวให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยแบ่งประเภทของข้อมูลป้อนกลับออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย

1. ข้อมูลป้อนกลับแบบให้คำชี้แนะคงที่ หมายถึง ข้อมูลป้อนกลับที่มอบผลการตอบพร้อมทั้งข้อเสนอแนะให้กับผู้เรียนเมื่อตอบคำถามผิดในครั้งแรก โดยข้อมูลป้อนกลับมีรูปแบบเดียวต่อข้อสอบหนึ่งข้อ และข้อมูลป้อนกลับในข้อสอบแต่ละข้อมีปริมาณเท่ากันหมดตลอดทั้งแบบสอบ

2. ข้อมูลป้อนกลับแบบให้คำชี้แนะลดลง หมายถึง ข้อมูลป้อนกลับที่มอบผลการตอบพร้อมทั้งข้อเสนอแนะให้กับผู้เรียนเมื่อตอบคำถามผิดในครั้งแรก โดยข้อมูลป้อนกลับมีรูปแบบเดียวต่อข้อสอบหนึ่งข้อ และในช่วงต้นของแบบสอบจะมีการมอบข้อมูลให้ปริมาณมากกว่าช่วงท้ายของแบบสอบ

3. ข้อมูลป้อนกลับแบบบอกผลการกระทำ หมายถึง ข้อมูลป้อนกลับหลังจากที่ผู้เรียนดำเนินการตอบข้อสอบแต่ละข้อจนครบทั้งแบบสอบ โดยระบุผลการตอบข้อสอบของผู้เรียนให้ทราบเพียงแค่ว่าถูกหรือผิด

จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ และคณะ (2560) ระบุความหมายของการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบทันทีไว้ดังนี้ การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบทันที (Immediate feedback) หมายถึง การให้ข้อมูลแก้ผู้ทดสอบในการทำแบบสอบโดยทันที โดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ประกอบด้วย

1. การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบสมบูรณ์โดยใช้การยกตัวอย่าง หมายถึง การมอบตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่มีสถานการณ์สอดคล้องกันกับข้อสอบที่ผู้เรียนกำลังตอบไม่ว่าผู้เรียนจะตอบถูกหรือผิดในครั้งแรก

2. การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบสมบูรณ์โดยการใช้การชี้แนะ หมายถึง การมอบคำชี้แนะและคำอธิบายให้กับผู้เรียนในการใช้ตอบข้อสอบ ไม่ว่าผู้เรียนจะตอบถูกหรือผิดในครั้งแรก

3. การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบบางส่วนโดยใช้การยกตัวอย่าง หมายถึง การมอบตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่มีสถานการณ์สอดคล้องกันกับข้อสอบที่ผู้เรียนกำลังตอบ ในกรณีที่ผู้สอบตอบข้อสอบผิด

4. การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบบางส่วนโดยใช้การชี้แนะ หมายถึง การมอบคำชี้แนะและคำอธิบายให้กับผู้เรียนในการใช้ตอบข้อสอบ ในกรณีที่ผู้สอบตอบข้อสอบผิด

5. การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบบอกผลการตอบ หมายถึง การให้ข้อมูลเฉพาะผลการตอบข้อสอบของผู้เรียนว่าถูกหรือผิด โดยปราศจากการให้ข้อมูลเพิ่มเติม หากผู้เรียนตอบข้อสอบถูกผู้เรียนจะได้ทำข้อสอบในข้อถัดไป แต่หากตอบผิด ผู้เรียนจะต้องตอบข้อสอบจนกว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้อง

สุวรัตน์ ทองพันชั่ง และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2560) ได้เสนอรูปแบบการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบผสม ซึ่งเป็นวิธีการให้ข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหาของข้อสอบที่ผู้เรียนต้องตอบก่อนที่จะลงมือตอบคำถาม หรือเสนอโจทย์ปัญหาที่คล้ายเคียงกับข้อสอบที่ผู้เรียนต้องตอบมาให้ศึกษาเพื่อปรับปรุง แก้ไข และเพิ่มความมั่นใจในในองค์ความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการตอบข้อสอบ โดยแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ประกอบด้วย

1. ข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายรายละเอียดด้วยการโต้ตอบ หมายถึง การมอบข้อมูลในการแก้ไขโจทย์ปัญหาในข้อสอบทีละขั้นตอนอย่างมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนในกรณีที่ผู้เรียนขอคำอธิบายในการแก้โจทย์ปัญหาก่อนเลือกคำตอบ

และผู้เรียนจะทราบผลการตอบของตนเองว่าถูกหรือผิด พร้อมทั้งคำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบแต่ละข้อหลังจากสำเร็จการตอบข้อสอบ

2. ข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้องและให้การชี้แนะด้วยการตอบโต้ หมายถึง การมอบตัวอย่างโจทย์ปัญหาอื่นที่สอดคล้องกับข้อสอบที่นักเรียนต้องตอบพร้อมทั้งชี้แนะขั้นตอนการตอบโจทย์ปัญหาอย่างมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนในกรณีที่ผู้เรียนขอคำอธิบายในการแก้โจทย์ปัญหาก่อนเลือกคำตอบ และผู้เรียนจะทราบผลการตอบของตนเองว่าถูกหรือผิด พร้อมทั้งคำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบแต่ละข้อหลังจากสำเร็จการตอบข้อสอบ

3. ข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง ให้การชี้แนะ และอธิบายรายละเอียด หมายถึง การมอบตัวอย่างโจทย์ปัญหาอื่นที่สอดคล้องกับข้อสอบที่นักเรียนต้องตอบพร้อมทั้งชี้แนะขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหากรณีที่ผู้เรียนขอคำอธิบายในการแก้โจทย์ปัญหาก่อนเลือกคำตอบ โดยไม่มีการโต้ตอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผู้เรียน และผู้เรียนจะทราบผลการตอบของตนเองว่าถูกหรือผิด พร้อมทั้งคำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบแต่ละข้อหลังจากสำเร็จการตอบข้อสอบ

4. ข้อมูลป้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง หมายถึง การมอบผลการตอบของผู้เรียนในข้อสอบแต่ละข้อว่าถูกหรือผิด พร้อมทั้งคำตอบที่ถูกต้องของข้อสอบหลังจากสำเร็จการตอบ

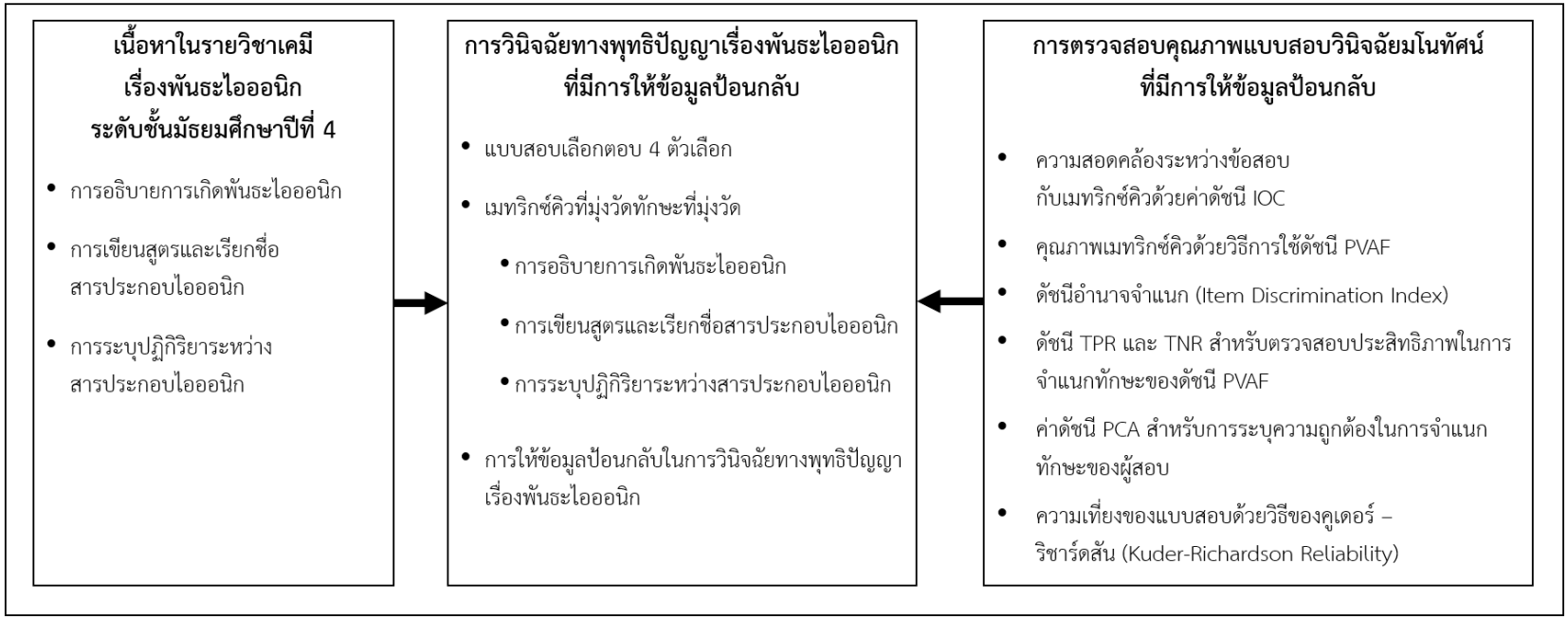
จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการให้ข้อมูลป้อนกลับ จึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีการให้ข้อมูลป้อนกลับ คือ การให้ข้อมูลกับผู้เรียนหลังจากที่ผู้เรียนดำเนินการตอบข้อสอบเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงความรู้ พัฒนาความรู้ที่ผู้เรียนมีอยู่ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งในกรณีของการให้ข้อมูลป้อนกลับในการวินิจฉัยจำเป็นต้องให้ข้อมูลเกี่ยวกับทักษะที่เฉพาะเจาะจงของผู้เรียนทั้งในด้านจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะที่มุ่งวัดในรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะ (Skill profile) และความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability) เพื่อให้นักเรียนทราบจุดแข็งของตนเองในทักษะที่ผู้เรียนมีกับระดับทักษะที่ผ่านเกณฑ์ และทราบจุดที่ควรปรับปรุงของตนเองในเนื้อหาดังกล่าว เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงความรู้ของผู้เรียนให้มีระดับทักษะที่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ และช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดการสอนเพื่อลดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในผู้เรียนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิก การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และการให้ข้อมูลป้อนกลับสำหรับการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ผู้วิจัยจึงได้นำทักษะที่เป็นพื้นฐานในเรื่องพันธะไอออนิกมาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก โดยเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ หากผู้สอบตอบคำถามถูกจะได้ 1 คะแนน และถ้าหากตอบคำถามผิดจะได้ 0 คะแนน เพื่อนำผลการสอบไปวินิจฉัยจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของผู้สอบในทักษะทั้งหมด 3 ทักษะ ที่คัดเลือกมาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบในทักษะนั้น ๆ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก โดยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกจะต้องผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับทักษะที่มุ่งวัดด้วยดัชนี IOC สำหรับใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของเมทริกซ์คิวหลังนำแบบสอบการวินิจฉัยไปทดลองใช้อีกครั้งด้วยดัชนี PVAF เพื่อนำข้อสอบที่มีคุณภาพในแบบสอบจำนวน 2 ฉบับมาคัดเลือกเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับสุดท้าย 1 ฉบับ อีกทั้งตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF จากค่าดัชนี TPR และ TNR อีกทั้งตรวตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะที่ถูกต้องของแบบสอบด้วยดัชนี PCA และ PCV สุดท้ายตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบทั้งฉบับด้วยวิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Reliability) สูตร KR20 แล้วนำผลการตอบของผู้สอบในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมาวิเคราะห์และให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้สอบรายบุคคลในรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะ โดยมีรายละเอียดแสดงในภาพ 2.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 2.8 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก ระยะที่ 2 การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ และระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในครั้งนี้ เป็นการพัฒนาแบบสอบในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ตามผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมในสาระเคมีตามสาระการเรียนรู้แกนกลางของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เน้นมุ่งวัดผู้เรียนในด้านทักษะในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมุ่งวัดจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกของผู้เรียนทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวจำนวน 11 เรื่อง พบว่า มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกที่ส่งผลให้ผู้เรียนมีจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะมีทั้งหมด 37 มโนทัศน์ ซึ่งในระยะที่ 1 เป็นการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกในกลุ่มเป้าหมายของการวิจัย เพื่อให้มั่นใจว่ามีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสอดคล้องกับมโนทัศนี่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการสังเคราะห์งานวิจัย และนำไปสู่การพัฒนาแบบสอบเพื่อวินิจฉัยมโนทัศน์ในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกต่อไป

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 40,118 คน

กลุ่มเป้าหมายในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 12 คน จาก 2 โรงเรียน โรงเรียนละ 6 คน ผ่านการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มเป้าหมายที่มีผลการเรียนในรายวิชาเคมีแตกต่างกัน ส่งผลให้มีความหลากหลายทางด้านทักษะและความสามารถ

เครื่องมือที่ใช้

ระยะที่ 1 ของการวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก โดยเครื่องมือในระยะที่ 1 คือ แบบสำรวจรายการ (Checklist) จำนวน 3 ชุด โดยชุดที่ 1 และ 2 ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนชุดละ 12 มโนทัศน์ และชุดที่ 3 ใช้สำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 13 มโนทัศน์รวมทั้งหมด 37 มโนทัศน์

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

การสร้างแบบทดสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก สามารถทำได้โดยนำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยในเรื่องพันธะเคมีในรูปแบบต่าง ๆ มาสร้างเป็นแบบสำรวจรายการมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 3 ชุด รวมทั้งสิ้น 37 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในระยะที่ 1 แบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก เป็นการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจากเอกสารและงานวิจัย จำแนกตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิก ทั้งหมด 4 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 3) การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบไอออนิก และ 4) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ซึ่งทั้ง 4 ทักษะจัดอยู่ในเนื้อหาเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันโดยมีทักษะที่ 1 เป็นทักษะพื้นฐานสำหรับทักษะที่ 2 ถึงทักษะที่ ขณะที่ทั้ง 3 ทักษะมีความเป็นอิสระจากกัน ตามที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้ระบุไว้ แต่เนื่องจากไม่พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยในทักษะที่ 3 การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ส่งผลให้เหลือทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะนไอออนิกทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก เพื่อนำไปสู่การพัฒนาแบบสำรวจรายการ สำหรับสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

ตอนที่ 2 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก เป็นการนำแบบสำรวจรายการไปสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 12 คน โดยสัมภาษณ์ผ่านโปรแกรม Zoom ระหว่างผู้วิจัยกับกลุ่มเป้าหมายรอบละ 1 คน

โดยผู้วิจัยจะอ่านข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนแต่ละมโนทัศน์ให้กลุ่มเป้าหมายตัดสินใจทีละข้อ หากกลุ่มเป้าหมายตอบว่าเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ผู้วิจัยจะทำเครื่องหมาย ✓ ที่ข้อนั้น แต่หากกลุ่มเป้าหมายตอบว่าไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยจะข้ามข้อดังกล่าว และอ่านข้อความมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนต่อไปจนครบ โดยกลุ่มเป้าหมาย 1 คน จะได้รับการสัมภาษณ์โดยแบบสำรวจรายการจำนวน 1 ชุด โดยแบบสำรวจรายการแต่ละชุดจะทำการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 4 คน ดังตาราง 3.1

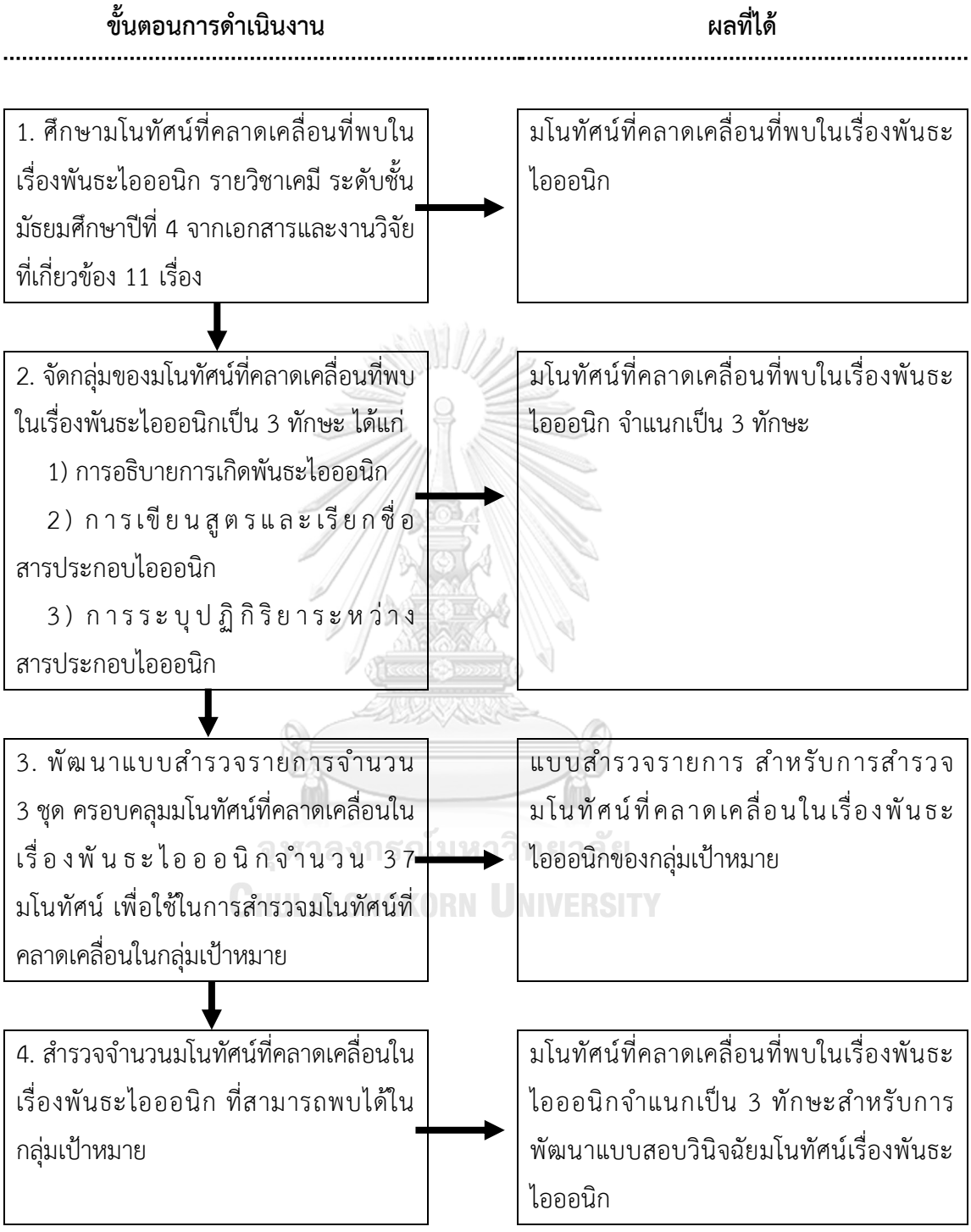
ตาราง 3.1 กลุ่มเป้าหมายในการสัมภาษณ์ของระยะที่ 1

แบบสำรวจรายการ ชุดที่	**กลุ่มเป้าหมายในการสัมภาษณ์**			
	รอบที่ 1	**รอบที่ 2**	**รอบที่ 3**	**รอบที่ 4**
1	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4
2	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8
3	คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12

การวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้ง 11 เรื่อง และผลการใช้แบบสำรวจรายการจำนวน 3 ชุด เพื่อนำไปสร้างเป็นตัวลวงในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกต่อไป โดยรายละเอียดของกรอบการดำเนินงานในระยะที่ 1 แสดงดังภาพ 3.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพ 3.1 กรอบดำเนินงานในระยะที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 2 การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

ในระยะที่ 2 ของการวิจัยเป็นการนำผลการตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิกในระยะที่ 1 มาพัฒนาเป็นข้อสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องพันธะไอออนิกทั้งหมด 2 ฉบับ ซึ่งเป็นแบบสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 40 ข้อ รวมทั้งหมด 80 ข้อ เพื่อใช้ในการคัดเลือกเป็นข้อสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 30 ข้อ โดยในระยะที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 40,118 คน

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 ในกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จำนวน 335 คน และกลุ่มที่ 2 จำนวน 296 คน รวมทั้งหมด รวมทั้งหมด 631 คน เพื่อให้มีจำนวนกลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำตามที่ Nájera et al. (2019) กำหนดไว้ โดยให้นักเรียนกลุ่มที่ 1 ทำแบบสอบฉบับที่ 1 ส่วนกลุ่มที่ 2 ทำแบบสอบฉบับที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนจากโรงเรียนต่าง ๆ ดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 กลุ่มเป้าหมายในการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในระยะที่ 2

โรงเรียน	จำนวนนักเรียน		รวม (คน)
	กลุ่มที่ 1 (คน)	กลุ่มที่ 2 (คน)	
1. โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย	105	17	122
2. โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม	57	53	110
3. โรงเรียนบางมดวิทยา	44	38	82
4. โรงเรียนราชวินิต มัธยม	30	33	63
5. โรงเรียนทวีธาภิเศก	25	39	64
6. โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน	20	18	38
7. โรงเรียนชิโนรสวิทยาลัย	24	0	24
8. โรงเรียนพรตพิทยพยัต	17	0	17
9. โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)	13	17	30
10. โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย	0	81	81
รวม	**335**	**296**	**631**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือที่ใช้

ในระยะที่ 2 ของการวิจัย มีเครื่องมือที่ใช้ คือแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ซึ่งเป็นแบบสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (multiple-choice test) ทั้งหมด 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ กำหนดระยะเวลาในการทำข้อสอบ 50 นาที และทั้งสองฉบับวัดทักษะที่มุ่งวัดทั้งหมด 3 ทักษะในเรื่องพันธะไอออนิก เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพและคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพมาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ที่มีจำนวนข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

การสร้างแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก มีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 30 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งแบ่งเป็นทักษะที่มุ่งวัดทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก จากผลการสำรวจในระยะที่ 1

2. กำหนดเมทริกซ์คิว (Q-matrix) ที่เป็นเมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับทักษะที่มุ่งวัด ดังตาราง 3.3 เพื่อนำมาสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ ทั้งหมด 80 ข้อ ในข้อสอบแต่ละข้อมีทั้งหมด 4 ตัวเลือก ได้แก่ ตัวถูก 1 ตัวเลือก ที่พัฒนาขึ้นมาจากมโนทัศน์ที่ถูกต้องในเรื่องพันธะไอออนิก และตัวลวง 3 ตัวเลือกซึ่งพัฒนาขึ้นมาจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากระยะที่ 1 หากผู้สอบตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน แต่หากตอบผิดจะได้ 0 คะแนน พร้อมทั้งระบุทักษะที่มุ่งวัดในข้อสอบแต่ละข้อ ตามโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่กำหนดสำหรับแบบสอบ โดยกำหนดให้แต่ละข้อวัดทักษะจำนวน 1 ถึง 3 ทักษะ ประกอบด้วย

Chulalongkorn University

ทักษะที่มุ่งวัด 1 คือ การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก

ทักษะที่มุ่งวัด 2 คือ การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก

ทักษะที่มุ่งวัด 3 คือ การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก

และค่า 1 ในเมทริกซ์คิว หมายถึง ข้อสอบข้อดังกล่าวต้องการผู้เรียนที่มีทักษะนั้นเป็นจุดแข็งในการตอบ ส่วนค่า 0 ในเมทริกซ์คิว หมายถึง ข้อสอบดังกล่าวไม่ต้องการผู้เรียนที่มีทักษะนั้นเป็นจุดแข็ง ในการตอบ

ตาราง 3.3 เมทริกซ์คิวสำหรับการวินิจฉัยของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ทั้ง 2 ฉบับ

ข้อที่	ข้อสอบชุดที่ 1			ข้อที่	ข้อสอบชุดที่ 2		
	ทักษะที่มุ่งวัด				ทักษะที่มุ่งวัด		
	1	2	3		1	2	3
1	1	0	0	1	1	0	0
2	0	1	0	2	0	1	0
3	0	0	1	3	0	0	1
4	1	0	0	4	1	0	0
5	0	1	0	5	0	1	0
6	0	0	1	6	0	0	1
7	1	0	0	7	1	0	0
8	0	1	0	8	0	1	0
9	0	0	1	9	0	0	1
10	1	0	0	10	1	0	0
11	0	1	0	11	0	1	0
12	0	0	1	12	0	0	1
13	1	0	0	13	1	0	0
14	0	1	0	14	0	1	0
15	0	0	1	15	0	0	1
16	1	0	0	16	1	0	0
17	0	1	0	17	0	1	0
18	0	0	1	18	0	0	1
19	1	0	0	19	1	0	0
20	0	1	0	20	0	1	0
21	0	0	1	21	0	0	1
22	1	1	0	22	1	1	0
23	1	0	1	23	1	0	1
24	0	1	1	24	0	1	1
25	1	1	0	25	1	1	0
26	1	0	1	26	1	0	1
27	0	1	1	27	0	1	1
28	1	1	0	28	1	1	0
29	1	0	1	29	1	0	1
30	0	1	1	30	0	1	1

ข้อที่	ข้อสอบชุดที่ 1			ข้อที่	ข้อสอบชุดที่ 2		
	ทักษะที่มุ่งวัด				ทักษะที่มุ่งวัด		
	1	2	3		1	2	3
31	1	1	0	31	1	1	0
32	1	0	1	32	1	0	1
33	0	1	1	33	0	1	1
34	1	1	0	34	1	1	0
35	1	0	1	35	1	0	1
36	0	1	1	36	0	1	1
37	1	1	1	37	1	1	1
38	1	1	1	38	1	1	1
39	1	1	1	39	1	1	1
40	1	1	1	40	1	1	1

3. นำข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบทั้ง 2 ฉบับที่สร้างขึ้นมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของร่างข้อสอบ เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวโดยใช้ดัชนี IOC จากการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเทียบเท่ากับการคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสามารถในการจำแนกทักษะของผู้สอบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ

4. ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิว หลังจากนั้นจึงคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาไว้ และตัดข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ทิ้ง รวมทั้งปรับปรุงข้อความหรือประโยคตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ และนำมาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 2 ฉบับ

5. นำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

6. คัดเลือกข้อสอบตามเกณฑ์ที่ Nájera et al. (2019) ได้ระบุไว้ จำนวน 30 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในระยะที่ 2 ของการวิจัย เป็นการพัฒนาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก โดยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาแบบสอบเรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ ซึ่งเป็นการนำผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบในเรื่องพันธะไอออนิกจากระยะที่ 1 มาพัฒนาเป็นร่างข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ รวมทั้งหมด 80 ข้อ เพื่อนำไปสู่การ

ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญในตอนที่ 2 เพื่อให้มีจำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวนมากพอตามเกณฑ์ที่ Nájera et al. (2019) ที่กำหนดจำนวน 30 ข้อ

ตอนที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ ซึ่งเป็นการนำร่างข้อสอบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิว เพื่อตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวในด้านความสามารถในการจำแนกทักษะของผู้สอบ ด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านต่อแบบสอบ 1 ฉบับ จึงใช้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 ท่าน โดยพิจารณาจากความสอดคล้องกันระหว่างทักษะที่มุ่งวัดกับข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบ โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญต่อแบบสอบ 1 ฉบับ ดังนี้

1) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างน้อย 5 ปี และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา จำนวน 2 ท่าน
2) เป็นผู้ที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาเอกในสาขาด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา จำนวน 2 ท่าน
3) เป็นผู้ที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาเอกในด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

3. นำผลการตรวจสอบคุณภาพด้านความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวมาคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ และนำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาพัฒนาและปรับปรุงข้อสอบแต่ละข้อมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

4. จัดพิมพ์แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับทั้งในรูปของแบบสอบแบบกระดาษ และในรูปแบบออนไลน์สำหรับในกรณีที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบแบบกระดาษได้เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19

ตอนที่ 3 การตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ เป็นการนำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับที่ผ่านการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวจากผู้เชี่ยวชาญ มาทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ประสานและทำจดหมายเพื่อขออนุญาตทดลองใช้แบบสอบทั้ง 2 ฉบับกับกลุ่มเป้าหมายที่เรียนรู้เนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิกเรียบร้อยแล้ว ไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนทั้ง 10 โรงเรียน จากนั้นดำเนินการติดต่อตัวแทนคุณครูภายในโรงเรียนของแต่ละโรงเรียน เพื่อสอบถามว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คุณครูสะดวกให้เก็บข้อมูลในรูปแบบใดระหว่างแบบสอบแบบกระดาษและแบบออนไลน์ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19

2. ดำเนินการทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับกับกลุ่มเป้าหมาย
3. นำผลการทดลองใช้แบบสอบทั้ง 2 ฉบับมาคำนวณหาดัชนีอำนาจจำแนก (item discrimination index) ของข้อสอบแต่ละข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ไปใช้ในการสร้างเป็นแบบสอบฉบับสุดท้าย

ตอนที่ 4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PVAF มีรายละเอียด ดังนี้

1. นำผลการทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับมาตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในด้านความสามารถในการจำแนกทักษะของผู้สอบด้วยค่าดัชนี PVAF ซึ่งช่วยเป็นการยืนยันและส่งเสริมคุณภาพในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวจากการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญในการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิว (Ma & de la Torre, 2020a) โดยใช้เกณฑ์ของ de la Torre and Chiu (2016) และคำนวณผ่านโปรแกรม R ด้วยแพ็กเกจ GDINA

2. คัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ตามเกณฑ์ของ (Nájera et al., 2019) จากทั้งหมด 80 ข้อ หลังจากนั้น นำมาพัฒนาเป็นแบบฉบับออนไลน์สำหรับเก็บข้อมูลในช่วงการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่นักเรียนไม่สามารถมาโรงเรียนได้ ซึ่งแต่ละข้อจำเป็นต้องมีค่าดัชนีที่ผ่านเกณฑ์ทั้งดัชนีอำนาจจำแนกและดัชนี PVAF ของ Nájera et al. (2019) และ de la Torre and Chiu (2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ตรวจสอบคุณภาพในด้านความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ โดยวิเคราะห์จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับเนื้อหาที่มุ่งวัด (Item Objective Congruence, IOC) ที่กำหนดให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับเนื้อหาที่มุ่งวัด โดยการกำหนดค่าคะแนนตามที่ โชติกา ภาษีผล (2559) กำหนดไว้ ดังนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมุ่งวัดทักษะได้ตามที่กำหนดไว้
0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมุ่งวัดทักษะได้ตามที่กำหนดไว้
-1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นไม่ได้มุ่งวัดทักษะตามที่กำหนดไว้

จากนั้นนำคะแนนที่ได้ในแต่ละข้อมาคำนวณจากสูตรและเปรียบเทียบกับเกณฑ์การพิจารณาตามที่ โชติกา ภาษีผล (2559) กล่าวไว้ ดังนี้

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

เมื่อ $\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

เกณฑ์การพิจารณาค่า IOC

$IOC \geq 0.5$ แสดงว่า ข้อสอบข้อนั้นมุ่งวัดทักษะได้ตรงตามที่กำหนดไว้ในเมทริกซ์คิว

$IOC < 0.5$ แสดงว่า ข้อสอบข้อนั้นไม่ได้มุ่งวัดทักษะตามที่กำหนดไว้ในเมทริกซ์คิว

2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก จำนวน 2 ฉบับ โดยตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนก (item discrimination index) ด้วยฟังก์ชัน *discrim* ด้วยโปรแกรม R ผ่านแพ็กเกจ GDINA (Ma & de la Torre, 2020b) ซึ่งคำนวนได้จากผลต่างของความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะที่ข้อสอบข้อนั้น ๆ ต้องการ กับความน่าจะเป็นที่ผู้สอบมีทุกทักษะที่ข้อสอบข้อดังกล่าวต้องการเป็นจุดที่ควรปรับปรุง โดยข้อสอบแต่ละข้อควรมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.4 ขึ้นไป เพื่อให้ความสามารถในการจำแนกทักษะของผู้สอบด้วยดัชนี PVAF มีประสิทธิภาพที่มากพอ (Nájera et al., 2019) โดย Nájera et al. (2019) ระบุการแปลผลค่าดัชนีอำนาจจำแนกไว้ดังตาราง 3.4

ตาราง 3.4 การแปลผลค่าดัชนีอำนาจจำแนก

ค่าดัชนีอำนาจจำแนก	การแปลผล
0.800 เป็นต้นไป	อำนาจจำแนกสูง
0.600 ถึง 0.799	อำนาจจำแนกปานกลาง
0.400 ถึง 0.599	อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้
ต่ำกว่า 0.400	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง

3. ตรวจสอบทักษะในการจำแนกที่ถูกต้องของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบด้วยดัชนี PVAF ผ่านฟังก์ชัน Qval( ) ด้วยโปรแกรม R ในแพ็กเกจ GDINA (Ma & de la Torre, 2020b) โดยเป็นดัชนีที่จะเสนอรูปแบบทักษะที่มุ่งวัดของข้อสอบแต่ละข้อในรูปของ Mesa plot ที่แกนแนวนอนแสดงเวคเตอร์คิวของรูปแบบทักษะต่าง ๆ ที่ข้อสอบข้อนั้นจำแนกได้ และแกนแนวตั้งแสดงค่าดัชนี PVAF ของแต่ละเวคเตอร์คิว พร้อมทั้งแสดงค่าดัชนี EPS ในรูปแบบเส้นประขนานกับแกนแนวนอน

และตำแหน่งที่ทำสัญลักษณ์วงกลมแสดงเวคเตอร์คิวสำหรับมุ่งจำแนกทักษะของเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น ดังตาราง 3.5 โดยเวคเตอร์คิวที่จำแนกทักษะได้ถูกต้อง คือ เวคเตอร์คิวที่มีค่าดัชนี PVAF สูงกว่าค่า Epsilon (ε, EPS) ซึ่ง Nájera et al. (2019) ได้อธิบายไว้ว่าค่า EPS มีแปรผันตามค่าดัชนีอำนาจจำแนก จำนวนข้อสอบ และจำนวนผู้สอบ และสามารถคำนวณหาค่าที่เหมาะสมได้จากสมการ 1 และ 2 ที่ ดังนี้

$$(EPS) = \text{inv.logit}(-0.405 + 2.867 \cdot IQ + 4.84 \cdot 10^{-4} \cdot N - 3.316 \cdot 10^{-3} \cdot J)$$

เมื่อ inv.logit คือ ฟังก์ชันทางสถิติสำหรับค่าดัชนี EPS

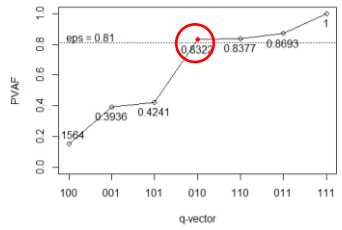
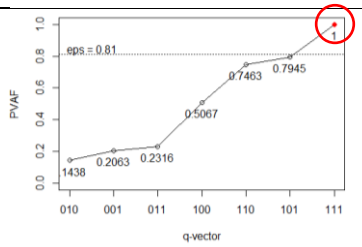
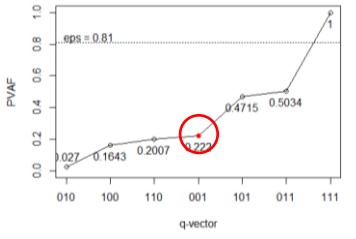
IQ คือ ค่าดัชนีอำนาจจำแนกเฉลี่ยของแบบสอบ

N คือ จำนวนผู้สอบที่ทำแบบสอบ

J คือ จำนวนข้อสอบในแบบสอบ

สำหรับกรณีที่กลุ่มเป้าหมายมีจำนวนต่ำหรือ 200 – 500 คน Nájera et al. (2019) ได้เสนอว่า ค่า EPS ที่เหมาะสมคือ 0.81 แต่สามารถปรับให้ค่ามากกว่าค่าดังกล่าวได้ตามความเหมาะสม โดยยิ่งค่า EPS มีค่าสูงจะส่งช่วยยืนยันความสามารถในการจำแนกทักษะของเมทริกซ์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF ได้ดียิ่งขึ้น (de la Torre & Chiu, 2016) ในกรณีที่มีเวคเตอร์คิวที่ผ่านเกณฑ์มากกว่า 1 ค่า เวคเตอร์คิวที่มุ่งวัดจำนวนทักษะน้อยที่สุดจะเป็นเวคเตอร์ที่ถูกต้อง หากมีเวคเตอร์คิวที่ผ่านเกณฑ์และมุ่งจำแนกทักษะเท่ากัน เวคเตอร์คิวที่มีค่าดัชนี PVAF สูงกว่าจัดเป็นเวคเตอร์ที่มีความถูกต้องที่สุดในการจำแนกทักษะของข้อสอบข้อดังกล่าว (de la Torre & Chiu, 2016) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะคัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีดัชนี PVAF ผ่านเกณฑ์ของ Nájera et al. (2019)

ตาราง 3.5 ตัวอย่างการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	Mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
1		0	1	0	ข้อสอบข้อที่ 1 สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ โดยมีเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่จำแนกทักษะ ซึ่งมีค่าดัชนี PVAF สูงกว่า EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด
2		1	1	1	สามารถจำแนกได้ทั้ง 3 คุณลักษณะ โดยมีเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่จำแนกทักษะ ซึ่งมีค่าดัชนี PVAF สูงกว่า EPS
3		0	0	0	ข้อสอบข้อที่ 3 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ ถึงแม้ว่าเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์คิวที่มุ่งจำแนกทักษะ แต่เนื่องจากมีเพียงเวคเตอร์คิว [1 1 1] ที่มีค่าดัชนี PVAF สูงกว่า EPS ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มีมุ่งจำแนกจำนวนทักษะมากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์ที่คิวที่มุ่งจำแนกทักษะ ส่งผลให้ขัดกับ Parsimony Principle (de la Torre & Chiu, 2016) จึงสรุปได้ว่า ข้อสอบข้อที่ 3 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้

ซึ่งรายละเอียดของกรอบการดำเนินงานในระยะที่ 2 แสดงดังภาพ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพ 3.2 กรอบดำเนินงานในระยะที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

ในระยะที่ 3 ของการวิจัย เป็นการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ประกอบด้วยข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์ในระยะที่ 2 จำนวน 30 ข้อ และการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 40,118 คน

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 591 คน ดังตาราง 3.6 ที่มีความหลากหลายในรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะในการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี และมีความพร้อมในการเก็บข้อมูลในสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ผ่านการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยประกอบด้วยนักเรียนจากโรงเรียนต่าง ๆ

ตาราง 3.6 กลุ่มเป้าหมายในการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในระยะที่ 3

โรงเรียน	กลุ่มเป้าหมาย (คน)
เตรียมอุดมศึกษา	249
ราชวินิตบางเขน	67
ศึกษานารี	167
สาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)	108
รวม	**591**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือที่ใช้

ในระยะที่ 3 ของการวิจัย มีเครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่พัฒนาขึ้นมาจากระยะที่ 2 และเป็นแบบสอบเลือกตอบ (multiple-choice test) 1 ฉบับ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบสอบออนไลน์ในรูปแบบของ Google form สำหรับใช้เก็บข้อมูลในช่วง

สถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 กำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ในการวินิจฉัยผู้เรียนภายในระยะเวลา 1 คาบเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในระยะที่ 3 เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก และนำผลการสอบของกลุ่มเป้าหมายมาเป็นข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมาย โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก เป็นการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบที่พัฒนามาจากระยะที่ 2 ของการวิจัยกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 591 คน โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ประสานและทำจดหมายเพื่อขออนุญาตทดลองใช้แบบสอบกับกลุ่มเป้าหมายที่เรียนรู้เนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิกเรียบร้อยแล้วไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนทั้ง 4 โรงเรียน จากนั้นดำเนินการติดต่อคุณครูภายในโรงเรียนของแต่ละโรงเรียนเพื่อขอทดลองใช้เครื่องมือในรูปแบบแบบสอบออนไลน์เพื่อให้เหมาะสมกับช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ผู้เรียนไม่สามารถมาเรียนที่โรงเรียนได้
2. นำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยขอความร่วมมือกับครูในโรงเรียนของกลุ่มเป้าหมายให้คุมสอบกลุ่มเป้าหมายโดยการเปิดโปรแกรมประชุมออนไลน์ เช่น Google Meet หรือ Zoom พร้อมทั้งมอบหมายให้กลุ่มเป้าหมายแต่ละคนเปิดกล้องระหว่างทำแบบสอบเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถตรวจสอบการทำแบบสอบได้
3. นำผลที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยมาตรวจสอบคุณภาพในด้วยดัชนีอำนาจจำแนก ตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์ด้วยค่าดัชนี PVAF ตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ของแบบสอบทั้งฉบับด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะที่ถูกต้องของแบบสอบทั้งฉบับด้วยดัชนี PCA และหาค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 การให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก เป็นการนำผลการทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 591 คน มาวิเคราะห์และให้ข้อมูลป้อนกลับ โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแบบสอบ และผลการวินิจฉัยจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 3 ทักษะในรูปแบบของกราฟความน่าจะเป็นของจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก พร้อมทั้งให้ข้อมูลเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งอาจเกิดขึ้นกับกลุ่มเป้าหมายแต่ละคนอันจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงความรู้ในเรื่องพันธะไอออนิกให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นของกลุ่มเป้าหมาย
2. ส่งผลข้อมูลป้อนกลับไปยังครูผู้สอนของกลุ่มเป้าหมายในรูปแบบรายงาน ผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ อันจะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนการสอนในเนื้อหาพันธะไอออนิกในประเด็นที่กลุ่มเป้าหมายยังมีความคลาดเคลื่อนต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 3 เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนก (item discrimination index) ของข้อสอบรายข้อด้วยฟังก์ชัน *discrim* ในด้วยโปรแกรม R ในแพ็กเกจ GDINA (Ma & de la Torre, 2020b) ซึ่งคำนวนได้จากผลต่างของความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีทุกทักษะที่ข้อสอบข้อนั้น ๆ เป็นจุดแข็ง กับความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีทุกทักษะที่ข้อสอบข้อดังกล่าวเป็นจุดที่ควรปรับปรุง โดยข้อสอบแต่ละข้อควรมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.4 ขึ้นไป เพื่อให้ความสามารถในการจำแนกทักษะของผู้สอบด้วยดัชนี PVAF มีประสิทธิภาพที่มากพอ (Nájera et al., 2019) โดยการแปลผลค่าดัชนีอำนาจจำแนกไว้ดังตาราง 3.4

2. ตรวจสอบทักษะในการจำแนกที่ถูกต้องของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกอีกครั้งด้วยดัชนี PVAF ผ่านฟังก์ชัน Qval( ) ด้วยโปรแกรม R ในแพ็กเกจ GDINA (Ma & de la Torre, 2020b) โดยเวคเตอร์คิวที่จำแนกทักษะได้ถูกต้อง คือ เวคเตอร์คิวที่มีค่าดัชนี PVAF สูงกว่าค่า Epsilon (ε, EPS) ในกรณีที่มีเวคเตอร์คิวที่ผ่านเกณฑ์มากกว่า 1 ค่า เวคเตอร์คิวที่มุ่งวัดจำนวนทักษะน้อยที่สุดจะเป็นเวคเตอร์ที่ถูกต้อง หากมีเวคเตอร์คิวที่ผ่านเกณฑ์และมุ่งจำแนกทักษะเท่ากัน เวคเตอร์คิวที่มีค่าดัชนี PVAF สูงกว่าจัดเป็นเวคเตอร์ที่มีความถูกต้องที่สุดในการจำแนกทักษะของข้อสอบข้อดังกล่าว (de la Torre & Chiu, 2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก โดยดัชนี TPR สามารถคำนวณได้จากสัดส่วนระหว่างจำนวนเวคเตอร์คิวที่ผ่านการตรวจสอบด้วยค่าดัชนี PVAF และยังคงจำแนกทักษะได้ตรงกับเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น กับจำนวนเวคเตอร์คิวทั้งหมดของแบบสอบ ส่วนดัชนี TNR สามารถคำนวณได้จากสัดส่วนระหว่างจำนวนเวคเตอร์คิวที่คลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะแต่ได้มีการปรับปรุงทักษะที่จำแนกในเวคเตอร์คิวนั้นให้ถูกต้อง กับจำนวณเวคเตอร์คิวที่คลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะทั้งหมด (de la Torre & Chiu, 2016) และเนื่องจากการพัฒนาแบบสอบมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 2 ฉบับในระยะที่ 2 เป็นเพียงการพัฒนาข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มาใช้เป็นข้อสอบในแบบสอบฉบับสุดท้าย โดยไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะด้วยดัชนี PVAF ของแบบสอบทั้งฉบับ ส่งผลให้การวิเคราะห์ค่าดัชนี TPR และ TNR จะวิเคราะห์เฉพาะแบบสอบฉบับสุดท้ายเท่านั้น

4. ตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PCA และ PCV ด้วยฟังก์ชัน ClassRate( ) ผ่านโปรแกรม R ในแพ็กเกจ GDINA (Ma & de la Torre, 2020b) โดยค่า PCA ที่เข้าใกล้กับ 1 แสดงว่าเมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF สามารถจำแนกทักษะได้ถูกต้อง PVAF (Ma & de la Torre, 2020b) เช่น ค่าดัชนี PCA มีค่าเท่ากับ 0.80 หมายถึง เมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF สามารถจำแนกทักษะได้ถูกต้องกว่าร้อยละ 80 ส่วนดัชนี PCV ที่แสดงความถูกต้องในการจำแนกทักษะของเวคเตอร์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF ในการวิจัยครั้งนี้จะแสดงอยู่ในรูปเมทริกซ์ขนาด 1 x 3 มิติ เช่น [0.98 0.90 0.75] หมายถึง เมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีเวคเตอร์คิวที่สามารถจำแนกทักษะจำนวนอย่างน้อย 1 ทักษะได้ถูกต้องร้อยละ 98 ส่วนเมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีเวคเตอร์คิวที่สามารถจำแนกทักษะจำนวนอย่างน้อย 2 ทักษะได้อย่างถูกต้องร้อยละ 90 และเมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีเวคเตอร์คิวที่สามารถจำแนกทักษะจำนวน 3 ทักษะได้อย่างถูกต้องร้อยละ 75 และเนื่องจากการพัฒนาแบบสอบมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับในระยะที่ 2 เป็นเพียงการพัฒนาข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มาใช้เป็นข้อสอบในแบบสอบฉบับสุดท้าย โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องในการจำแนกทักษะด้วยดัชนี PVAF ของแบบสอบทั้งฉบับ ส่งผลให้การวิเคราะห์ค่าดัชนี PCA และ PCV จะวิเคราะห์เฉพาะแบบสอบฉบับสุดท้ายเท่านั้น

4. ตรวจสอบค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยค่าความเที่ยงของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson’s Method) สูตร KR20 ซึ่งเป็นความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ที่มีคะแนนรายข้อ 2 ค่า คือ 0 และ 1 กล่าวคือ ตอบผิดได้ 0 คะแนน และตอบถูกได้ 1 คะแนน และเป็นข้อสอบที่มีระดับความยากง่ายแตกต่างกัน โดยมีคำนวณค่าความเที่ยงได้จากสมการ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$KR20 = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1 - \frac{\sum p_i q_i}{S^2}\right]$$

เมื่อ KR20 แทน ความเที่ยงของ Kuder – Richardson สูตร KR20

k แทน จำนวนข้อสอบ

p_i แทน สัดส่วนของจำนวนผู้ตอบถูกในข้อที่ i

q_i แทน สัดส่วนของจำนวนผู้ตอบผิดในข้อที่ i ($q_i = 1-p_i$)

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้เกณฑ์ของ Taber (2018) ที่ระบุว่า เครื่องมือสำหรับงานวิจัยในด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงสูงกว่า 0.8 เป็นเครื่องมือที่มีค่าความเที่ยงผ่านเกณฑ์และอยู่ในระดับค่อนข้างสูง

5. วิเคราะห์ค่าสถิติเชิงบรรยายของกลุ่มเป้าหมายจากการทำแบบสอบทั้งด้านจำนวนผู้สอบจำแนกตามเพศ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และจำนวนผู้สอบที่มีคะแนนเกินครึ่งหนึ่งของแบบสอบ หรือ 15 คะแนน จากทั้งหมด 30 คะแนน

6. วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การเดา (guessing, g_j) และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (slip, s_j) ของข้อสอบแต่ละข้อด้วยฟังก์ชัน coef( )

7. วิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้อย่างถูกต้องของผู้สอบที่มีรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะต่าง ๆ และความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่ม (Class probability) ตามรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก หรือโปรไฟล์ทักษะ (Skill profile) ของผู้สอบ ด้วยฟังก์ชัน extract( )

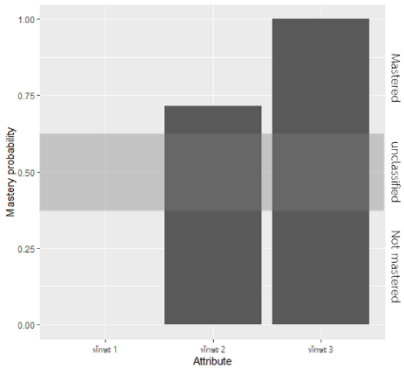
8. วิเคราะห์สัดส่วนของกลุ่มเป้าหมายที่มีทักษะในเนื้อหาพันธะไอออนิกแต่ละทักษะเป็นจุดแข็งหรือจุดที่ควรปรับปรุงด้วยฟังก์ชัน summary( )

9. วิเคราะห์รูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะของกลุ่มเป้าหมายแต่ละคนผ่านการจำแนกรายบุคคล (individual classification) ด้วยฟังก์ชัน personparma( ) และวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability) เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 3 ทักษะของกลุ่มเป้าหมายแต่ละคนด้วยฟังก์ชัน plot.GDINA ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของกราฟภาพ 3.3 จากภาพหากกลุ่มเป้าหมายมีความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะนั้น ๆ สูงกว่าค่า 0.6 แสดงว่า กลุ่มเป้าหมายมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดแข็ง ส่วนกลุ่มเป้าหมายที่มีความน่าจะเป็นในการรอบรู้ในช่วง 0.4 – 0.6 แสดงว่าโมเดลจีไดนาไม่สามารถระบุจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะดังกล่าวได้ แต่หากมีค่าต่ำกว่า 0.4 แสดงว่า กลุ่มเป้าหมายมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดที่ควรปรับปรุง และจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทักษะนั้น (George et al., 2016) เช่นในภาพ 3.3 กลุ่มเป้าหมายมีจุดแข็งในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 2 ทักษะ ได้แก่ ทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการรอบรู้มีค่าสูงกว่า 0.6 ขณะที่มีจุดที่ควรปรับปรุงจำนวน 1 ทักษะ คือ ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการรอบรู้มีค่าต่ำกว่า 0.4

10. ระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจพบในกลุ่มเป้าหมายจากผลการตอบข้อสอบที่ผิดในแต่ละข้อของกลุ่มเป้าหมายแต่ละคน พร้อมทั้งระบุมโนทัศน์ที่ถูกต้องของแต่ละมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ดังตัวอย่างในภาพ 3.3 เป็นการนำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก ซึ่งเป็นทักษะที่เป็นจุดอ่อนของกลุ่มเป้าหมาย มาเป็นข้อมูลป้อนกลับ



ผู้สอบคนที่	100			ชื่อ - สกุล			นายความรู้ คู่คุณธรรม								
ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
คะแนนที่ได้	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
ข้อ	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
คะแนนที่ได้	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
คะแนนที่ได้	20						คะแนนเต็ม			30					
การแปลผลความรอบรู้ในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก															
ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก							ควรปรับปรุง								
ทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก							จุดแข็ง								
ทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก							จุดแข็ง								
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจพบ							มโนทัศน์ที่ถูกต้อง								
1. ทุกพันธะไอออนิกเป็นไปตามกฎออกเตต							1. ทุกพันธะไอออนิกไม่เป็นไปตามกฎออกเตต เช่น LiCl ที่ Li^+ มีจำนวนอิเล็กตรอนไม่เป็นไปตามกฎออกเตต								
2. พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน							2. พันธะไอออนิกคือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ								
3. เมื่อไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น							3. เมื่อไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอน จะมีความเสถียรลดลง								

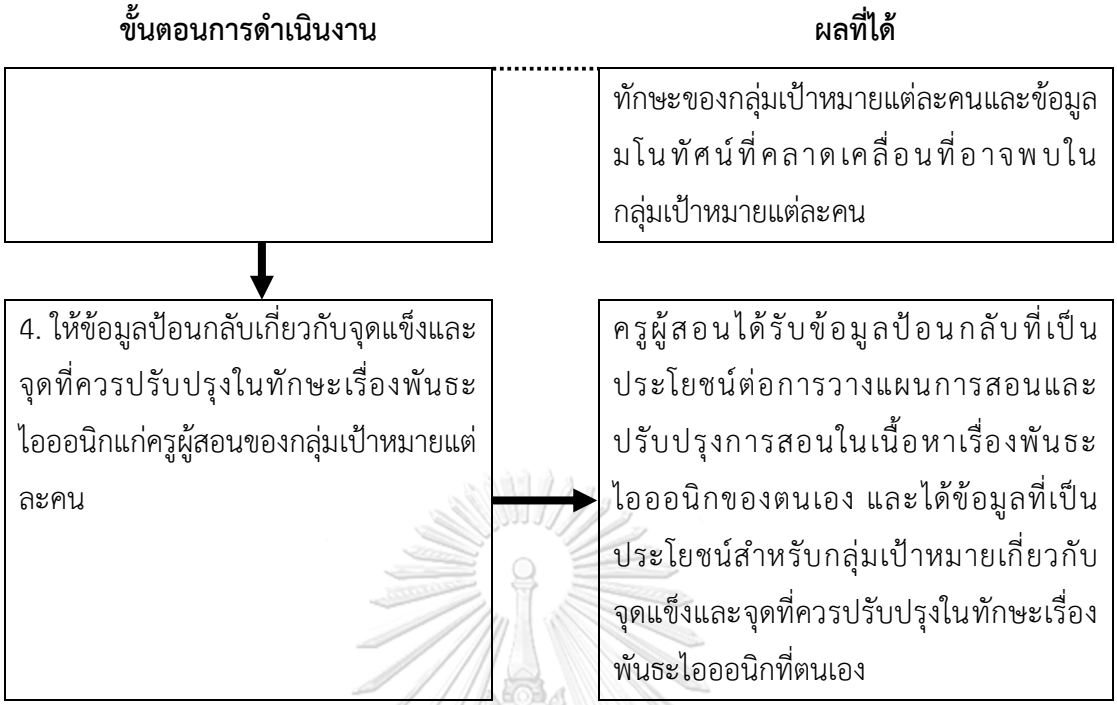
ภาพ 3.3 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ซึ่งรายละเอียดของกรอบการดำเนินงานในระยะที่ 3 แสดงดังภาพ 3.4

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ผลที่ได้
1. นำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย	ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยเรื่องพันธะไอออนิก
2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้าน - ค่าดัชนีอำนาจจำแนก - คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF - ประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยดัชนี TPR และ TNR - ความถูกต้องในการจำแนกทักษะของแบบสอบด้วยดัชนี PCA และ PCV - ความเที่ยงของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน สูตร KR20	แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและผ่านการปรับปรุงแก้ไขให้สามารถจำแนกทักษะได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
3. นำผลการตอบแบบสอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของแบบสอบ สัดส่วนของผู้สอบที่จุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะในเนื้อหาพันธะไอออนิก และรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะของกลุ่มเป้าหมายแต่ละคนผ่านฟังก์ชันของโปรแกรม R	1. ค่าพารามิเตอร์การเดา (guessing, g_j) และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (slip, s_j) ของแบบสอบ 2. ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้อย่างถูกต้องของผู้สอบที่มีรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะต่าง ๆ และความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่มตามรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก หรือโปรไฟล์ทักษะของผู้สอบ 3. สัดส่วนของผู้สอบที่มีจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะในเนื้อหาพันธะไอออนิก 4. รูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพ 3.4 กรอบดำเนินงานในระยะที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ทั้งหมด 3 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก 2) เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ 3) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ โดยผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก ระยะที่ 2 ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ ระยะที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ โดยแต่ละระยะที่รายละเอียด ดังนี้

ระยะที่ 1 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ 1) ผลการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ 2) ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก โดยแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่มักพบในเรื่องพันธะไอออนิก จำนวน 11 เรื่อง สามารถสังเคราะห์เป็นตารางมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาพันธะไอออนิกที่ประกอบไปด้วยมโนทัศน์ที่สามารถพบได้ในนักเรียนจำนวน 37 มโนทัศน์ จำแนกตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิก ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ทั้งหมด 4 ทักษะ ประกอบด้วย 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 3) การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบไอออนิก และ 4) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ซึ่งทั้ง 4 ทักษะในเนื้อหาเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันโดยมีทักษะที่ 1 เป็นทักษะพื้นฐานสำหรับทักษะที่ 2 และทักษะที่ 3 ขณะที่ทั้ง 3 ทักษะมีความเป็นอิสระจากกัน ตามที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้ระบุไว้ แต่เนื่องจากไม่พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในในทักษะที่ 3 การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบไอออนิก ในเอกสารและงานวิจัยทั้ง 11 เรื่อง ส่งผลให้มีทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกทั้งหมดเพียง 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและ

เรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก โดยแต่ละทักษะประกอบไปด้วยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนดังตาราง 4.1 และพบว่า ลำดับของทักษะที่มีจำนวนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก (ร้อยละ 73) รองลงมาคือ 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (ร้อยละ 17.5) และลำดับสุดท้ายคือ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก (ร้อยละ 9.5) และ 3 อันดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดในเรื่องพันธะไอออนิก ได้แก่ สารประกอบไอออนิกจะมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล (ร้อยละ 11.11) อันดับถัดมา คือ พันธะไอออนิกคือพันธะที่อะตอมของโลหะกับอะตอมอโลหะให้อิเล็กตรอนร่วมกัน (ร้อยละ 9.5) และอันดับที่ 3 คือ พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (ร้อยละ 6.3)

ตาราง 4.1 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่องพันธะไอออนิกจำแนกตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิกจากเอกสารและงานวิจัยทั้งหมด 11 เรื่อง

ทักษะในเรื่องพันธะไอออนิก	**มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน**	**ความถี่ที่พบในงานวิจัย (เล่ม)**
1. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิก	1. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะเสมอ	3
	2. พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน	4
	3. พันธะไอออนิก คือ พันธะที่อะตอมโลหะกับอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน	6
	4. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรง	2
	5. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล	7
	6. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	1
	7. ทุกไอออนในสารประกอบไอออนิกมีความเสถียรเพราะมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเต็มระดับชั้น	2
	8. โครงสร้างการจัดเรียงอนุภาคในพันธะไอออนิกขึ้นอยู่กับความดัน	1
	9. ไอออน 1 ไอออนสามารถดึงดูดไอออนชนิดตรงกันข้ามได้เพียง 1 ไอออน	3
	10. ทุกพันธะไอออนิกเป็นไปตามกฎออกเตต	1
	11. คลอไรด์ไอออนจะสร้างพันธะกับโซเดียมไอออนที่รับอิเล็กตรอนมาเท่านั้น	1
	12. เมื่อธาตุอโลหะสร้างพันธะกับธาตุโลหะหมู่ IIA จะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ	1

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทักษะในเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่ที่พบในงานวิจัย (เล่ม)
	13. เมื่อไอออนบวกที่เกิดจากอะตอมโลหะเดี่ยวหรืออนุมูลกลุ่มสร้างพันธะกับอนุมูลกลุ่มที่เป็นไอออนลบ จะไม่เรียกพันธะดังกล่าวว่าพันธะไอออนิก	1
	14. คลอไรด์ไอออนจ่ายอิเล็กตรอนให้กับอะตอมโซเดียมในสารประกอบโซเดียมคลอไรด์	1
	15. เมื่อไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น	1
	16. สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดโครงสร้างเป็นลักษณะเส้นตรง	1
	17. เป็นไปไม่ได้ที่จะระบุตำแหน่งของพันธะไอออนิกหากไม่ทราบตำแหน่งของคลอไรด์ไอออนที่รับอิเล็กตรอนจากโซเดียมไอออน	1
	18. รัศมีไอออนของโซเดียมไอออนกว้างกว่ารัศมีของคลอไรด์ไอออน	2
	19. รัศมีไอออนของลิเทียมไอออนกว้างกว่าโซเดียมไอออน	2
	20. กระจกเป็นสารประกอบไอออนิก	2
	21. โมเลกุลไอโอดีนมีประจุเป็น -1	1
	22. ไอออนที่มีประจุชนิดเดียวกันจะออกแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกัน	1
	23. อิเล็กตรอน 2 ตัวออกแรงยึดเหนี่ยวกันจนเกิดเป็นพันธะเคมี	1
2. การเขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	24. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกไม่ต้องเปลี่ยนพยางค์สุดท้ายเป็นคำว่า “ไอด์”	3
	25. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียวเหมือนกันกับการอ่านชื่อไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า	1
	26. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า จะใช้หลักการอ่านเช่นเดียวกันกับการอ่านชื่อสารโคเวเลนต์	1
	27. เขียนเลขประจุไว้ในสูตรเคมี	1
	28. อ่านชื่ออนุมูลกลุ่มที่มีประจุลบผิด	2
	29. เขียนสัญลักษณ์ของอนุมูลกลุ่มที่มีประจุลบผิด	1
	30. เขียนสูตรเคมีของสารประกอบโดยไม่พิจารณาประจุของไอออนบวกและไอออนลบ	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทักษะในเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ความถี่ที่พบในงานวิจัย (เล่ม)
	31. อ่านชื่อสารประกอบไอออนิกโดยการอ่านชื่อไอออนลบก่อนชื่อไอออนบวก	1
3.การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น – ฮาเบอร์	-ไม่พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากเอกสารและการวิจัย-	0
4. การเขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	32. สารประกอบไอออนิกทุกชนิดละลายน้ำได้	1
	33. ระบุชนิดของสารประกอบไอออนิกที่เป็นตะกอนจากการผสมสาระลายของสารประกอบไอออนิกผิด	1
	34. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดไม่ละลายน้ำ	1
	35. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดละลายน้ำได้	1
	36. ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น	1
	37. การเขียนสมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน	1

ตอนที่ 2 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

หลังจากผู้วิจัยสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบในเรื่องพันธะไอออนิกเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงนำมาพัฒนาเป็นข้อคำถามในแบบสำรวจรายการจำนวน 3 ฉบับ ฉบับละ 12 – 13 ข้อ รวมทั้งหมด 37 ข้อ สำหรับการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก เพื่อนำไปสำรวจในกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิกมาเรียบร้อยแล้ว ฉบับละ 4 คน รวมทั้งหมด 12 คน โดยข้อสอบแต่ละข้อจะได้รับการสัมภาษณ์ด้วยกลุ่มเป้าหมาย ข้อละ 4 คน พบว่า มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทั้งหมด 30 มโนทัศน์ (ร้อยละ 81.08) จากทั้งหมด 37 มโนทัศน์ ที่สามารถพบได้จริงในกลุ่มเป้าหมาย ดังตาราง 4.2 และเมื่อนำผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกมาจัดเรียงตามทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก จะได้ผลการสำรวจดังตาราง 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.2 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจากแบบสำรวจรายการ 3 ชุด

แบบสำรวจรายการฉบับที่	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผลการสำรวจในกลุ่มเป้าหมาย				
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	ความถี่
1	1. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะเสมอ	✓	✓	✓	-	3
	2. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรง	-	✓	-	-	1
	3. ทุกไอออนในสารประกอบไอออนิกมีความเสถียรเพราะมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเต็มระดับชั้น	-	✓	✓	✓	3
	4. ทุกพันธะไอออนิกเป็นไปตามกฎออกเตต	-	-	-	-	0
	5. KNO_3 และ NH_4NO_3 ไม่ใช่สารประกอบไอออนิก เนื่องจากไอออนลบเป็นกลุ่มของธาตุอโลหะ	✓	-	✓	-	2
	6. สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดโครงสร้างเป็นลักษณะเส้นตรง	-	-	✓	-	1
	7. Li^+ มีรัศมีไอออนกว้างกว่า Na^+	-	✓	-	✓	2
	8. ไอออนที่มีประจุชนิดเดียวกันจะออกแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกัน	-	-	✓	✓	2
	9. ถ้า $CaCl_2$ มีชื่อว่า แคลเซียมคลอไรด์ ดังนั้น $TiCl_2$ มีชื่อว่า ไทเทเนียมคลอไรด์	-	✓	-	✓	2
	10. NaClO มีชื่อว่า โซเดียมคลอไรต์	-	-	✓	-	1
	11. PbO มีชื่อว่า ออกไซด์เลด (II)	-	✓	-	-	1
	12. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดไม่ละลายน้ำ	-	-	-	✓	1
แบบสำรวจรายการฉบับที่	**มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน**	**ผลการสำรวจในกลุ่มเป้าหมาย**				
		คนที่ 5	**คนที่ 6**	**คนที่ 7**	**คนที่ 8**	**ความถี่**
2	1. พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน	✓	✓	✓	✓	4
	2. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล	✓	-	✓	✓	3
	3. การจัดเรียงอนุภาคในพันธะไอออนิกขึ้นอยู่กับความดัน					0
	4. Cl^- จะสร้างพันธะกับ Na^+ ที่รับอิเล็กตรอนมาเท่านั้น	✓	✓	✓	✓	4
	5. ในสารประกอบ NaCl พบว่า Cl^- จะจ่ายอิเล็กตรอนให้แก่ Na^+	✓	✓		✓	3
	6. การระบุตำแหน่งของพันธะไอออนิกใน NaCl จะต้องทราบตำแหน่งของ Cl^- ที่รับอิเล็กตรอนมาจาก Na^+ ก่อนเสมอ				✓	1
	7. กระจกเป็นสารประกอบไอออนิก					0
	8. อิเล็กตรอน 2 ตัวออกแรงยึดเหนี่ยวกันจนเกิดเป็นพันธะเคมี	✓	✓	✓	✓	4
	9. MnO_2 มีชื่อว่า แมงกานีสไดออกไซด์		✓	✓	✓	3
	10. โพแทสเซียมไอโอเดต มีสูตรเคมีคือ KIO_4	✓				1
	11. สารประกอบไอออนิกทุกชนิดละลายน้ำได้					0
	12. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดละลายน้ำได้					0

แบบสำรวจรายการฉบับที่	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผลการสำรวจในกลุ่มเป้าหมาย				
		คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12	ความถี่
3	1. พันธะไอออนิก คือ พันธะที่อะตอมโลหะกับอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน		✓	✓	✓	3
	2. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	✓				1
	3. Na^+ 1 ไอออนสามารถดึงดูด Cl^- ได้เพียง 1 ไอออน	✓	✓		✓	3
	4. ธาตุโลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับธาตุอโลหะจะเกิดเป็นพันธะไอออนิกเสมอ		✓		✓	2
	5. เมื่อไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น	✓		✓		2
	6. Na^+ มีรัศมีไอออนกว้างกว่า Cl^-	✓			✓	2
	7. โมเลกุลไอโอดีนมีประจุเป็น -1	✓	✓	✓		3
	8. Ba_3N มีชื่อว่า แบเรียมไนโตรเจน					0
	9. สารประกอบไอออนิกระหว่างไอออน Fe^{3+} กับ OH^- มีสูตรเคมีคือ $Fe(OH^-)_3$	✓	✓	✓	✓	4
	10. สารประกอบไอออนิกระหว่างไอออน Cu^{2+} กับ Br^- มีสูตรเคมีคือ CuBr					0
	11. เมื่อผสมสารละลาย $CaBr_2$ เข้ากับสารละลาย $MgSO_4$ จะได้ตะกอนของ $MgBr_2$	✓	✓	✓	✓	4
	12. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น			✓		1
	13. สมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน			✓		1

ตาราง 4.3 ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจำแนกตามทักษะเรื่องพันธะไอออนิก

ทักษะที่มุ่งวัดในเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์	ผลการสำรวจในกลุ่มเป้าหมาย				
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	ความถี่
1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก	1. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะเสมอ	✓	✓	✓		3
	2. พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน	✓	✓	✓	✓	4
	3. พันธะไอออนิก คือ พันธะที่อะตอมโลหะกับอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน		✓	✓	✓	3
	4. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรง		✓			1
	5. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล	✓		✓	✓	3
	6. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	✓				1
	7. ทุกไอออนในสารประกอบไอออนิกมีความเสถียรเพราะมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเต็มระดับชั้น		✓	✓	✓	3
	8. ไอออน 1 ไอออนสามารถดึงดูดไอออนชนิดตรงกันข้ามได้เพียง 1 ไอออน	✓	✓		✓	3
	9. คลอไรด์ไอออนจะสร้างพันธะกับโซเดียมไอออนที่รับอิเล็กตรอนมาเท่านั้น	✓	✓	✓	✓	4
	10. เมื่อธาตุอโลหะสร้างพันธะกับธาตุโลหะหมู่ IIA จะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ		✓		✓	2

ทักษะที่มุ่งวัดในเรื่องพันธะไอออนิก	มโนทัศน์	ผลการสำรวจในกลุ่มเป้าหมาย				
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	ความถี่
	11. เมื่อไอออนบวกที่เกิดจากอะตอมโลหะเดี่ยวหรืออนุมูลกลุ่มสร้างพันธะกับอนุมูลกลุ่มที่เป็นไอออนลบ จะไม่เรียกพันธะดังกล่าวว่าพันธะไอออนิก	✓		✓		2
	12. ไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนให้กับอะตอมโลหะในสารประกอบไอออนิก	✓	✓		✓	3
	13. เมื่อไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น	✓		✓		2
	14. สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดโครงสร้างเป็นลักษณะเส้นตรง			✓		1
	15. เป็นไปไม่ได้ที่จะระบุตำแหน่งของพันธะไอออนิกหากไม่ทราบตำแหน่งของคลอไรด์ไอออนที่รับอิเล็กตรอนจากโซเดียมไอออน				✓	1
	16. รัศมีไอออนของโซเดียมไอออนกว้างกว่ารัศมีของคลอไรด์ไอออน	✓			✓	2
	17. รัศมีไอออนของลิเทียมไอออนกว้างกว่าโซเดียมไอออน		✓		✓	2
	18. โมเลกุลไอโอดีนมีประจุเป็น -1	✓	✓	✓		3
	19. ไอออนที่มีประจุชนิดเดียวกันจะออกแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกัน			✓	✓	2
	20. อิเล็กตรอน 2 ตัวออกแรงยึดเหนี่ยวกันจนเกิดเป็นพันธะเคมี	✓	✓	✓	✓	4
2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	21. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียวเหมือนกันกับการอ่านชื่อไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า		✓		✓	2
	22. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า จะใช้หลักการอ่านเช่นเดียวกันกับการอ่านชื่อสารโคเวเลนต์		✓	✓	✓	3
	23. เขียนเลขประจุไว้ในสูตรเคมี	✓	✓	✓	✓	4
	24. อ่านชื่ออนุมูลกลุ่มที่มีประจุลบผิด			✓		1
	25. เขียนสัญลักษณ์ของอนุมูลกลุ่มที่มีประจุลบผิด	✓				1
	26. อ่านชื่อสารประกอบไอออนิกโดยการอ่านชื่อไอออนลบก่อนชื่อไอออนบวก		✓			1
3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก	27. ระบุชนิดของสารประกอบไอออนิกที่เป็นตะกอนจากการผสมสาระลายของสารประกอบไอออนิกผิด	✓	✓	✓	✓	4
	28. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดไม่ละลายน้ำ				✓	1
	29. ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น			✓		1
	30. การเขียนสมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน			✓		1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 2 ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก แบ่งออกเป็น 4 ตอน ได้แก่ 1) ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ 2) ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ 3) ผลการตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ และ 4) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PVAF โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ

หลังจากที่ผู้วิจัยนำผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกที่ได้จากการสำรวจในระยะที่ 1 จำนวน 30 มโนทัศน์มาพัฒนาเป็นร่างข้อสอบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 2 ฉบับ ชุดละ 40 ข้อ ทั้งหมด 80 ข้อ เพื่อให้มีข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์จำนวนมากพอต่อการคัดเลือกเป็นข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับ จำนวน 30 ข้อ โดยข้อสอบแต่ละข้อมุ่งวัดจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 1 - 3 ทักษะ ตามที่กำหนดไว้ในเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น ซึ่งตัวอย่างร่างข้อสอบเป็นดังภาพ ตาราง 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.4 ตัวอย่างข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

ข้อสอบข้อที่ 3

ทักษะที่มุ่งวัด 3. การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก

คำถามในแบบสอบฉบับที่ 1

ตัวเลือก	การแปลความหมาย
1. สมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า การเขียนสมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน
2. หากผสมสารละลาย $AgNO_3$ กับ $MgCl_2$ จะได้ตะกอนของ $Mg(NO_3)_2$	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า ระบุชนิดของสารประกอบไอออนิกที่เป็นตะกอนจากการผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิกผิด
3. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IA ทุกชนิดละลายน้ำได้	**เป็นตัวเลือกที่แสดงมโนทัศน์ที่ถูกต้อง**
4. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะปฏิกิริยาเคมีที่มีตะกอนเกิดขึ้น	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น

คำถามในแบบสอบฉบับที่ 2

ตัวเลือก	การแปลความหมาย
1. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิด ไม่ละลายน้ำ	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดไม่ละลายน้ำ
2. สารประกอบของแอมโมเนียมไอออนสามารถละลายน้ำได้ทุกชนิด	**เป็นตัวเลือกที่แสดงมโนทัศน์ที่ถูกต้อง**
3. หากผสมสารละลาย $MgSO_4$ กับ K_2CO_3 จะได้ตะกอนของ K_2SO_4	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า ระบุชนิดของสารประกอบไอออนิกที่เป็นตะกอนจากการผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิกผิด
4. ปฏิกิริยาจะไม่มีสมการไอออนิกสุทธิหากผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสถานะแก๊ส	มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ

หลังจากผู้วิจัยพัฒนาร่างแบบสอบจำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงนำร่างข้อสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวในด้านความสามารถในการจำแนกทักษะของผู้สอบของแบบสอบ พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อค่าดัชนี IOC มีค่าอยู่ในช่วง 0.6 – 1.0 ซึ่งจัดเป็นค่าผ่านเกณฑ์หรือมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ตามที่ โชติกา ภาษีผล (2559) แสดงว่าข้อสอบทั้ง 80 ข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับสามารถจำแนกทักษะของผู้สอบได้ถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด ดังตาราง 4.5 และตาราง 4.6

ตาราง 4.5 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 1

ข้อ	ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
1	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ใน - ตัวเลือกที่ 1 จาก เมื่อไอออนลบในพันธะไอออนิกจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากขึ้น เป็น เมื่อไอออนลบในสารประกอบไอออนิกจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากขึ้น - ตัวเลือกที่ 2 จาก เมื่อธาตุไฮโดรเจนสร้างพันธะกับธาตุโลหะหมู่ IIA จะเกิดพันธะไอออนิกเสมอ เป็น BeH_2 เป็นสารประกอบไอออนิก เนื่องจากมีพันธะระหว่างโลหะหมู่ IIA กับธาตุอโลหะ - ตัวเลือกที่ 3 จาก เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ เป็น เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบในสารประกอบไอออนิก - ตัวเลือกที่ 4 จาก เป็นพันธะที่อะตอมโลหะกับอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน เป็น เป็นพันธะที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุโลหะกับอโลหะ
2	1.0	เปลี่ยนชนิดของสารประกอบจาก $Ca_3(AsO_3)_2$ เป็น Ca_3P_2
3	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถาม จาก ข้อใดถูกต้อง เปลี่ยนเป็น ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบไอออนิก
4	1.0	ปรับข้อความที่ใช้ใน - ตัวเลือกที่ 2 จาก Br^- 1 ไอออนสร้างแรงยึดเหนี่ยวกับ Na^+ รอบ ๆ ได้มากกว่า 1 ไอออน เป็น Br^- 1 ไอออนในโครงสร้าง สร้างแรงยึดเหนี่ยวกับ Na^+ ได้มากกว่า 1 ไอออน - ตัวเลือกที่ 3 จาก พันธะไอออนิกที่เกิดขึ้นในสารประกอบ NaBr ไม่แข็งแรง เป็น การสลายพันธะระหว่างไอออนของ Na^+ กับ Br^- ใช้พลังงานต่ำ
5	1.0	เปลี่ยนตัวเลือกที่ 1 จาก ไฮไดรด์โครเมียม เป็น โครเมียมไฮไดรต์
6	1.0	
7	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ใน - คำถาม จาก หาก A และ B แทนไอออนของสารประกอบ NaCl ข้อใดถูกต้อง เป็น หาก A และ B แทนไอออนของธาตุในสารประกอบ NaCl ข้อใดถูกต้อง - ตัวเลือกที่ 1 จาก A คือ โซเดียมไอออน และ B คือ คลอไรด์ไอออน เป็น A แทน โซเดียมไอออน และ B แทน คลอไรด์ไอออน - ตัวเลือกที่ 2 จาก เส้นตรงทุกเส้นที่เชื่อมต่อระหว่าง A กับ B คือพันธะไอออนิก เป็น เส้นตรงทุกเส้นที่เชื่อมต่อระหว่าง A กับ B แทนพันธะระหว่างไอออน - ตัวเลือกที่ 3 จากโซเดียมไอออน 1 ไอออนสร้างพันธะกับคลอไรด์ไอออน 1 ไอออนเท่านั้น เป็น โซเดียมไอออน 1 ไอออนสร้างพันธะกับคลอไรด์ไอออน 1 ไอออน - ตัวเลือกที่ 4 จาก เส้นตรงเชื่อมระหว่าง A กับ B คือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เป็น แรงยึดเหนี่ยวะหว่าง A กับ B เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล
8	1.0	เปลี่ยนตัวเลือกที่ 4 จาก ออกไซด์แมงกานีส เป็น แมงกานีสออกไซด์
9	1.0	
10	0.6	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถาม จาก ข้อใดคือโครงสร้างระหว่าง Rb^+ กับ I^- อย่างละ 2 ไอออนในสารประกอบ RbI ที่ถูกต้อง เป็นข้อใดแสดงรูปภาพแทนโครงสร้างระหว่าง Rb^+ กับ I^- อย่างละ 2 ไอออนในสารประกอบ RbI ที่ถูกต้อง และปรับรูปภาพในตัวเลือกให้ขนาดของไอออนแตกต่างกันมากยิ่งขึ้น
11	1.0	
12	1.0	

ข้อ	ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
13	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถาม จาก ข้อใดบ้างไม่ถูกต้อง เป็น ข้อใดไม่ถูกต้อง
14	1.0	
15	1.0	
16	0.6	ปรับภาษาที่ใช้ใน - คำถาม จาก ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบคลอไรด์ของธาตุต่อไปนี้ เป็น ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบคลอไรด์ของธาตุ - ตัวเลือกที่ 2 จาก พันธะไอออนิกใน CsCl คือการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอม Cs กับอะตอม Cl เป็น แรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตใน CsCl เกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน - ตัวเลือกที่ 3 จาก สารประกอบ LiCl มีพันธะที่แข็งแรงกว่าสารประกอบ $AsCl_3$ เป็น แรงยึดเหนี่ยวในสารประกอบ LiCl มีความแข็งแรงมากกว่า $AsCl_3$
17	1.0	
18	1.0	
19	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ใน - คำถาม จาก พิจารณาว่าโครงสร้างสารประกอบ NaH ต่อไปนี้ถูกหรือผิด เพราะเหตุใด เป็น พิจารณาว่าโครงสร้างของสารประกอบ NaH ต่อไปนี้ถูกหรือผิด เพราะเหตุใด - ตัวเลือกที่ 2 จาก ถูก เนื่องจากมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างไอออนของธาตุ เป็น ถูก เนื่องจากพันธะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
20	1.0	
21	1.0	
22	0.8	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อชื่อของสารประกอบ และประเภทของสารประกอบ
23	1.0	เปลี่ยนข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 1 จาก ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ $LiNO_3$ ซึ่งมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง เป็น ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ $LiNO_3$ ซึ่งมีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง
24	1.0	เปลี่ยนชนิดของสารประกอบไอออนิกในคำถาม จาก $Sn(NO_3)_2$ เป็น $Pb(NO_3)_2$ และเปลี่ยนตัวเลือกที่ 2 จาก ทิน (II) ไฮโดรเจนฟอสเฟต เป็น เลด (II) ไฮโดรเจนฟอสเฟต และ เปลี่ยนตัวเลือกที่ 4 จาก ทินไฮโดรเจนฟอสเฟต เป็น เลดไฮโดรเจนฟอสเฟต
25	0.8	และปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อชื่อของสารประกอบ และประเภทของสารประกอบ
26	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ในตัวเลือกที่ 4 จาก ตะกอนคือ NH_4OH ซึ่งเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากไอออนลบเป็นกลุ่มของธาตุอโลหะ เป็น เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากไอออนลบเป็นกลุ่มของธาตุอโลหะ
27	1.0	
28	0.8	และปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อชื่อของสารประกอบ และประเภทของสารประกอบ
29	1.0	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อสารละลายที่ผสม ชนิดของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของตะกอน และปรับข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 4 จาก สารละลาย KNO_3 จะเกิดตะกอนของ $LiNO_3$ ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง เป็น สารละลาย KNO_3 จะเกิดตะกอนของ $LiNO_3$ ที่มีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง
30	1.0	
31	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ในตัวเลือกที่ 3 จาก คอปเปอร์ (II) โบรไมด์ มีขนาดรัศมีไอออนของ Br^- กว้างกว่ารัศมีไอออนของ Cu^{2+} เป็น คอปเปอร์ (II) โบรไมด์ มีรัศมีไอออนของ Br^- กว้างกว่ารัศมีไอออนของ Cu^{2+}

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อ	ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
32	1.0	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อสารละลายที่ผสม ชนิดของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของตะกอน
33	1.0	
34	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ใน - ตัวเลือกที่ 1 จาก อนุภาคยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะระหว่าง Sr^{2+} กับ SO_4^{2-} เป็น ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะระหว่าง Sr^{2+} กับ SO_4^{2-} - ตัวเลือกที่ 2 จาก ซิงค์ซัลไฟด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Zn^{2+} 1 ไอออนกับ S^{2-} มากกว่า 1 ไอออนที่ล้อมรอบ เป็น ซิงค์ซัลไฟด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Zn^{2+} 1 ไอออนกับ S^{2-} มากกว่า 1 ไอออน
35	1.0	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อสารละลายที่ผสม ชนิดของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของสารหลังผสม
36	1.0	
37	1.0	เพิ่มข้อความในตัวเลือกที่ 4 จาก จะเกิดตะกอนสารประกอบที่ชื่อว่า ซิงค์ (II) คาร์บอเนต ที่ เป็น จะเกิดตะกอนสารประกอบที่ชื่อว่า ซิงค์ (II) คาร์บอเนต ที่โครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อคู่สารละลาย ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของตะกอน
38	0.8	เปลี่ยนข้อความในตัวเลือกที่ 2 จาก ก. และ ค. จะเกิดตะกอนที่ชื่อ แกลเลียมฟอสเฟต ซึ่งไอออนบวกมีขนาดไอออนกว้างกว่าไอออนลบ เป็น ก. และ ค. จะเกิดตะกอนที่ชื่อ แกลเลียมฟอสเฟต พันธะเป็นแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้าสถิต และปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อคู่ของสารละลายที่ผสม ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของตะกอน
39	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถามจาก ค. โครงสร้างของสารประกอบนี้ (ไม่ต้องคำนึงถึงขนาดไอออน) คือ เป็น โครงสร้างของสารประกอบนี้ และจาก ข้อความใดบ้างถูกต้อง เป็น ข้อความใดถูกต้อง
40	1.0	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถามจาก ค. โครงสร้างของสารประกอบนี้ (ไม่ต้องคำนึงถึงขนาดไอออน) คือ เป็น โครงสร้างของสารประกอบนี้ และจาก ข้อความใดบ้างถูกต้อง เป็น ข้อความใดถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.6 ค่า IOC ของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 2

ข้อ	ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
1	1	ปรับภาษาที่ใช้ใน - ตัวเลือกที่ 1 จาก เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับธาตุอโลหะเสมอ เป็น เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับธาตุอโลหะ - ตัวเลือกที่ 3 จาก ไอออนที่เกิดพันธะบางครั้งมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เต็มระดับชั้น เป็น ไอออนเกิดพันธะบางครั้งมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เต็มระดับชั้น
2	1	
3	1	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถาม จาก ข้อใดถูกต้อง เปลี่ยนเป็น ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบไอออนิก
4	1	ปรับข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 2 จาก พันธะไอออนิกที่เกิดขึ้นในสารประกอบ KCl ไม่แข็งแรง เป็น การสลายพันธะระหว่างไอออนของ K^+ กับ Cl^- ใช้พลังงานต่ำ
5	1	เปลี่ยนข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 4 จาก ฟลูออไรด์นิกเกิล เป็น นิกเกิล (II) ไดฟลูออไรด์
6	1	
7	1	ปรับภาษาที่ใช้ใน - ตัวเลือกที่ 1 จาก เส้นตรงเชื่อมระหว่าง Na^+ กับ Cl^- คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล เป็น เส้นตรงเชื่อมระหว่าง Na^+ กับ Cl^- แทนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล - ตัวเลือกที่ 4 จาก หากเปลี่ยน Na^+ เป็น Li^+ ขนาดของไอออนบวกในภาพต้องกว้างขึ้น เป็น หากเปลี่ยน Na^+ เป็น Li^+ ขนาดของไอออนบวกในภาพต้องใหญ่ขึ้น
8	1	เปลี่ยนข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 2 จาก ออกไซด์ทิน เป็น ทิน (IV) ไดออกไซด์
9	1	
10	0.6	ปรับภาษาที่ใช้ในตัวเลือกที่ 2 จาก ผิด เนื่องจาก K^+ มีขนาดของรัศมีไอออนที่กว้างกว่า Br^- เป็น ผิด เนื่องจาก K^+ มีขนาดของรัศมีไอออนที่ใหญ่กว่า Br^- และ เปลี่ยนข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 4 จาก ผิด เนื่องจากโครงสร้างต้องเรียงเป็นสามมิติ และ Br^- มีขนาดไอออนกว้างกว่า K^+ เป็น ผิด เนื่องจาก Br^- ต้องมีขนาดไอออนใหญ่กว่า K^+
11	1	
12	1	
13	0.8	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถาม จาก ข้อใดบ้างถูกต้อง เป็น ข้อใดถูกต้อง และ ข. ต้องทราบตำแหน่งของ Cl^- ตัวที่รับอิเล็กตรอนมาจาก Na^+ เท่านั้นจึงจะระบุตำแหน่งพันธะได้ เป็น ข. ต้องทราบตำแหน่งของ Cl^- ตัวที่รับอิเล็กตรอนมาจาก Na^+ จึงจะระบุตำแหน่งพันธะได้
14	1	
15	1	
16	0.8	ปรับภาษาที่ใช้ในตัวเลือกที่ 3 จาก CaF_2 เป็นสารประกอบไอออนิก ส่วน $Ca(CN)_2$ ไม่ใช่สารประกอบไอออนิก เป็น CaF_2 เป็นสารประกอบไอออนิก แต่ $Ca(CN)_2$ ไม่ใช่สารประกอบไอออนิก และเปลี่ยนข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 4 จาก พันธะไอออนิกใน $SrBr_2$ คือการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอม Br กับอะตอม Sr เป็น พันธะไอออนิกใน SrF_2 คือการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอม F กับอะตอม Sr
17	1	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อ	ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
18	1	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถามจาก สมการไอออนิกสุทธิในข้อใด**เป็นไปไม่ได้** เป็น สมการไอออนิกสุทธิในข้อใด**เกิดขึ้นไม่ได้** เมื่อผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิก 2 ชนิดเข้าด้วยกัน
19	1	
20	0.8	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถามจาก การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก เป็น ข้อใดจับคู่สูตรเคมีกับชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง
21	0.6	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถามจาก สมการไอออนิกสุทธิในข้อใด**เป็นไปไม่ได้** เป็น สมการไอออนิกสุทธิในข้อใด**เกิดขึ้นไม่ได้** เมื่อผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิก 2 ชนิดเข้าด้วยกัน
22	1	เปลี่ยนชนิดของสารประกอบไอออนิกจาก $Sn(OH)_2$ เป็น $Pb(OH)_2$ และเปลี่ยนตัวเลือกจาก - ตัวเลือกที่ 1 ทินไฮดรอกไซด์ เป็น เลดไฮดรอกไซด์ - ตัวเลือกที่ 2 ทิน (II) ไฮดรอกไซด์ เป็น เลด (II) ไฮดรอกไซด์ - ตัวเลือกที่ 3 ทินไดไฮดรอกไซด์ เป็น เลดไดไฮดรอกไซด์ - ตัวเลือกที่ 4 ไดไฮดรอกไซด์ทิน เป็น เลด (II) ไดไฮดรอกไซด์ และปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อชื่อของสารประกอบ และประเภทของสารประกอบ
23	1	ปรับข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 4 จาก ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ KI ซึ่งมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง เป็น ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ KI ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสามมิติ
24	1	เปลี่ยนสูตรเคมีของสารประกอบ $KHSO_4$ เป็น K_2SO_4 และเปลี่ยนข้อความในตัวเลือกที่ 2 จาก แบเรียมไฮโดรเจนซัลเฟต เป็น แบเรียมซัลเฟต และตัวเลือกที่ 3 จาก แบเรียม (II) ไฮโดรเจนซัลเฟต เป็น แบเรียม (II) ซัลเฟต
25	1	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อชื่อของสารประกอบ และประเภทของสารประกอบ
26	1	
27	1	
28	1	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อชื่อของสารประกอบ และประเภทของสารประกอบ
29	1	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อสารละลายที่ผสม ชนิดของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของตะกอน และเปลี่ยนข้อความในตัวเลือกที่ 3 จาก สารละลาย CaI_2 จะเกิดตะกอนของสารประกอบระหว่าง Ca^{2+} กับ PO_4^{3-} เป็น สารละลาย CaI_2 จะเกิดตะกอนของ $Ca_3(PO_4)_2$ ซึ่งพันธะเป็นแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้าสถิต
30	1	
31	1	
32	1	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อสารละลายที่ผสม ชนิดของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของตะกอน และปรับภาษาที่ใช้ในตัวเลือกที่ 1 จาก สารละลาย LiCl จะเกิดตะกอนของ AgCl ที่ Ag^+ 1 ไอออน สามารถดึงดูด Cl^- เพียง 1 ไอออน เป็น สารละลาย LiCl จะเกิดตะกอนของ AgCl ที่ในโครงสร้าง Ag^+ 1 ไอออนยึดเหนี่ยวกับ Cl^- 1 ไอออน
33	1	เปลี่ยนข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 3 จาก $BaClO_4$ เป็น $Ba(ClO_4)_2$
34	1	ปรับภาษาที่ใช้ในตัวเลือกที่ 1 จาก สแกนเดียมออกไซด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Sc^{3+} 1 ไอออนกับ O^{2-} มากกว่า 1 ไอออนที่ล้อมรอบ เป็น สแกนเดียมออกไซด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Sc^{3+} 1 ไอออนกับ O^{2-} มากกว่า 1 ไอออน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อ	ค่า IOC	ข้อเสนอแนะ
35	1	สลับตัวเลือกระหว่างตัวเลือกที่ 1 และตัวเลือกที่ 3 เพื่อเรียงลำดับความยาวของตัวเลือกให้เหมาะผสม และเปลี่ยนข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 3 จาก สารละลาย $CaBr_2$ จะสามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิดพันธะระหว่าง Ca^{2+} กับ HCO_3^- ได้ เป็น สารละลาย $CaBr_2$ จะสามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิดพันธะระหว่าง Na^+ กับ Br^-ได้
36	1	
37	1	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อคู่สารละลาย ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของตะกอน และเปลี่ยนสารละลายของสารประกอบ จาก ข. $FeSO_4$ เป็น VSO_4 และปรับภาษาที่ใช้ในตัวเลือกที่ 4 จาก ค. และ ง. จะเกิดตะกอนที่ชื่อว่า ลิเทียม (I) คลอไรด์ ซึ่งมีโครงสร้างเป็นลักษณะเส้นตรง เป็น ค. และ ง. จะเกิดตะกอนที่ชื่อว่า ลิเทียม (I) คลอไรด์ ซึ่งมีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง
38	1	ปรับรูปแบบตัวเลือกจากข้อความเป็นตารางที่ประกอบไปด้วยหัวข้อคู่สารละลาย ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น และสมบัติของตะกอน และเปลี่ยนข้อความที่ใช้ในตัวเลือกที่ 3 จาก 3. ข. และ ค. จะเกิดตะกอนที่ชื่อ รูบิเดียมไซยาไนด์ จากการที่ไอออน CN^- จ่ายอิเล็กตรอนให้แก่อะตอม Rb เป็น 3. ข. และ ค. จะเกิดตะกอนที่ชื่อ รูบิเดียมไซยาไนด์ ซึ่งเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Rb^+ กับ CN^-
39	1	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถาม จาก - ข. เมื่อผสมสารละลาย $ZnSO_4$ กับสารละลาย $BaCl_2$ จะได้สารนี้เป็นตะกอน เป็น ข. สารนี้เป็นตะกอนที่เกิดจากการผสมระหว่างสารละลาย $ZnSO_4$ กับสารละลาย $BaCl_2$ และ - ค. โครงสร้างของสารประกอบนี้ (ไม่ต้องคำนึงถึงขนาดไอออน) คือ เป็น โครงสร้างของสารประกอบนี้ - จาก ข้อความใดบ้างถูกต้อง เป็น ข้อความใดถูกต้อง
40	1	ปรับภาษาที่ใช้ในคำถาม จาก - ข. เมื่อผสมสารละลาย $AgNO_3$ กับสารละลาย KCl จะได้สารนี้เป็นตะกอน เป็น ข. สารนี้เป็นตะกอนที่เกิดจากการผสมระหว่างสารละลาย $AgNO_3$ กับสารละลาย KCl - ค. โครงสร้างของสารประกอบนี้ (ไม่ต้องคำนึงถึงขนาดไอออน) เป็น โครงสร้างของสารประกอบนี้ - จาก ข้อความใดบ้างถูกต้อง เป็น ข้อความใดถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ

ในการเก็บข้อมูลช่วงแรกสามารถเข้าไปทำการทดสอบในโรงเรียนของกลุ่มเป้าหมายได้ แต่เมื่อสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 รุนแรงขึ้น ส่งผลให้โรงเรียนของกลุ่มเป้าหมายจำเป็นต้องปรับการเรียนการสอนเป็นรูปแบบออนไลน์ จึงทำให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบแบบออนไลน์แทน การทดสอบแต่ละชุดใช้เวลาประมาณ 50 นาที โดยแบ่งกลุ่มเป้าหมายเป็น กลุ่มที่ 1 ที่ทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับที่ 1 จำนวน 335 คน แบ่งเป็น กลุ่มเป้าหมายที่ทำแบบสอบแบบกระดาษจำนวน 189 คน และกลุ่มที่ทำแบบสอบแบบออนไลน์ (Google form) จำนวน 146 คน ส่วนกลุ่มที่ 2 ที่ทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับที่ 2 จำนวน 296 คน แบ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่ทำแบบสอบแบบกระดาษจำนวน 198 คน และกลุ่มที่ทำแบบสอบแบบออนไลน์จำนวน 98 คน รวมทั้งสิ้น 631 คน ดังตาราง 4.7 สำหรับการทดลองใช้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ พบว่า แบบสอบฉบับที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย (*M*) เท่ากับ 14.23 คะแนน และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) เท่ากับ 6.46 ส่วนแบบสอบฉบับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย (*M*) เท่ากับ 13.61 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) เท่ากับ 5.20 โดยในการครั้งนี้ไม่ได้วิเคราะห์ค่าดัชนีความยากของแบบสอบ เนื่องจากไม่ใช่ประเด็นที่ใช้ในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับสุดท้าย

ตาราง 4.7 กลุ่มเป้าหมายในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มเป้าหมาย	รูปแบบแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์		รวมทั้งหมด (คน)
	แบบกระดาษ (คน)	แบบออนไลน์ (คน)	
กลุ่มที่ 1	189	146	335
กลุ่มที่ 2	198	98	296
รวม	**387**	**244**	**631**

ส่วนผลการตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ ด้วยฟังก์ชัน *discrim* ในแพ็กเกจ GDINA โดยใช้โปรแกรม R ในการวิเคราะห์พบว่า ในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 1 ข้อสอบแต่ละข้อมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.018 ถึง 0.796 ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกระดับปานกลาง ทั้งหมด 8 ข้อ ได้แก่ข้อ 5, 8, 23, 25, 26, 27, 28 และ 33 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.638, 0.669, 0.600, 0.755, 0.667, 0.730, 0.703 และ 0.796 ตามลำดับ รวมถึงข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกต่ำแต่พอใช้ได้มีทั้งหมด 11 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 24 และ 36 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.565, 0.520, 0.464, 0.451, 0.470, 0.532, 0.565, 0.422, 0.493, 0.496 และ 0.479 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับที่ 1 มีจำนวนข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 19 ข้อ (ร้อยละ 47.5) จากทั้งหมด 40 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 4.8 ส่วนแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 2 ข้อสอบแต่ละข้อมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง -0.079 ถึง 0.700 ประกอบด้วยข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกระดับปานกลาง ทั้งหมด 4 ข้อ ได้แก่ข้อ 3, 26, 32 และ 38 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.633, 0.668, 0.654 และ 0.700 ตามลำดับ ขณะที่ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกต่ำแต่พอใช้ได้มีทั้งหมด 16 ข้อ ได้แก่ข้อ 2, 5, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 23, 24, 27, 28, 29 และ 31 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.454, 0.494, 0.473, 0.456, 0.552, 0.400, 0.451, 0.465, 0.529, 0.485, 0.474, 0.482, 0.437, 0.562, 0.589 และ 0.515 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับที่ 2 มีจำนวนข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 20 ข้อ (ร้อยละ 50.0) จากทั้งหมด 40 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 4.8 ดังนั้น จำนวนข้อสอบในแบบสอบทั้ง 2 ฉบับที่ผ่านเกณฑ์ด้านดัชนีอำนาจจำแนกมีทั้งหมด 39 ข้อ ขั้นตอนต่อไปจึงนำข้อสอบทั้ง 39 ข้อมาคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF ให้เหลือข้อสอบเพียงจำนวน 30 ข้อ สำหรับการนำไปพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับสุดท้าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.8 ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ

ข้อสอบ	แบบสอบฉบับที่ 1		ข้อสอบ	แบบสอบฉบับที่ 2	
ข้อที่	อำนาจจำแนก	การแปลผล	ข้อที่	อำนาจจำแนก	การแปลผล
1	**0.565**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	1	-0.002	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
2	0.324	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**2**	**0.454**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
3	**0.520**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	**3**	**0.633**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
4	0.108	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	4	0.035	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
5	**0.638**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	**5**	**0.494**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
6	**0.464**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	6	-0.079	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
7	0.311	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	7	0.047	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
8	**0.669**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	8	0.198	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
9	**0.451**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**9**	**0.473**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
10	**0.470**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	10	0.167	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
11	**0.532**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**11**	**0.456**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
12	**0.565**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**12**	**0.552**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
13	**0.422**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	13	0.318	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
14	0.320	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**14**	**0.400**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
15	**0.493**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**15**	**0.451**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
16	0.172	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**16**	**0.465**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
17	0.294	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	17	0.126	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
18	0.224	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**18**	**0.529**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
19	0.195	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**19**	**0.485**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
20	0.273	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	20	0.391	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
21	0.135	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	21	0.118	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
22	0.133	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	22	0.224	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
23	**0.600**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	**23**	**0.474**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
24	0.496	อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้	**24**	**0.482**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
25	**0.755**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	25	0.080	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
26	**0.667**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	**26**	**0.668**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
27	**0.730**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	**27**	**0.437**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
28	**0.703**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	**28**	**0.562**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
29	0.345	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**29**	**0.589**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
30	0.027	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	30	0.174	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
31	0.086	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**31**	**0.515**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**

ข้อสอบข้อที่	แบบสอบฉบับที่ 1		ข้อสอบข้อที่	แบบสอบฉบับที่ 2	
	อำนาจจำแนก	การแปลผล		อำนาจจำแนก	การแปลผล
32	0.286	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**32**	**0.654**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
33	**0.796**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**	33	0.374	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
34	0.182	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	34	0.066	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
35	0.184	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	35	0.290	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
36	**0.479**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	36	0.306	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
37	0.018	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	37	0.114	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
38	0.309	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**38**	**0.700**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
39	0.213	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	39	0.054	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
40	0.082	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	40	0.124	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง

ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PVAF

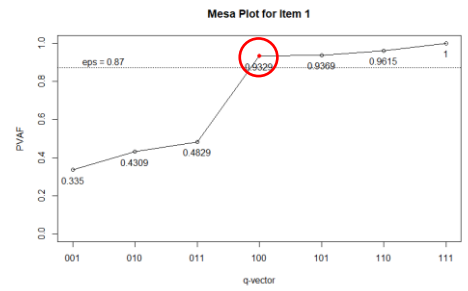
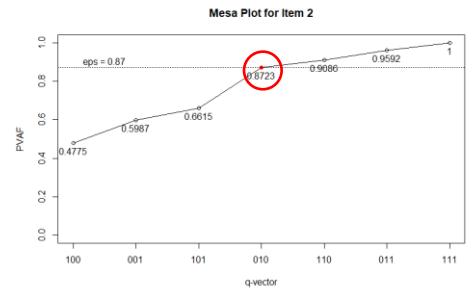
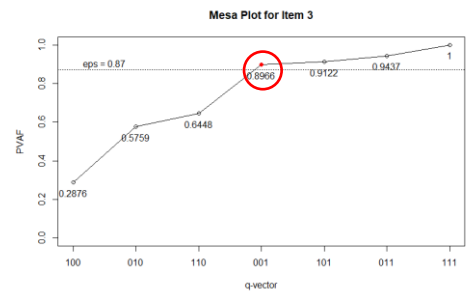
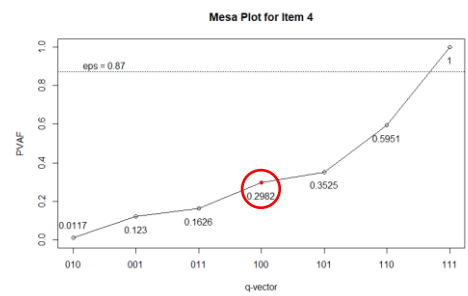
หลังจากตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวอีกครั้งด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF เพื่อสนับสนุนผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ (Ma & de la Torre, 2020a) และเพื่อให้มีหลักฐานทางสถิติในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว (de la Torre & Chiu, 2016) ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยทั้ง 2 ฉบับมุ่งจำแนกทักษะเรื่องพันธะไอออนิก ทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF จะแสดงอยู่ในรูปของ Mesa plot ที่แกนแนวนอนแสดงเวคเตอร์คิวของรูปแบบทักษะต่าง ๆ ที่ข้อสอบข้อนั้นจำแนกได้ และแกนแนวตั้งแสดงค่าดัชนี PVAF ของแต่ละเวคเตอร์คิว พร้อมทั้งแสดงค่าดัชนี EPS ในรูปแบบเส้นประขนานกับแกนแนวนอน และตำแหน่งที่ทำสัญลักษณ์วงกลมไว้แสดงเวคเตอร์คิวสำหรับมุ่งจำแนกทักษะของเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น โดยเวคเตอร์คิวที่จำแนกทักษะได้ถูกต้องสำหรับดัชนี PVAF คือ เวคเตอร์คิวที่มีค่าดัชนี PVAF สูงกว่าค่า EPS ในกรณีที่มีเวคเตอร์คิวที่ผ่านเกณฑ์มากกว่า 1 ค่า เวคเตอร์คิวที่มุ่งวัดจำนวนทักษะน้อยที่สุดจะเป็นเวคเตอร์ที่ถูกต้อง หากมีเวคเตอร์คิวที่ผ่านเกณฑ์และมุ่งจำแนกทักษะเท่ากัน เวคเตอร์คิวที่มีค่าดัชนี PVAF สูงกว่าจัดเป็นเวคเตอร์ที่มีความถูกต้องที่สุดในการจำแนกทักษะของข้อสอบข้อดังกล่าว (de la Torre & Chiu,

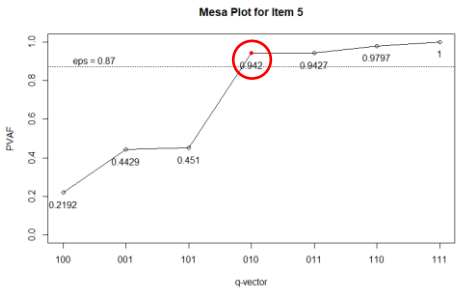
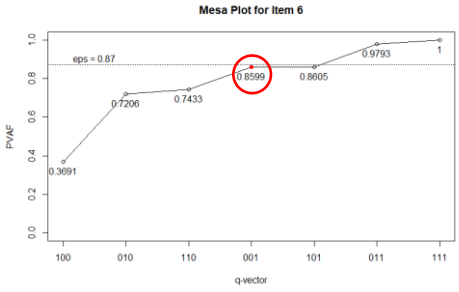
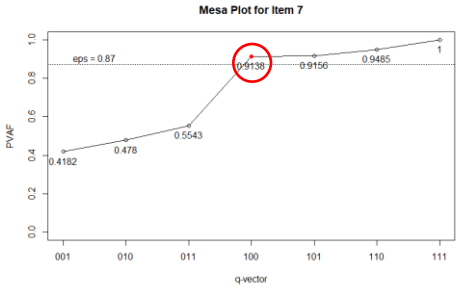
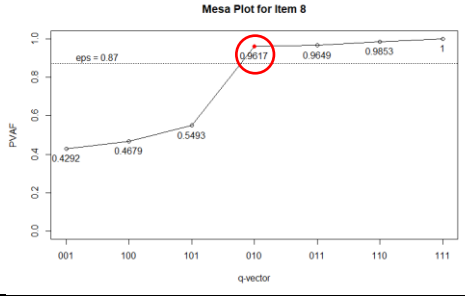
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

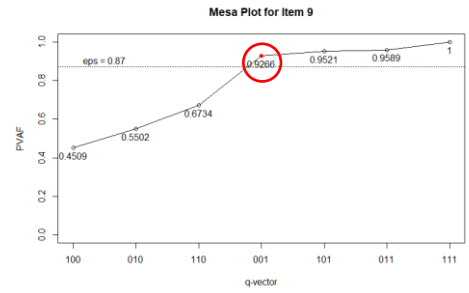
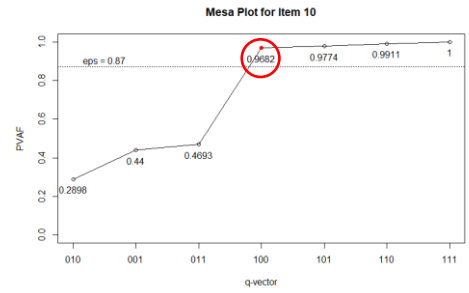
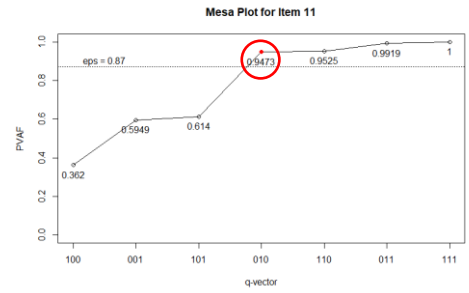
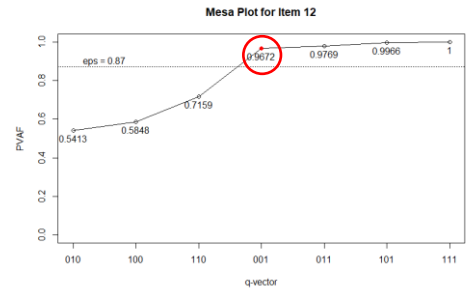
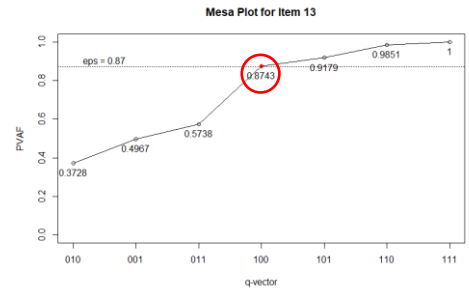
2016) ซึ่งผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ เป็นดังตาราง 4.9 และ 4.10 ซึ่งค่าดัชนี EPS ที่เหมาะสมสำหรับแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ที่ได้จากการคำนวณสมการของ Nájera et al. (2019) มีค่าเท่ากับ 0.67 และ 0.64 ตามลำดับ แต่เนื่องจากค่า EPS ดังกล่าวสามารถปรับให้มีค่าที่สูงขึ้นได้ตามบริบทของแบบสอบ เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกทักษะตามที่ Nájera et al. (2019) ได้ระบุไว้ ทางผู้วิจัยจึงปรับค่าดัชนี EPS ให้เหมาะกับลักษณะของแบบสอบ โดยมีค่าเท่ากับ 0.87 ส่งผลให้เวคเตอร์คิวของข้อสอบที่มีค่าดัชนี PVAF ผ่านเกณฑ์สามารถจำแนกทักษะได้ถูกต้องมากกว่าการใช้ค่า EPS ที่ได้จากการคำนวณสมการ โดยแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ฉบับที่ 1 มีข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะของผู้สอบได้ถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัดจำนวน 24 ข้อ (ร้อยละ 60.0) จากทั้งหมด 40 ข้อ ในขณะที่พบข้อสอบที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะจำนวน 8 ข้อ (ร้อยละ 20.0) ซึ่งประกอบด้วยข้อ 6, 14, 17, 18, 24, 26, 27 และข้อ 33 นอกจากนั้นยังพบข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้จำนวน 8 ข้อ (ร้อยละ 20.0) ประกอบด้วยข้อ 4, 16, 19, 20, 21, 30, 31 และข้อ 34 ส่วนแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 2 มีข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะได้ถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัดจำนวน 18 ข้อ (ร้อยละ 45.0) จากทั้งหมด 40 ข้อ ในขณะที่พบข้อสอบที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะจำนวน 11 ข้อ (ร้อยละ 27.5) ซึ่งประกอบด้วยข้อ 2, 8, 13, 14, 16, 19, 20, 28, 31, 36 และ 38 นอกจากนั้นยังพบข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้จำนวน 11 ข้อ (ร้อยละ 27.5) ประกอบด้วยข้อ 1, 4, 6, 7, 10, 17, 21, 25, 30, 34 และ 35 ดังนั้นจำนวนข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัดมีทั้งหมด 42 ข้อ

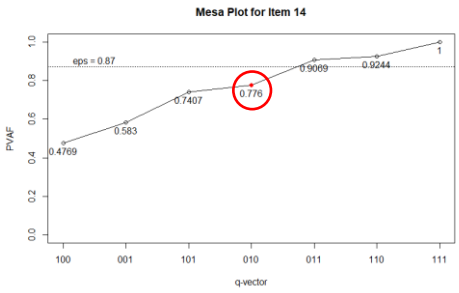
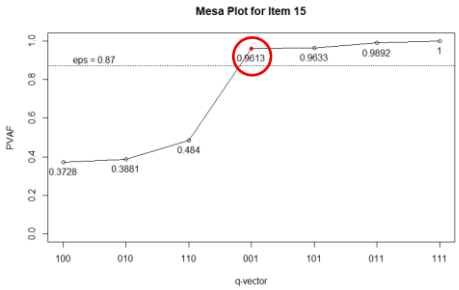
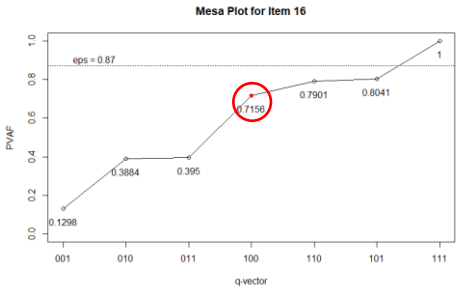
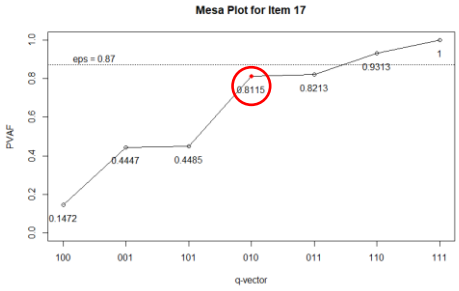
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

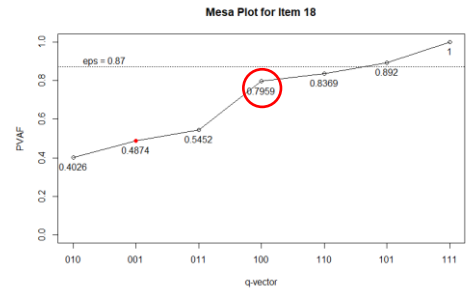
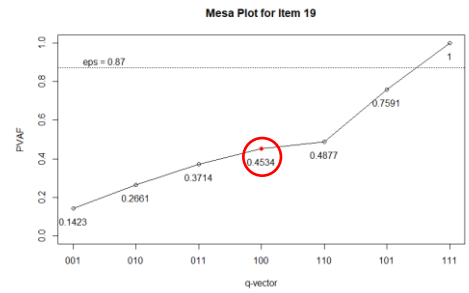
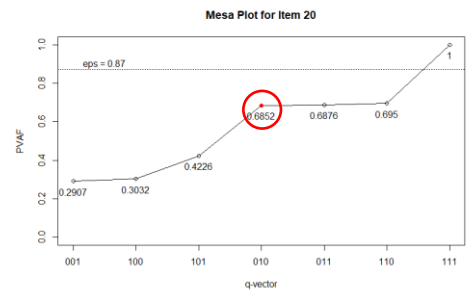
ตาราง 4.9 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 1

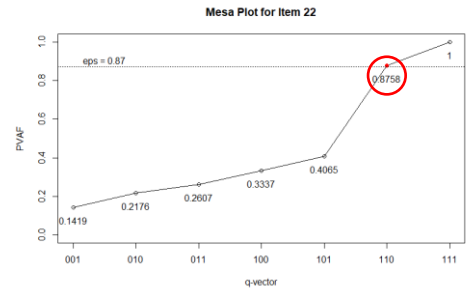
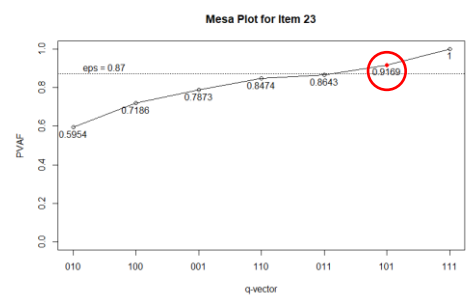
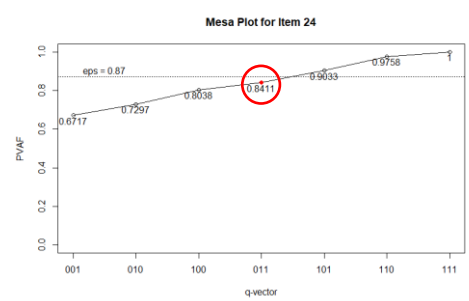
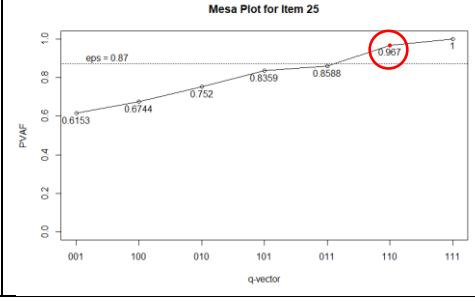
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
1		1	0	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 1 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
2		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 2 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
3		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 3 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
4		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 4 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*

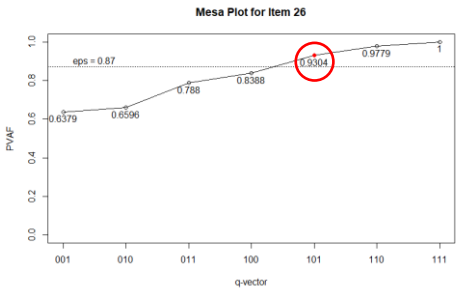
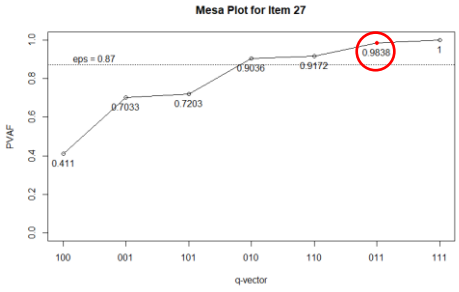
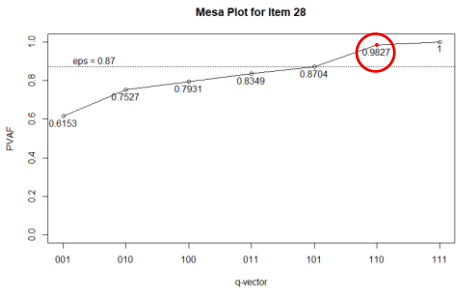
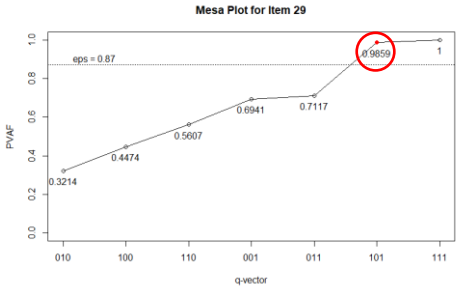
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
5		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 5 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
6		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 6 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
7		1	0	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 7 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
8		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 8 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

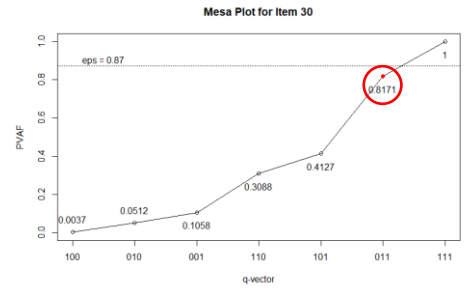
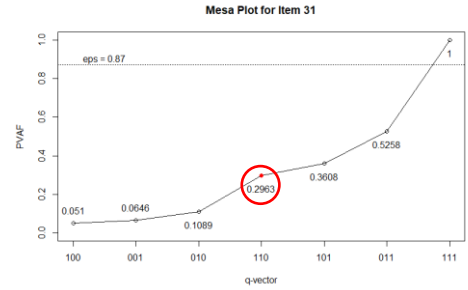
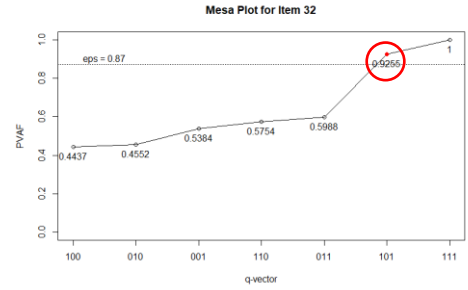
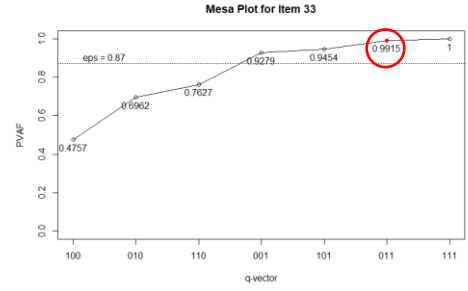
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
9		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 9 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
10		1	0	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 10 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
11		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 11 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
12		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 12 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
13		1	0	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 13 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

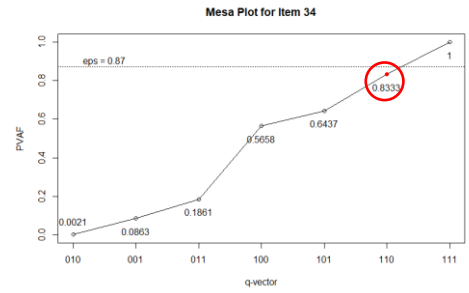
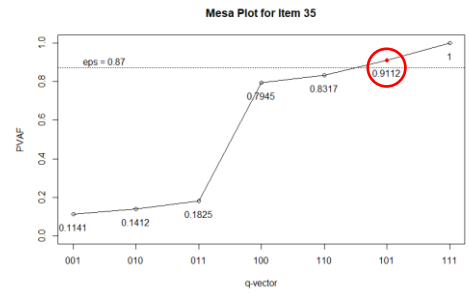
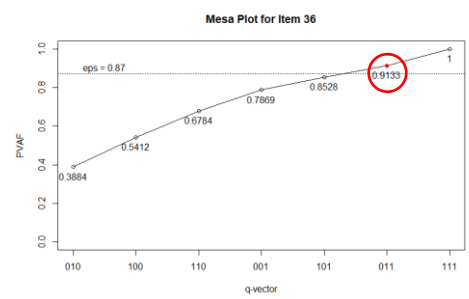
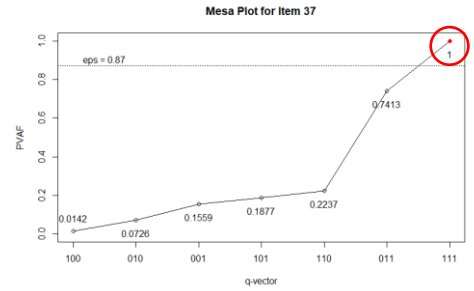
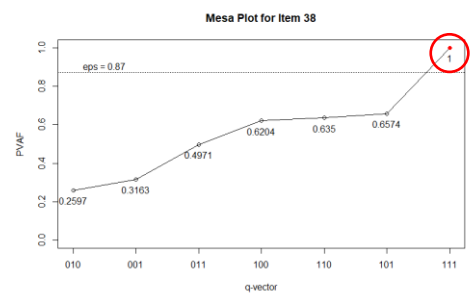
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
14		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุดและมีค่า PVAF สูงกว่าเวคเตอร์คิว [0 1 1] แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 14 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
15		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 15 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
16		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 16 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
17		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 17 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

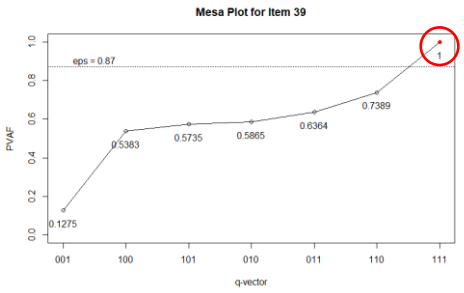
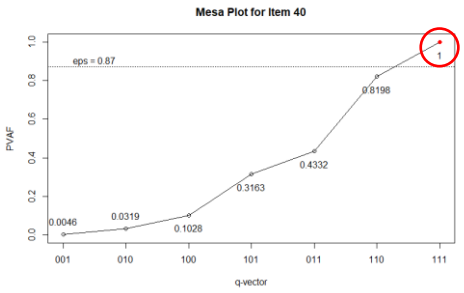
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
18		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 18 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
19		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 19 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
20		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [0 1 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 20 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
21		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [0 0 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 21 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
22		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 22 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
23		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 23 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
24		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุดและมีค่า PVAF มากกว่าเวคเตอร์คิว [1 0 1] แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 24 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
25		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 25 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
26		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุดและมีดัชนี PVAF มากกว่าเวคเตอร์คิว [1 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 26 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
27		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่ (de la Torre & Chiu, 2016) ได้ระบุไว้ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 27 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
28		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 28 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
29		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 29 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

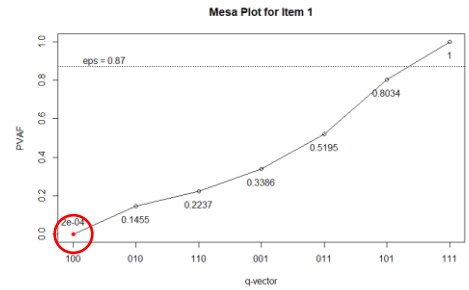
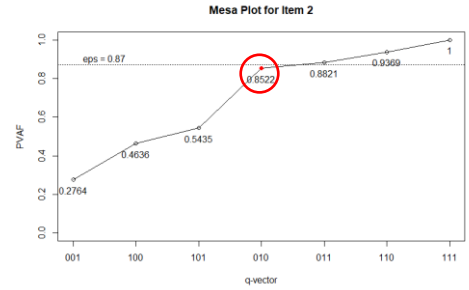
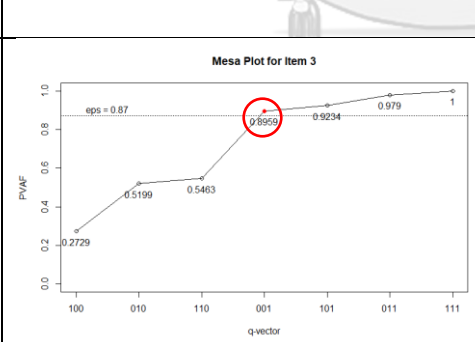
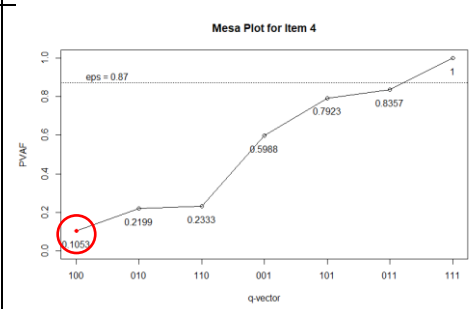
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
30		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [0 1 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 30 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
31		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 1 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 31 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
32		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 32 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
33		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [003] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่ (de la Torre & Chiu, 2016) ได้ระบุไว้ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 33 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

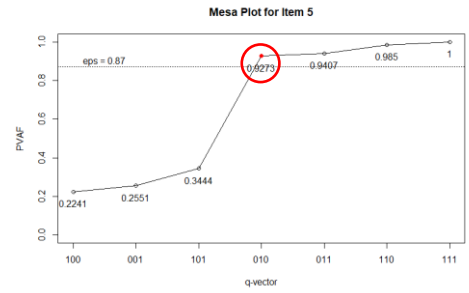
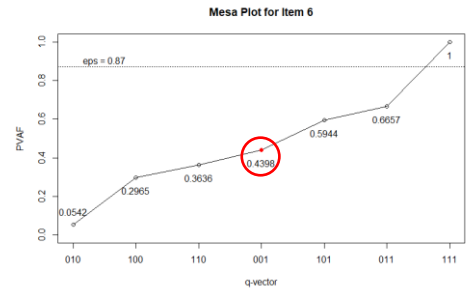
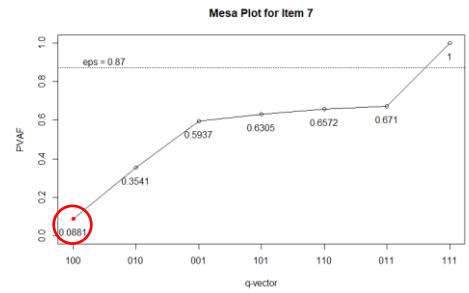
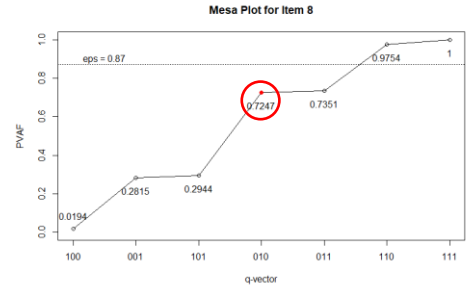
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
34		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 1 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 34 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
35		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 35 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
36		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 36 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
37		1	1	1	สามารถจำแนกได้ทั้งทักษะที่ 1 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 37 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
38		1	1	1	สามารถจำแนกได้ทั้งทักษะที่ 1 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 38 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
39		1	1	1	สามารถจำแนกได้ทั้งทักษะที่ 1 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 39 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
40		1	1	1	สามารถจำแนกได้ทั้งทักษะที่ 1 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 40 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

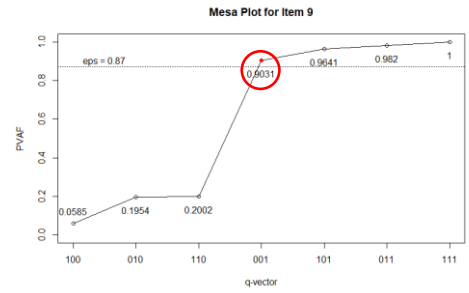
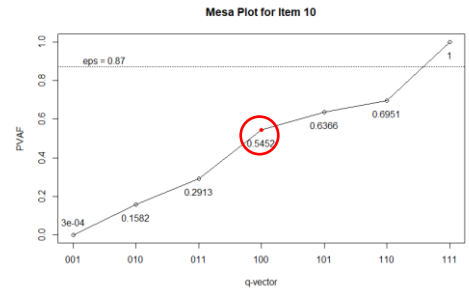
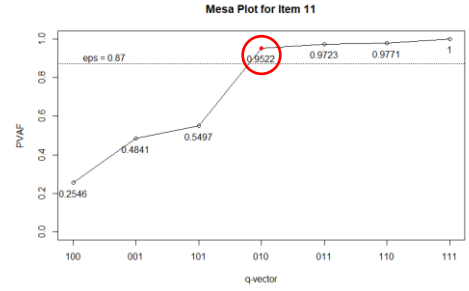
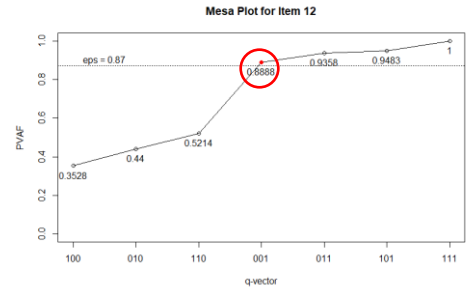
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

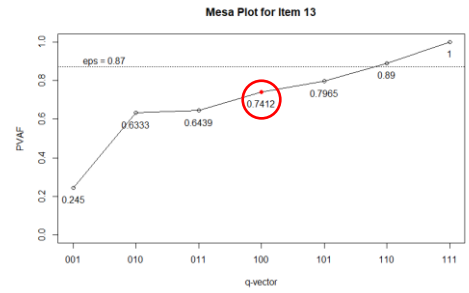
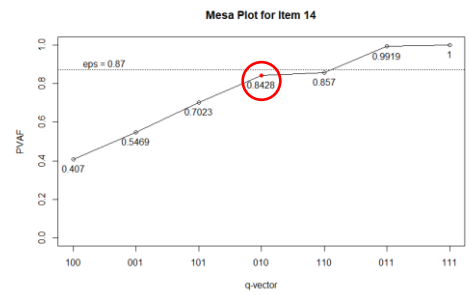
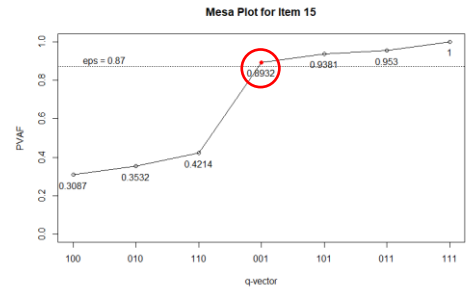
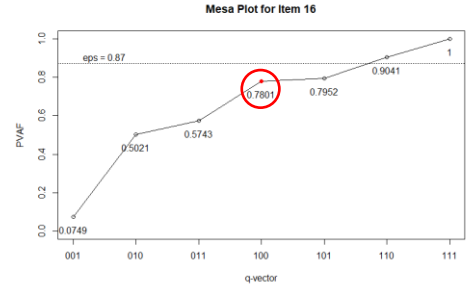
ตาราง 4.10 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับที่ 2

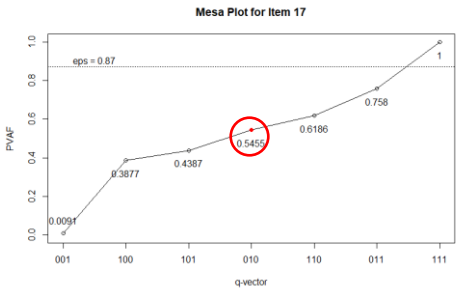
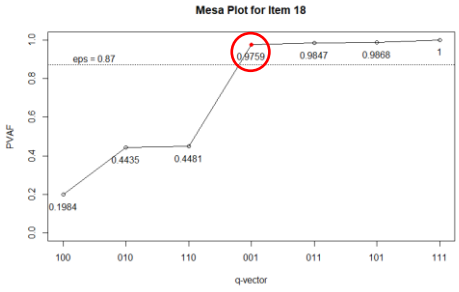
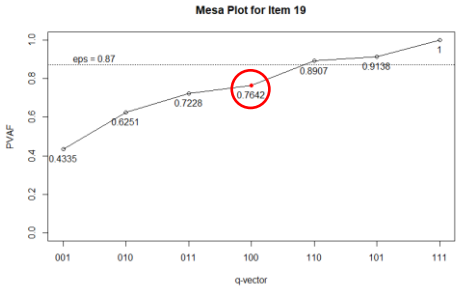
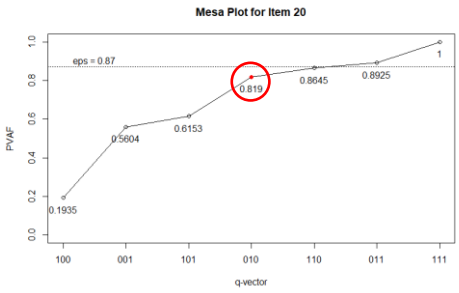
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
1		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 1 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
2		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุดและมีค่า PVAF มากกว่าเวคเตอร์คิว [0 1 1] แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 2 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
3		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 3 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
4		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 4 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
5		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 5 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
6		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [0 0 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 6 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
7		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 7 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
8		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 8 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

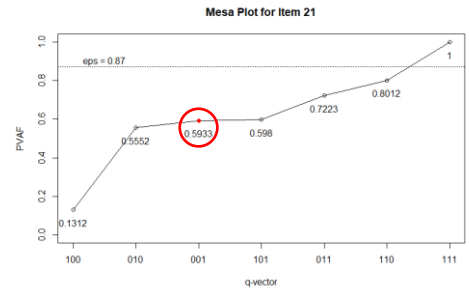
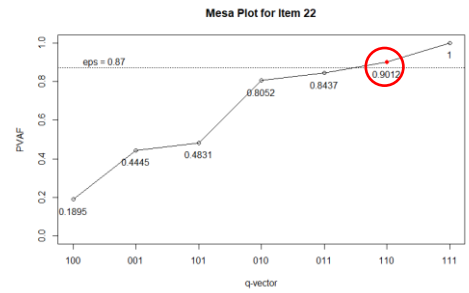
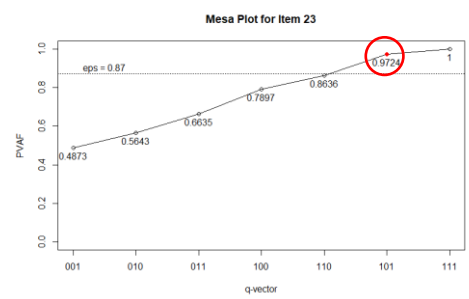
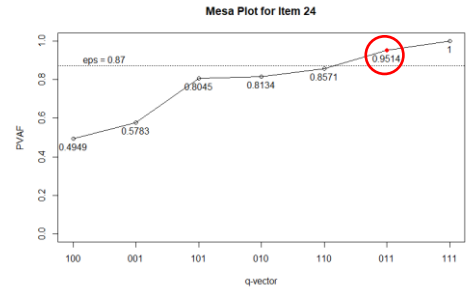
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

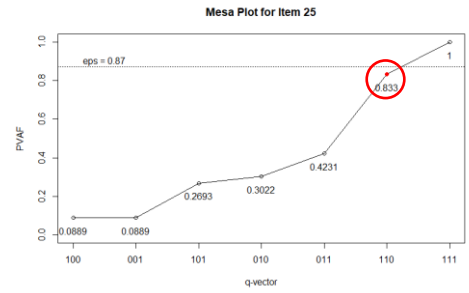
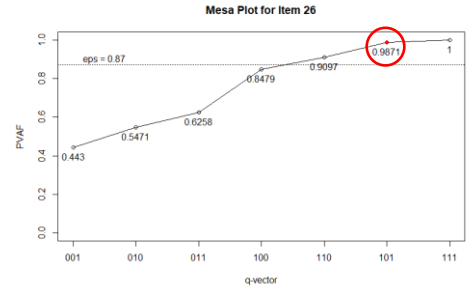
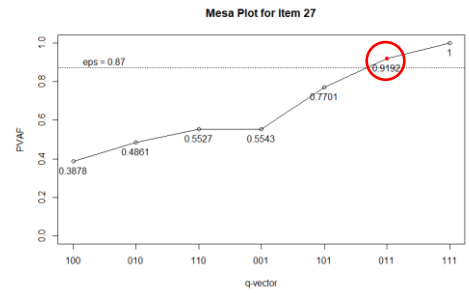
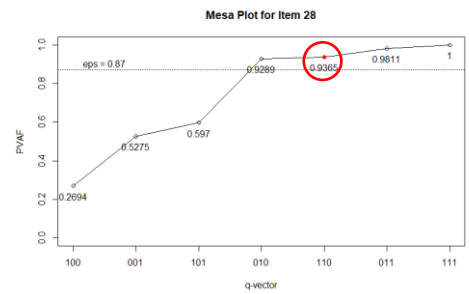
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
9		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 9 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
10		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 10 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
11		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 22 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 11 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
12		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 12 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

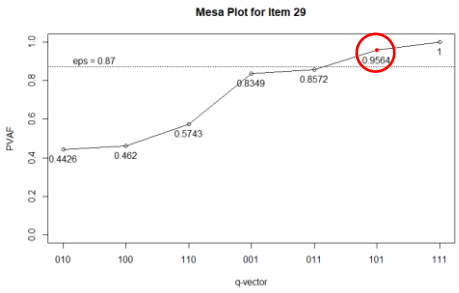
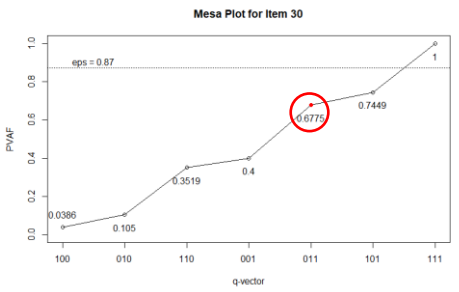
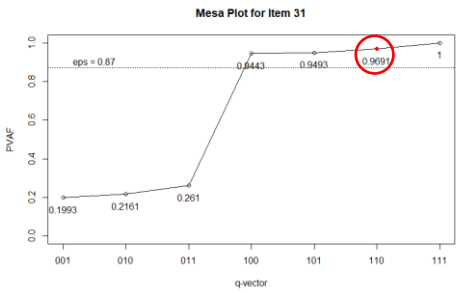
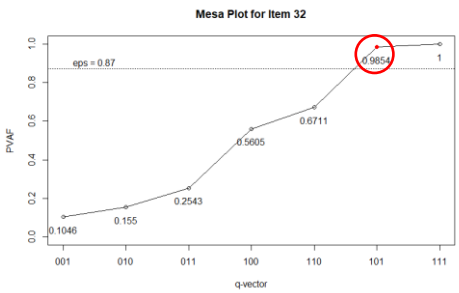
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
13		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 13 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
14		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 14 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
15		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่าข้อที่ 15 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
16		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 16 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
17		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [0 1 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 17 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
18		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 18 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
19		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุดและมีค่า PVAF มากกว่าเวคเตอร์คิว [1 1 0] แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 19 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
20		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 20 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

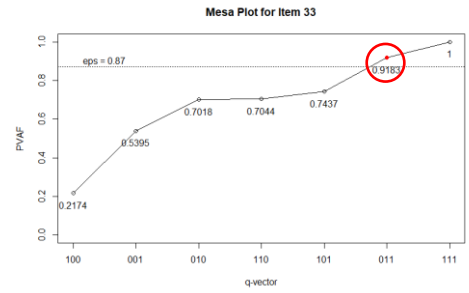
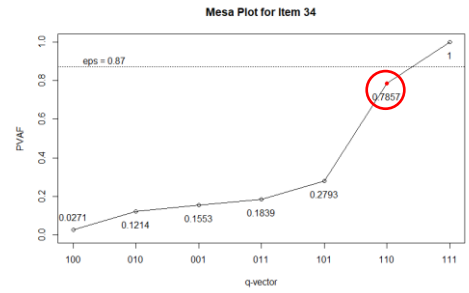
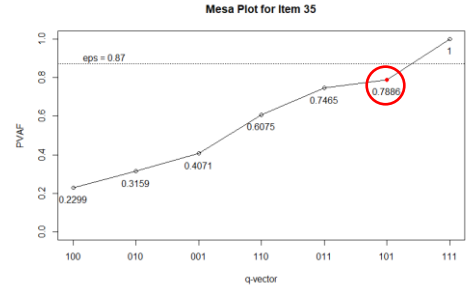
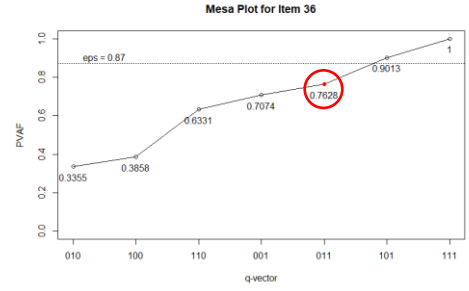
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
21		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [0 0 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 21 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
22		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 22 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
23		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 23 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
24		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 24 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

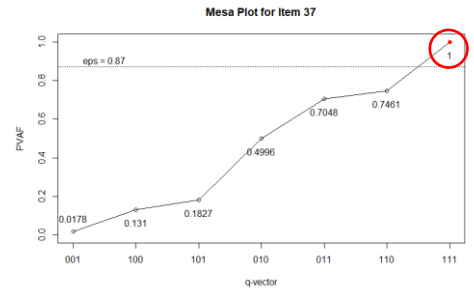
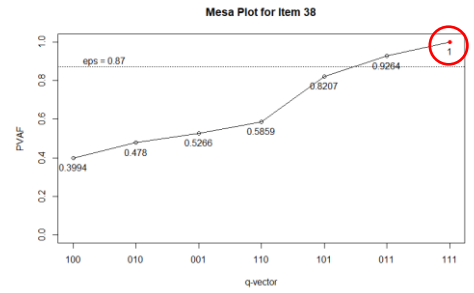
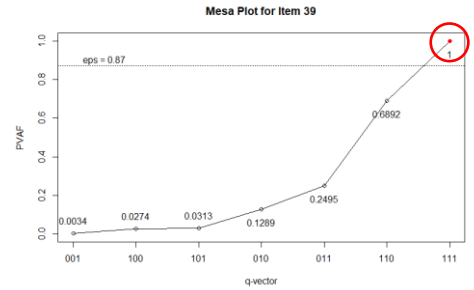
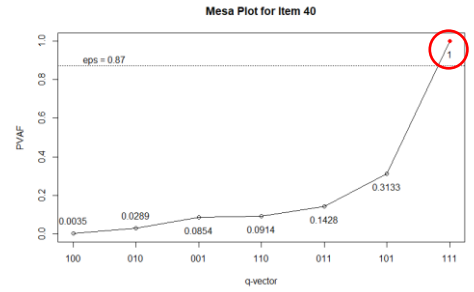
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
25		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 1 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 25 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
26		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 26 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
27		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 27 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
28		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่ (de la Torre & Chiu, 2016) ได้ระบุไว้ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 28 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
29		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 29 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
30		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [0 1 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 30 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
31		1	0	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่ (de la Torre & Chiu, 2016) ได้ระบุไว้ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 31 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
32		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 32 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
33		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 33 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
34		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 1 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 34 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
35		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 35 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
36		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 36 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

หาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
37		1	1	1	สามารถจำแนกได้ทั้งทักษะที่ 1 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 37 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
38		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่ (de la Torre & Chiu, 2016) ได้ระบุไว้ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 38 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
39		1	1	1	สามารถจำแนกได้ทั้งทักษะที่ 1 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 39 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
40		1	1	1	สามารถจำแนกได้ทั้งทักษะที่ 1 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 40 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

หลังจากตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับในด้านค่าดัชนีอำนาจจำแนกและการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF เรียบร้อยแล้ว จะสามารถสรุปผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ ได้ดังตาราง 4.11 ซึ่งขั้นตอนถัดไปคือการคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้งในด้านดัชนีอำนาจจำแนกและดัชนี PVAF ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวทั้งหมด 30 ข้อ มาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับ พบว่า ข้อสอบจากแบบสอบฉบับที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ประกอบด้วยข้อ 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 23, 25, 28 และ 36 ส่วนข้อสอบจากแบบสอบฉบับที่ 2 ที่ผ่านเกณฑ์ ประกอบด้วยข้อ 3, 5, 9, 11, 12, 15, 18, 23, 24, 26, 27, 29 และ 32 จากนั้นผู้วิจัยทำการเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 26 ข้อ และคัดเลือกข้อสอบเพิ่มขึ้นอีก 4 ข้อ เพื่อให้ได้จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ตามที่ Nájera et al. (2019) แนะนำ โดย de la Torre and Chiu (2016) ได้อธิบายว่า ข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกเพียงพอ จะช่วยให้แบบสอบสามารถจำแนกทักษะได้อย่างแม่นยำ ประกอบกับการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนกลุ่มเป้าหมายต่ำ จึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะด้วยดัชนี PVAF ได้ (Nájera et al., 2019) ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ของ de la Torre and Chiu (2016) และ Nájera et al. (2019) โดย (Ma & de la Torre, 2020a) ได้เสนอว่า หากมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการใช้ดัชนี PVAF ในข้อสอบแต่ละข้อ ให้ยึดผลการตัดสินการจำแนกทักษะของผู้เชี่ยวชาญแทนการใช้ผลของดัชนี PVAF ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ในระดับปานกลาง (มากกว่า 0.6) แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ของค่าดัชนี PVAF มาเพิ่มอีก 4 ข้อ ประกอบด้วย ข้อสอบจากแบบสอบฉบับที่ 1 จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ข้อ 26 27 และ 33 และข้อสอบจากแบบสอบฉบับที่ 2 จำนวน 1 ข้อ ได้แก่ข้อ 38 เพื่อนำไปสู่การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับที่มีข้อสอบจำนวน 30 ข้อ โดยมีเมทริกซ์คิวดังตาราง 4.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.11 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ

แบบสอบฉบับที่ 1			แบบสอบฉบับที่ 2		
ข้อ	ผลการตรวจสอบ		ข้อ	ผลการตรวจสอบ	
	ดัชนีอำนาจจำแนก	คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF		ดัชนีอำนาจจำแนก	คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF
1	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	1	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
2	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	2	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
3	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**3**	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
4	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	4	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
5	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**5**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
6	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	6	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
7	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	7	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
8	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	8	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
9	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**9**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
10	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	10	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
11	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**11**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
12	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**12**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
13	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	13	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
14	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	14	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
15	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**15**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
16	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	16	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
17	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	17	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้

แบบสอบฉบับที่ 1			แบบสอบฉบับที่ 2		
ข้อ	ผลการตรวจสอบ		ข้อ	ผลการตรวจสอบ	
	ดัชนีอำนาจจำแนก	คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF		ดัชนีอำนาจจำแนก	คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF
18	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	**18**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
19	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	19	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
20	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	20	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
21	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	21	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
22	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	22	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
23	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**23**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
24	ต่ำ แต่พอใช้ได้	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	**24**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
25	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	25	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
26	**ปานกลาง**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	**26**	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
27	**ปานกลาง**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	**27**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
28	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	28	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
29	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**29**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
30	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	30	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
31	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	31	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
32	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**32**	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
33	**ปานกลาง**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	33	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
34	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	34	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
35	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	35	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้

แบบสอบฉบับที่ 1			แบบสอบฉบับที่ 2		
ข้อ	ผลการตรวจสอบ		ข้อ	ผลการตรวจสอบ	
	ดัชนีอำนาจจำแนก	คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF		ดัชนีอำนาจจำแนก	คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF
36	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	36	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
37	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	37	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
38	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	38	**ปานกลาง**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
39	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	39	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
40	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	40	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**

ตาราง 4.12 เมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับ

ข้อที่	ทักษะที่มุ่งวัด			ข้อที่	ทักษะที่มุ่งวัด			ข้อที่	ทักษะที่มุ่งวัด		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
1	1	0	0	**11**	0	0	1	**21***	0	1	1
2	0	0	1	**12**	0	1	0	**22**	1	1	0
3	0	1	0	**13**	0	0	1	**23***	0	1	1
4	0	1	0	**14**	0	1	0	**24**	1	0	1
5	0	0	1	**15**	0	0	1	**25**	0	1	1
6	1	0	0	**16**	0	0	1	**26**	1	0	1
7	0	1	0	**17**	0	0	1	**27**	0	1	1
8	0	0	1	**18**	1	0	1	**28**	1	0	1
9	1	0	0	**19**	1	1	0	**29**	1	0	1
10	0	0	1	**20***	1	0	1	**30***	1	1	1

*หมายถึง ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ในระดับปานกลาง แต่ค่าดัชนี PVAF ไม่ผ่านเกณฑ์

ระยะที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

หลังจากที่ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพผ่านเกณฑ์จำนวน 30 ข้อของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ มาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับจำนวน 1 ฉบับ พบว่า ข้อสอบในแบบสอบทั้ง 30 ข้อ ครอบคลุมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการสำรวจในระยะที่ 1 จำนวน 22 มโนทัศน์ (ร้อยละ 73.33) จากทั้งหมด 30 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งครอบคลุมทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกเพียง 12 มโนทัศน์ จากทั้งหมด 20 มโนทัศน์ (ร้อยละ 60) ในขณะที่ครอบคลุมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในทักษะที่ 2 ทักษะการเขียนและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกทั้ง 6 มโนทัศน์ และทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิกทั้ง 4 มโนทัศน์ ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับ 1 ฉบับ ทั้ง 30 ข้อ จัดอยู่ในรูปแบบสอบออนไลน์ (Google form) สำหรับใช้ทดลองกับกลุ่มเป้าหมายในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งหมด 591 คน และมีระยะเวลาในการทำแบบสอบทั้งหมด 40 นาที โดยขอความร่วมมือครูผู้สอนของกลุ่มเป้าหมายให้ควบคุมการสอบผ่านโปรแกรมการประชุมออนไลน์ เช่น Google Meet หรือ Zoom พร้อมทั้งมอบหมายให้กลุ่มเป้าหมายแต่ละคนเปิดกล้องระหว่างทำแบบสอบเพื่อให้ครูผู้สอนสามารถตรวจสอบการทำแบบสอบได้ เพื่อนำผลการตอบมาตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก และให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมาย โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก และตอนที่ 2 ผลการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

แบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

ผลการตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยฟังก์ชัน *discrim* ในแพ็กเกจ GDINA โดยวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม R พบว่าข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.062 ถึง 0.773 ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกระดับปานกลาง ทั้งหมด 6 ข้อ ได้แก่ข้อ 18 20 23 24 26 และ 30 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.639, 0.739, 0.605, 0.765, 0.765 และ 0.773 ตามลำดับ รวมถึงข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกต่ำแต่พอใช้ได้มีทั้งหมด 14 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 3, 4, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 19, 21, 22, 25 และ 27 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.498, 0.535, 0.578, 0.429, 0.480, 0.447, 0.496, 0.465, 0.424, 0.461, 0.514, 0.476, 0.503 และ 0.514 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีจำนวนข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 20 ข้อ (ร้อยละ 66.7) จากทั้งหมด 30 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

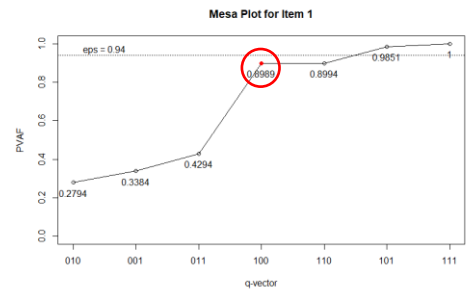
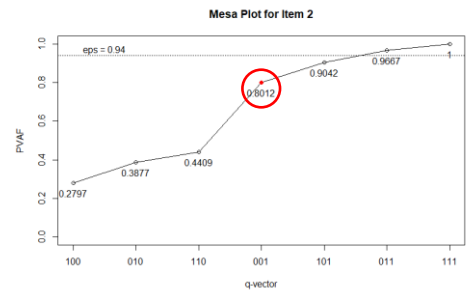
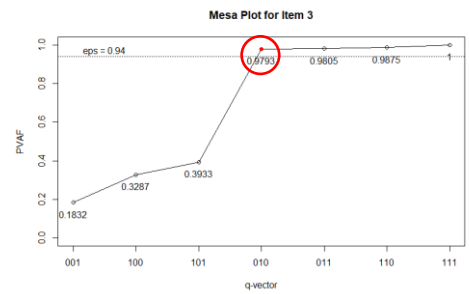
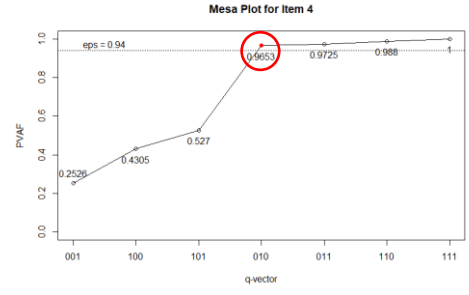
ข้อที่	อำนาจจำแนก	การแปลผล	ข้อที่	อำนาจจำแนก	การแปลผล
1	**0.498**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**16**	**0.424**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
2	0.360	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	17	0.334	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
3	**0.535**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**18**	**0.639**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
4	**0.578**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**19**	**0.461**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
5	0.320	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**20**	**0.739**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
6	0.213	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**21**	**0.514**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
7	0.322	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**22**	**0.476**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
8	**0.429**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**23**	**0.605**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
9	0.208	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**24**	**0.765**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
10	0.334	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**25**	**0.503**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
11	**0.480**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**26**	**0.765**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**
12	**0.447**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**27**	**0.514**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**
13	**0.496**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	28	0.347	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
14	0.379	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	29	0.062	อำนาจจำแนกใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง
15	**0.465**	**อำนาจจำแนกต่ำ แต่พอใช้ได้**	**30**	**0.773**	**อำนาจจำแนกปานกลาง**

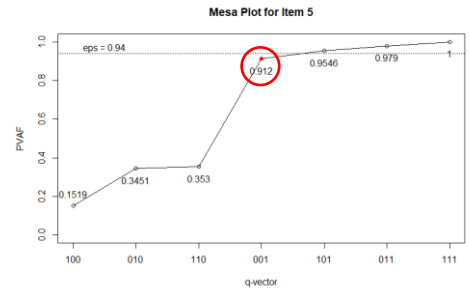
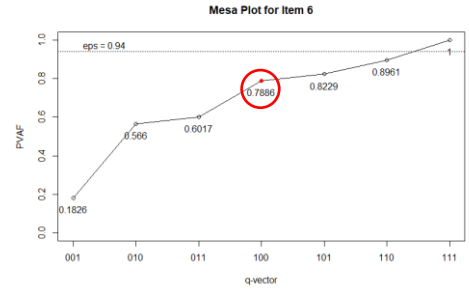
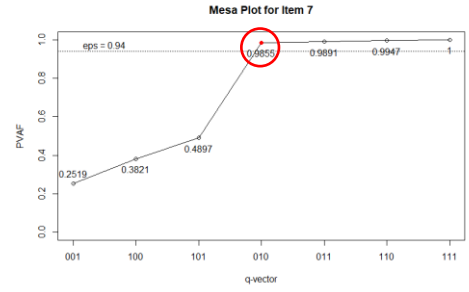
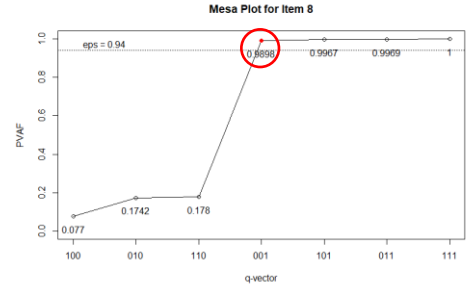
ส่วนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PVAF

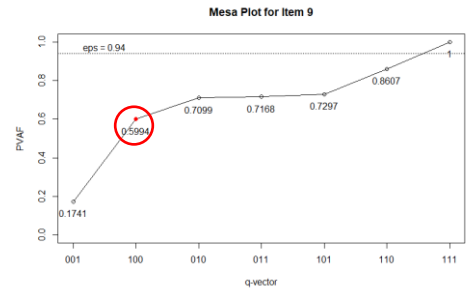
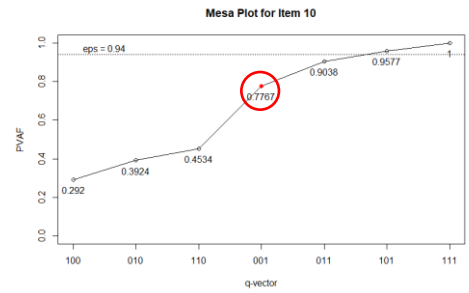
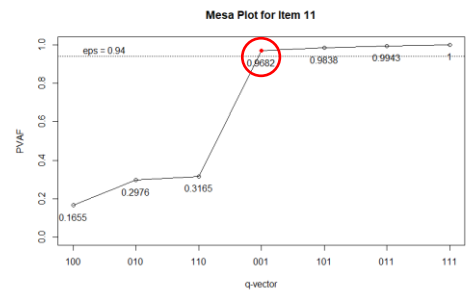
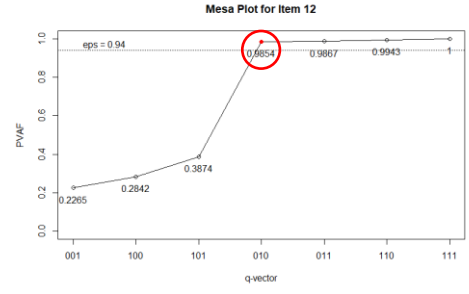
การตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF เพื่อให้มีหลักฐานทางสถิติในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว (de la Torre & Chiu, 2016) พบว่า ค่าดัชนี EPS ที่เหมาะสมสำหรับแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ได้จากการคำนวณสมการของ Nájera et al. (2019) มีค่าเท่ากับ 0.72 แต่เนื่องจากค่า EPS ดังกล่าวสามารถปรับให้มีค่าที่สูงขึ้นได้ตามบริบทของแบบสอบ เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกทักษะ ทางผู้วิจัยจึงปรับค่าดัชนี EPS ให้เหมาะสมกับลักษณะของแบบสอบ โดยมีค่าเท่ากับ 0.94 ส่งผลให้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะของผู้สอบได้ถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัดจำนวน 18 ข้อ (ร้อยละ 60.0) จากทั้งหมด 30 ข้อ ในขณะที่พบข้อสอบที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะจำนวน 9 ข้อ (ร้อยละ 30) ซึ่งประกอบด้วยข้อ 1, 2, 5, 10, 14, 16, 23, 28 และ 30 นอกจากนั้นยังพบข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้จำนวน 3 ข้อ (ร้อยละ 10) ประกอบด้วยข้อ 6, 9 และ 29 ดังตาราง 4.14 เมื่อทำการพิจารณาค่าดัชนี PVAF ของข้อสอบที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะอีกครั้งเพื่อตรวจสอบว่าเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญมีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ พบว่า มีข้อสอบจำนวน 1 ข้อ คือ ข้อที่ 30 ที่เวคเตอร์คิวที่สร้างขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ เนื่องจากเวคเตอร์คิวที่สร้างขึ้นคือเวคเตอร์ [1 1 1] แต่ตัวถูกของข้อสอบข้อดังกล่าวไม่อาศัยจุดแข็งในทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกในการตอบข้อสอบให้ถูกต้องอย่างชัดเจน ส่งผลให้เวคเตอร์คิวที่ถูกต้องสำหรับข้อสอบข้อที่ 30 คือ เวคเตอร์ [1 0 1] ตามที่ดัชนี PVAF ได้ระบุไว้ และได้เมทริกซ์คิวที่ปรับปรุงใหม่ดังตาราง 4.15 ส่วนในข้อสอบข้ออื่น ๆ ที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะนั้น ทางผู้วิจัยจะยังคงเวคเตอร์คิวของข้อสอบข้อดังกล่าวไว้ไม่ได้ปรับปรุงตามที่ค่าดัชนี PVAF เสนอ เนื่องจาก Ma and de la Torre (2020b) ได้ระบุไว้ว่า หากเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของค่าดัชนี PVAF ที่ไม่ชัดเจนหรือคลุมเครือ ควรยึดทักษะที่มุ่งวัดตามคำตัดสินของผู้เชี่ยวชาญเป็นหลัก

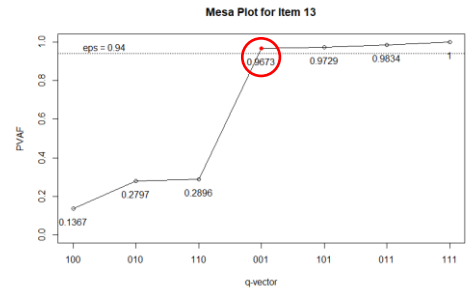
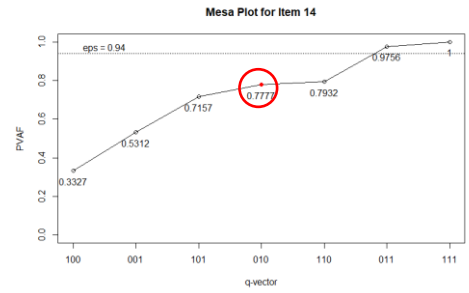
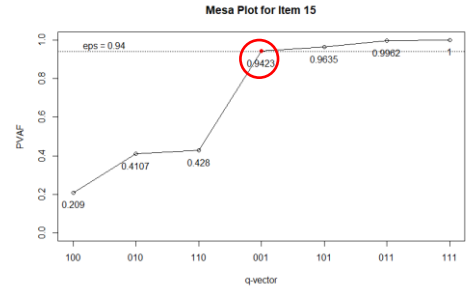
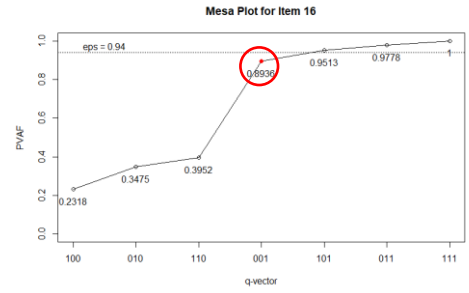
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

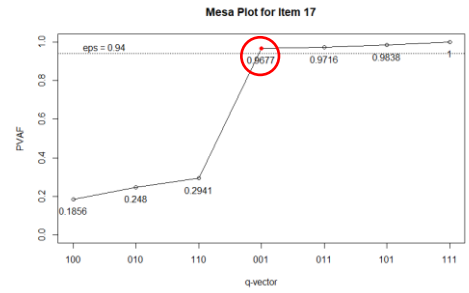
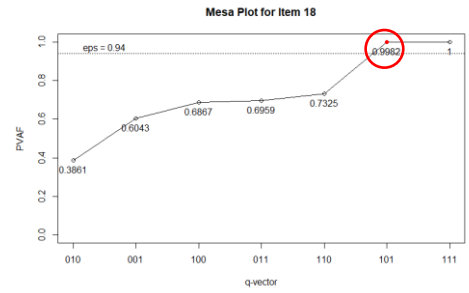
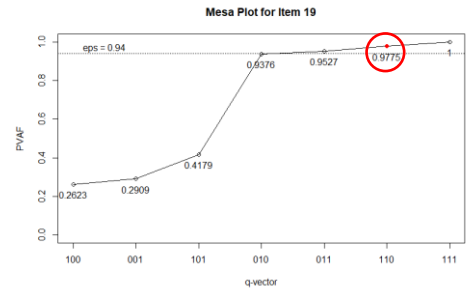
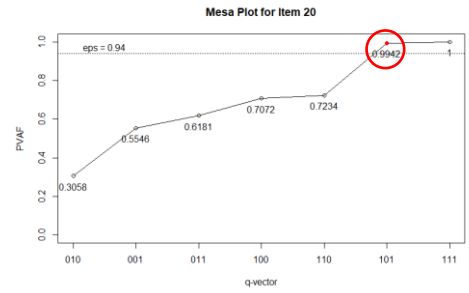
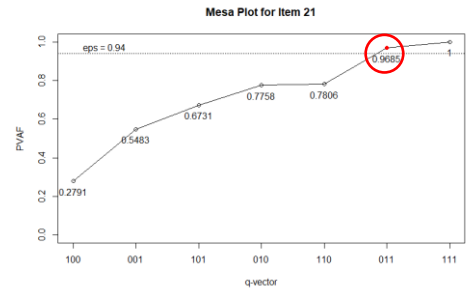
ตาราง 4.14 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

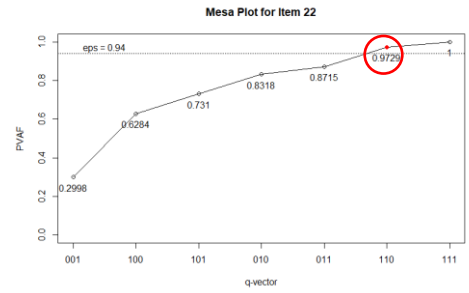
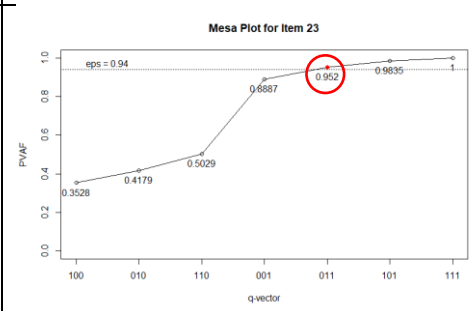
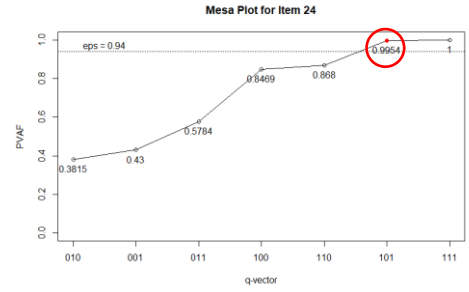
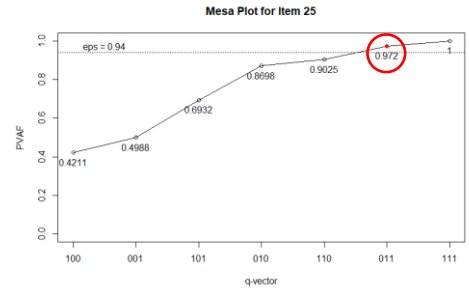
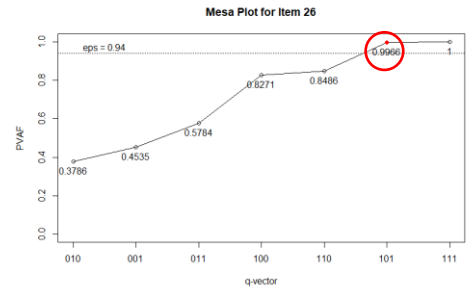
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
1		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 1 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
2		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 2 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
3		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่าข้อที่ 3 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
4		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่าข้อที่ 4 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

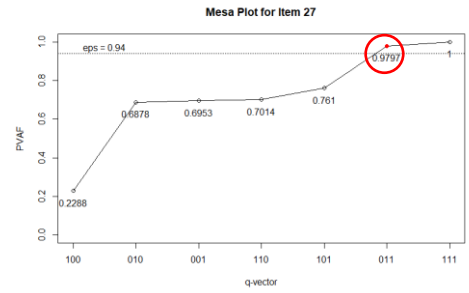
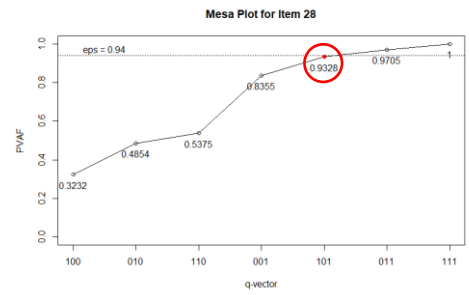
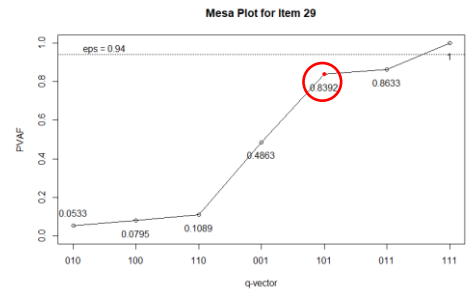
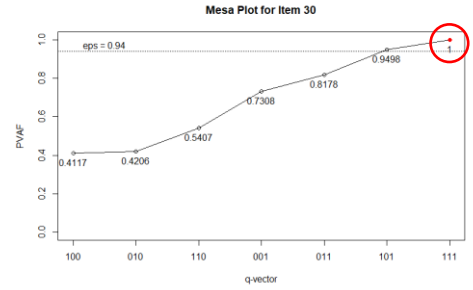
ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
5		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 5 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
6		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 6 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
7		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่าข้อที่ 7 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
8		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่าข้อที่ 8 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
9		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 0] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 9 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
10		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 10 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
11		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 11 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
12		0	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 12 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
13		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่าข้อที่ 13 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
14		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 0] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 14 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
15		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่าข้อที่ 15 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
16		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 16 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
17		0	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 17 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
18		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 18 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
19		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 19 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
20		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 20 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
21		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 21 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
22		1	1	0	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 0] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 22 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
23		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุดและมีดัชนี PVAF มากกว่าเวคเตอร์คิว [0 1 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 23 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
24		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 24 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
25		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 25 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
26		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 26 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

ข้อที่	ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF				การแปลผล
	mesa plot	ทักษะที่มุ่งวัด			
		1	2	3	
27		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ข้อที่ 27 สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด
28		0	1	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 2 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่า PVAF ต่ำกว่าเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 28 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*
29		0	0	0	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ เนื่องจากเนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS แต่มีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดและค่าดัชนี PVAF มากเกินจริงเมื่อเปรียบเทียบกับเวคเตอร์คิว [1 0 1] ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น สรุปได้ว่า *ข้อที่ 29 ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้*
30		1	0	1	สามารถจำแนกทักษะที่ 1 และ 3 ได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 0 1] เป็นเวคเตอร์ที่ค่าดัชนี PVAF > EPS และมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดน้อยที่สุด แต่เนื่องจากเวคเตอร์คิว [1 1 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์ที่มุ่งวัดทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีจำนวนทักษะที่มุ่งวัดเกินเกณฑ์ จึงสรุปได้ว่า *ข้อที่ 30 เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของผู้สอบ*

หาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.15 เมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกหลังปรับปรุง

ข้อที่	ทักษะที่มุ่งวัด			ข้อที่	ทักษะที่มุ่งวัด			ข้อที่	ทักษะที่มุ่งวัด		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
1	1	0	0	11	0	0	1	21	0	1	1
2	0	0	1	12	0	1	0	22	1	1	0
3	0	1	0	13	0	0	1	23	0	1	1
4	0	1	0	14	0	1	0	24	1	0	1
5	0	0	1	15	0	0	1	25	0	1	1
6	1	0	0	16	0	0	1	26	1	0	1
7	0	1	0	17	0	0	1	27	0	1	1
8	0	0	1	18	1	0	1	28	1	0	1
9	1	0	0	19	1	1	0	29	1	0	1
10	0	0	1	20	1	0	1	30	1	0	1

หลังจากตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในด้านค่าดัชนีอำนาจจำแนกและการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF เรียบร้อยแล้ว จะสามารถสรุปผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกได้ดังตาราง 4.16 ซึ่งพบว่า แบบสอบมีจำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้งด้านดัชนีอำนาจจำแนกและดัชนีทั้งหมด 16 ข้อ จากทั้งหมด 30 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 53.33 ประกอบด้วยข้อ 3, 4, 8, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26 และ 27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง 4.16 ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

ข้อ	ผลการตรวจสอบ		ข้อ	ผลการตรวจสอบ	
	ดัชนีอำนาจจำแนก	คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF		ดัชนีอำนาจจำแนก	คุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF
1	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	16	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
2	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	17	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
3	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**18**	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
4	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**19**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
5	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	**20**	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
6	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	**21**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
7	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**22**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
8	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	23	**ปานกลาง**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
9	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้	**24**	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
10	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	**25**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
11	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**26**	**ปานกลาง**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
12	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	**27**	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**
13	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	28	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ
14	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ	29	ใช้ไม่ได้ ควรตัดทิ้ง	ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้
15	**ต่ำ แต่พอใช้ได้**	**จำแนกทักษะได้สอดคล้องกับทักษะที่มุ่งวัด**	30	**ปานกลาง**	เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ

ส่วนที่ 3 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

สำหรับการใช้ค่าดัชนี TPR และ TNR ในการตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF สำหรับแบบสอบที่มีค่าดัชนี EPS เท่ากับ 0.94 ดัชนีอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.40 จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ และจำนวนผู้สอบขั้นต่ำ 500 คน ควรมีค่าดัชนี TPR และ TNR สูงกว่า 0.70 และ 0.45 ตามลำดับ ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีสัดส่วนเวคเตอร์คิวที่สามารถจำแนกทักษะได้ถูกต้องตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นและดัชนี PVAF ยังคงทักษะที่จำแนกดังกล่าวไว้ หรือค่าดัชนี TPR เท่ากับ 0.60 หมายความว่า ค่าดัชนี PVAF สามารถจำแนกทักษะได้ตรงกับเมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญได้ร้อยละ 60 ส่วนสัดส่วนเวคเตอร์คิวที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะไปจากเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นด้วยดัชนี PVAF แต่ได้รับการปรับปรุงทักษะให้มีความถูกต้อง หรือค่าดัชนี TNR มีค่าเท่ากับ 0.08 หมายความว่า ค่าดัชนี PVAF แนะนำให้มีการปรับปรุงทักษะที่จำแนก แต่แนะนำให้ปรับปรุงแล้วมีความถูกต้องมากขึ้นเพียงร้อยละ 8 จึงสรุปได้ว่า การจำแนกทักษะด้วยดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของ Nájera et al. (2019)

ตาราง 4.17 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

ความถูกต้องในการจำแนกทักษะของเวคเตอร์คิวที่	**สัดส่วนเวคเตอร์คิวที่ค่าดัชนี PVAF**	
	คงทักษะที่จำแนกไว้	**เสนอให้มีการปรับปรุง**
จำแนกได้อย่างถูกต้องตามการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ	0.60 (TPR)	0.92
จำแนกคลาดเคลื่อนไปจากการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ	0.40	0.08 (TNR)

ส่วนที่ 4 ผลการตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF

เมื่อตรวจสอบค่าความถูกต้อง (accuracy) ในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี PCA และ PCV ผ่านฟังก์ชัน ClassRate( ) ผ่านโปรแกรม R ในแพ็กเกจ GDINA โดยเปรียบเทียบระหว่างผลการจำแนกทักษะของเมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF พร้อมทั้งปรับปรุงเวคเตอร์คิวของข้อสอบข้อที่ 30 กับผลการจำแนกทักษะของเมทริกซ์

คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการใช้การตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีความถูกต้องในการจำแนกทักษะคิดเป็นร้อยละ 99.21 (PCA=0.9921) ส่วนความถูกต้องในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ในแต่ละเวคเตอร์คิวพบว่า เวคเตอร์คิวที่จำแนกทักษะจำนวนอย่างน้อย 1 ทักษะ สามารถจำแนกได้ถูกต้องทั้งหมด หรือร้อยละ 100 (PCV = 1.000) เช่นเดียวกันกับเวคเตอร์คิวที่จำแนกทักษะจำนวนอย่างน้อย 2 ทักษะ สามารถจำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดหรือร้อยละ 100 (PCV = 1.000) ส่วนเวคเตอร์คิวที่จำแนกทักษะจำนวน 3 ทักษะ สามารถจำแนกได้ถูกต้องร้อยละ 97.63 (PCV = 0.9763) ดังนั้น แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF สามารถจำแนกทักษะได้อย่างถูกต้องตามที่ Nájera et al. (2019) ได้ระบุไว้ จึงสามารถนำไปใช้วินิจฉัยทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกของผู้สอบได้อย่างถูกต้อง

ส่วนที่ 5 ผลการตรวจสอบค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

หลังจากตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ประกอบไปด้วยข้อสอบจำนวน 30 ข้อ มีคะแนนเฉลี่ย (*M*) ของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 591 คน เท่ากับ 14.083 คะแนน ด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) = 6.189 และความแปรปรวน (S^2) = 38.307 เมื่อวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน สูตร KR20 พบว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.845 ดังตาราง 4.18 แสดงว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีค่าความเที่ยงที่ผ่านเกณฑ์ในระดับค่อนข้างสูง ตามเกณฑ์ของ Taber (2018)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

M	*SD*	S^2
14.083	6.189	38.307
ความเที่ยงของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน สูตร KR20		
0.845		

ตอนที่ 2 ผลการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก

ผลการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในเรื่องพันธะไอออนิก แบ่งออกเป็น 2 ส่วน มีรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของโมเดลจีไดนาในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก พบว่า คะแนนเฉลี่ย (*M*) ของแบบสอบเท่ากับ 14.08 คะแนน โดยคะแนนสูงสุด (max) เท่ากับ 29 คะแนน และคะแนนต่ำสุด (min) เท่ากับ 3 คะแนน และมีจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งหมดหรือ 15 คะแนน จากทั้งหมด 30 คะแนนอยู่ 248 คน ในขณะที่กลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 343 คน ดังตาราง 4.19 ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์การเดา (guessing, g_j) และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (slip, s_j) ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกอยู่ในช่วง 0.132 – 0.626 และ 0 – 0.658 ตามลำดับ ดังตาราง 4.19 โดยค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ค่าจะแสดงอยู่ในรูปของความน่าจะเป็น เช่น ข้อสอบข้อที่ 1 ผู้สอบที่มีจำนวนทักษะไม่เพียงพอต่อการตอบข้อสอบจะมีโอกาสเดาข้อสอบได้ถูกต้องร้อยละ 34.6 ในขณะที่ผู้สอบที่มีจำนวนทักษะครบตามที่ข้อสอบข้อที่ 1 ต้องการ จะมีโอกาสตอบข้อสอบไม่ถูกต้องร้อยละ 15.4 ซึ่งข้อสอบที่ผู้สอบขาดทักษะในการตอบข้อสอบ แต่มีโอกาสตอบได้ถูกต้องสูงที่สุด คือข้อที่ 7 ที่มีโอกาสการเดาได้ถูกต้องสูงถึงร้อยละ 62.6 ส่วนข้อสอบที่ผู้สอบที่มีทุกทักษะเป็นจุดแข็งตามที่ข้อสอบต้องการ แต่มีโอกาสตอบผิดสูงที่สุด คือข้อที่ 29 ที่มีโอกาสสะเพร่าสูงถึงร้อยละ 65.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 4.19 ค่าพารามิเตอร์การเดาและความสะเพร่าของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

M	Max	Min	จำนวนกลุ่มเป้าหมายที่คะแนน	
			ผ่านเกณฑ์ (คน)	ไม่ผ่านเกณฑ์ (คน)
14.08	29	3	248	343

ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์		ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์	
	การเดา (g_j)	ความสะเพร่า (s_j)		การเดา (g_j)	ความสะเพร่า (s_j)
1	0.346	0.154	16	0.309	0.266
2	0.356	0.286	17	0.433	0.237
3	0.454	0.010	18	0.335	0.027
4	0.132	0.284	19	0.479	0.061
5	0.248	0.430	20	0.244	0.018
6	0.255	0.529	21	0.397	0.091
7	0.626	0.050	22	0.264	0.260
8	0.209	0.362	23	0.230	0.168
9	0.240	0.550	24	0.227	0.007
10	0.208	0.457	25	0.307	0.191
11	0.358	0.165	26	0.236	0.000
12	0.516	0.032	27	0.382	0.110
13	0.212	0.295	28	0.254	0.398
14	0.581	0.042	29	0.280	0.658
15	0.218	0.316	30	0.211	0.045

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เมื่อพิจารณาโอกาสการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบที่มีจำนวนทักษะที่เป็นจุดแข็งในข้อสอบแต่ละข้อของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก พบว่ามีค่าเป็นดังตาราง 4.20 เมื่อทักษะที่มุ่งวัด หมายถึง ทักษะที่ข้อสอบข้อดังกล่าวมุ่งวัดและผู้สอบจำเป็นต้องมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดแข็งจึงจะสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้อง โดย 1 หมายถึง ทักษะการอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก ส่วน 2 หมายถึง ทักษะการเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3 หมายถึง ทักษะการระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ส่วนรูปแบบทักษะที่เป็นจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุง หมายถึง รูปแบบจุดแข็งในทักษะที่ผู้สอบมีในการตอบข้อสอบดังกล่าว โดย 1 หมายถึง มีทักษะดังกล่าวเป็นจุดแข็ง และ 0 หมายถึง มีทักษะดังกล่าวเป็นจุดที่ควรปรับปรุง และความน่าจะเป็น

หมายถึง โอกาสที่ผู้สอบสามารถตอบข้อสอบข้อดังกล่าวได้อย่างถูกต้องเมื่อผู้สอบมีรูปแบบทักษะที่เป็นจุดแข็งตามที่กำหนดไว้ เช่น ข้อที่ 20 ต้องการทักษะที่ 1 และ 3 เพื่อตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้อง ผู้สอบที่มีทั้งสองทักษะเป็นจุดที่ควรปรับปรุง (00) จะมีความจะน่าเป็นในการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องเท่ากับ 0.244 แสดงว่า ผู้สอบที่จุดที่ควรปรับปรุงทั้งทักษะที่ 1 และ 3 มีโอกาสการเดาข้อที่ 20 ได้ถูกต้องร้อยละ 24.4 ขณะที่ผู้สอบที่มีทักษะที่ 1 เป็นจุดแข็ง แต่มีทักษะที่ 3 เป็นจุดที่ควรปรับปรุง (10) จะมีความจะน่าเป็นในการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องเท่ากับ 0.882 แสดงว่า ผู้สอบที่มีทักษะที่ 1 เป็นจุดแข็ง แต่มีทักษะที่ 3 เป็นจุดที่ควรปรับปรุง มีโอกาสตอบข้อที่ 20 ได้ถูกต้องร้อยละ 88.2 ส่วนผู้สอบที่มีทักษะที่ 1 เป็นจุดที่ควรปรับปรุง แต่มีทักษะที่ 3 เป็นจุดแข็ง (01) จะมีความจะน่าเป็นในการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องเท่ากับ 0.645 แสดงว่า ผู้สอบที่มีทักษะที่ 1 เป็นจุดที่ควรปรับปรุง แต่มีทักษะที่ 3 เป็นจุดแข็ง มีโอกาสการตอบข้อสอบข้อที่ 20 ได้ถูกต้องร้อยละ 64.5 และผู้สอบที่มีทั้งทักษะที่ 1 และทักษะที่ 3 เป็นจุดแข็ง (11) จะมีความจะน่าเป็นในการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องเท่ากับ 0.982 แสดงว่า ผู้สอบที่มีทั้งทักษะที่ 1 และทักษะที่ 3 เป็นจุดแข็ง มีโอกาสการตอบข้อสอบข้อที่ 20 ได้ถูกต้องร้อยละ 98.2 ซึ่งข้อสอบที่มุ่งวัดจำนวน 1 ทักษะและผู้สอบมีโอกาสตอบข้อสอบได้ถูกต้องมากที่สุดคือข้อ 3 ที่มุ่งวัดทักษะที่ 2 โดยมีความน่าจะเป็นเท่ากับร้อยละ 99.0 ส่วนข้อสอบข้อที่มุ่งวัดจำนวน 2 ทักษะที่ผู้สอบมีโอกาสตอบข้อสอบได้ถูกต้องมากที่สุดคือข้อ 24 ที่มุ่งวัดทักษะที่ 1 และ 3 โดยมีความน่าจะเป็นเท่ากับร้อยละ 99.3

ตาราง 4.20 ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้อย่างถูกต้องของผู้สอบที่มีรูปแบบทักษะที่จุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงต่างกัน

Chulalongkorn University

ข้อ	ทักษะที่มุ่งวัด	รูปแบบ	ความน่าจะเป็น	ข้อ	ทักษะที่มุ่งวัด	รูปแบบ	ความน่าจะเป็น	ข้อ	ทักษะที่มุ่งวัด	รูปแบบ	ความน่าจะเป็น
1	1	0	0.346	15	3	1	0.684	24	1 และ 3	00	0.227
1	1	1	0.846	16	3	0	0.309	24	1 และ 3	10	0.671
2	3	0	0.356	16	3	1	0.734	24	1 และ 3	01	0.420
2	3	1	0.714	17	3	0	0.433	24	1 และ 3	11	0.993
3	2	0	0.454	17	3	1	0.763	25	2 และ 3	00	0.307
3	2	1	0.990	18	1 และ 3	00	0.335	25	2 และ 3	10	0.626
4	2	0	0.132	18	1 และ 3	10	0.822	25	2 และ 3	01	0.459
4	2	1	0.716	18	1 และ 3	01	0.679	25	2 และ 3	11	0.809
5	3	0	0.248	18	1 และ 3	11	0.973	26	1 และ 3	00	0.236
5	3	1	0.570	19	1 และ 2	00	0.479	26	1 และ 3	10	0.870
6	1	0	0.255	19	1 และ 2	10	0.254	26	1 และ 3	01	0.535
6	1	1	0.471	19	1 และ 2	01	0.868	26	1 และ 3	11	1.000

ข้อ	ทักษะที่มุ่งวัด	รูปแบบ	ความน่าจะเป็น	ข้อ	ทักษะที่มุ่งวัด	รูปแบบ	ความน่าจะเป็น	ข้อ	ทักษะที่มุ่งวัด	รูปแบบ	ความน่าจะเป็น
7	2	0	0.626	19	1 และ 2	11	0.939	27	2 และ 3	00	0.382
7	2	1	0.950	20	1 และ 3	00	0.244	27	2 และ 3	10	0.527
8	3	0	0.209	20	1 และ 3	10	0.882	27	2 และ 3	01	0.545
8	3	1	0.638	20	1 และ 3	01	0.645	27	2 และ 3	11	0.890
9	1	0	0.240	20	1 และ 3	11	0.982	28	1 และ 3	00	0.254
9	1	1	0.450	21	2 และ 3	00	0.397	28	1 และ 3	10	0.297
10	3	0	0.208	21	2 และ 3	10	0.820	28	1 และ 3	01	0.469
10	3	1	0.543	21	2 และ 3	01	0.716	28	1 และ 3	11	0.602
11	3	0	0.358	21	2 และ 3	11	0.909	29	1 และ 3	00	0.280
11	3	1	0.835	22	1 และ 2	00	0.264	29	1 และ 3	10	0.109
12	2	0	0.516	22	1 และ 2	10	0.343	29	1 และ 3	01	0.409
12	2	1	0.968	22	1 และ 2	01	0.501	29	1 และ 3	11	0.342
13	3	0	0.212	22	1 และ 2	11	0.741	30	1 และ 3	00	0.211
13	3	1	0.705	23	2 และ 3	00	0.230	30	1 และ 3	10	0.290
14	2	0	0.581	23	2 และ 3	10	0.339	30	1 และ 3	00	0.532
14	2	1	0.958	23	2 และ 3	01	0.720	30	1 และ 3	10	0.955
15	3	0	0.218	23	2 และ 3	11	0.832				

ความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่ม (Class probability) ของผู้สอบที่ทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่ม (Class) ทั้งหมด 8 กลุ่ม ตามจำนวนรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะหรือโปรไฟล์ทักษะ (Skill profile) เป็นดังตาราง 4.21 เมื่อรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงที่ผู้สอบมีโอกาสให้ได้รับการจัดให้อยู่ในกลุ่มมากที่สุด คือ 000 หรือผู้สอบที่มีทั้ง 3 ทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกเป็นจุดที่ควรปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 49.2

Chulalongkorn University

ตาราง 4.21 ความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่ม (Class probability) ของผู้สอบที่มีรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงต่าง ๆ

รูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุง	000	100	010	001	110	101	011	111
ความน่าจะเป็น	0.492	0.024	0.076	0.103	0.059	0.010	0.100	0.135

ผลการตรวจสอบสัดส่วนของกลุ่มเป้าหมายที่ทักษะต่าง ๆ เป็นจุดแข็งของเนื้อหาพันธะไอออนิกเป็นดังตาราง 4.22 ซึ่งพบว่า ผู้สอบมีทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกเป็นจุดแข็งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.1 รองลงมาคือ ทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่าง

สารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 34.9 และลำดับสุดท้ายคือ ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 22.8

ตาราง 4.22 สัดส่วนของกลุ่มเป้าหมายที่มีทักษะต่าง ๆ เป็นจุดแข็งในเรื่องพันธะไอออนิก

ทักษะ	สัดส่วน
1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก	0.228
2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	0.371
3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก	0.349

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของผู้สอบ

เมื่อนำผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมาวิเคราะห์รูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะของผู้สอบแต่ละคน จะได้ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดังตาราง 4.23 เพื่อนำไปสู่การให้ข้อมูลป้อนกลับให้แก่กลุ่มเป้าหมาย โดยทักษะที่เป็นจุดแข็งในเรื่องพันธะไอออนิก ทักษะที่ 1 หมายถึง ทักษะการอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก ทักษะที่ 2 หมายถึง ทักษะการเขียนและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และทักษะที่ 3 หมายถึง ทักษะการระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ซึ่งค่าตัวเลข 1 ในตาราง หมายถึง ผู้สอบมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดแข็งของผู้สอบ ส่วน 0 หมายถึง ผู้สอบมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดที่ควรปรับปรุง เช่น ผู้สอบคนที่ 6 ที่มีทั้ง 3 ทักษะเป็นจุดแข็ง ได้แก่ 1) ทักษะการอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) ทักษะการเขียนและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก และผู้สอบคนที่ 102 ที่มีทักษะที่เป็นจุดแข็งอยู่ 2 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกและทักษะการเขียนและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก จากนั้นจึงนำไปสู่การให้ข้อมูลเกี่ยวกับทักษะที่เป็นจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของเนื้อหาเรื่องพันธะไอออนิกแก่กลุ่มเป้าหมายแต่ละคนในรูปแบบกราฟความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability) ดังตาราง 4.24 และตาราง 4.25 ซึ่งเป็นกราฟแผนภูมิแนวตั้งแสดงความน่าจะเป็นของจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะแต่ละทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมาย หากกลุ่มเป้าหมายมีความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะสูงกว่าค่า 0.6 หมายถึง กลุ่มตัวอย่างมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดแข็ง แต่หากมีค่าต่ำกว่า 0.4 หมายถึง กลุ่มตัวอย่างมีทักษะดังกล่าวเป็นจุดที่ควรปรับปรุง และจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขในทักษะนั้น ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่

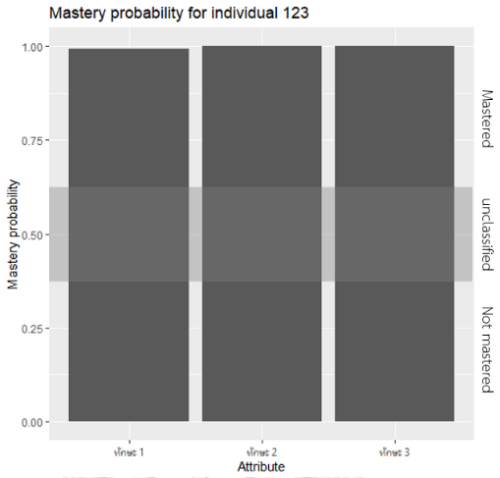
มีความน่าจะเป็นในการรอบรู้ในช่วง 0.4 – 0.6 หมายถึง ไม่สามารถระบุทักษะดังกล่าวของกลุ่มเป้าหมายได้ว่าเป็นจุดแข็งหรือจุดที่ควรปรับปรุง (George et al., 2016) เช่น กลุ่มเป้าหมายคนที่ 123 มีทักษะทั้ง 3 ทักษะเป็นจุดแข็ง เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการรอบรู้มีค่าสูงกว่า 0.6 ดังตาราง 4.24 ขณะที่กลุ่มเป้าหมายคนที่ 135 มีทักษะที่เป็นจุดแข็งเพียงทักษะที่ 2 เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการรอบรู้มีค่าสูงกว่า 0.6 และมีอีก 2 ทักษะที่เหลือเป็นจุดที่ควรปรับปรุง เนื่องจากมีค่าความน่าจะเป็นในการรอบรู้ค่าต่ำกว่า 0.4 ดังตาราง 4.25 จากนั้นผู้วิจัยนำผลการตอบผิดในแต่ละข้อมารวบรวมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจพบในกลุ่มเป้าหมายแต่ละคน พร้อมทั้งอธิบายมโนทัศน์ที่ถูกต้องให้เพื่อเป็นข้อมูลป้อนกลับให้แก่กลุ่มเป้าหมายแต่ละคน ดังตาราง 4.24 และตาราง 4.25 ซึ่งเป็นข้อมูลอันเป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงความรู้ในเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมาย

หลังจากนั้นผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์รูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในกลุ่มเป้าหมายแต่ละคนส่งคืนให้แก่ครูผู้สอนเพื่อเป็นข้อมูลป้อนกลับอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาและปรับปรุงทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้เรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายต่อไป (Ma & de la Torre, 2020a)

ตาราง 4.23 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะของผู้สอบแต่ละคน

ผู้สอบ	ทักษะที่			ผู้สอบ	ทักษะที่			ผู้สอบ	ทักษะที่			ผู้สอบ	ทักษะที่		
คนที่	1	2	3	คนที่	1	2	3	คนที่	1	2	3	คนที่	1	2	3
1	0	1	0	101	0	1	0	351	0	0	0	471	0	0	0
2	0	0	0	102	1	1	0	352	0	0	0	472	0	1	1
3	0	0	0	103	0	1	1	353	0	1	1	473	0	0	1
4	0	0	0	104	0	1	1	354	1	1	0	474	0	0	1
5	0	1	0	105	0	1	0	355	0	0	0	475	0	0	1
6	1	1	1	106	0	0	0	356	0	0	1	476	0	0	0
7	0	0	0	107	0	0	0	357	0	0	0	477	0	0	0
8	0	0	0	108	1	0	0	358	0	0	0	478	0	1	1
9	0	0	1	109	0	1	1	359	0	0	0	479	0	0	1
10	0	0	0	110	0	1	0	360	0	0	0	480	0	0	1

ตาราง 4.24 ตัวอย่างผลการป้อนกลับเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายคนที่ 123



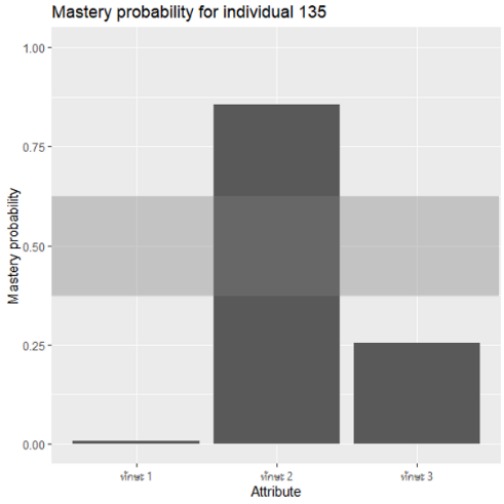
ผู้สอบคนที่	123			ชื่อ - สกุล			นางสาวเรียนดี มีคุณธรรม								
ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
คะแนนที่ได้	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ข้อ	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
คะแนนที่ได้	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
คะแนนที่ได้	27						คะแนนเต็ม				30				

การแปลผลจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก	
ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก	จุดแข็ง
ทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	จุดแข็ง
ทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก	จุดแข็ง

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจพบ	มโนทัศน์ที่ถูกต้อง
ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก	
1. รัศมีของรูบิเดียมไอออนกว้างกว่ารัศมีของไอโอไดด์ไอออน *(จากข้อที่ 6)*	1. รัศมีของไอโอไดด์ไอออนกว้างกว่ารัศมีรูบิเดียมไอออน
2.สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดเป็นโครงสร้างลักษณะเส้นตรง *(จากข้อที่ 6)*	2.สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดเป็นโครงสร้างผลึกต่อเนื่องสามมิติ
3. ไอออน 1 ไอออนสามารถดึงดูดไอออนชนิดตรงกันข้ามได้เพียง 1 ไอออน *(จากข้อที่ 29)*	3. ไอออน 1 ไอออนสามารถดึงดูดไอออนชนิดตรงกันข้ามได้มากกว่า 1 ไอออน
4. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล *(จากข้อที่ 29)*	4. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโครงร่างผลึกสามมิติ
ทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	
1. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียวเหมือนกันกับการอ่านชื่อไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า *(จากข้อที่ 27)*	1. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะต้องระบุเลขออกซิเดชันด้วย จึงแตกต่างจากการอ่านชื่อไอออนบวกที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียว

ทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก	
1. รูบิเดียมคลอไรด์ไม่ละลายในน้ำ *(จากข้อที่ 27)*	1. รูบิเดียมคลอไรด์สามารถละลายในน้ำได้
2. $Al(NO_3)_3$ และ $Ni(NO_3)_2$ ละลายในน้ำไม่ได้ *(จากข้อที่ 29)*	2. $Al(NO_3)_3$ และ $Ni(NO_3)_2$ ละลายในน้ำได้

ตาราง 4.25 ตัวอย่างผลการป้อนกลับเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายคนที่ 135



ผู้สอบคนที่	**135**			**ชื่อ - สกุล**			**นายปัญญา คู่คุณธรรม**								
ข้อ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
คะแนนที่ได้	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
ข้อ	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
คะแนนที่ได้	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1
คะแนนที่ได้	17						**คะแนนเต็ม**				30				
การแปลผลจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก															
ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก											**ควรปรับปรุง**				
ทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก											**จุดแข็ง**				
ทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก											**ควรปรับปรุง**				
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจพบ											**มโนทัศน์ที่ถูกต้อง**				
ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก															
1. รัศมีของรูบิเดียมไอออนกว้างกว่ารัศมีของไอโอไดด์ไอออน *(จากข้อที่ 6)*											1. รัศมีของไอโอไดด์ไอออนกว้างกว่ารัศมีรูบิเดียมไอออน				
2. สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดเป็นโครงสร้างลักษณะเส้นตรง *(จากข้อที่ 6, 18 และ 24)*											2. สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดเป็นโครงสร้างผลึกต่อเนื่องสามมิติ				
3. ไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนให้กับอะตอมโลหะในสารประกอบไอออนิก *(จากข้อที่ 18, 20, 24 และ 26)*											3. อะตอมโลหะจ่ายอิเล็กตรอนให้กับอะตอมอโลหะจนเกิดเป็นไอออนลบในสารประกอบไอออนิก				
4. เมื่อไอออนบวกที่เกิดจากอะตอมโลหะเดี่ยว											4. พันธะไอออนิกเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับ				

หรืออนุมูลกลุ่มสร้างพันธะกับอนุมูลกลุ่มที่เป็นไอออนลบ จะไม่เรียกพันธะดังกล่าวว่าพันธะไอออนิก *(จากข้อที่ 19, 20 และ 26)*	ไอออนลบ ซึ่งไอออนทั้ง 2 ชนิดจะมาจากอะตอมหรืออนุมูลกลุ่มก็ได้
5. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะเสมอ *(จากข้อที่ 26)*	5. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบ ซึ่งไอออนบวกอาจจะมาอนุมูลกลุ่มของอโลหะ เช่น NH_4^+
6. ไอออน 1 ไอออนสามารถดึงดูดไอออนชนิดตรงกันข้ามได้เพียง 1 ไอออน *(จากข้อที่ 29)*	6. ไอออน 1 ไอออนสามารถดึงดูดไอออนชนิดตรงกันข้ามได้มากกว่า 1 ไอออน
7. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล *(จากข้อที่ 29)*	7. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโครงร่างผลึกสามมิติ
ทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	
1.การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่าจะใช้หลักการอ่านเช่นเดียวกันกับการอ่านชื่อสารโคเวเลนต์ *(จากข้อที่ 19)*	1. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะต้องระบุเลขออกซิเดชันด้วยตัวเลขโรมันและอ่านเป็นภาษาอังกฤษ ซึ่งแตกต่างจากการอ่านชื่อสารโคเวเลนต์
2. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียวเหมือนกันกับการอ่านชื่อไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า *(จากข้อที่ 19 และ 25)*	2. การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิกของไอออนบวกจากธาตุที่มีเลขออกซิเดชันหลายค่า จะต้องระบุเลขออกซิเดชันด้วย จึงแตกต่างจากการอ่านชื่อไอออนบวกที่มีเลขออกซิเดชันค่าเดียว
3. ClO_3^- มีชื่อว่า เปอร์คลอเรตไอออน *(จากข้อที่ 19)*	3. ClO_3^- มีชื่อว่า คลอเรตไอออน
4. NO_2^- มีชื่อว่าไนเทรตไอออน ส่วน NO_3^- มีชื่อว่าไนไทรต์ไอออน *(จากข้อที่ 23)*	4. NO_2^- มีชื่อว่าไนไทรต์ไอออน ส่วน NO_3^- มีชื่อว่าไนเทรตไอออน
ทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก	
1. $Ba(NO_3)_2$, $Al(NO_3)_3$, $Ni(NO_3)_2$, $CaCl_2$, $(NH_4)_2HPO_4$, $LiNO_3$, NH_4OH, NH_4CN, Cs_2O, $CsNO_3$, $Al(NO_2)_3$, KI และ KCN ไม่ละลายในน้ำ *(จากข้อที่ 5, 13, 18, 20, 23, 24, 25, 26 และ 29)*	1. $Ba(NO_3)_2$, $Al(NO_3)_3$, $Ni(NO_3)_2$, $CaCl_2$, $(NH_4)_2HPO_4$, $LiNO_3$, NH_4OH, NH_4CN, Cs_2O, $CsNO_3$, $Al(NO_2)_3$, KI และ KCN ละลายในน้ำได้
2. $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, TiO_2, $PbCl_2$, $CrCO_3$ ละลายในน้ำได้ *(จากข้อที่ 5, 13 และ 17)*	2. $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, TiO_2, $PbCl_2$, $CrCO_3$ ไม่ละลายในน้ำ
3. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดไม่ละลายน้ำ *(จากข้อที่ 11)*	3. - สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA บางชนิดละลายน้ำได้ เช่น $CaCl_2$ และ $Ba(NO_3)_2$
4. หากผสมสารละลาย $MgSO_4$ กับ K_2CO_3 จะได้ตะกอนของ K_2SO_4 *(จากข้อที่ 11)*	4. หากผสมสารละลาย $MgSO_4$ กับ K_2CO_3 จะได้ตะกอนของ $MgCO_3$
5. ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น *(จากข้อที่ 11)*	5. ปฏิกิริยาเคมีจะมีสมการไอออนิกสุทธิเมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สได้ เช่น $Ca^{2+}(aq) + 2HCO_3^-(aq) \rightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกโดยใช้โมเดลพุทธิปัญญาจีไดนา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ 1) เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก 2) เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ และ 3) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

การวิจัยครั้งนี้แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก ระยะที่ 2 การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ ระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

ในระยะที่ 1 แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 การสังเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจากเอกสารและงานวิจัย จำนวน 11 เรื่อง แล้วนำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำแนกตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิก ทั้งหมด 4 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก 3) การคำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารประกอบไอออนิก และ 4) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก เพื่อนำไปพัฒนาเป็นแบบสำรวจรายการในขั้นตอนถัดไป ตอนที่ 2 การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก จากการนำแบบสำรวจรายการจำนวน 3 ชุด ไปสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายชุดละ 4 คน รวมกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 12 คน แล้วทำการสรุปมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย และผลการใช้แบบสำรวจรายการจำนวน 1 ฉบับ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นตัวลวงในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในระยะถัดไป

ระยะที่ 2 เป็นการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 2 ฉบับที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับสำหรับการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพจำนวน 30 ข้อไปเป็นแบบสอบฉบับสุดท้าย โดยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 การพัฒนาแบบสอบมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ ซึ่งเป็นการนำผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบในเรื่องพันธะไอออนิกจาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระยะที่ 1 มาพัฒนาเป็นร่างข้อสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ รวมทั้งหมด 80 ข้อ เพื่อให้มีจำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์จำนวนมากพอ จำนวน 30 ข้อ ตอนที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ ซึ่งเป็นการนำข้อสอบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ฉบับ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านต่อแบบสอบ 1 ฉบับ จึงใช้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 ท่าน จากนั้นจึงนำผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวมาคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ และนำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาพัฒนาและปรับปรุงข้อสอบแต่ละข้อมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นก่อนนำไปจัดพิมพ์แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับไปเก็บข้อมูลทั้งในรูปแบบกระดาษและรูปแบบออนไลน์ในกรณีที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลด้วยแบบกระดาษได้เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

ตอนที่ 3 คือ การตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 2 ฉบับ จากการนำแบบสอบทั้ง 2 ฉบับไปทดลองใช้ในกลุ่มเป้าหมายจำนวน 631 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 335 คนสำหรับการทำแบบสอบฉบับที่ 1 และกลุ่มที่ 2 จำนวน 296 คน สำหรับการทำแบบสอบฉบับที่ 2 และคำนวณหาดัชนีอำนาจจำแนก (item discrimination index) ของข้อสอบแต่ละข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ไปใช้ในการสร้างเป็นแบบสอบ 1 ฉบับ และตอนที่ 4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PVAF เพื่อคัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ จากทั้งหมด 80 ข้อ ที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกและค่าดัชนี PVAF ผ่านเกณฑ์

ในระยะที่ 3 คือการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 30 ข้อที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากระยะที่ 2 มาเรียบร้อยแล้ว ประกอบด้วย 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ซึ่งเป็นการนำแบบสอบ 1 ฉบับไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 591 คน หลังจากนั้นนำผลการตอบแบบสอบมาตรวจสอบคุณภาพในด้วยดัชนีอำนาจจำแนก ตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์ด้วยค่าดัชนี PVAF ตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะที่ถูกต้องของแบบสอบด้วยดัชนี PCA ด้วยการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม R แพ็กเกจ GDINA และหาค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้งฉบับด้วยวิธีของคูเดอร์ - ริชาร์ดสัน สูตร KR20

ในส่วนของตอนที่ 2 คือ การให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก เป็นการนำผลการตอบแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายจำนวน 591 คน มาตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบวินิจฉัยและการวินิจฉัยจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายแต่ละคนในรูปแบบของกราฟความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability) พร้อมทั้งให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งอาจเกิดขึ้นในกลุ่มเป้าหมายแต่ละคน จากการตอบข้อสอบผิด ซึ่งจากข้อมูลป้อนกลับของกลุ่มเป้าหมาย ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการสอนในเรื่องพันธะไอออนิกให้ผู้เรียนมีความคลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกลดลงต่อไปในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งผลการวิจัยออกเป็น 3 ประเด็นตามระยะการดำเนินการวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 11 เรื่อง มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกที่พบในนักเรียนทั้งหมด 37 มโนทัศน์ เมื่อจำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนตามทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องพันธะไอออนิก ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) จะสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก และพบว่า ลำดับของทักษะที่มีจำนวนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก (ร้อยละ 73) รองลงมาคือ 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก (ร้อยละ 17.5) และลำดับคือ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก (ร้อยละ 9.5) และ 3 อันดับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่พบมากที่สุดในเรื่องพันธะไอออนิก ได้แก่ สารประกอบไอออนิกจะมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล (ร้อยละ 11.11) อันดับถัดมา คือ พันธะไอออนิกคือพันธะที่อะตอมของโลหะกับอะตอมอโลหะให้อิเล็กตรอนร่วมกัน (ร้อยละ 9.5) และอันดับที่ 3 คือ พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน (ร้อยละ 6.3) เมื่อนำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้ง 37 มโนทัศน์มาพัฒนาเป็นแบบสำรวจรายการและนำไปสัมภาษณ์เพื่อสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในกลุ่มเป้าหมายจำนวน 12 คน พบว่า มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทั้งหมด 30 มโนทัศน์ (ร้อยละ 81.08) จากทั้งหมด 37 มโนทัศน์ ที่สามารถพบได้จริงในกลุ่มเป้าหมาย

2. ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับจำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ รวมทั้งหมด 80 ข้อ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นข้อสอบของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งหลังจากนำผลการสำรวจ

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกมาพัฒนาเป็นร่างข้อสอบสำหรับแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ ฉบับละ 40 ข้อ และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อศึกษาคุณภาพเมทริกซ์คิวในด้านความสามารถในการจำแนกทักษะของผู้สอบของแบบสอบ พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีค่าดัชนี IOC มีค่าอยู่ในช่วง 0.6 – 1.0 ซึ่งจัดเป็นค่าผ่านเกณฑ์หรือมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 แสดงว่าข้อสอบทั้ง 80 ข้อ สามารถจำแนกทักษะของผู้สอบได้ถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัด

เมื่อนำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 631 คน พบว่า แบบสอบฉบับที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย (*M*) เท่ากับ 14.21 คะแนน และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) เท่ากับ 6.46 ส่วนแบบสอบฉบับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย (*M*) เท่ากับ 13.61 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) เท่ากับ 5.20 ในส่วนของค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ พบว่า ในแบบสอบฉบับที่ 1 ข้อสอบแต่ละข้อมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.018 ถึง 0.796 ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกระดับปานกลาง ทั้งหมด 8 ข้อ รวมถึงข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกต่ำแต่พอใช้ได้มีทั้งหมด 11 ข้อ และข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกใช้ไม่ได้จำนวน 21 ข้อ จึงสรุปได้ว่า แบบสอบฉบับที่ 1 มีจำนวนข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 19 ข้อ (ร้อยละ 47.5) จากทั้งหมด 40 ข้อ ส่วนแบบสอบฉบับที่ 2 ข้อสอบแต่ละข้อมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง -0.079 ถึง 0.700 ประกอบด้วยข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกระดับปานกลาง ทั้งหมด 4 ข้อ ขณะที่ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกต่ำแต่พอใช้ได้มีทั้งหมด 16 ข้อ และข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกใช้ไม่ได้จำนวน 20 ข้อ จึงสรุปได้ว่า แบบสอบฉบับที่ 2 มีจำนวนข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 20 ข้อ (ร้อยละ 50.0) จากทั้งหมด 40 ข้อ จึงสรุปได้ว่าจำนวนข้อสอบในแบบสอบที่ผ่านเกณฑ์ด้านดัชนีอำนาจจำแนกมีทั้งหมด 39 ข้อ สำหรับการนำไปพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับ จำนวน 30 ข้อ

ผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวอีกวิธีการใช้ดัชนี PVAF เพื่อสนับสนุนผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อให้มีหลักฐานทางสถิติในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว ด้วยค่าดัชนี EPS เท่ากับ 0.87 พบว่า แบบสอบฉบับที่ 1 มีข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะของผู้สอบได้ถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัดจำนวน 24 ข้อ (ร้อยละ 60.0) จากทั้งหมด 40 ข้อ ในขณะที่พบข้อสอบที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะจำนวน 8 ข้อ (ร้อยละ 20.0) และข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้จำนวน 8 ข้อ (ร้อยละ 20.0) ส่วนแบบสอบฉบับที่ 2 มีข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะได้ถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัดจำนวน 18 ข้อ (ร้อยละ 45.0) จากทั้งหมด 40 ข้อ ในขณะที่พบข้อสอบที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะจำนวน 11 ข้อ

(ร้อยละ 27.5) และข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้จำนวน 11 ข้อ (ร้อยละ 27.5) ดังนั้น จำนวนข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะผู้สอบได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัดจากข้อสอบทั้ง 2 ฉบับ มีทั้งหมด 42 ข้อ

และเมื่อพิจารณาคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้งด้านดัชนีอำนาจจำแนกและดัชนี PVAF ให้เหลือข้อสอบเพียง 30 ข้อ สำหรับการนำไปพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับ พบว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับประกอบด้วย ข้อสอบจากแบบสอบฉบับที่ 1 ที่ผ่านเกณฑ์ดังกล่าวมีทั้งหมด 16 ข้อ และข้อสอบจากแบบสอบฉบับที่ 2 ที่ผ่านเกณฑ์มีทั้งหมด 14 ข้อ

3. ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ ที่นำไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 591 คน ในรูปแบบการสอบแบบออนไลน์ (Google form) มีผลการตรวจสอบค่าดัชนีอำนาจจำแนก ดังนี้ ข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีค่าดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.062 ถึง 0.773 ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกระดับปานกลาง ทั้งหมด 6 ข้อ รวมถึงข้อสอบที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกต่ำแต่พอใช้ได้มีทั้งหมด 14 ข้อ จึงสรุปได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีจำนวนข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 20 ข้อ (ร้อยละ 66.7) จากทั้งหมด 30 ข้อ

ผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกด้วยดัชนี PVAF พบว่า ค่าดัชนี EPS ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 0.94 ส่งผลให้แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับมีข้อสอบที่สามารถจำแนกทักษะของผู้สอบได้ถูกต้องตามที่ต้องการมุ่งวัดจำนวน 18 ข้อ (ร้อยละ 60.0) จากทั้งหมด 30 ข้อ ในขณะที่พบข้อสอบที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะจำนวน 9 ข้อ (ร้อยละ 30) ส่วนข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้จำนวน 3 ข้อ (ร้อยละ 10) เมื่อทำการพิจารณาค่าดัชนี PVAF ของข้อสอบที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะอีกครั้ง พบว่า มีข้อสอบจำนวน 1 ข้อ คือข้อที่ 30 ที่ค่าดัชนี PVAF สามารถตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์ของผู้เชี่ยวชาญได้ เนื่องจากเวคเตอร์คิวที่คลาดเคลื่อนคือ [1 1 1] แต่ตัวถูกของข้อสอบข้อดังกล่าวไม่อาศัยจุดแข็งในทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกในการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง ส่งผลให้เวคเตอร์คิวที่ถูกต้องสำหรับข้อสอบข้อที่ 30 คือ เวคเตอร์ [1 0 1] ส่งผลให้ได้เมทริกซ์คิวของแบบสอบที่ปรับปรุงใหม่หลังจากการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF และแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีจำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้งด้านดัชนีอำนาจจำแนกและดัชนีทั้งหมด 16 ข้อ จากทั้งหมด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

30 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 53.33 ประกอบด้วยข้อ 3, 4, 8, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26 และ 27

ผลการตรวจสอบค่าดัชนี TPR และ TNR ในการตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF สำหรับแบบสอบที่มีค่าดัชนี EPS เท่ากับ 0.94 ดัชนีอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.40 จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ และจำนวนผู้สอบ 500 คน ควรมีค่าดัชนี TPR และ TNR สูงกว่า 0.70 และ 0.45 ตามลำดับ ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีค่าดัชนี TPR เท่ากับ 0.60 ส่วนค่าดัชนี TNR มีค่าเท่ากับ 0.08 สรุปได้ว่าการจำแนกทักษะด้วยดัชนี PVAF ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี PCA และ PCV พบว่า เมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก 1 ฉบับที่ประกอบไปด้วยข้อสอบ 30 ข้อ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีความถูกต้องในการจำแนกทักษะคิดเป็นร้อยละ 99.21 (PCA=0.9921) ส่วนความถูกต้องในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ในแต่ละเวคเตอร์คิวพบว่า เวคเตอร์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่จำแนกทักษะจำนวนอย่างน้อย 1 ทักษะ สามารถจำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดหรือร้อยละ 100 (PCV = 1.000) เช่นเดียวกันกับเวคเตอร์คิวที่จำแนกทักษะจำนวนอย่างน้อย 2 ทักษะ สามารถจำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดหรือร้อยละ 100 (PCV = 1.000) ส่วนเวคเตอร์คิวที่จำแนกทักษะจำนวน 3 ทักษะ สามารถจำแนกได้ถูกต้องร้อยละ 97.63 (PCV = 0.9763) ดังนั้น แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี PVAF สามารถจำแนกทักษะได้อย่างถูกต้อง และสามารถนำไปใช้วินิจฉัยทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกได้

ผลการตรวจสอบค่าความเที่ยงด้วยวิธีของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน สูตร KR20 ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก พบว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.845 จึงสรุปได้ว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีความเที่ยงที่ผ่านเกณฑ์และอยู่ในระดับค่อนข้างสูง

ในส่วนของการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกหลังจากนำแบบสอบไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจำนวน 591 คน พบว่า คะแนนเฉลี่ย (*M*) ของแบบสอบฉบับวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกสมบูรณ์เท่ากับ 14.08 คะแนน ด้วยค่าส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) = 6.189 โดยคะแนนสูงสุด (max) เท่ากับ 29 คะแนน และคะแนนต่ำสุด (min) เท่ากับ 3 คะแนน และมีจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งหมดหรือ 15 คะแนน จากทั้งหมด 30 คะแนนอยู่ 248 คน ในขณะที่กลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 343 คน ค่าพารามิเตอร์การเดา (guessing, g_j) และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (slip, s_j) ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกอยู่ในช่วง 0.132 – 0.626 และ 0 – 0.658 ตามลำดับ ส่วนความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่ม (Class probability) ของผู้สอบที่ทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่ม (Class) ทั้งหมด 8 กลุ่ม พบว่า รูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะที่ผู้สอบมีโอกาสให้ได้รับการจัดให้อยู่ในกลุ่มมากที่สุด คือ 000 หรือผู้สอบที่มีทั้ง 3 ทักษะเป็นจุดที่ควรปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 49.2 สำหรับสัดส่วนของกลุ่มเป้าหมายที่ทักษะของเนื้อหาพันธะไอออนิกเป็นจุดแข็ง พบว่า ผู้สอบมีทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกเป็นจุดแข็งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.1 รองลงมาคือ ทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 34.9 และลำดับสุดท้ายคือ ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก คิดเป็นร้อยละ 22.8 พร้อมทั้งนำผลการวินิจฉัยทักษะที่จุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่ 1) การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก ในรูปแบบของกราฟความน่าจะเป็นในการรอบรู้ทักษะ (Skill Mastery Probability) พร้อมทั้งนำผลการตอบผิดในแต่ละข้อ มารวบรวมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจพบในกลุ่มเป้าหมายแต่ละคน พร้อมทั้งอธิบายมโนทัศน์ที่ถูกต้องให้เพื่อเป็นข้อมูลป้อนกลับให้แก่กลุ่มเป้าหมายแต่ละคน ซึ่งเป็นข้อมูลอันเป็นประโยชน์สำหรับการพัฒนาและปรับปรุงทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้เรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายในรูปแบบรายงาน โดยจะจัดส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ให้แก่ครูผู้สอนของกลุ่มเป้าหมายแต่ละคนในลำดับถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อภิปรายผลการวิจัย

ในการอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอเป็น 3 ประเด็น ประกอบด้วย ได้แก่ 1) การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก 2) การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ 3) การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกจำนวน 11 เรื่อง และการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมาย 12 คน จนพบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจำนวน 30 มโนทัศน์ จากทั้งหมด 37 มโนทัศน์ ซึ่ง 7 มโนทัศน์ที่ไม่พบในการสำรวจครั้งนี้ อาจเกิดจากการที่กลุ่มเป้าหมายได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้ของครูในโรงเรียนที่เน้นการสอนในเรื่องพันธะไอออนิกในเกิดความคลาดเคลื่อนในเนื้อหาให้น้อยที่สุดหรือตระหนักถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทที่อาจเกิดขึ้นกับผู้เรียนอยู่แล้ว ส่งผลให้ผู้วิจัยไม่พบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้ง 7 มโนทัศน์ดังกล่าว

ในส่วนของทักษะที่มีจำนวนมโนทัศน์คลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก ที่มีความสอดคล้องกับผลการวินิจฉัยจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงจากการนำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย เนื่องจากสัดส่วนของผู้สอบที่มีทักษะการอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกเป็นจุดแข็งมีค่าต่ำที่สุด (ร้อยละ 22.8) เมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 ทักษะ ได้แก่ ทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิก จึงสรุปได้ว่า ทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกเป็นทักษะที่ผู้เรียนเกิดความคลาดเคลื่อนในมโนทัศน์ได้มากที่สุด สาเหตุอาจเกิดจากการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเคมีตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) กำหนดให้เน้นการสอนในทักษะที่ 2 และทักษะที่ 3 อย่างเป็นลำดับขั้นตอน พร้อมทั้งมีตัวอย่างและแบบฝึกหัดมากกว่าการสอนในทักษะที่ 1 นอกจากนั้นในทักษะที่ 1 เป็นทักษะที่มีเนื้อหาค่อนข้างเป็นนามธรรม ส่งผลให้ผู้เรียนมีสัดส่วนที่เป็นจุดแข็งในทักษะที่ 2 และทักษะที่ 3 มากกว่าทักษะที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การพัฒนาของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

จากผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวด้วยดัชนี IOC ในขั้นตอนการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ ที่ผ่านการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญฉบับละ 5 ท่าน รวมทั้งหมด 10 ท่าน พบว่า แบบสอบทั้ง 2 ฉบับ ที่มีข้อสอบฉบับละ 40 ข้อ รวมทั้งหมด 80 ข้อ มีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวผ่านเกณฑ์ทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญกับผู้วิจัยเกี่ยวกับทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกที่ข้อสอบแต่ละข้อมุ่งจำแนกได้ตรงกับเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น

ขณะที่ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบแต่ละข้อของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ พบว่ามีจำนวนข้อสอบถึง 41 ข้อ (ร้อยละ 51.25) จากทั้งหมด 80 ข้อ ที่มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกต่ำจนใช้ไม่ได้ ซึ่งอาจเกิดจากความหลากหลายของรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกของกลุ่มเป้าหมายมีค่าต่ำ ส่งผลให้ข้อสอบแต่ละข้อไม่สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างผู้สอบได้ และถึงแม้ว่าผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเจาะจงโดยคำนึงถึงความหลากหลายในรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกเป็นหลัก แต่เนื่องจากการทำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทุกฉบับไม่มีผลต่อคะแนนในรายวิชาเคมีที่กลุ่มเป้าหมายกำลังศึกษาอยู่ อาจส่งผลให้กลุ่มเป้าหมายขาดแรงจูงใจในการทำแบบสอบ ละเลยการทำแบบสอบ เดาคำตอบ หรือไม่ตั้งใจทำแบบสอบอย่างเต็มความสามารถ จึงส่งผลให้ค่าดัชนีอำนาจจำแนกมีค่าต่ำ (Wise & Kong, 2005)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ถึงแม้ว่าผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเมทริกซ์คิวของของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 2 ฉบับ ด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญฉบับละ 5 ท่าน จะแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญกับผู้วิจัยเกี่ยวกับทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกที่ข้อสอบแต่ละข้อมุ่งจำแนกได้ตรงกับเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น แต่ผลการตรวจคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการใช้ดัชนี PVAF พบว่ามีค่าผ่านเกณฑ์เพียง 42 ข้อ (ร้อยละ 52.5) จากทั้งหมด 80 ข้อ สาเหตุอาจเกิดจากความไม่หลากหลายในรูปแบบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกของผู้สอบ ส่งผลให้ความแปรปรวนของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องมีค่าต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับ de la Torre and Chiu (2016) ที่ได้อธิบายไว้ว่าความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวของดัชนี PVAF ขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องของผู้สอบ ดังนั้นการใช้ค่าดัชนี PVAF ในการ

ตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวจึงเหมาะกับการวิจัยที่มีกลุ่มเป้าหมายหรือกลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก เพื่อให้มีความแปรปรวนของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกของกลุ่มเป้าหมายครอบคลุมประชากรการวิจัย โดย Nájera et al. (2019) ได้เสนอจำนวนกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยค่าดัชนี PVAF ต่อแบบสอบวินิจฉัย 1 ฉบับ ไว้ที่จำนวน 500 คนเป็นต้นไป อย่างไรก็ตาม Ma and de la Torre (2020a) ได้อธิบายว่า ถึงแม้การใช้ค่าดัชนี PVAF ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวจะมีโอกาสพบความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ แต่ในส่วนของผลการตรวจสอบในข้อสอบที่มีค่าดัชนี PVAF ผ่านเกณฑ์ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยทั้งในด้านการยืนยันผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ และในด้านการให้ข้อมูลทางสถิติหรือข้อมูลเชิงประจักษ์จากผลการตอบของผู้สอบ ส่งผลให้การใช้ค่าดัชนี PVAF ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวเป็นส่วนเสริมคุณภาพเมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญได้

จากผลการใช้ดัชนี PVAF ในการตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกทักษะที่มุ่งวัดในเรื่องพันธะไอออนิกของแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ ด้วยค่าดัชนี EPS เท่ากับ 0.87 พบว่า ข้อสอบที่มีค่าดัชนี PVAF ต่ำเกณฑ์จะเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะหรือไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้ โดยในแบบสอบฉบับที่ 1 มีจำนวน 16 ข้อ ในขณะที่แบบสอบฉบับที่ 2 มีจำนวน 22 ข้อ โดยแบบสอบวินิจฉัยฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ผ่านการทำแบบสอบโดยกลุ่มเป้าหมายจำนวน 335 และ 296 คน ตามลำดับ ซึ่งเป็นจำนวนที่ใกล้เคียงกับจำนวนขั้นต่ำ 200 คน ที่ Nájera et al. (2019) ได้ระบุไว้ ส่งผลให้ความแปรปรวนในความน่าจะเป็นที่โอกาสการตอบข้อสอบได้ถูกต้องมีค่าต่ำ การวิเคราะห์ความสามารถในการจำแนกทักษะของข้อสอบแต่ละข้อด้วยค่าดัชนี PVAF จึงเกิดความคลาดเคลื่อน แต่เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เกิดขึ้นระหว่างสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลให้ผู้วิจัยมีจำนวนกลุ่มเป้าหมายได้เป็นจำนวนที่จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับ

การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นย่อย ประกอบด้วย 3.1) การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก และ 3.2) การให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

จากผลการสำรวจความครอบคลุมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก พบว่า ข้อสอบทั้ง 30 ข้อ ครอบคลุมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากการสำรวจในกลุ่มเป้าหมายของระยะที่ 1 จำนวน 22 มโนทัศน์ (ร้อยละ 73.33) จากทั้งหมด 30 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ซึ่งครอบคลุมทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกเพียง 12 มโนทัศน์ จากทั้งหมด 20 มโนทัศน์ (ร้อยละ 60) ในขณะที่ครอบคลุมมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในทักษะที่ 2 ทักษะการเขียนและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกทั้ง 6 มโนทัศน์ และทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิกทั้ง 4 มโนทัศน์ แสดงให้เห็นว่าแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกสามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในทักษะที่ 2 การเขียนและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และทักษะที่ 3 การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิกได้อย่างครอบคลุม แต่ยังไม่สามารถวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิกได้อย่างครอบคลุม

สำหรับผลการตรวจสอบเมทริกซ์คิวของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก จำนวน 30 ข้อ พบว่า ข้อสอบจำนวน 4 ข้อ ที่เดิมไม่ผ่านเกณฑ์ค่าดัชนี PVAF เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพเมททริกซ์คิวด้วยค่าดัชนี PVAF อีกครั้งที่ใช้ในกลุ่มเป้าหมายที่มีจำนวนมากขึ้นกว่าเดิม คือจำนวน 591 คน มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ทั้งหมด ส่วนค่าดัชนี PVAF ของข้อสอบข้อที่ 20 และ 21 สามารถจำแนกทักษะได้อย่างถูกต้อง จากเดิมที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ ส่วนข้อสอบข้อที่ 23 ยังคงมีความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะอยู่ เนื่องจากเวคเตอร์คิว [0 1 1] ซึ่งเป็นเวคเตอร์คิวมุ่งจำแนกทักษะตามเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น มีค่าดัชนี PVAF เท่ากับ 0.9520 สูงกว่าค่าดัชนี EPS ขั้นต่ำที่ 0.94 แต่พบว่าเวคเตอร์คิว [1 0 1] ที่จำแนกคลาดเคลื่อนไปจากเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีค่าดัชนี PVAF ถึง 0.9835 ซึ่งมีค่าผ่านเกณฑ์และมีค่าสูงกว่าเวคเตอร์คิว [0 1 1] ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะในข้อสอบข้อที่ 23 ถึงแม้ว่าเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ แต่ความแตกต่างของค่าของดัชนี PVAF มีค่าเพียง 0.0315 อธิบายได้ว่า ในข้อที่ 23 เวคเตอร์คิวที่คลาดเคลื่อนสามารถอธิบายความแปรปรวนของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้สูงกว่าเวคเตอร์คิวที่มุ่งวัดอยู่ร้อยละ 3.15 ซึ่งไม่แตกต่างกันมาก เช่นเดียวกันกับข้อสอบข้อที่ 28 โดยที่ความแตกต่างของค่าของดัชนี PVAF ของเวคเตอร์คิวที่คลาดเคลื่อนกับเวคเตอร์คิวที่มุ่งวัดมีค่าเพียง 0.0377 อธิบายได้ว่า ในข้อที่ 28 เวคเตอร์คิวที่คลาดเคลื่อนสามารถอธิบายความแปรปรวนของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้สูงกว่าเวคเตอร์คิวที่มุ่งวัดอยู่ร้อยละ 3.77 ซึ่ง Ma and de la Torre (2020a) ได้เสนอไว้ว่า ในกรณีที่มีความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของค่าดัชนี PVAF ที่คลุมเครือหรือไม่ชัดเจน ควรมีการพิจารณาตัดสินการจำแนกทักษะของข้อสอบร่วมกับผู้เชี่ยวชาญเป็นและยึดคำตัดสินของผู้เชี่ยวชาญเป็นหลัก

ข้อสอบข้อที่ 30 ของแบบสอบที่สามารถระบุความคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญได้ เนื่องจาก ข้อสอบข้อดังกล่าวมีเวคเตอร์คิว [1 1 1] ซึ่งเป็นสมาชิกของเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น มีค่าดัชนี IOC จากการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ที่ 1.0 แต่เมื่อตรวจร่างข้อสอบข้อดังกล่าวอีกครั้ง พบว่า ผู้สอบที่สามารถตอบข้อสอบข้อดังกล่าวได้อย่างถูกต้องโดยไม่จำเป็นต้องมีในทักษะที่ 2 การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิกเป็นจุดแข็ง เนื่องจากตัวถูกต้องอาศัยทักษะที่ 1 และ 3 ในการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง และไม่มีตัวลวงที่ใช้ในการตรวจสอบว่าผู้สอบมีทักษะการอ่านชื่อสารประกอบ MnO เป็นจุดแข็งหรือไม่ ดังนั้นเวคเตอร์คิวที่ถูกต้องของข้อสอบข้อที่ 30 คือ [1 0 1] ที่ตรงกับผลการจำแนกทักษะด้วยดัชนี PVAF นั่นเอง ส่วนในการวิจัยครั้งถัดไป หากต้องการให้ข้อสอบข้อดังกล่าวสามารถจำแนกทักษะได้ทั้ง 3 ทักษะ ควรปรับปรุงตัวลวงให้มีการทดสอบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะการอ่านชื่อของสารประกอบ MnO ด้วย ดังนั้น จากผลการปรับปรุงคุณภาพของข้อสอบวินิจฉัยจำนวน 4 ข้อซึ่งมีแนวโน้มที่ดีขึ้น สรุปได้ว่าดัชนี PVAF จะมีความสามารถในการจำแนกทักษะได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น เมื่อจำนวนกลุ่มเป้าหมายมีมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ de la Torre and Chiu (2016)

ถึงแม้ว่าผู้วิจัยทำการคัดเลือกข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ในด้านค่าดัชนีอำนาจจำแนกกับค่าดัชนี PVAF จำนวน 30 ข้อ มาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก และทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายจำนวน 591 คน แต่ยังพบความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ที่แตกต่างไปจากเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นอยู่ถึง 12 ข้อ (ร้อยละ 40) จากทั้งหมด 30 ข้อ โดยประกอบด้วยข้อสอบที่จำแนกทักษะคลาดเคลื่อนไปจากเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นจำนวน 9 ข้อ และข้อสอบที่ไม่สามารถจำแนกทักษะใด ๆ ได้เลย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเกิดจากการกำหนดค่าดัชนี EPS ที่สูงเกินไปของผู้วิจัย ส่งผลให้การวิเคราะห์ค่าดัชนี PVAF ของข้อสอบบางข้อคลาดเคลื่อนไป หรืออาจเกิดจากจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่ยังไม่เพียงพอ ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีนำแบบสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายให้มีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 1,000 คน สำหรับกรณีที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยค่าดัชนี PVAF แต่ยังพบความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะตามที่ Nájera et al. (2019) และ Ma and de la Torre (2020a) ได้เสนอไว้

ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก พบว่ามีค่าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ Nájera et al. (2019) กำหนด โดยค่า TPR ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์แสดงถึง เมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องในการจำแนกทักษะอยู่แล้ว แต่ดัชนี PVAF จำแนกทักษะคลาดเคลื่อนไปจากเมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้น และค่า TNR ที่เป็นไปตามเกณฑ์แสดงถึง การที่เมทริกซ์คิวที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะ แต่ค่าดัชนี PVAF ระบุทักษะที่จำแนกถูกต้องได้เพียงบางข้อและไม่สามารถระบุทักษะที่จำแนกได้ถูกต้องครบทุกข้อ จึงเป็นหลักฐานสนับสนุน Ma and de la Torre (2020a) ที่ว่าการใช้ดัชนี PVAF ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวไม่สามารถทดแทนการใช้วิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญได้ แต่สามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้สนับสนุนการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวโดยผู้เชี่ยวชาญได้ นอกจากนั้นผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี TPR และ TNR ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ma and de la Torre (2020a) โดยดัชนี TPR และ TNR จะมีค่าต่ำเมื่อจำนวนกลุ่มตัวอย่างมีจำกัด พร้อมทั้งได้เสนอวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวแบบ higher-order attribute distribution ที่สามารถจำแนกทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าดัชนี PVAF

จากผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF ด้วยค่าดัชนี PCA พบว่าเมทริกซ์คิวที่ได้รับการปรับปรุงหลังจากตรวจสอบคุณภาพด้วยดัชนี PVAF มีความถูกต้องในการจำแนกทักษะคิดเป็นร้อยละ 99.21 แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องในการจำแนกทักษะและประโยชน์ในการใช้ดัชนี PVAF ร่วมกับการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญตามที่ Ma and de la Torre (2020a) ได้ระบุไว้

และจากผลการตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบสอบแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกที่มีค่าเท่ากับ 0.845 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีค่าความเที่ยงที่ค่อนข้างสูง อาจเกิดจากค่าดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ของแบบสอบฉบับสมบูรณ์มีแนวโน้มที่ผ่านเกณฑ์ ส่งผลให้ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีค่าที่ผ่านเกณฑ์เช่นเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2) การให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิก

สำหรับผลการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้อย่างถูกต้องของผู้สอบที่มีรูปแบบทักษะที่เป็นจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงต่างกัน ในตาราง 4.20 ข้อสอบข้อที่ 29 ของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกฉบับสมบูรณ์ที่มุ่งวัดทักษะที่ 1 และ 3 พบว่ากลุ่มเป้าหมายที่มีทักษะที่ 1 และ 3 เป็นจุดแข็งจะมีความน่าจะเป็นในการตอบได้อย่างถูกต้องเพียง 0.342 แต่ผู้สอบที่มีทักษะที่ 3 เป็นจุดแข็งเพียงอย่างเดียวหรือมีทักษะที่ 2 และ 3 เป็นจุดแข็งมีความน่าจะเป็นในการตอบได้อย่างถูกต้องเท่ากับ 0.409 ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ข้อสอบข้อที่ 29 มุ่งจำแนกเพียงทักษะเดียวคือทักษะที่ 3 ซึ่งขัดกับผลการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญกับวิธีการใช้ดัชนี PVAF และเมื่อผู้วิจัยพิจารณาโครงสร้างของข้อสอบข้อดังกล่าวพบว่า ผู้สอบที่จะตอบข้อสอบข้อดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง จำเป็นต้องอาศัยทักษะที่ 1 และทักษะที่ 3 เป็นจุดแข็ง ดังที่เมทริกซ์คิวกำหนด ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวจึงอาจเกิดจากจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่จำกัด จึงควรนำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์ไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายที่มีจำนวนมากขึ้นในการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยขอนำเสนอข้อเสนอแนะ โดยแบ่งเป็น 2 ประเด็น ประกอบด้วย 1) ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และ 2) ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป โดยมีรายละเอียด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1) ผู้ที่สนใจสามารถนำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกในการวิจัยครั้งนี้ไปใช้ในการวินิจฉัยผู้เรียนได้ โดยเมื่อผู้เรียนทำแบบสอบเรียบร้อยแล้วสามารถนำผลการตอบมาวิเคราะห์จุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงของนักเรียนผ่านโปรแกรม R ด้วยแพ็กเกจ GDINA ฟังก์ชัน plot.GDINA และนำข้อมูลป้อนกลับที่ได้จากโปรแกรมมาใช้พิจารณาจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกของผู้เรียนได้

1.2) ผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถนำผลการสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 37 มโนทัศน์ไปใช้ในการวางแผนการสอน เพื่อนำไปสู่การแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิกของผู้เรียนให้ลดลงหรือหมดไป

1.3) จากผลการวินิจฉัยจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 3 ทักษะพบว่า กลุ่มเป้าหมายมีจุดที่ควรปรับปรุงมากที่สุดในทักษะที่ 1 การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก เมื่อเปรียบเทียบกับทักษะที่ 2 และ 3 ดังนั้นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดทำหลักสูตรของประเทศไทย ควรนำข้อค้นพบจากงานวิจัยครั้งนี้ ไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาในการพัฒนาหลักสูตรในเนื้อหาพันธะไอออนิกให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่พบในห้องเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

2.1) ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะในเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่ 1)การอธิบายการเกิดพันธะไอออนิก 2) การเขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก และ 3) การระบุปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอออนิกในรูปแบบของ Concept mapping ที่แสดงความสอดคล้องระหว่างทักษะในเรื่องพันธะไอออนิก เพื่อนำไปสู่การศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเชิงลึกมากยิ่งขึ้น

2.2) การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างการวิจัยในครั้งถัดไป ควรมีจำนวนขั้นต่ำ 1,000 คน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องครอบคลุมประชากรการวิจัย ส่งผลให้ข้อสอบแต่ละข้อสามารถจำแนกผู้สอบที่มีจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะต่าง ๆ ได้ ทำให้มีค่าดัชนีอำนาจจำแนกสูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการจำแนกทักษะได้อย่างถูกต้องของค่าดัชนี PVAF

2.3) สิ่งสำคัญในการที่พิจารณาการค่าดัชนี PVAF ในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิว คือ ค่าดัชนี EPS ที่เหมาะสม ซึ่งค่าดัชนีดังกล่าวมีค่าแปรผันไปตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยที่ควรมีความหลากหลายในด้านความสามารถของผู้สอบที่มุ่งวัด โดยจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ากลุ่มตัวอย่างควรมีจำนวนขั้นต่ำคือ 500 คน แต่อย่างไรก็ตามยังพบความคลาดเคลื่อนในการจำแนกทักษะของดัชนี PVAF อยู่ ดังนั้น หากเป็นไปได้ควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนอย่างต่ำ 1,000 คน เพื่อให้เกิดความหลากหลายของความสามารถของผู้สอบ และมีความแปรปรวนของความน่าจะเป็นการตอบข้อสอบได้อย่างถูกต้องเพียงพอ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของเมทริกซ์คิวที่ผ่านการตรวจสอบด้วยดัชนี PVAF มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2.4) เนื่องจากการให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกของแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกมีเพียงแค่ 2 ค่า คือ 0 หมายถึงผู้สอบมีทักษะเป็นจุดที่ควรปรับปรุง และ 1 หมายถึง ผู้สอบมีทักษะเป็นจุดแข็ง ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการนำแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกไปพัฒนาเป็นแบบสอบที่สามารถให้ข้อมูล

ป้อนกลับเกี่ยวกับระดับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกมากกว่า 2 ค่า เพื่อให้ผู้สอบทราบระดับทักษะแต่ละทักษะของตน และสามารถเปรียบเทียบระดับทักษะของตนได้ว่าทักษะใดที่ตนมีความรู้มากที่สุดและทักษะที่ใดยังต้องได้รับการปรับปรุงให้มีความรู้เทียบเท่ากับทักษะอื่น ๆ

2.5) ควรมีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกเป็นระบบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิกแบบออนไลน์ ที่ผู้สอบสามารถเข้าไปทำแบบสอบเรื่องพันธะไอออนิกผ่านเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน พร้อมกับให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุงในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกทั้ง 3 ทักษะทันทีหลังจากทำแบบสอบเสร็จ เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถตรวจสอบจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุง รวมถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นในทักษะเรื่องพันธะไอออนิกได้ตลอดเวลาและมีความสะดวกในการเข้าถึง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Coll, R. K., & Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 171-191.

De La Torre, J. (2011). The generalized DINA model framework. *Psychometrika*, 76(2), 179-199.

de la Torre, J., & Chiu, C.-Y. (2016). A general method of empirical Q-matrix validation. *Psychometrika*, 81(2), 253-273.

Dega, B. G. (2019). Cognitive diagnostic assessment of students' responses: An example from energy and momentum concepts. *European Journal of Physics Education*, 10(1), 13-23.

Enawaty, E., & Sartika, R. P. (2015). Description of students' misconception in chemical bonding. Proceeding of International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Sciences 2015,

Fadillah, A., & Salirawati, D. (2018). Analysis of misconceptions of chemical bonding among tenth grade senior high school students using a two-tier test. AIP Conference Proceedings,

George, A. C., Robitzsch, A., Kiefer, T., Groß, J., & Ünlü, A. (2016). The R package CDM for cognitive diagnosis models. *Journal of Statistical Software*, 74(1), 1-24.

Gurel, D. K., Eryılmaz, A., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science.

Jang, E. E., & Wagner, M. (2014). Diagnostic feedback in the classroom. *The companion to language assessment*, 2, 157-175.

Johnson, R. L., Penny, J. A., & Gordon, B. (2008). *Assessing performance: Designing, scoring, and validating performance tasks*. Guilford Press.

Li, H., & Suen, H. K. (2013). Constructing and validating a Q-matrix for cognitive diagnostic analyses of a reading test. *Educational Assessment*, 18(1), 1-25.

Luxford, C. J., & Bretz, S. L. (2014). Development of the bonding representations inventory to identify student misconceptions about covalent and ionic bonding

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

representations. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 312-320.

Ma, W., & de la Torre, J. (2020a). An empirical Q-matrix validation method for the sequential generalized DINA model. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 73(1), 142-163.

Ma, W., & de la Torre, J. (2020b). GDINA: An R package for cognitive diagnosis modeling. *Journal of Statistical Software*, 93(14), 1-26.

Nájera, P., Sorrel, M. A., & Abad, F. J. (2019). Reconsidering cutoff points in the general method of empirical Q-matrix validation. *Educational and psychological measurement*, 79(4), 727-753.

Özmen, H. (2004). Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147-159.

Şenol, Ş., & Yilmaz, A. (2017). The development of a three-tier chemical bonding concept test. *Journal of Turkish Science Education*, 14(1), 110-126.

Soeharto, S., Csapó, B., Sarimanah, E., Dewi, F., & Sabri, T. (2019). A review of students' common misconceptions in science and their diagnostic assessment tools. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 247-266.

Stobart, G., & Gipps, C. (2010). Alternative assessment.

Taber, K. S. (2018). The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in science education*, 48(6), 1273-1296.

Taber, K. S., Tsaparlis, G., & Nakiboğlu, C. (2012). Student conceptions of ionic bonding: Patterns of thinking across three European contexts. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2843-2873.

Tan, D. K.-C., & Treagust, D. F. (1999). Evaluating students' understanding of chemical bonding. *School Science Review*, 81(294), 75-84.

Templin, J., & Henson, R. A. (2010). *Diagnostic measurement: Theory, methods, and applications*. Guilford Press.

Utami, G., Firman, H., & Nahadi, N. (2019). Development of computer based two-tier multiple choice diagnostic test to identify misconceptions on chemical bonding.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Journal of Physics: Conference Series,

Vrabec, M., & Proksa, M. (2016). Identifying misconceptions related to chemical bonding concepts in the Slovak school system using the bonding representations inventory as a diagnostic tool. *Journal of Chemical Education*, 93(8), 1364-1370.

Waugh, C., & Gronlund, N. (2013). Assessment of student achievement (10th editi). In: United States of America: Pearson Education, Inc.

Wise, S. L., & Kong, X. (2005). Response time effort: A new measure of examinee motivation in computer-based tests. *Applied Measurement in Education*, 18(2), 163-183.

Yaghmour, K. S., Obaidat, L. T., & Hamadneh, Q. M. (2016). The Level of Diagnostic Tests' Preparation Skills among the Teachers of the First Three Elementary Grades' Teachers at the Directorate of Education of Bani Kinana District. *Journal of Education and Practice*, 7(9), 155-164.

กิตติทัศน์ หวานฉ่ำ และกมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2560). ผลของประเภทข้อมูลย้อนกลับและการเปลี่ยนคำตอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนที่เพิ่มขึ้น และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].

โชติกา ภาษีผล. (2559). การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 1). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฑาภรณ์ มาสันเทียะ, โชติกา ภาษีผล และกมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2560). การพัฒนาระบบการทดสอบที่มีการให้ ข้อมูลย้อนกลับทันทีโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับผู้เรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันการประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบต่อเนื่องของราสช์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].

ณภัทร ชัยมงคล. (2560). การประเมินเพื่อวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา. สารสมาคมวิจัยสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย, *4*(1), 14-23.

สุวิมล เสวกสุริยวงศ์ และโชติกา ภาษีผล. (2553). การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์. https://doi.org/10.14457/CU.the.2010.1030

พรพิมล ยังฉิม, โชติกา ภาษีผล และศิริเดช สุชีวะ. (2554). การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย].

วันเพ็ญ คำเทศ. (2560). มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์. *STOU Education Journal*, *10*(2),

54-64.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (พิมพ์ครั้งที่ 7). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภามณ จันทร์สกุล และสุกัญญา บุญศรี. (2560). การใช้โมเดล DINA และ G-DINA เพื่อวินิจฉัยความรอบรู้ทางการพยาบาล. *EAU Heritage Journal Science and Technology*. 11(3), 57-71.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.*2560)* ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช *2551* (1 ed.). สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4* เล่ม *1*

สมเจตน์ อุระศิลป์ และศักดิ์ศรี สุภาษร. (2554). การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ วารสารวิจัย มข., *1*(1), 38-57.

สุปราณี บุระ, โชติกา ภาษีผล, และกมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2557). การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุมาลี มีสกุล, องอาจ นัยพัฒน์, ชูศักดิ์ ขัมภลิขิต และสุวิมล กฤชคฤหาสน์. (2558). การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลวินิจฉัยเชิงจำแนกในการวินิจฉัยทักษะความสามารถทางพุทธิปัญญา. *Research Methodology and Cognitive Science*, *13*(1), 27-37.

สุรเดช อนันตสวัสดิ์, กมลวรรณ ตังธนกานนท์ และโชติกา ภาษีผล. (2560). การพัฒนาระบบวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยสามระดับร่วมกับการสะท้อนข้อมูลย้อนกลับด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ *4* จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย].

สุวรัตน์ ทองพันชั่ง และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2560). ผลของรูปแบบการให้ ข้อมูลย้อนกลับแบบผสมที่แตกต่างกันด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *An Online Journal of Education*, *13*(4), 204-218.

อัจฉรีรัตน์ ศิริ, ประนอม แซ่จึง และกานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา. (2558). การสำรวจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สารโคเวเลนต์และไอออนิกโดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับบัตรแสดงพันธะเคมี. วารสารหน่วย วิจัย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม เพื่อ การ เรียน รู้, *6*(2), 198-208.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเมทริกซ์คิวด้วยวิธีการตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ด้านการสอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 ท่าน ประกอบด้วย

1. ดร.สุรเดช อนันตสวัสดิ์
   ครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนตลิ่งชันวิทยา
2. อาจารย์เพ็ญนภา ศรีโฉม
   ครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ (วิชาเคมี) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)
3. อาจารย์รัฏฏิกา ตั้งพุทธิพงศ์
   อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยมฯ
4. อาจารย์พรรณนภา กำบัง
   ครูและหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย

ด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 4 ท่าน ประกอบด้วย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง
   อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนากานนท์
   อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.อนุสรณ์ เกิดศรี
   อาจารย์ประจำศูนย์วิชาการประเมินผล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
4. อาจารย์ ดร.สุกัญญา บุญศรี
   อาจารย์ประจำสาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ประกอบด้วย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์
   อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติกร อ่อนโยน
   อาจารย์ประจำสาขาเคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์
   มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

แบบสำรวจรายการสำหรับสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 1

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 2

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสำรวจรายการสำหรับสำรวจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องพันธะไอออนิก

แบบสำรวจรายการฉบับที่	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผลการสำรวจในกลุ่มเป้าหมาย				
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	ความถี่
1	1. พันธะไอออนิกเกิดจากการสร้างพันธะระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับอะตอมของธาตุอโลหะเสมอ					
	2. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรง					
	3. ทุกไอออนในสารประกอบไอออนิกมีความเสถียรเพราะมีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดเต็มระดับชั้น					
	4. ทุกพันธะไอออนิกเป็นไปตามกฎออกเตต					
	5. KNO_3 และ NH_4NO_3 ไม่ใช่สารประกอบไอออนิก เนื่องจากไอออนลบเป็นกลุ่มของธาตุอโลหะ					
	6. สารประกอบไอออนิกสร้างพันธะเชื่อมกันจนเกิดโครงสร้างเป็นลักษณะเส้นตรง					
	7. Li^+ มีรัศมีไอออนกว้างกว่า Na^+					
	8. ไอออนที่มีประจุชนิดเดียวกันจะออกแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกัน					
	9. ถ้า $CaCl_2$ มีชื่อว่า แคลเซียมคลอไรด์ ดังนั้น $TiCl_2$ มีชื่อว่า ไทเทเนียมคลอไรด์					
	10. NaClO มีชื่อว่า โซเดียมคลอไรต์					
	11. PbO มีชื่อว่า ออกไซด์เลด (II)					
	12. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดไม่ละลายน้ำ					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสำรวจรายการฉบับที่	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผลการสำรวจในกลุ่มเป้าหมาย				
		คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	ความถี่
2	1. พันธะไอออนิกคือพันธะที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน					
	2. สารประกอบไอออนิกมีโครงสร้างเป็นโมเลกุล					
	3. การจัดเรียงอนุภาคในพันธะไอออนิกขึ้นอยู่กับความดัน					
	4. Cl^- จะสร้างพันธะกับ Na^+ ที่รับอิเล็กตรอนมาเท่านั้น					
	5. ในสารประกอบ NaCl พบว่า Cl^- จะจ่ายอิเล็กตรอนให้แก่ Na^+					
	6. การระบุตำแหน่งของพันธะไอออนิกใน NaCl จะต้องทราบตำแหน่งของ Cl^- ที่รับอิเล็กตรอนมาจาก Na^+ ก่อนเสมอ					
	7. กระจกเป็นสารประกอบไอออนิก					
	8. อิเล็กตรอน 2 ตัวออกแรงยึดเหนี่ยวกันจนเกิดเป็นพันธะเคมี					
	9. MnO_2 มีชื่อว่า แมงกานีสไดออกไซด์					
	10. โพแทสเซียมไอโอเดต มีสูตรเคมีคือ KIO_4					
	11. สารประกอบไอออนิกทุกชนิดละลายน้ำได้					
	12. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิดละลายน้ำได้					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสำรวจรายการฉบับที่	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ผลการสำรวจในกลุ่มเป้าหมาย				
		คนที่ 9	คนที่ 10	คนที่ 11	คนที่ 12	ความถี่
3	1. พันธะไอออนิก คือ พันธะที่อะตอมโลหะกับอโลหะใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน					
	2. พันธะไอออนิกเป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล					
	3. Na^+ 1 ไอออนสามารถดึงดูด Cl^- ได้เพียง 1 ไอออน					
	4. ธาตุโลหะหมู่ IIA สร้างพันธะกับธาตุอโลหะจะเกิดเป็นพันธะไอออนิกเสมอ					
	5. เมื่อไอออนลบจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น					
	6. Na^+ มีรัศมีไอออนกว้างกว่า Cl^-					
	7. โมเลกุลไอโอดีนมีประจุเป็น -1					
	8. Ba_3N มีชื่อว่า แบเรียมไนโตรเจน					
	9. สารประกอบไอออนิกระหว่างไอออน Fe^{3+} กับ OH^- มีสูตรเคมีคือ $Fe(OH^-)_3$					
	10. สารประกอบไอออนิกระหว่างไอออน Cu^{2+} กับ Br^- มีสูตรเคมีคือ CuBr					
	11. เมื่อผสมสารละลาย $CaBr_2$ เข้ากับสารละลาย $MgSO_4$ จะได้ตะกอนของ $MgBr_2$					
	12. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เมื่อผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นตะกอนเท่านั้น					
	13. สมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 1

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

ขอความร่วมมือนักเรียนตอบคำถามด้วยความตั้งใจ เพื่อร่วมกันพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยฉบับนี้ให้มีคุณภาพ

และเป็นประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

ชื่อ - นามสกุล ..... **ชั้น** ..... **เลขที่** .....

โรงเรียน .....

ส่วนที่ 1 ชุดคำถาม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียว แล้วฝนคำตอบลงในกระดาษคำตอบที่แนบมาโดย

1. ข้อสอบทั้งหมด 10 หน้า แบ่งเป็นชุดคำถาม 9 หน้า และชุดกระดาษคำตอบ 1 หน้า
2. กรุณากรอก ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่ และโรงเรียนของนักเรียนเอง ลงในทั้งชุดคำถามและกระดาษคำตอบ **โดยผลการทำแบบสอบของนักเรียนจะได้รับการเก็บไว้เป็นความลับ**
3. นักเรียนสามารถทดลงในชุดคำถามนี้ได้
4. นักเรียนสามารถแยกกระดาษคำตอบออกจากชุดคำถามออกจากกันได้ เพื่อความสะดวกในการทำข้อสอบ

1. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับพันธะไอออนิก
    1. เมื่อไอออนลบในสารประกอบไอออนิกจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากขึ้น
    2. BeH_2 เป็นสารประกอบไอออนิก เนื่องจากมีพันธะระหว่างโลหะหมู่ IIA กับธาตุอโลหะ
    3. เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบในสารประกอบไอออนิก
    4. เป็นพันธะที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุโลหะกับอโลหะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. สารประกอบ Ca_3P_2 มีชื่อว่าอะไร

    1. แคลเซียมฟอสไฟต์
    2. แคลเซียม (II) ฟอสไฟต์
    3. แคลเซียมฟอสไฟด์
    4. แคลเซียม (II) ฟอสไฟด์

3. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบไอออนิก

    1. สมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน
    2. หากผสมสารละลาย $AgNO_3$ กับ $MgCl_2$ จะได้ตะกอนของ $Mg(NO_3)_2$
    3. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IA ทุกชนิดละลายน้ำได้
    4. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะปฏิกิริยาเคมีที่มีตะกอนเกิดขึ้น

4. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบ NaBr

    1. พันธะไอออนิกในโครงสร้างยึดเหนี่ยวกันโดยการถ่ายโอนอิเล็กตรอน
    2. Br^- 1 ไอออนในโครงสร้าง สร้างแรงยึดเหนี่ยวกับ Na^+ ได้มากกว่า 1 ไอออน
    3. การสลายพันธะระหว่างไอออนของ Na^+ กับ Br^- ใช้พลังงานต่ำ
    4. โครงสร้างของสารประกอบ NaBr จัดอยู่ในรูปของโมเลกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

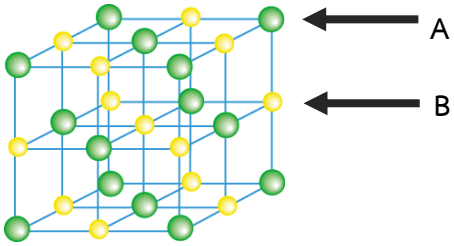
5. สารประกอบ CrH_3 มีชื่อว่าอะไร

    1. โครเมียมไฮไดรต์
    2. โครเมียมไฮไดรด์
    3. โครเมียม (III) ไฮไดรด์
    4. โครเมียมไตรไฮไดรด์

6. หากนำสารละลาย K_2SO_4 มาผสมกับสารละลาย BaI_2 จะได้สารใดเป็นตะกอน

    1. KI
    2. $BaSO_4$
    3. KI และ $BaSO_4$
    4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

7. โครงสร้างของสารประกอบ NaCl เป็นดังภาพ



หาก A และ B แทนไอออนของสารประกอบ NaCl ข้อใดถูกต้อง

1. A แทน โซเดียมไอออน และ B แทน คลอไรด์ไอออน
2. เส้นตรงทุกเส้นที่เชื่อมต่อระหว่าง A กับ B แทนพันธะระหว่างไอออน
3. โซเดียมไอออน 1 ไอออนสร้างพันธะกับคลอไรด์ไอออน 1 ไอออน
4. แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง A กับ B เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล

8. สารประกอบ MnO_2 มีชื่อว่าอะไร

1. แมงกานีสไดออกไซด์
2. แมงกานีส (IV) ออกไซด์
3. แมงกานีสออกไซด์
4. แมงกานีสออกไซต์

9. หากนำสารละลาย $Ba(OH)_2$ มาผสมกับสารละลาย $Al(NO_3)_3$ จะได้สารใดเป็นตะกอน

1. $Ba(NO_3)_2$
2. $Al(OH)_3$
3. $Ba(NO_3)_2$ และ $Al(OH)_3$
4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. ข้อใดแสดงรูปภาพแทนโครงสร้างระหว่าง Rb^+ กับ I^- อย่างละ 2 ไอออนในสารประกอบ RbI ที่ถูกต้อง

1.

2.

3.

4.

11. ข้อใดคือสูตรเคมีของสแกนเดียมไฮดรอกไซด์

1. $Sc(OH^-)_3$
2. $Sc(OH)_3$
3. ScH_3
4. ScH_3^-

12. หากนำสารละลาย NH_4I มาผสมกับสารละลาย $SrCl_2$ จะได้สารใดเป็นตะกอน

1. NH_4Cl
2. SrI_2
3. NH_4Cl และ SrI_2
4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

13. ศึกษาข้อความต่อไปนี้

ก. โมเลกุลไอโอดีนมีประจุเป็น -1

ข. อิเล็กตรอน 2 ตัวออกแรงยึดเหนี่ยวกันจนเกิดเป็นพันธะเคมี

ค. เมื่อฟลูออรีนกลายเป็นฟลูออไรด์ไอออนจะมีความเสถียรยิ่งขึ้น

ข้อใด**ไม่ถูกต้อง**

1. ก. และ ข.
2. ก. และ ค.
3. ข. และ ค.
4. ก. ข. และ ค.

14. ข้อใดคือสูตรเคมีของเรเดียมไนไทรด์

1. Ra_3N_2
2. $Ra(SCN)_2$
3. $Ra(CN)_2$
4. $Ra(OH)_2$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

15. หากนำสารละลาย $Fe(NO_3)_2$ มาผสมกับสารละลาย Li_2SO_4 จะได้สารใดเป็นตะกอน

1. $LiNO_3$
2. $FeSO_4$
3. $LiNO_3$ และ $FeSO_4$
4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

16. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบคลอไรด์ของธาตุ

1. สารประกอบ $BeCl_2$ $MgCl_2$ และ $CaCl_2$ เป็นสารประกอบไอออนิก
2. แรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิตใน CsCl เกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน
3. แรงยึดเหนี่ยวในสารประกอบ LiCl มีความแข็งแรงมากกว่า $AsCl_3$
4. NH_4Cl เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากไม่มีธาตุโลหะเป็นองค์ประกอบ

17. ข้อใดจับคู่สูตรเคมีกับชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

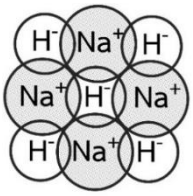
1. CsClO - ซีเซียมคลอไรด์
2. Fe_2O_3 – ไอร์ออนออกไซด์
3. BiF_3 – บิสมัท (III) ฟลูออไรด์
4. Co_2O_3 – ไดโคบอลต์ไตรออกไซด์

18. สมการไอออนิกสุทธิในข้อใด**เป็นไปไม่ได้**

1. $2Rb^+(aq) + HPO_4^{2-}(aq) \longrightarrow Rb_2HPO_4(s)$
2. $Pb^{2+}(aq) + 2Br^-(aq) \longrightarrow PbBr_2(s)$
3. $Ti^{4+}(aq) + 2S^{2-}(aq) \longrightarrow TiS_2(s)$
4. $2Sc^{3+}(aq) + 3CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow Sc_2(CO_3)_3(s)$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

19. พิจารณาว่าโครงสร้างของสารประกอบ NaH ต่อไปนี้ถูกหรือผิด เพราะเหตุใด



1. ถูก เนื่องจากโครงสร้างเชื่อมโยงกันเป็นลักษณะโครงผลึกสามมิติ
2. ถูก เนื่องจากพันธะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
3. ผิด เนื่องจากโครงสร้างต้องจัดเรียงเป็นลักษณะเส้นตรง
4. ผิด เนื่องจากโครงสร้างต้องไม่มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน

20. ข้อใดจับคู่สูตรเคมีกับชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

1. NiO - นิกเกิลมอนอกไซด์
2. KBrO - โพแทสเซียมไฮโปโบรไมต์
3. SnS_2 – ทินไดซัลไฟด์
4. $RbNO_2$ - รูบิเดียม (I) ไนไทรต์

21. สมการไอออนิกสุทธิในข้อใด**เป็นไปไม่ได้**

1. $Co^{2+}(aq) + O^{2-}(aq) \longrightarrow CoO(s)$
2. $Zn^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow ZnSO_4(s)$
3. $3Cu^{2+}(aq) + 2PO_3^{3-}(aq) \longrightarrow Cu_3(PO_4)_2(s)$
4. $Mn^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow MnCO_3(s)$

22. สารประกอบ $Sn(CN)_4$ มีชื่อว่าอะไรและเป็นสารประกอบประเภทใด

	ชื่อของสารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ
1.	ทิน (IV) ไซยาไนด์	ไอออนิก
2.	ทินไซยาไนด์	ไอออนิก
3.	ทินเตตระไซยาไนด์	โคเวเลนต์
4.	เตตระไซยาไนด์ทิน	โคเวเลนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

23. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสารละลาย Li_2SO_4 กับ $Ca(NO_3)_2$

1. ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ $LiNO_3$ ซึ่งมีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง
2. เกิดจากการที่ NO_3^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Li
3. มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออน Ca^{2+} กับไอออน SO_4^{2-}
4. เกิดจากการที่ SO_4^{2-} จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Ca

24. หากนำสารละลาย $Pb(NO_3)_2$ มาผสมกับสารละลาย K_2HPO_4 ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร

1. โพแทสเซียมไนไทรต์
2. เลด (II) ไฮโดรเจนฟอสเฟต
3. โพแทสเซียม (I) ไนเทรต
4. เลดไฮโดรเจนฟอสเฟต

25. สารประกอบ $Ni(ClO_3)_2$ มีชื่อว่าอะไร และเป็นสารประกอบประเภทใด

	ชื่อของสารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ
1.	นิกเกิลไดคลอเรต	โคเวเลนต์
2.	นิกเกิลไดเปอร์คลอเรต	โคเวเลนต์
3.	นิกเกิลเปอร์คลอเรต	ไอออนิก
4.	นิกเกิล (II) คลอเรต	ไอออนิก

26. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสารละลาย NH_4OH กับ $Al(NO_3)_3$

1. เกิดจากการที่ OH^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Al
2. มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออน Al^{3+} กับไอออน OH^-
3. ตะกอนคือ NH_4OH ซึ่งเป็นสารประกอบโคเวเลนต์
4. เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากไอออนลบเป็นกลุ่มของธาตุอโลหะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

27. หากนำสารละลาย $FeCl_2$ มาผสมกับสารละลาย Li_2CO_3 ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร

1. ลิเทียมคาร์ไบด์
2. ลิเทียม (I) คาร์บอเนต
3. ไอร์ออน (II) คาร์บอเนต
4. ไอร์ออนคาร์บอเนต

28. สารประกอบ NH_4NO_2 มีชื่อว่าอะไร และเป็นสารประกอบประเภทใด

	ชื่อของสารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ
1.	แอมโมเนียมไนไทรด์	โคเวเลนต์
2.	แอมโมเนียมไนเทรต	โคเวเลนต์
3.	แอมโมเนียมไนเทรต	ไอออนิก
4.	แอมโมเนียมไนไทรต์	ไอออนิก

29. ข้อใดถูกต้องเมื่อผสมสารละลาย $MgBr_2$ เข้ากับสารละลายต่อไปนี้

	สารละลาย	ตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	LiCl	$MgCl_2$	Mg กับ Cl มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
2.	Li_2SO_4	$MgSO_4$	เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอน
3.	K_2O	MgO	มีโครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ
4.	$Ni(NO_3)_2$	$NiBr_2$	เป็นโมเลกุลสารประกอบ

30. หากนำสารละลาย $AgNO_3$ มาผสมกับสารละลาย MgI_2 ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร

1. ซิลเวอร์ไอโอไดด์
2. ซิลเวอร์ (I) ไอโอไดด์
3. แมกนีเซียมไนไทรต์
4. แมกนีเซียม (II) ไนไทรต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

31. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบต่อไปนี้

1. บิสมัท (V) ออกไซด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม Bi กับ O
2. ซิลเวอร์ (I) ไฮดรอกไซด์ เป็นโมเลกุลที่เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Ag^+ กับ OH^-
3. คอปเปอร์ (II) โบรไมด์ มีรัศมีไอออนของ Br^- กว้างกว่ารัศมีไอออนของ Cu^{2+}
4. รูบิเดียม (I) คลอไรด์ มีโครงสร้างเป็นสามมิติที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอม Rb กับ Cl

32. ข้อใดถูกต้องเมื่อผสมสารละลาย $MnSO_4$ เข้ากับสารละลายต่อไปนี้

	สารละลาย	ตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	$Sr(NO_3)_2$	$SrSO_4$	ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะระหว่าง Sr^{2+} กับ SO_4^{2-}
2.	Na_2S	MnS	เป็นโมเลกุลสารประกอบ
3.	$LiCl$	Li_2SO_4	เป็นสารประกอบโคเวเลนต์
4.	Rb_2O	Rb_2SO_4	มีโครงสร้างเป็นเส้นตรง

33. เมื่อนำสารละลายซีเซียมออกไซด์มาผสมกับสารละลายอะลูมิเนียมไนเทรต สูตรเคมีของตะกอนที่เกิดขึ้นคือข้อใด

1. Al_2O_3
2. $CsNO_3$
3. $Al(NO_2)_3$
4. Cs_2O

34. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบต่อไปนี้

1. แคลเซียมไอโอไดด์ เกิดจากการสร้างพันธะระหว่างอะตอม Ca กับ I
2. ซิงค์ซัลไฟด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Zn^{2+} 1 ไอออนกับ S^{2-} มากกว่า 1 ไอออน
3. อินเดียมไนไทรด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างอิเล็กตรอนของ In^{3+} กับ NO_2^-
4. อะลูมิเนียมฟอสเฟต เกิดจากการที่ PO_3^{3-} จ่ายอิเล็กตรอนให้แก่ Al

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

35. ข้อใดถูกต้อง เมื่อผสมสารละลาย CsI เข้ากับสารละลายต่อไปนี้

	สารละลาย	ตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของสารหลังผสม
1.	NH_4OH	NH_4I	NH_4I เป็นสารประกอบโคเวเลนต์
2.	$Pb(NO_3)_2$	-	เขียนสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิด PbI_2 ไม่ได้
3.	$MgSO_4$	-	เขียนสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิดพันธะระหว่าง Mg^{2+} กับ I^- ไม่ได้
4.	$Hg_2(NO_3)_2$	Hg_2I_2	Hg_2I_2 จัดเป็นโมเลกุลสารประกอบ

36. เมื่อนำสารละลายแกลเลียมโบรไมด์มาผสมกับสารละลายแอมโมเนียมไนไทรด์ สูตรเคมีของตะกอนที่เกิดขึ้นคือข้อใด

1. NH_4NO_2
2. NH_4Br
3. GaN
4. $Ga(NO_2)_3$

37. กำหนดสารละลายของสารประกอบต่อไปนี้

ก. VSO_4 ข. $ZnCl_2$ ค. MgI_2 ง. Na_2CO_3

ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อนำคู่สารละลายต่อไปนี้มาผสมกัน

	คู่สารละลาย	ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	ก. และ ค.	แมกนีเซียมซัลเฟต	จัดเป็นโมเลกุลสารประกอบ
2.	ก. และ ง.	วาเนเดียม (II) คาร์บอเนต	โครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ
3.	ข. และ ค.	ซิงค์ (II) ไอโอไดด์	จัดเป็นโมเลกุลสารประกอบ
4.	ข. และ ง.	ซิงค์ (II) คาร์บอเนต	โครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

38. กำหนดสารละลายของสารประกอบต่อไปนี้

ก. $(NH_4)_3PO_4$ ข. NaCN ค. $GaCl_3$ ง. CoF_2

ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อนำคู่สารละลายต่อไปนี้มาผสมกัน

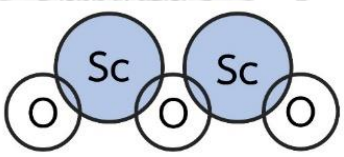
	คู่สารละลาย	ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	ก. และ ข.	แอมโมเนียมไซยาไนด์	เป็นสารประกอบโคเวเลนต์
2.	ก. และ ค.	แกลเลียมฟอสเฟต	พันธะเป็นแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้าสถิต
3.	ก. และ ง.	โคบอลต์ฟอสเฟต	เกิดจากไอออน PO_4^{3-} ถ่ายโอนอิเล็กตรอนให้แก่ไอออน Co^{2+}
4.	ข. และ ง.	โซเดียมฟลูออไรด์	โครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ

39. ศึกษาข้อความเกี่ยวกับสารประกอบ Sc_2O_3 ต่อไปนี้

ก. มีชื่อว่าสแกนเดียมออกไซด์

ข. เมื่อผสมสารละลาย Li_2O กับสารละลาย $ScCl_3$ จะได้สารนี้เป็นตะกอน

ค. โครงสร้างของสารประกอบนี้ คือ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อความใดถูกต้อง

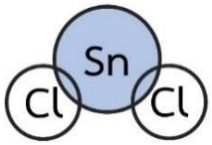
1. ก. และ ข.
2. ก. และ ค.
3. ข. และ ค.
4. ถูกต้องทุกข้อความ

40. ศึกษาข้อความเกี่ยวกับสารประกอบ $SnCl_2$ ต่อไปนี้

ก. มีชื่อว่าทินคลอไรด์

ข. เมื่อผสมสารละลาย $MgCl_2$ กับสารละลาย $Sn(NO_3)_2$ จะได้สารนี้เป็นตะกอน

ค. โครงสร้างของสารประกอบนี้ คือ



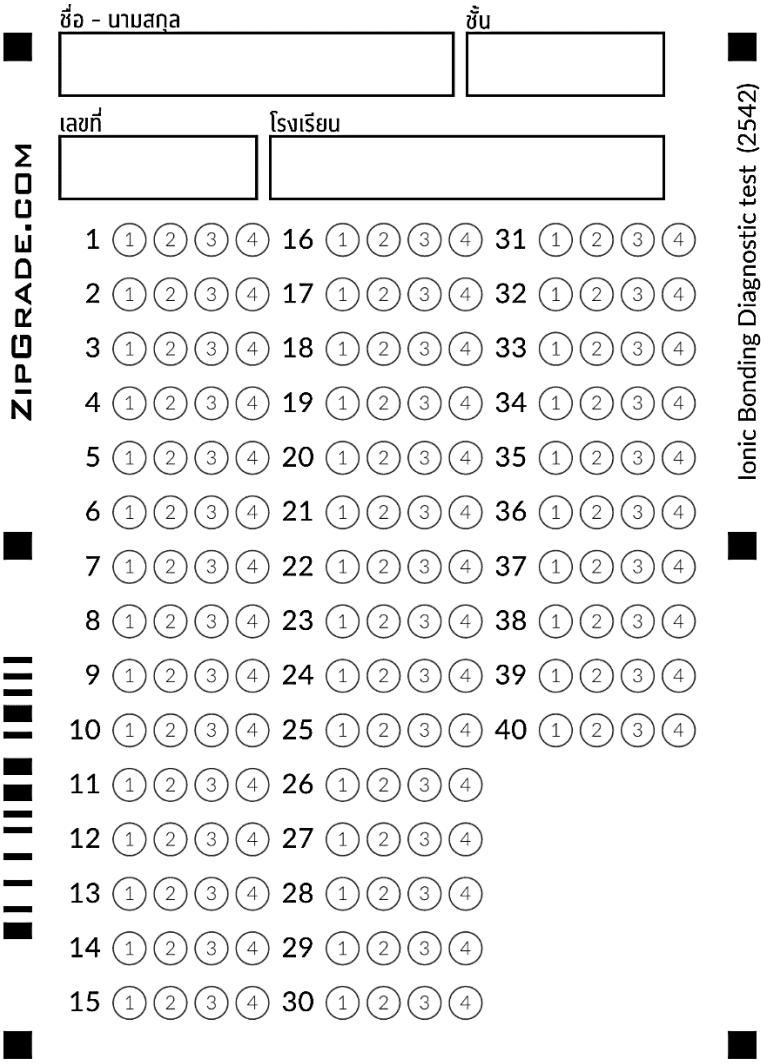
ข้อความใดถูกต้อง

1. ก. และ ข.
2. ก. และ ค.
3. ข. และ ค.
4. ไม่ถูกต้องทั้ง ก. ข. และ ค.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 2 กระดาษคำตอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียน**<u>ใช้ปากกาหรือดินสอ</u>**ฝนคำตอบที่ตนเองเลือกจน**<u>เต็มช่องว่าง</u>**



😄 **ขอบคุณนักเรียนเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือในการพัฒนาแบบสอบฉบับนี้ครับ** 😄

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก ฉบับที่ 2

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

ขอความร่วมมือนักเรียนตอบคำถามด้วยความตั้งใจ เพื่อร่วมกันพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยฉบับนี้ให้มีคุณภาพ และเป็นประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

ชื่อ - นามสกุล _____ **ชั้น** _____ **เลขที่** _____

โรงเรียน _____

ส่วนที่ 1 ชุดคำถาม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียว แล้วฝนคำตอบลงในกระดาษคำตอบที่แนบมาโดย

1. ข้อสอบทั้งหมด 10 หน้า แบ่งเป็นชุดคำถาม 9 หน้า และชุดกระดาษคำตอบ 1 หน้า
2. กรุณากรอก ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่ และโรงเรียนของนักเรียนเอง ลงในทั้งชุดคำถามและกระดาษคำตอบ **โดยผลการทำแบบสอบของนักเรียนจะได้รับการเก็บไว้เป็นความลับ**
3. นักเรียนสามารถทดลงในชุดคำถามนี้ได้
4. นักเรียนสามารถแยกกระดาษคำตอบออกจากชุดคำถามออกจากกันได้ เพื่อความสะดวกในการทำข้อสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียว แล้วฝนคำตอบลงในกระดาษคำตอบที่แนบมา

1. ข้อใด**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับพันธะไอออนิก
    1. เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของธาตุโลหะกับธาตุอโลหะ
    2. เมื่อไอออนลบในพันธะไอออนิกจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรลดลง
    3. ไอออนที่เกิดพันธะบางครั้งมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เต็มระดับชั้น
    4. เป็นพันธะที่อนุภาคเชื่อมกันอย่างแข็งแรง

2. สารประกอบ $Al_2(SeO_4)_3$ มีชื่อว่าอะไร

1. อะลูมิเนียมซีลีเนต
2. อะลูมิเนียม (III) ซีลีเนต
3. อะลูมิเนียมซีลีไนต์
4. อะลูมิเนียม (III) ซีลีไนต์

3. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบไอออนิก

1. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิด ไม่ละลายน้ำ
2. สารประกอบของแอมโมเนียมไอออนสามารถละลายน้ำได้ทุกชนิด
3. หากผสมสารละลาย $MgSO_4$ กับ K_2CO_3 จะได้ตะกอนของ K_2SO_4
4. ปฏิกิริยาจะไม่มีสมการไอออนิกสุทธิหากผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสถานะแก๊ส

4. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบ KCl

1. โครงสร้างของสารประกอบ KCl จัดอยู่ในรูปของโมเลกุล
2. การสลายพันธะระหว่างไอออนของ K^+ กับ Cl^- ใช้พลังงานต่ำ
3. พันธะไอออนิกในโครงสร้างเกิดจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอน
4. Cl^- 1 ไอออนสร้างแรงยึดเหนี่ยวกับ K^+ ได้มากกว่า 1 ไอออน

5. สารประกอบ NiF_2 มีชื่อว่าอะไร

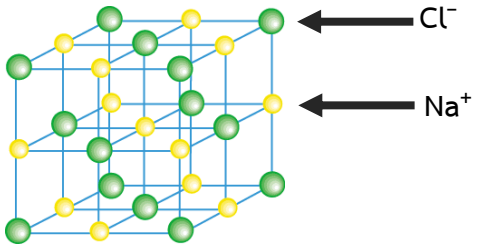
1. นิกเกิลไดฟลูออไรด์
2. นิกเกิล (II) ฟลูออไรด์
3. นิกเกิลฟลูออไรด์
4. นิกเกิล (II) ไดฟลูออไรด์

6. หากนำสารละลาย Li_3PO_4 มาผสมกับสารละลาย $Al(NO_3)_3$ จะได้สารใดเป็นตะกอน

1. $LiNO_3$
2. $AlPO_4$
3. $LiNO_3$ และ $AlPO_4$
4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. โครงสร้างของสารประกอบ NaCl เป็นดังภาพ



หาก A และ B แทนไอออนของสารประกอบ NaCl ข้อใดถูกต้อง

1. เส้นตรงเชื่อมระหว่าง Na^+ กับ Cl^- แทนแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล
2. Na^+ 1 ไอออนสร้างพันธะไอออนิกกับ Cl^- 6 ไอออน
3. Cl^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับอะตอมโซเดียมจนเกิดเป็น Na^+
4. หากเปลี่ยน Na^+ เป็น Li^+ ขนาดของไอออนบวกในภาพต้องกว้างขึ้น

8. สารประกอบ SnO_2 มีชื่อว่าอะไร

1. ทินออกไซด์
2. ทิน (IV) ไดออกไซด์
3. ทินไดออกไซด์
4. ทิน (IV) ออกไซด์

9. หากนำสารละลาย $Ca(OH)_2$ มาผสมกับสารละลาย $FeCl_3$ จะได้สารใดเป็นตะกอน

1. $Fe(OH)_3$
2. $CaCl_2$
3. $Fe(OH)_3$และ $CaCl_2$
4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. พิจารณาโครงสร้างระหว่าง K^+ กับ Br^- อย่างละ 2 ไอออนในสารประกอบ KBr ต่อไปนี้ถูกหรือผิด เพราะเหตุใด

1. ถูก เนื่องจากโครงสร้างจะเชื่อมกันจนเกิดเป็นลักษณะเส้นตรง
2. ถูก เนื่องจาก K^+ มีขนาดของรัศมีไอออนที่ใหญ่กว่า Br^-
3. ผิด เนื่องจากโครงสร้างต้องจัดเรียงเป็นโครงสร้างสามมิติ
4. ผิด เนื่องจาก Br^- ต้องมีขนาดไอออนใหญ่กว่า K^+

11. ข้อใดคือสูตรเคมีของซิลเวอร์ไฮดรอกไซด์

1. AgOH
2. $AgOH^-$
3. AgH
4. AgH^-

12. หากนำสารละลาย MgF_2 มาผสมกับสารละลาย $(NH_4)_2SO_4$ จะได้สารใดเป็นตะกอน

1. NH_4F
2. $MgSO_4$
3. NH_4F และ $MgSO_4$
4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. ศึกษาข้อความต่อไปนี้

ก. ไอออนที่มีประจุชนิดเดียวกันจะออกแรงผลักซึ่งกันและกัน

ข. ทุกไอออนในสารประกอบไอออนิกมีความเสถียรเพราะมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเต็มชั้น

ค. ต้องทราบตำแหน่งของ Cl^- ตัวที่รับอิเล็กตรอนมาจาก Na^+ จึงจะระบุตำแหน่งพันธะได้

ข้อใดถูกต้อง

1. ก. เท่านั้น
2. ข. เท่านั้น
3. ก. และ ค.
4. ข. และ ค.

14. ข้อใดคือสูตรเคมีของยูเรเนียม (IV) ซัลไฟต์

1. US_2
2. $U(SO_3)_2$
3. $U(SO_4)_2$
4. $U(SO_4^{2-})_2$

15. หากนำสารละลาย $AgNO_3$ มาผสมกับสารละลาย $CaBr_2$ จะได้สารใดเป็นตะกอน

1. AgBr
2. $Ca(NO_3)_2$
3. AgBr และ $Ca(NO_3)_2$
4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

16. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบฟลูออไรด์ของธาตุต่อไปนี้

1. สารประกอบ MgF_2 มีพันธะที่แข็งแรงน้อยกว่าสารประกอบ BF_3
2. Ca^{2+} ในสารประกอบ CaF_2 มีขนาดไอออนใหญ่กว่า Mg^{2+} ใน MgF_2
3. CaF_2 เป็นสารประกอบไอออนิก แต่ $Ca(CN)_2$ ไม่ใช่สารประกอบไอออนิก
4. พันธะไอออนิกใน SrF_2 คือการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างอะตอม F กับอะตอม Sr

17. ข้อใดจับคู่สูตรเคมีกับชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

1. $Sr(NO_3)_2$ - สทรอนเทียม (II) ไนเทรต
2. $MnSO_4$ – แมงกานีสซัลไฟต์
3. $ZnCO_3$ – ซิงค์ (II) คาร์บอเนต
4. $Mg(IO_4)_2$ – แมกนีเซียมเปอร์ไอโอเดต

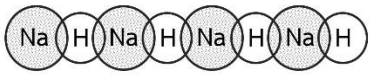
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

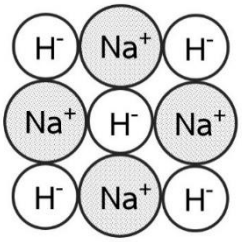
18. สมการไอออนิกสุทธิในข้อใด**เกิดขึ้นไม่ได้** เมื่อผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิก 2 ชนิดเข้าด้วยกัน

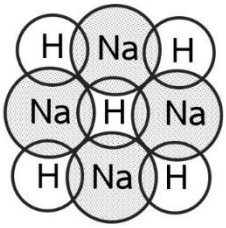
1. $Ti^{4+}(aq) + 2O^{2-}(aq) \longrightarrow TiO_2(s)$
2. $2NH_4^{+}(aq) + HPO_4^{2-}(aq) \longrightarrow (NH_4)_2HPO_4(s)$
3. $Pb^{2+}(aq) + 2Cl^{-}(aq) \longrightarrow PbCl_2(s)$
4. $Cr^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow CrCO_3(s)$

19. ข้อใดแสดงรูปภาพแทนโครงสร้างของสารประกอบ NaH ที่ถูกต้อง

1.

2. 

3. 

4. 

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

20. ข้อใดจับคู่สูตรเคมีกับชื่อสารประกอบไอออนิกได้ถูกต้อง

1. RbI – รูบิเดียม (I) ไอโอไดด์
2. Li_2HPO_4 - ลิเทียมไฮโดรเจนฟอสเฟต
3. $InNO_3$ - อินเดียมไนไทรต์
4. Ti_2C – ไดไทเทเนียมมอนอคาร์ไบด์

21. สมการไอออนิกสุทธิในข้อใด**เกิดขึ้นไม่ได้** เมื่อผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิก 2 ชนิดเข้าด้วยกัน

1. $Ni^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow NiCO_3(s)$
2. $Fe^{3+}(aq) + PO_4^{3-}(aq) \longrightarrow FePO_4(s)$
3. $2Mn^{2+}(aq) + 3O^{2-}(aq) \longrightarrow Mn_2O_3(s)$
4. $Ti^{4+}(aq) + 2SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow Ti(SO_4)_2(s)$

22. สารประกอบ $Pb(OH)_2$ มีชื่อว่าอะไร และเป็นสารประกอบประเภทใด

	ชื่อของสารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ
1.	เลดไฮดรอกไซด์	ไอออนิก
2.	เลด (II) ไฮดรอกไซด์	ไอออนิก
3.	เลดไดไฮดรอกไซด์	โคเวเลนต์
4.	เลด (II) ไดไฮดรอกไซด์	โคเวเลนต์

23. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสารละลาย K_2CO_3 กับ SrI_2

1. มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออน Sr^{2+} กับไอออน CO_3^{2-}
2. เกิดจากการที่ CO_3^{2-} จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Sr
3. เกิดจากการที่ I^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ K
4. ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ KI ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสามมิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

24. หากนำสารละลาย $Ba(CN)_2$ มาผสมกับสารละลาย K_2SO_4 ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร

1. โพแทสเซียม (I) ไซยาไนด์
2. แบเรียมซัลเฟต
3. แบเรียม (II) ซัลเฟต
4. โพสแทสเซียมไซยาไนด์

25. สารประกอบ $Cr(IO_4)_3$ มีชื่อว่าอะไร และเป็นสารประกอบประเภทใด

	ชื่อของสารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ
1.	โครเมียมไตรไอโอเดต	โคเวเลนต์
2.	โครเมียมไตรเปอร์ไอโอเดต	โคเวเลนต์
3.	โครเมียม (III) เปอร์ไอโอเดต	ไอออนิก
4.	โครเมียม (III) ไอโอเดต	ไอออนิก

26. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสารละลาย NH_4OH กับ $Fe(CN)_2$

1. ตะกอนคือ NH_4CN ซึ่งไม่ใช่สารประกอบไอออนิก เนื่องจากไอออนลบเป็นกลุ่มของธาตุอโลหะ
2. ตะกอนคือ NH_4CN ซึ่งเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากไม่มีธาตุโลหะเป็นองค์ประกอบ
3. เกิดจากการที่ OH^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Fe
4. มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออน Fe^{2+} กับ OH^-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

27. หากนำสารละลาย $CoCl_2$ มาผสมกับสารละลาย Rb_2S ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร

1. โคบอลต์ซัลไฟด์
2. โคบอลต์ (II) ซัลไฟด์
3. รูบิเดียมคลอไรด์
4. รูบิเดียม (I) คลอไรด์

28. สารประกอบ $(NH_4)_2O$ มีชื่อว่าอะไร และเป็นสารประกอบประเภทใด

	ชื่อของสารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ
1.	แอมโมเนียมมอนอกไซด์	โคเวเลนต์
2.	ไดแอมโมเนียมมอนอกไซด์	โคเวเลนต์
3.	แอมโมเนียม (I) ออกไซด์	ไอออนิก
4.	แอมโมเนียมออกไซด์	ไอออนิก

29. ข้อใดถูกต้องเมื่อผสมสารละลาย Li_3PO_4 เข้ากับสารละลายต่อไปนี้

	สารละลาย	ตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	NH_4Cl	$(NH_4)_3PO_4$	ที่มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
2.	$CoCl_2$	$Co_3(PO_4)_2$	เป็นโมเลกุลสารประกอบ
3.	CaI_2	$Ca_3(PO_4)_2$	พันธะเป็นแรงเหนี่ยวทางไฟฟ้าสถิต
4.	KNO_3	$LiNO_3$	มีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง

30. หากนำสารละลาย $Zn(NO_3)_2$ มาผสมกับสารละลาย Na_2O ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร

1. ซิงค์ออกไซด์
2. ซิงค์ (II) ออกไซด์
3. โซเดียมไนเทรต
4. โซเดียม (I) ไนเทรต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

31. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบต่อไปนี้

1. สทรอนเทียมไฮดรอกไซด์ มีสูตรโมเลกุล คือ $Sr(OH)_2$
2. โครเมียม (III) ซัลไฟด์ มีโครงสร้างเป็นสามมิติที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอม Cr กับ S
3. แมงกานีสไดออกไซด์ คือสารประกอบของโมเลกุล MnO_2
4. คอปเปอร์ (I) ไฮดรอกไซด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Cu^+ กับ OH^-

32. ข้อใดถูกต้องเมื่อผสมสารละลาย $AgNO_3$ เข้ากับสารละลายต่อไปนี้

	สารละลาย	ตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	LiCl	AgCl	Ag^+ 1 ไอออนยึดเหนี่ยวกับ Cl^- เพียง 1 ไอออน
2.	KI	AgI	โครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ
3.	$AlBr_3$	$Al(NO_3)_3$	มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Al^{3+} กับ NO_3^-
4.	NiI_2	$Ni(NO_3)_2$	เป็นโมเลกุลสารประกอบ

33. เมื่อนำสารละลายรูบิเดียมคาร์บอเนตมาผสมกับสารละลายแบเรียมคลอเรต สูตรเคมีของตะกอนที่เกิดขึ้นคือข้อใด

1. $RbClO_3$
2. $RbClO_4$
3. $Ba(ClO_4)_2$
4. $BaCO_3$

34. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสารประกอบต่อไปนี้

1. สแกนเดียมออกไซด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Sc^{3+} 1 ไอออนกับ O^{2-} มากกว่า 1 ไอออน
2. คอปเปอร์ออกไซด์ เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างอิเล็กตรอนของ Cu^+ กับ O^{2-}
3. แบเรียม (II) คลอไรด์ เกิดจากการสร้างพันธะระหว่างอะตอม Ba กับ Cl
4. ซีเซียมโบรไมด์ เกิดจากการที่ Br^- จ่ายอิเล็กตรอนให้แก่ Cs

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

35. ข้อใดถูกต้องเมื่อผสมสารละลาย $NaHCO_3$ เข้ากับสารละลายต่อไปนี้

1. สารละลาย HCl จะไม่สามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิได้
2. สารละลาย $Ti(SO_4)_2$ จะสามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิดโมเลกุล Na_2SO_4 ได้
3. สารละลาย $CaBr_2$ จะสามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิดพันธะระหว่าง Na^+ กับ Br^- ได้
4. สารละลาย Li_3PO_3 จะไม่สามารถเขียนสมการไอออนิกสุทธิแสดงการเกิดพันธะระหว่าง Li^+ กับ HCO_3^- ได้

36. เมื่อนำสารละลายซิงค์ไนเทรตมาผสมกับสารละลายโซเดียมไนไทรด์ สูตรเคมีของตะกอนที่เกิดขึ้นคือข้อใด

1. $Zn(NO_2)_2$
2. Zn_3N_2
3. $NaNO_2$
4. $NaNO_3$

37. กำหนดสารละลายของสารประกอบต่อไปนี้

ก. $Pb(NO_3)_2$ ข. VSO_4 ค. Li_3N ง. $SnCl_2$

ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อนำคู่สารละลายต่อไปนี้มาผสมกัน

	คู่สารละลาย	ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	ก. และ ข.	วาเนเดียมไนเทรต	โครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ
2.	ก. และ ง.	เลดไดคลอไรด์	พันธะเกิดจากการที่ Cl^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Pb
3.	ข. และ ค.	วาเนเดียม (II) ไนไทรด์	พันธะเกิดขึ้นระหว่าง V^{2+} กับ N^{3-}
4.	ค. และ ง.	ลิเทียม (I) คลอไรด์	มีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

38. กำหนดสารละลายของสารประกอบต่อไปนี้

ก. $(NH_4)_3AsO_4$ ข. KCN ค. Rb_2O ง. MnI_2

ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อนำคู่สารละลายต่อไปนี้มาผสมกัน

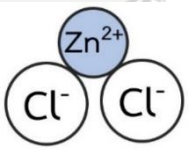
	คู่สารละลาย	ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	ก. และ ข.	แอมโมเนียมไซยาไนด์	เป็นสารประกอบโคเวเลนต์
2.	ก. และ ค.	รูบิเดียม (I) อาร์ซีเนต	ไอออนบวกมีอิเล็กตรอนเป็นไปตามกฎออกเตต
3.	ข. และ ค.	รูบิเดียมไซยาไนด์	เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Rb^+ กับ CN^-
4.	ค. และ ง.	แมงกานีส (II) ออกไซด์	มีพันธะระหว่างไอออน Mn^{2+} กับ O^{2-}

39. ศึกษาข้อความเกี่ยวกับสารประกอบ $ZnCl_2$ ต่อไปนี้

ก. มีชื่อว่าซิงค์คลอไรด์

ข. สารนี้เป็นตะกอนที่เกิดจากการผสมระหว่างสารละลาย $ZnSO_4$ กับสารละลาย $BaCl_2$

ค. โครงสร้างของสารประกอบนี้ คือ



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อความใดถูกต้อง

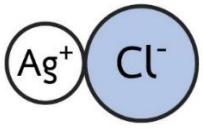
1. ก. และ ข.
2. ก. และ ค.
3. ข. และ ค.
4. ก. ข. และ ค.

40. ศึกษาข้อความเกี่ยวกับสารประกอบ AgCl ต่อไปนี้

ก. มีชื่อว่าซิลเวอร์ (I) คลอไรด์

ข. สารนี้เป็นตะกอนที่เกิดจากการผสมระหว่างสารละลาย $AgNO_3$ กับสารละลาย KCl

ค. โครงสร้างของสารประกอบนี้ คือ



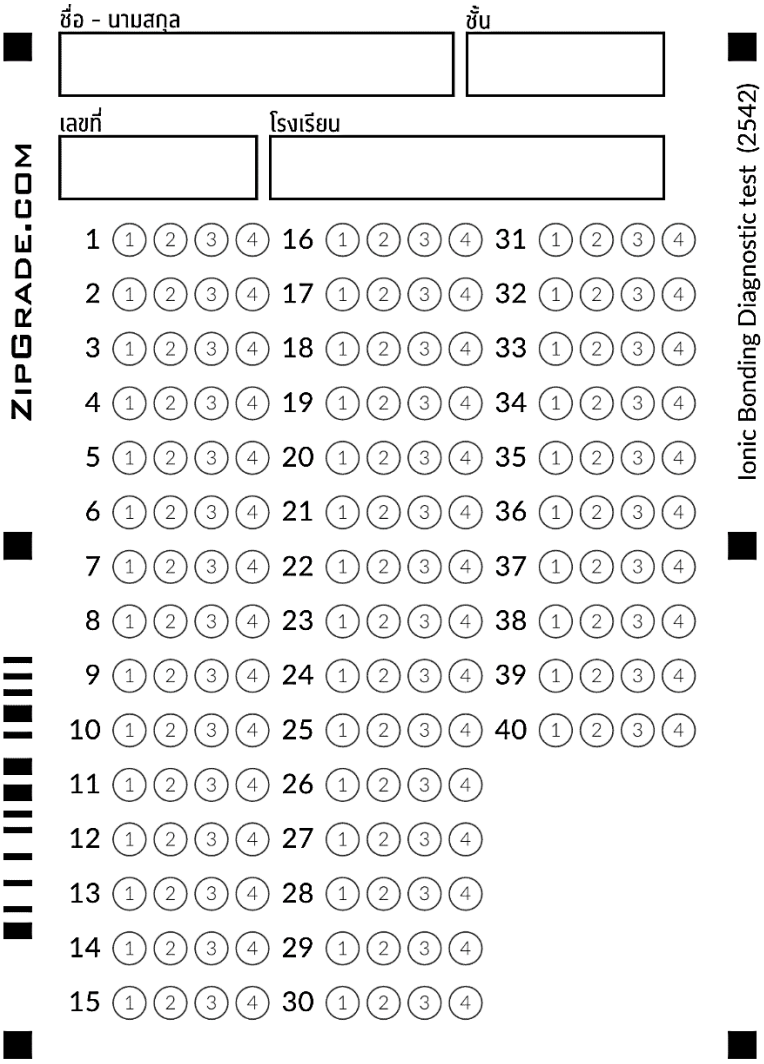
ข้อความใดถูกต้อง

1. ก. และ ข.
2. ก. และ ค.
3. ข. และ ค.
4. ก. ข. และ ค.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 2 กระดาษคำตอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียน**ใช้ปากกาหรือดินสอ**ฝนคำตอบที่ตนเองเลือกจน**เต็มช่องว่าง**



ขอบคุณนักเรียนเป็นอย่างสูง ที่ให้ความร่วมมือในการพัฒนาแบบสอบฉบับนี้ครับ

แบบสอบวินิจฉัยมโนทัศน์เรื่องพันธะไอออนิก

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน

ให้นักเรียนกรอกข้อมูลของตนเองลงในช่องว่างต่อไปนี้ โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ
*จำเป็น

1 ชื่อ - นามสกุล *

2 โรงเรียน *

คำชี้แจง

แบบสอบนี้เป็นแบบสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบทั้งหมด 40 นาที

3 ทุกครั้งที่นักเรียนตอบคำถามครบ 10 ข้อ ให้นักเรียนกดปุ่ม "ถัดไป" *

(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)

- [ ] รับทราบ

ขอความร่วมมือนักเรียนทำแบบสอบนี้ด้วยความตั้งใจและทำด้วยความสามารถของตนเอง การสอบครั้งนี้มีจุดประสงค์ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ โดยคุณภาพของแบบสอบจะขึ้นอยู่กับความตั้งใจในการตอบของนักเรียน และผลการตอบของนักเรียนจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ ไม่มีการนำไปเผยแพร่แม้แต่อย่างใด

ขอบคุณนักเรียนเป็นอย่างสูงที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบครั้งนี้ และขอให้โชคดีในการทำแบบสอบ

ค่าชี้แจง ให้นักเรียน เลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียว

Part 1

4 1. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับพันธะไอออนิก *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. เป็นพันธะที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างธาตุโลหะกับอโลหะ
- 2. เมื่อไอออนลบในสารประกอบไอออนิกจ่ายอิเล็กตรอนจะมีความเสถียรมากขึ้น
- 3. BeH_2 เป็นสารประกอบไอออนิก เนื่องจากมีพันธะระหว่างโลหะหมู่ IIA กับธาตุอโลหะ
- 4. เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบในสารประกอบไอออนิก

5 2. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบไอออนิก *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. สมการโมเลกุลและสมการไอออนิกสุทธิมีหลักการเขียนเหมือนกัน
- 2. หากผสมสารละลาย $AgNO_3$ กับ $MgCl_2$ จะได้ตะกอนของ $Mg(NO_3)_2$
- 3. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IA ทุกชนิดละลายน้ำได้
- 4. สมการไอออนิกสุทธิเขียนได้เฉพาะปฏิกิริยาเคมีที่มีตะกอนเกิดขึ้น

6 3. สารประกอบ CrH_3 มีชื่อว่าอะไร *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. โครเมียม (III) ไฮไดรด์
- 2. โครเมียมไตรไฮไดรด์
- 3. โครเมียมไฮไดรด์
- 4. โครเมียมไฮไดรด์

7 4. สารประกอบ MnO_2 มีชื่อว่าอะไร *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. แมงกานีสไดออกไซด์
- 2. แมงกานีส (IV) ออกไซด์
- 3. แมงกานีสออกไซด์
- 4. แมงกานีสออกไซด์

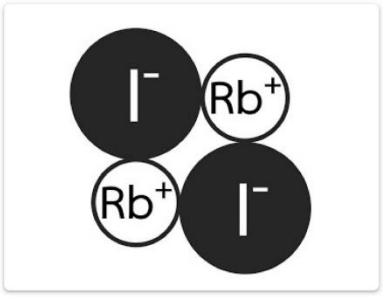
8 5. หากนำสารละลาย $Ba(OH)_2$ มาผสมกับสารละลาย $Al(NO_3)_3$ จะได้สารใดเป็นตะกอน *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

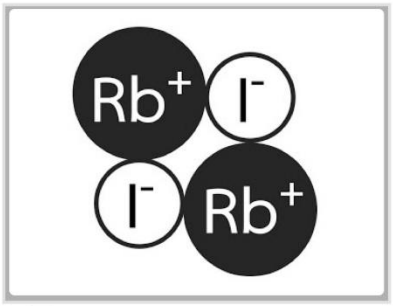
- 1. $Ba(NO_3)_2$
- 2. $Al(OH)_3$
- 3. $Ba(NO_3)_2$ และ $Al(OH)_3$
- 4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

9 6. ข้อใดแสดงรูปภาพแทนโครงสร้างระหว่าง Rb^+ กับ I^- อย่างละ 2 ไอออนในสารประกอบ RbI ที่ถูกต้อง *

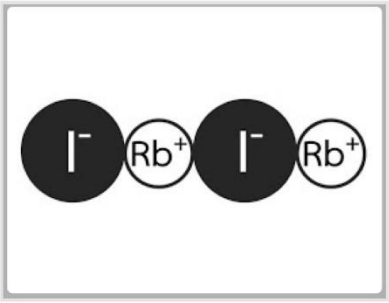
ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง



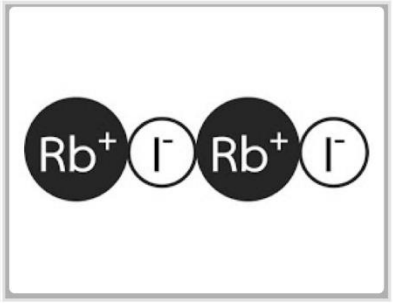
1.



2.



3.



4.

10 7. ข้อใดคือสูตรเคมีของสแกนเดียมไฮดรอกไซด์ *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

1. $Sc(OH^-)_3$
2. $Sc(OH)_3$
3. ScH_3
4. ScH_3^-

11 8. หากนำสารละลาย NH_4I มาผสมกับสารละลาย $SrCl_2$ จะได้สารใดเป็นตะกอน *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. NH_4Cl
- 2. SrI_2
- 3. NH_4Cl และ SrI_2
- 4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

9. ศึกษาข้อความต่อไปนี้

ก. โมเลกุลไอโอดีนมีประจุเป็น -1

ข. อิเล็กตรอน 2 ตัวออกแรงยึดเหนี่ยวกันจนเกิดเป็นพันธะเคมี

ค. เมื่อฟลูออรีนกลายเป็นฟลูออไรด์ไอออนจะมีความเสถียรยิ่งขึ้น

12 ข้อใด "ไม่"ถูกต้อง *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. ก. และ ข.
- 2. ก. และ ค.
- 3. ข. และ ค.
- 4. ก. ข. และ ค.

13 10. หากนำสารละลาย $Fe(NO_3)_2$ มาผสมกับสารละลาย Li_2SO_4 จะได้สารใดเป็นตะกอน *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. $LiNO_3$
- 2. $FeSO_4$
- 3. $LiNO_3$ และ $FeSO_4$
- 4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

Part2

14 11. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารประกอบไอออนิก *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. สารประกอบไอออนิกของโลหะหมู่ IIA ทุกชนิด ไม่ละลายน้ำ
- 2. สารประกอบของแอมโมเนียมไอออนสามารถละลายน้ำได้ทุกชนิด
- 3. หากผสมสารละลาย $MgSO_4$ กับ K_2CO_3 จะได้ตะกอนของ K_2SO_4
- 4. ปฏิกิริยาจะไม่มีสมการไอออนิกสุทธิหากผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นสถานะแก๊ส

15 12. สารประกอบ NiF_2 มีชื่อว่าอะไร *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. นิกเกิลฟลูออไรด์
- 2. นิกเกิลไดฟลูออไรด์
- 3. นิกเกิล (II) ฟลูออไรด์
- 4. นิกเกิล (II) ไดฟลูออไรด์

16 13. หากนำสารละลาย $Ca(OH)_2$ มาผสมกับสารละลาย $FeCl_3$ จะได้สารใดเป็นตะกอน *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. $Fe(OH)_3$
- 2. $CaCl_2$
- 3. $Fe(OH)_3$ และ $CaCl_2$
- 4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

17 14. ข้อใดคือสูตรเคมีของซิลเวอร์ไฮดรอกไซด์ *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. AgOH
- 2. $AgOH^-$
- 3. AgH
- 4. AgH^-

18 15. หากนำสารละลาย MgF_2 มาผสมกับสารละลาย $(NH_4)_2SO_4$ จะได้สารใดเป็นตะกอน *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. NH_4F
- 2. $MgSO_4$
- 3. NH_4F และ $MgSO_4$
- 4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

19 16. หากนำสารละลาย $AgNO_3$ มาผสมกับสารละลาย $CaBr_2$ จะได้สารใดเป็นตะกอน *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. AgBr
- 2. $Ca(NO_3)_2$
- 3. AgBr และ $Ca(NO_3)_2$
- 4. ไม่มีตะกอนเกิดขึ้น

20 17. สมการไอออนิกสุทธิในข้อใดเกิดขึ้น "ไม่ได้" เมื่อผสมสารละลายของสารประกอบไอออนิก 2 ชนิดเข้าด้วยกัน *

1. $Ti^{4+}(aq) + 2O^{2-}(aq) \longrightarrow TiO_2(s)$
2. $2NH_4^{+}(aq) + HPO_4^{2-}(aq) \longrightarrow (NH_4)_2HPO_4(s)$
3. $Pb^{2+}(aq) + 2Cl^{-}(aq) \longrightarrow PbCl_2(s)$
4. $Cr^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \longrightarrow CrCO_3(s)$

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

21 18. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสารละลาย Li_2SO_4 กับ $Ca(NO_3)_2$ *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ $LiNO_3$ ซึ่งมีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง
- 2. เกิดจากการที่ NO_3^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Li
- 3. มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออน Ca^{2+} กับไอออน SO_4^{2-}
- 4. เกิดจากการที่ SO_4^{2-} จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Ca

22 19. สารประกอบ $Ni(ClO_3)_2$ มีชื่อว่าอะไร และเป็นสารประกอบประเภทใด *

	ชื่อของสารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ
1.	นิกเกิลไดคลอเรต	โคเวเลนต์
2.	นิกเกิลไดเปอร์คลอเรต	โคเวเลนต์
3.	นิกเกิลเปอร์คลอเรต	ไอออนิก
4.	นิกเกิล (II) คลอเรต	ไอออนิก

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1
- 2
- 3
- 4

23 20. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสารละลาย NH_4OH กับ $Al(NO_3)_3$ *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. เกิดจาก Al^{3+} สร้างแรงยึดเหนี่ยวกับไอออนที่มีประจุตรงข้ามคือ OH^-
- 2. เกิดจากการที่ OH^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Al
- 3. ตะกอนคือ NH_4OH ซึ่งเป็นสารประกอบโคเวเลนต์
- 4. เป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากไอออนลบเป็นกลุ่มของธาตุอโลหะ

Part3

24 21. หากนำสารละลาย $FeCl_2$ มาผสมกับสารละลาย Li_2CO_3 ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. ลิเทียมคาร์ไบด์
- 2. ลิเทียม (I) คาร์บอเนต
- 3. ไอร์ออน (II) คาร์บอเนต
- 4. ไอร์ออนคาร์บอเนต

25 22. สารประกอบ NH_4NO_2 มีชื่อว่าอะไร และเป็นสารประกอบประเภทใด *

	ชื่อของสารประกอบ	ประเภทของสารประกอบ
1.	แอมโมเนียมไนไทรด์	โคเวเลนต์
2.	แอมโมเนียมไนเทรต	โคเวเลนต์
3.	แอมโมเนียมไนเทรต	ไอออนิก
4.	แอมโมเนียมไนไทรต์	ไอออนิก

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1
- 2
- 3
- 4

26 23. เมื่อนำสารละลายซีเซียมออกไซด์มาผสมกับสารละลายอะลูมิเนียมไนเทรต สูตรเคมีของตะกอนที่เกิดขึ้นคือข้อใด *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. Al_2O_3
- 2. $CsNO_3$
- 3. $Al(NO_2)_3$
- 4. Cs_2O

27 24. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสารละลาย K_2CO_3 กับ SrI_2 *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. เกิดจากการที่ I^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ K
- 2. ตะกอนที่เกิดขึ้นคือ KI ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสามมิติ
- 3. เกิดจากการที่ CO_3^{2-} จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Sr
- 4. มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง CO_3^{2-} กับ Sr^{2+}

28 25. หากนำสารละลาย $Ba(CN)_2$ มาผสมกับสารละลาย K_2SO_4 ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. โพแทสเซียม (I) ไซยาไนด์
- 2. แบเรียมซัลเฟต
- 3. แบเรียม (II) ซัลเฟต
- 4. โพสแทสเซียมไซยาไนด์

29 26. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับตะกอนที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสารละลาย NH_4OH กับ $Fe(CN)_2$ *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. ตะกอนคือ NH_4CN ซึ่งไม่ใช่สารประกอบไอออนิก เนื่องจากไอออนลบเป็นกลุ่มของธาตุอโลหะ
- 2. ตะกอนคือ NH_4CN ซึ่งเป็นสารประกอบโคเวเลนต์ เนื่องจากไม่มีธาตุโลหะเป็นองค์ประกอบ
- 3. มีไอออน Fe^{2+} ที่สร้างแรงยึดเหนี่ยวกับไอออน OH^-
- 4. เกิดจากการที่ OH^- จ่ายอิเล็กตรอนให้กับ Fe

30 27. หากนำสารละลาย $CoCl_2$ มาผสมกับสารละลาย Rb_2S ตะกอนที่เกิดขึ้นมีชื่อว่าอะไร *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1. โคบอลต์ซัลไฟด์
- 2. โคบอลต์ (II) ซัลไฟด์
- 3. รูบิเดียมคลอไรด์
- 4. รูบิเดียม (I) คลอไรด์

31 28. ข้อใดถูกต้องเมื่อผสมสารละลาย Li_3PO_4 เข้ากับสารละลายต่อไปนี้ *

	สารละลาย	ตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	NH_4Cl	$(NH_4)_3PO_4$	ที่มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
2.	$CoCl_2$	$Co_3(PO_4)_2$	เป็นโมเลกุลสารประกอบ
3.	CaI_2	$Ca_3(PO_4)_2$	พันธะเป็นแรงเหนี่ยวทางไฟฟ้าสถิต
4.	KNO_3	$LiNO_3$	มีรูปร่างโมเลกุลเป็นเส้นตรง

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

32 29. ข้อใดถูกต้องเมื่อผสมสารละลาย $AgNO_3$ เข้ากับสารละลายต่อไปนี้ *

	สารละลาย	ตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	LiCl	AgCl	Ag^+ 1 ไอออนยึดเหนี่ยวกับ Cl^- เพียง 1 ไอออน
2.	KI	AgI	โครงสร้างเป็นผลึกสามมิติ
3.	$AlBr_3$	$Al(NO_3)_3$	มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Al^{3+} กับ NO_3^-
4.	NiI_2	$Ni(NO_3)_2$	เป็นโมเลกุลสารประกอบ

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ◯ 1.
- ◯ 2.
- ◯ 3.
- ◯ 4.

30. กำหนดสารละลายของสารประกอบต่อไปนี้

ก. $(NH_4)_3AsO_4$_____ข. KCN_____ค. Rb_2O_____ง. MnI_2

ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อนำคู่สารละลายต่อไปนี้มาผสมกัน

	คู่สารละลาย	ชื่อของตะกอนที่เกิดขึ้น	สมบัติของตะกอน
1.	ก. และ ข.	แอมโมเนียมไซยาไนด์	เป็นสารประกอบโคเวเลนต์
2.	ก. และ ค.	รูบิเดียม (I) อาร์ซีเนต	ไอออนบวกมีอิเล็กตรอนเป็นไปตามกฎออกเตต
3.	ข. และ ค.	รูบิเดียมไซยาไนด์	เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง Rb^+ กับ CN^-
4.	ค. และ ง.	แมงกานีส (II) ออกไซด์	มีพันธะระหว่างไอออน Mn^{2+} กับ O^{2-}

33 คำตอบ *

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

เนื้อหานี้มิได้ถูกสร้างขึ้นหรือรับรองโดย Google

Google ฟอร์ม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวรุตม์ ผิวงาม
วัน เดือน ปี เกิด	4 มกราคม 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม
วุฒิการศึกษา	ปริญญาบัณฑิต สาขาวิชามัธยมศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	1178/1 ถ.บรรทัดทอง แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University