

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่อง โมเลกุลโคเวเลนต์: ประยุกต์ใช้โมเดลจีดีไอเอ็นเอ

THE DEVELOPMENT OF COGNITIVE DIAGNOSTIC TEST IN COVALENT MOLECULES: AN APPLICATION OF G-DINA MODEL

Received: July 25, 2019

Revised: October 22, 2019

Accepted: October 29, 2019

ณภัทร ชัยมงคล^{1*} สุรเดช อนันตสวัสดิ์² และวรัญญา รุ่มแสง³
Nhabhat Chaimongkol^{1*} Suradech Anantasawas² and Varunya Rumsaeng³

¹คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย²โรงเรียนดลิ่งชันวิทยา³บริษัท อบรมและทดสอบ พีทีเอส จำกัด¹Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand²Talingchan Wittaya School, Suphan Buri 72230, Thailand³PTS Training and Testing Co., Ltd., Bangkok 10400, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: nhabhat@gmail.com

บทคัดย่อ

การประเมินผู้เรียนในปัจจุบันเน้นการประเมินแบบสรุปผลมากกว่าการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนไม่ทราบว่าคุณสมบัติความรู้หรือไม่รู้ในเนื้อหาส่วนใด ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีผู้พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาขึ้น เพื่อช่วยตรวจสอบและวินิจฉัยว่าผู้เรียนมีความรู้หรือไม่รู้ในเนื้อหาในส่วนใด อันจะนำไปสู่การออกแบบการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาศักยภาพผู้เรียนต่อไป งานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์โดยการประยุกต์ใช้โมเดลจีดีไอเอ็นเอ ตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 100 คน ผลการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย พบว่า คุณลักษณะที่ใช้ในการวินิจฉัยเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ ประกอบด้วย 5 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 2) การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์ 3) การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ 4) การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 5) การระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยด้านความตรงตามเนื้อหา ความยาก อำนาจจำแนก และความเที่ยง พบว่า ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกด้าน และผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยด้วยโมเดลจีดีไอเอ็นเอ พบว่า แบบสอบวินิจฉัยสามารถจำแนกผู้สอบเข้ากลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 93 หมายความว่าแบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบสอบวินิจฉัยที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้วินิจฉัยความสามารถของผู้เรียนทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

คำสำคัญ: แบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โมเลกุลโคเวเลนต์ โมเดลจีดีไอเอ็นเอ

Abstract

Recent student assessments focus on summative evaluation which resulted in most students lacking the information needed to improve themselves. For this reason, researchers developed a cognitive diagnostic test to diagnose students to determine which parts they have achieved mastery and which are the ones they have not. This research aims to use that framework to develop a cognitive diagnostic test in covalent molecules topics. The quality of cognitive diagnostic test is examined by content validity, reliability, item difficulty and item discrimination. The sample is 100 grade ten students. The result of diagnostic analysis obtained by using G-DINA model found that students mostly achieved mastery in the identification of covalent molecule shape and non mastery in the properties for identification of boiling and melting point of covalent molecules.

Keywords: Cognitive Diagnostic Test, Covalent Molecules, G-DINA Model

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 6 ที่มีใจความสำคัญว่า การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข และมาตรา 22 ที่ว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ (Ministry of Education, 2002) ดังนั้น ครูจึงต้องมีความสามารถในการสร้างและพัฒนาหลักสูตร การออกแบบการเรียนรู้อย่างสอดคล้องและเป็นระบบ จัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ พัฒนาสื่อนวัตกรรมเทคโนโลยี และออกแบบการวัดประเมินผลการเรียนรู้อย่างหลากหลายและเหมาะสมกับผู้เรียน (Office of Teacher Development and Basic Education Personnel, 2011)

ประเด็นสำคัญในการออกแบบการวัดและประเมินผลซึ่งครูผู้สอนควรนำมาพิจารณา คือ การวินิจฉัยความรอบรู้ของผู้เรียน การวินิจฉัยความรอบรู้ของผู้เรียนเป็นกระบวนการรวบรวมข้อมูลผู้เรียนรายบุคคลเพื่อนำไปใช้ในการระบุผู้เรียนมีจุดแข็ง จุดอ่อนหรือข้อบกพร่องในทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ใด โดยข้อมูลที่ได้จากการวินิจฉัย จะนำมาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนและนำมาซึ่งแนวทางการแก้ไขจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องของผู้เรียนเป็นรายบุคคล (Miller et al., 2009) โดยกระบวนการวินิจฉัยทางการศึกษา สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบที่ไม่เป็นทางการ เช่น การสังเกต การสอบถามหรือสัมภาษณ์ผู้เรียนเป็นรายบุคคล การตรวจผลงาน และ 2) รูปแบบที่เป็นทางการ เช่น การใช้แบบสอบวินิจฉัย การย้อนรอยกระบวนการคิด (Susheva, 1995) ปัจจุบันกระบวนการวินิจฉัยส่วนใหญ่เน้นรูปแบบที่เป็นทางการโดยใช้แบบสอบวินิจฉัยโดยอิงทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ นักวิจัยทางการศึกษาได้มีการนำแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญามาใช้ในการวินิจฉัยมากขึ้น คำว่า พุทธิปัญญา (Cognition) แสดงถึงคุณลักษณะที่เป็นความรอบรู้ทางปัญญาของผู้เรียน เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด โมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnosis Models) เป็นโมเดลจิตมิติ (Psychometric Model) ที่ใช้เพื่อประเมินจุดแข็งและจุดอ่อนของผู้เรียน ซึ่งโมเดลดังกล่าวจะให้สารสนเทศ (Information) ในรูปแบบของโปรไฟล์คะแนนเพื่อนำไปใช้ในการติดตามความก้าวหน้า ออกแบบการเรียนรู้การสอน รวมถึงจัดกลุ่มเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะให้กับผู้เรียน (De La Torre, 2009)

นักวิจัยได้พัฒนาโมเดลเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไว้หลากหลาย เช่น DINA model, G-DINA model, DINO model, LCDM model และ Attribute hierarchy model โดยโมเดลที่ได้รับความนิยมมากกว่าโมเดลอื่น คือ DINA Model (Deterministic Inputs, Noisy And-gate) และ G-DINA (Generalized Deterministic Inputs, Noisy And-gate) เนื่องจากกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งโมเดลจิตมิติไอเอ็นเอ (G-DINA) พัฒนามาจากโมเดลดีไอเอ็นเอ (DINA Model) เนื่องจากโมเดลดีไอเอ็นเอให้ผลการวินิจฉัยผู้เรียนได้เพียงว่าผู้เรียนมีจุดอ่อนในคุณลักษณะ (Attribute) ใด แต่ไม่สามารถให้สารสนเทศได้ว่าคุณลักษณะใดมีจุดอ่อนมากหรือน้อยกว่ากัน ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาโมเดลจิตมิติไอเอ็นเอดังกล่าวขึ้น โมเดลทั้งสองมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน คือ โมเดลดีไอเอ็นเอมีการประมาณค่าพารามิเตอร์น้อยกว่า

โมเดลจิตไอเอ็นเอจึงเป็นโมเดลที่มีความประหยัด (Parsimonious) กว่าส่วนจุดเด่นของโมเดลจิตไอเอ็นเอ คือ คุณลักษณะสามารถชดเชยได้ด้วยคุณลักษณะที่สูงกว่าและให้สารสนเทศที่ละเอียดกว่าโมเดลจิตไอเอ็นเอ (Basokcu et al., 2013; De La Torre & Minchen, 2014) ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงเลือกใช้โมเดลจิตไอเอ็นเอในการวินิจฉัยผู้เรียน โดยวิชาที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัย คือ วิชาเคมี เนื่องจากเป็นวิชาที่ผู้เรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Chuephangam, 2001; Urasin & Supasom, 2011)

วิชาเคมีถือเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมีจำนวนมากมักเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เช่น เรื่องโครงสร้างอะตอมและพันธะเคมี ซึ่งค่อนข้างเป็นเรื่องนามธรรม ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนรู้เรื่องดังกล่าวแตกต่างกัน สำหรับการตรวจสอบความรู้ของผู้เรียนในเนื้อหาดังกล่าว ครูผู้สอนส่วนใหญ่จะใช้แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) ซึ่งนิยมออกแบบเพื่อวัดตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้เป็นลำดับแรก หลังจากนั้นจึงค่อยลงรายละเอียดแต่ละเรื่อง ทำให้การวัดคุณลักษณะไม่สอดคล้องกับลำดับขั้นในการเรียนรู้ ด้วยเหตุนี้การนำโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่เน้นการออกแบบเพื่อวัดคุณลักษณะที่มีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละเนื้อหาและความสัมพันธ์ตามลำดับขั้นการเรียนรู้ จึงมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยขั้นตอนของโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเริ่มต้นจากการกำหนดเมทริกซ์คิว (Q-matrix) หรือเมทริกซ์ที่กำหนดคุณลักษณะการรอบรู้หรือไม่รอบรู้ของข้อสอบในแต่ละคุณลักษณะ หลังจากนั้นนำผลการตอบข้อสอบมาดำเนินการวิเคราะห์ความรอบรู้และไม่รอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาในวิชาเคมี พบว่า เนื้อหาที่ผู้เรียนมักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือไม่รอบรู้ คือ เรื่องพันธะเคมีในประเด็นพันธะโคเวเลนต์ (Chuephangam, 2001; Urasin & Supasom, 2011; Peterson & Treagust, 1989) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์โดยการประยุกต์ใช้โมเดลจิตไอเอ็นเอ เพื่อนำแบบสอบดังกล่าวไปใช้ในการวินิจฉัยผู้เรียนว่ามีความรอบรู้หรือไม่รอบรู้เรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ในเนื้อหาใด อันจะนำไปสู่การวางแผนการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรอบรู้ครบถ้วนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยการประยุกต์ใช้โมเดลจิตไอเอ็นเอ

ขอบเขตของการศึกษา

เนื้อหาที่ใช้สร้างแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาค้างนี้สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะเคมี ผู้วิจัยเลือกสร้างเฉพาะเนื้อหาย่อย เรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ และกำหนดทักษะที่ใช้ในการตอบข้อสอบถูก 5 ทักษะ ได้แก่ 1) การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 2) การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์ 3) การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ 4) การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 5) การระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและตัวอย่างในการวิจัย

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

ตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 100 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากโรงเรียนที่ยินดีเป็นอาสาสมัครในการเก็บข้อมูลจำนวน 2 โรงเรียน โรงเรียนละ 50 คน รวมทั้งสิ้น 100 คน

2. เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) จำนวน 4 ตัวเลือก มีการให้คะแนนแบบสองค่า (Dichotomous) กล่าวคือ ตอบถูกได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน

3. ขั้นตอนการวิจัย

3.1 กำหนดมวเลเนื้อหาโดยการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2551 จากการวิเคราะห์เอกสาร ดังนี้ 1) หลักสูตรการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พ.ศ. 2551 2) หนังสือแบบเรียนเคมีเพิ่มเติม 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และ 3) คู่มือครูวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) หลังจากนั้นนำมากำหนดเนื้อหาในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยจำนวน 5 เรื่อง ได้แก่ 1) รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 2) มุมพันธะโคเวเลนต์ 3) สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ 4) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 5) จุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์

3.2 สร้างเมทริกซ์คิว (Q-matrix) ซึ่งแสดงถึงคุณลักษณะ (Attribute) ที่ต้องการวินิจฉัยในข้อสอบแต่ละข้อ โดยค่า 1 หมายถึง ต้องใช้คุณลักษณะที่กำหนดเพื่อตอบข้อสอบและค่า 0 หมายถึง ไม่ต้องใช้คุณลักษณะที่กำหนดในการตอบข้อสอบ สำหรับคุณลักษณะที่ต้องการวินิจฉัยประกอบด้วย 5 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 2) การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์ 3) การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ 4) การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 5) การระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์

3.3 พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยตามมวเลเนื้อหาและเมทริกซ์คิว จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ (Multiple Choices) 4 ตัวเลือก และมีรูปแบบการให้คะแนน 2 ค่า (Dichotomous) คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนนตอบผิดได้ 0 คะแนน

3.4 นำแบบสอบวินิจฉัยไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัย เรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ มีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ คือ 1) สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี จากคณะครุศาสตร์ สาขาวิชามัธยมศึกษา วิชาเอกเคมี หรือคณะวิทยาศาสตร์ วิชาเอกเคมี หรือ 2) สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโทขึ้นไป สาขาวิชาการศึกษา ประเมินผลการศึกษา หรือวิจัยการศึกษา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) จากความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะที่มุ่งวัดในแต่ละข้อ (Item Objective Congruence : IOC) ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่า IOC คือ มากกว่า 0.5 ($IOC > 0.5$) (Pasiphol, 2016) และให้คำแนะนำในเรื่องการใช้ภาษาและความถูกต้องของเนื้อหาตามหลักวิชาการ

3.5 ปรับปรุงแบบสอบวินิจฉัยเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจัดพิมพ์แบบสอบวินิจฉัยจำนวน 30 ข้อ และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน เพื่อหาคุณภาพด้านความยาก (Item Difficulty: P) เกณฑ์อยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ค่าอำนาจจำแนก (Item Discrimination: R) เกณฑ์มากกว่า 0.2 (Pasiphol, 2016) และค่าความเที่ยง (Reliability) เกณฑ์มากกว่า 0.5 ตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) (Kanjawasee, 2013) ซึ่งจากการนำไปทดลองใช้พบว่าข้อสอบมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ข้อสามารถนำไปใช้ทดสอบได้

3.6 นำแบบสอบวินิจฉัยที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้วไปเก็บข้อมูลกับตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 100 คน ซึ่งแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 4 ครั้ง ครั้งละ 25 คน โดยการทดสอบแต่ละครั้งใช้เวลา 60 นาที

3.7 นำผลการทดสอบไปวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบด้านความตรงตามเนื้อหา ความยากอำนาจจำแนก และความเที่ยง

3.8 ตรวจสอบคุณภาพแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลจีดีไอเอ็นเอ (G-DINA)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์คุณภาพแบบสอบวินิจฉัยด้านความตรงตามเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะที่มุ่งวัดในแต่ละข้อ (Item Objective Congruence) ด้วยค่า IOC

2. วิเคราะห์คุณภาพแบบสอบวินิจฉัยด้วยค่าความยาก อำนาจจำแนก และด้านความเที่ยงด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient)

3. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลจีดีไอเอ็นเอ (G-DINA)

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านความตรงตามเนื้อหา

ผลการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน โดยใช้ค่า IOC ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินคือ ค่า IOC มากกว่า 0.50 พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ค่า IOC

ข้อที่	ค่า IOC	คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อที่	ค่า IOC	คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ
1	1.00		16	1.00	
2	1.00	ปรับตัวเลือกให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ	17	1.00	
3	1.00		18	1.00	
4	1.00		19	1.00	
5	1.00		20	1.00	
6	0.67		21	1.00	
7	1.00		22	1.00	
8	1.00		23	1.00	ปรับภาษาในข้อคำถามให้ชัดเจน
9	1.00		24	0.67	ปรับภาษาในข้อคำถามให้ชัดเจน
10	1.00		25	1.00	
11	0.67	ปรับตัวเลือกให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ	26	0.67	ปรับตัวเลือกให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ
12	1.00		27	0.67	ปรับตัวเลือกที่ผิดอย่างเด่นชัด
13	1.00		28	0.67	ปรับตัวเลือกให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ
14	1.00		29	1.00	
15	1.00		30	0.67	ปรับตัวเลือกที่ผิดอย่างเด่นชัด

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบด้วยค่าความยากและอำนาจจำแนก

การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาใช้ค่าความยาก (Item Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Item Discrimination) ผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.36 - 0.79 แสดงว่าแบบสอบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยข้อสอบที่มีระดับความยากที่เหมาะสม และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.24 แสดงว่าข้อสอบสามารถจำแนกกลุ่มผู้สอบในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้พอใช้

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านความเที่ยง

ผลการตรวจคุณภาพด้านความเที่ยงด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.84 แสดงว่าแบบสอบที่พัฒนาขึ้น มีความคงเส้นคงวาในการนำไปวัดซ้ำหรือมีคุณภาพด้านความเที่ยง

ตอนที่ 4 ผลการพัฒนาเมทริกซ์คิว

เมทริกซ์คิว (Q-matrix) ที่แสดงถึงคุณลักษณะ (attribute) ที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบแต่ละข้อ ประกอบด้วย 5 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 2) การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์ 3) การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ 4) การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 5) การระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ รายละเอียดแสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 Q-matrix ของแบบสอบวินิจฉัยเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์

ข้อที่	การระบุรูปร่างโมเลกุล โคเวเลนต์ (1)	การระบุขนาดมุมพันธะ โคเวเลนต์ (2)	การระบุสภาพขั้วของ โมเลกุล โคเวเลนต์ (3)	การระบุแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างโมเลกุล โคเวเลนต์ (4)	การระบุจุดเดือดจุด หลอมเหลวของโมเลกุล โคเวเลนต์ (5)
1	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0
7	1	1	0	0	0
8	1	1	0	0	0
9	0	1	0	0	0
10	1	1	0	0	0
11	1	1	0	0	0
12	1	1	0	0	0
13	0	0	1	0	0
14	0	0	1	0	0
15	1	0	1	0	0
16	1	0	1	0	0
17	1	0	1	0	0
18	0	0	1	0	0
19	1	0	1	0	0
20	0	0	1	0	0
21	1	0	1	0	0
22	0	0	1	1	0
23	1	0	1	1	1
24	0	0	0	1	0
25	1	0	1	1	1
26	0	0	0	0	1
27	1	0	1	1	1
28	0	0	0	1	1
29	1	0	1	1	0
30	1	0	1	1	1

หมายเหตุ: 1 หมายถึง คุณลักษณะที่ต้องการวัด และ 0 หมายถึง คุณลักษณะที่ไม่ต้องการวัด

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบด้วยโมเดลจิติโอเอ็นเอ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้วยโมเดลจิติโอเอ็นเอ ประกอบด้วย จิติโอเอ็นเอพารามิเตอร์ ความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่ม (Class Probability) ความยากของคุณลักษณะ (Attribute Difficulty) และความถูกต้องในการจำแนก (Classification Accuracy) โดยมีรายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

ตาราง 3 จีดีไอเอ็นเอพารามิเตอร์

ข้อ	คุณลักษณะ	รูปแบบ ความรู้	ความน่าจะเป็น	ข้อ	คุณลักษณะ	รูปแบบ ความรู้	ความน่า จะเป็น	ข้อ	คุณลักษณะ	รูปแบบ ความรู้	ความน่า จะเป็น
V1	V1	A0	0.132	V17	V1-V3	A11	0.942	V25	V1-V3-V4-V5	A0111	0.000
V1	V1	A1	0.953	V18	V3	A0	0.179	V25	V1-V3-V4-V5	A1111	0.989
V2	V1	A0	0.133	V18	V3	A1	0.828	V26	V5	A0	0.376
V2	V1	A1	0.859	V19	V1-V3	A00	0.600	V26	V5	A1	0.856
V3	V1	A0	0.399	V19	V1-V3	A10	0.187	V27	V1-V3-V4-V5	A0000	0.000
V3	V1	A1	0.859	V19	V1-V3	A01	0.000	V27	V1-V3-V4-V5	A1000	0.000
V4	V1	A0	0.000	V19	V1-V3	A11	1.000	V27	V1-V3-V4-V5	A0100	0.000
V4	V1	A1	0.929	V20	V3	A0	0.000	V27	V1-V3-V4-V5	A0010	0.000
V5	V1	A0	0.000	V20	V3	A1	0.965	V27	V1-V3-V4-V5	A0001	0.000
V5	V1	A1	0.894	V21	V1-V3	A00	0.600	V27	V1-V3-V4-V5	A1100	0.000
V6	V1	A0	0.867	V21	V1-V3	A10	0.187	V27	V1-V3-V4-V5	A1010	0.000
V6	V1	A1	0.918	V21	V1-V3	A01	0.000	V27	V1-V3-V4-V5	A1001	0.000
V7	V1-V2	A00	1.000	V21	V1-V3	A11	0.957	V27	V1-V3-V4-V5	A0110	0.000
V7	V1-V2	A10	0.000	V22	V3-V4	A00	1.000	V27	V1-V3-V4-V5	A0101	0.000
V7	V1-V2	A01	0.139	V22	V3-V4	A10	0.123	V27	V1-V3-V4-V5	A0011	0.000
V7	V1-V2	A11	0.969	V22	V3-V4	A01	0.199	V27	V1-V3-V4-V5	A1110	0.197
V8	V1-V2	A00	0.000	V22	V3-V4	A11	0.960	V27	V1-V3-V4-V5	A1011	0.000
V8	V1-V2	A10	0.095	V23	V1-V3-V4-V5	A0000	0.000	V27	V1-V3-V4-V5	A1101	0.000
V8	V1-V2	A01	0.216	V23	V1-V3-V4-V5	A1000	0.000	V27	V1-V3-V4-V5	A0111	0.000
V8	V1-V2	A11	0.860	V23	V1-V3-V4-V5	A0100	0.000	V27	V1-V3-V4-V5	A1111	0.403
V9	V2	A0	0.269	V23	V1-V3-V4-V5	A0010	0.000	V28	V4-V5	A00	0.174
V9	V2	A1	0.912	V23	V1-V3-V4-V5	A0001	0.000	V28	V4-V5	A10	0.210
V10	V1-V2	A00	0.000	V23	V1-V3-V4-V5	A1100	0.106	V28	V4-V5	A01	0.044
V10	V1-V2	A10	0.192	V23	V1-V3-V4-V5	A1010	0.000	V28	V4-V5	A11	0.859
V10	V1-V2	A01	0.213	V23	V1-V3-V4-V5	A1001	0.000	V29	V1-V3-V4	A000	0.000

ข้อ	คุณลักษณะ	รูปแบบ ความรู้	ความน่าจะเป็น	ข้อ	คุณลักษณะ	รูปแบบ ความรู้	ความน่า จะเป็น	ข้อ	คุณลักษณะ	รูปแบบ ความรู้	ความน่า จะเป็น
V10	V1-V2	A11	0.828	V23	V1-V3-V4-V5	A0110	0.000	V29	V1-V3-V4	A100	0.000
V11	V1-V2	A00	0.131	V23	V1-V3-V4-V5	A0101	0.000	V29	V1-V3-V4	A010	0.000
V11	V1-V2	A10	0.098	V23	V1-V3-V4-V5	A0011	0.000	V29	V1-V3-V4	A001	0.000
V11	V1-V2	A01	1.000	V23	V1-V3-V4-V5	A1110	0.320	V29	V1-V3-V4	A110	0.000
V11	V1-V2	A11	0.969	V23	V1-V3-V4-V5	A1011	0.000	V29	V1-V3-V4	A101	0.000
V12	V1-V2	A00	0.000	V23	V1-V3-V4-V5	A1101	0.000	V29	V1-V3-V4	A011	0.000
V12	V1-V2	A10	0.097	V23	V1-V3-V4-V5	A0111	0.000	V29	V1-V3-V4	A111	0.799
V12	V1-V2	A01	0.213	V23	V1-V3-V4-V5	A1111	1.000	V30	V1-V3-V4-V5	A0000	0.000
V12	V1-V2	A11	0.984	V24	V4	A0	0.002	V30	V1-V3-V4-V5	A1000	0.000
V13	V3	A0	0.000	V24	V4	A1	0.985	V30	V1-V3-V4-V5	A0100	0.000
V13	V3	A1	0.925	V25	V1-V3-V4-V5	A0000	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A0010	0.000
V14	V3	A0	0.220	V25	V1-V3-V4-V5	A1000	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A0001	0.000
V14	V3	A1	0.907	V25	V1-V3-V4-V5	A0100	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A1100	0.213
V15	V1-V3	A00	0.000	V25	V1-V3-V4-V5	A0010	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A1010	0.000
V15	V1-V3	A10	0.062	V25	V1-V3-V4-V5	A0001	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A1001	0.000
V15	V1-V3	A01	0.000	V25	V1-V3-V4-V5	A1100	0.053	V30	V1-V3-V4-V5	A0110	0.000
V15	V1-V3	A11	0.797	V25	V1-V3-V4-V5	A1010	0.017	V30	V1-V3-V4-V5	A0101	0.000
V16	V1-V3	A00	0.000	V25	V1-V3-V4-V5	A1001	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A0011	0.000
V16	V1-V3	A10	0.125	V25	V1-V3-V4-V5	A0110	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A1110	0.295
V16	V1-V3	A01	0.150	V25	V1-V3-V4-V5	A0101	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A1011	0.000
V16	V1-V3	A11	0.884	V25	V1-V3-V4-V5	A0011	0.000	V30	V1-V3-V4-V5	A1101	0.000
V17	V1-V3	A00	0.162	V25	V1-V3-V4-V5	A1110	0.209	V30	V1-V3-V4-V5	A0111	0.000
V17	V1-V3	A10	0.188	V25	V1-V3-V4-V5	A1011	0.207	V30	V1-V3-V4-V5	A1111	0.781
V17	V1-V3	A01	0.245	V25	V1-V3-V4-V5	A1101	0.000				

จากตาราง 3 แสดงถึงพารามิเตอร์ของโมเดลจีดีไอเอ็นเอ โดยคอลัมน์คุณลักษณะ คือ รายละเอียดของคุณลักษณะที่จำเป็นต้องมีในข้อนั้นเพื่อให้ผู้สอบสามารถตอบข้อสอบข้อนั้นถูก กล่าวอีกนัยหนึ่งคือมีความรอบรู้ตามคุณลักษณะที่กำหนด คอลัมน์

รูปแบบความรู้ คือ รูปแบบความรู้ที่จำเป็นต้องมีในแต่ละข้อ โดยค่า 1 หมายถึง มีความรู้และค่า 0 หมายถึง ไม่มีความรู้ และคอลัมน์ความน่าจะเป็น คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบสามารถตอบข้อสอบนั้นถูกหรือผิดตามรูปแบบความรู้ เช่น ข้อ 1 ต้องการคุณลักษณะที่ 1 (V1) เพื่อตอบข้อสอบข้อที่ 1 ได้ถูกต้อง โดยมีความน่าจะเป็นของรูปแบบความรู้ A1 เป็น 0.953 และความน่าจะเป็นของรูปแบบความรู้ A0 เป็น 0.132 แสดงว่าโอกาสที่ผู้สอบสามารถเดาคำตอบในข้อสอบข้อที่ 1 ได้ถูกโดยไม่มีความรู้คิดเป็นร้อยละ 13.2 และมีโอกาสที่จะตอบข้อสอบข้อที่ 1 ถูกโดยมีความรู้คิดเป็นร้อยละ 95.3

ตาราง 4 ความน่าจะเป็นในการจัดเข้ากลุ่ม (Class Probability)

Latent Class	Attribute Profile	Class Probability	Class Expected Frequency
1	00000	0.001	0.076
2	10000	0.000	0.003
3	01000	0.005	0.514
4	11000	0.005	0.452
5	00100	0.012	1.162
6	10100	0.006	0.623
7	01100	0.013	1.265
8	11100	0.168	16.773
9	00010	0.010	0.989
10	10010	0.001	0.069
11	01010	0.015	1.529
12	11010	0.026	2.628
13	00110	0.033	3.327
14	10110	0.035	3.481
15	01110	0.008	0.826
16	11110	0.214	21.401
17	00001	0.002	0.227
18	10001	0.001	0.081
19	01001	0.001	0.113
20	11001	0.010	0.992
21	00101	0.003	0.295
22	10101	0.016	1.581
23	01101	0.000	0.024
24	11101	0.031	3.127
25	00011	0.046	4.582
26	10011	0.032	3.184
27	01011	0.005	0.520
28	11011	0.089	8.940
29	00111	0.013	1.309
30	10111	0.137	13.704
31	01111	0.000	0.024
32	11111	0.062	6.183

จากตาราง 4 แสดงถึงความเป็นไปได้ในการจัดเข้ากลุ่ม (Class Probability) โดยจำนวนกลุ่ม (Class) ทั้งหมดที่สามารถจัดได้ คือ $2^5 = 32$ กลุ่มแฝง (Latent Class) โดยแบ่งโปรไฟล์ตามคุณลักษณะ (Attribute Profile) สำหรับรูปแบบโปรไฟล์ (Profile) ที่มีความน่าจะเป็นสูงที่สุดที่ผู้สอบจะถูกจัดอยู่ในกลุ่ม คือ รูปแบบโปรไฟล์ที่ 16 มีรูปแบบเป็น 11110 คิดเป็นร้อยละ 21.40 หมายความว่าผู้สอบต้องใช้คุณลักษณะ 4 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 2) การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์ 3) การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 4) การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ เพื่อตอบข้อสอบให้ถูก

ตาราง 5 ความน่าจะเป็นของความรอบรู้ตามคุณลักษณะ (Attribute Mastery Probabilities)

ผู้สอบ	Pattern	mle.est	mle.post	map.est	map.post	postattr 1	postattr 2	postattr 3	postattr 4	postattr 5
70	111111100011111000000000000000	11110	0.997	11110	0.999	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
26	100111111011110000000000000000	11111	0.925	11111	0.780	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.780
23	011111111111100000000000000000	11110	0.996	11110	0.999	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.001
13	000110100011111010000000000000	11110	0.998	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
25	100111111011110000000000000000	11111	0.590	11110	0.707	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.293
22	011110111111100000000000000000	11110	0.528	11110	0.795	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.205
88	111111111111110000000000000000	11110	0.995	11110	0.999	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.001
27	101001001111010000000000000000	01110	0.463	1110	0.498	0.01608	1.000	0.505	0.990	0.081
16	001001001010010010000000000000	01000	0.743	1000	0.817	0.00000	1.000	0.128	0.016	0.049
50	111101001111011000000000000000	11011	0.768	11011	0.918	1.00000	0.954	0.000	0.999	0.964
17	001001011010010100000000000000	01101	0.718	1100	0.955	0.00000	1.000	1.000	0.000	0.045
60	111111000000110000000000000000	10100	0.712	10101	0.491	1.00000	0.000	1.000	0.026	0.491
38	110110001000011000000000000000	10100	0.873	10100	0.707	1.00000	0.000	1.000	0.050	0.243
76	111111110111110000000000000000	11110	0.711	11110	0.895	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.105
56	111101111111110000000000000000	11110	0.986	11110	0.996	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.004
74	111111110111011000000000000000	11110	0.971	11110	0.992	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.008
72	111111101111110000000000000000	11110	0.998	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
46	111010001111010000000000000000	11000	0.691	11000	0.633	1.00000	0.995	0.000	0.011	0.357
15	001001001010000010000000000000	01110	0.509	1110	0.970	0.00000	1.000	1.000	0.999	0.028
71	111111101101111000000000000000	11110	0.999	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
85	111111111111110000000000000000	11110	0.946	11110	0.984	1.00000	1.000	1.000	0.984	0.006
83	111111111111110000000000000000	11110	0.992	11110	0.994	1.00000	1.000	1.000	0.994	0.000
84	111111111111110000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
37	110101111011110000000000000000	11110	0.946	11110	0.984	1.00000	1.000	1.000	0.984	0.006
89	111111111111110000000000000000	11111	0.966	11111	0.891	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.891
64	111111000000110000000000000000	10111	0.970	10111	0.993	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.993
78	111111111111000000000000000000	11011	0.988	11011	0.997	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.997
18	001001100010000000000000000000	00010	0.652	11	0.658	0.00000	0.049	0.000	1.000	0.665
1	111111000000111000000000000000	10111	0.999	10111	1.000	1.00000	0.000	1.000	1.000	1.000
68	111111001000111000000000000000	10111	0.971	10111	0.993	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.993
41	110111111111000000000000000000	11011	0.988	11011	0.997	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.997
77	111111111111100000000000000000	11011	0.988	11011	0.997	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.997
87	111111111111110000000000000000	11110	0.999	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
24	100001100000000000000000000000	00010	0.959	10	0.811	0.00000	0.000	0.000	1.000	0.189
2	111111111111110000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
12	000001101010000001000000000000	01010	0.495	1010	0.514	0.00000	0.593	0.000	1.000	0.360
3	111111111111110000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
39	110111000000111000000000000000	10111	0.996	10111	0.999	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.999
6	111111111111000000000000000000	11011	0.883	11011	0.963	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.963
19	010001100000000000000000000000	00010	0.706	11	0.692	0.00000	0.000	0.000	1.000	0.692

ผู้สอบ	Pattern	mle.est	mle.post	map.est	map.post	postattr 1	postattr 2	postattr 3	postattr 4	postattr 5
2.1	111111111111110000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
3.1	111111111111111000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
5	111111000000111000000000000000	10111	0.996	10111	0.999	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.999
33	101111101111100000000000000000	11011	0.883	11011	0.963	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.963
66	111111000100111000000000000000	10111	0.970	10111	0.993	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.993
80	111111111111111000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
48	111011110111111000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
20	010001100000010000000000000000	00010	0.706	11	0.692	0.00000	0.000	0.000	1.000	0.692
75	111111111011111000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
58	111110111111111000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
4	000001101000110001010000000000	00111	0.902	111	0.806	0.00000	0.000	1.000	1.000	0.806
1.1	111111000000111000000000000000	10111	0.999	10111	1.000	1.00000	0.000	1.000	1.000	1.000
35	101111110111100000000000000000	11011	0.883	11011	0.963	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.963
8	111111111111111000000000000000	11100	0.717	11100	0.935	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.064
51	111101111011111000000000000000	11100	0.717	11100	0.935	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.064
86	111111111111111000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
43	110111111111111000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
31	101111000000111000000000000000	10111	0.996	10111	0.999	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.999
28	101011101111100000000000000000	11011	0.883	11011	0.963	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.963
2.2	111111111111111000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
69	111111010010111000000000000000	10111	0.986	10111	0.996	1.00000	0.001	1.000	1.000	0.997
67	111111000101000000000000000000	10011	0.882	10011	0.995	1.00000	0.003	0.000	1.000	0.997
47	111011010010111000000000000000	10111	0.986	10111	0.996	1.00000	0.001	1.000	1.000	0.997
32	101111000101000000000000000000	10011	0.882	10011	0.995	1.00000	0.003	0.000	1.000	0.997
8.1	111111111111111000000000000000	11100	0.717	11100	0.935	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.064
52	111101111111111000000000000000	11100	0.717	11100	0.935	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.064
81	111111111111111000000000000000	11100	0.717	11100	0.935	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.064
14	001000101000110000000000000000	00110	0.509	110	0.698	0.00000	0.000	1.000	1.000	0.301
55	111101111111111000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
79	111111111111101000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
1.2	111111000000111000000000000000	10111	0.999	10111	1.000	1.00000	0.000	1.000	1.000	1.000
59	111111000000000000000000000000	10011	0.883	10011	0.997	1.00000	0.000	0.000	1.000	0.997
10	000001101000000000000000000000	00011	0.895	11	0.980	0.00000	0.000	0.001	1.000	0.980
11	000001101000010000000000000000	00011	0.851	11	0.961	0.00000	0.000	0.020	1.000	0.977
40	110111110111110000000000000000	11111	0.925	11111	0.780	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.780
21	011011111111110000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
3.2	111111111111111000000000000000	11110	1.000	11110	1.000	1.00000	1.000	1.000	1.000	0.000
57	111110110111111000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
5.1	111111000000111000000000000000	10111	0.996	10111	0.999	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.999
42	110111111111000000000000000000	11011	0.883	11011	0.963	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.963
54	111101111111110000000000000000	11100	0.999	11100	0.999	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.000
7	111111111111111000000000000000	11100	0.999	11100	1.000	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.000
36	101111111111110000000000000000	11100	0.712	11100	0.925	1.00000	1.000	1.000	0.011	0.064
82	111111111111111000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
4.1	000001101000110001010000000000	00111	0.902	111	0.806	0.00000	0.000	1.000	1.000	0.806
62	111111000000110000000000000000	10111	0.970	10111	0.993	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.993
61	111111000000011000000000000000	10111	0.996	10111	0.999	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.999
34	101111101111100000000000000000	11011	0.877	11011	0.963	1.00000	1.000	0.000	0.999	0.963
65	111111000100101000000000000000	10111	0.970	10111	0.993	1.00000	0.000	1.000	1.000	0.993
44	110111111111111000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399

ผู้สอบ	Pattern	mle.est	mle.post	map.est	map.post	post.attr	post.attr	post.attr	post.attr	post.attr
						1	2	3	4	5
30	101110110111000000000000000000	11010	0.562	11011	0.730	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.730
49	111011111111110000000000000000	11100	0.997	11100	0.999	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.001
29	101101111011110000000000000000	11100	0.999	11100	0.999	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.000
53	111101111111110000000000000000	11101	0.792	11100	0.601	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.399
7.1	111111111111110000000000000000	11100	0.999	11100	1.000	1.00000	1.000	1.000	0.000	0.000
63	111111000000111000000000000000	10111	0.999	10111	1.000	1.00000	0.000	1.000	1.000	1.000
6.1	111111111111100000000000000000	11011	0.883	11011	0.963	1.00000	1.000	0.000	1.000	0.963
73	111111111010111000000000000000	11111	0.986	11111	0.955	1.00000	0.998	1.000	1.000	0.957
9	000000101000110001010000000000	00110	0.703	110	0.842	0.00000	0.000	1.000	0.999	0.157
45	110111111111110000000000000000	11100	0.999	11100	0.999	1.00000	1.000	1.000	0.001	0.000

จากตาราง 5 แสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นของความรอบรู้ตามคุณลักษณะ (Attribute Mastery Probabilities) ของผู้สอบแต่ละคนตามรูปแบบการตอบ เช่น ผู้สอบคนที่มีรูปแบบการตอบแบบที่ 70 (111111100011111000000000000000) มีความน่าจะเป็นที่จะมีคุณลักษณะ (Attribute) ที่ 1 ถึง 5 ดังนี้ คุณลักษณะที่ 1 (การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์) มีความน่าจะเป็นที่จะมีคุณลักษณะเท่ากับ 1.000 คุณลักษณะที่ 2 (การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์) มีความน่าจะเป็นที่จะมีคุณลักษณะเท่ากับ 1.00 คุณลักษณะที่ 3 (การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์) มีความน่าจะเป็นที่จะมีคุณลักษณะเท่ากับ 1.000 คุณลักษณะที่ 4 (การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์) มีความน่าจะเป็นที่จะมีคุณลักษณะเท่ากับ 1.000 และ คุณลักษณะที่ 5 (การระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์) มีความน่าจะเป็นที่จะมีคุณลักษณะเท่ากับ 0.000 ตามลำดับ

ตาราง 6 ความยากของคุณลักษณะ (Attribute Difficulty)

คุณลักษณะ	ความน่าจะเป็น
การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (1)	0.832
การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์ (2)	0.653
การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ (3)	0.751
การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ (4)	0.727
การระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ (5)	0.449

จากตาราง 6 แสดงให้เห็นว่าผู้สอบส่วนใหญ่มีความรอบรู้การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 83.2 รองลงมาได้แก่ การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์ และการระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ คิดเป็นร้อยละ 75.1, 72.7, 65.3 และ 44.9 ตามลำดับ

ตาราง 7 ความถูกต้องในการจำแนก (Classification Accuracy)

รายการ	ความน่าจะเป็นในการจำแนก
แบบสอบทั้งฉบับ (Test)	0.930
คุณลักษณะที่ 1	1.00
คุณลักษณะที่ 2	0.997
คุณลักษณะที่ 3	0.996
คุณลักษณะที่ 4	0.997
คุณลักษณะที่ 5	0.934

จากตาราง 7 แสดงถึงความถูกต้องในการจำแนก (Classification Accuracy) หรือความน่าจะเป็นที่จะจำแนกผู้สอบเข้ากลุ่มได้ถูกต้อง โดยแบบสอบทั้งฉบับ (Test) มีความน่าจะเป็นที่จะจัดผู้สอบได้ถูกต้อง 0.93 กล่าวคือ แบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นสามารถจำแนกผู้สอบเข้ากลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 93 และเมื่อพิจารณาความถูกต้องในการจำแนกเข้ากลุ่มรายคุณลักษณะ พบว่า มีค่าความน่าจะเป็นในการจำแนกผู้สอบได้ถูกต้องตามคุณลักษณะอยู่ระหว่าง 0.93 ถึง 1.0 หรือคิดเป็นร้อยละ 93-100 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าแบบสอบวินิจฉัยทางการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์มีคุณภาพที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้วินิจฉัยความสามารถของผู้เรียนทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

อภิปรายผล

แบบสอบผลสัมฤทธิ์แบบดั้งเดิมเน้นการประเมินผลแบบสรุปรวม (Summative Assessment) ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากสารสนเทศที่ได้จากการสอบได้มากเท่าที่ควร จึงได้มีการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาขึ้น เพื่อนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้ในการประเมินผลระหว่างเรียน (Summative Assessment) และให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) ไปยังผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเอง รวมถึงผู้สอนสามารถจัดรูปแบบการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียน งานวิจัยฉบับนี้จึงได้นำแนวคิดดังกล่าวมาพัฒนาเป็นแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของ Chuephangam (2001); Urasin and Supasom (2011) ที่ระบุว่าเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นเนื้อหาที่ผู้เรียนมักมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือไม่รอบรู้ ในการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยได้มีการกำหนดเนื้อหาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ 5 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) การระบุรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ 2) การระบุขนาดมุมพันธะโคเวเลนต์ 3) การระบุสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ 4) การระบุแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และ 5) การระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ หลังจากนั้นดำเนินการพัฒนามาตรিকคิว (Q-matrix) ตามคุณลักษณะที่กำหนด

ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยด้านความตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อสอบทุกข้อผ่านเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 แสดงให้เห็นว่าแบบสอบวินิจฉัยสามารถวัดได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยด้านความยากและอำนาจจำแนก พบว่า มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.36 - 0.79 สอดคล้องกับ Bloom (1971) ที่ระบุว่าแบบสอบวินิจฉัยควรมีระดับความยากปานกลาง และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.24 แสดงว่าข้อสอบมีคุณภาพรายข้อด้านอำนาจจำแนกในระดับพอใช้ กล่าวคือสามารถจำแนกกลุ่มผู้สอบในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้ (Pasiphol, 2016) ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยด้านความเที่ยง พบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.84 แสดงว่าแบบสอบที่พัฒนาขึ้น มีความคงเส้นคงวาในการนำไปวัดซ้ำ

ผลการตรวจสอบคุณภาพด้วยโมเดลจิติโอเอ็นเอ พบว่า แบบสอบวินิจฉัยทั้งฉบับมีความน่าจะเป็นในการจัดกลุ่มผู้สอบได้ถูกต้อง 0.93 หรือสามารถจำแนกผู้สอบเข้ากลุ่มได้ถูกต้องร้อยละ 93 และเมื่อพิจารณาความถูกต้องในการจำแนกเข้ากลุ่มรายคุณลักษณะ พบว่า มีค่าความน่าจะเป็นในการจำแนกผู้สอบได้ถูกต้องตามคุณลักษณะอยู่ระหว่าง 0.93 ถึง 1.0 หรือคิดเป็นร้อยละ 93 - 100 หมายความว่าแบบสอบวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบสอบวินิจฉัยที่มีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพโมเดลแบบสอบวินิจฉัยของ Chaimongkol (2017); Wang et al. (2015) ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์มีคุณภาพที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้วินิจฉัยความสามารถของผู้เรียนทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนวิชาเคมีหรือผู้ที่สนใจทั่วไปสามารถนำแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ไปใช้วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนและนำผลการวินิจฉัยที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนสอนให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์เรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ถูกต้องต่อไป

1.2 ครูผู้สอนวิชาเคมีหรือผู้ที่สนใจทั่วไปสามารถนำแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเรียบร้อยแล้ว ไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการประเมินระหว่างเรียน (Formative Assessment) เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนได้รับข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) จากผลการวินิจฉัย และนำไปสู่การวางแผนพัฒนาตนเองก่อนมีการประเมินแบบสรุปรวม (Summative Assessment)

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งถัดไป

2.1 จากผลการวิจัย พบว่า การระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นเรื่องที่ผู้เรียนยังมีความรอบรู้ไม่ถึงร้อยละ 50 ดังนั้น ควรมีการนำข้อค้นพบที่ได้จากผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวัตกรรมการเรียนการสอนเรื่องการระบุจุดเดือดจุดหลอมเหลวของโมเลกุลโคเวเลนต์ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ในเรื่องดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น

2.2 แบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องโมเลกุลโคเวเลนต์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบประเภทใช้กระดาษในการทดสอบ (Paper-Based Test) ดังนั้น ในการวิจัยครั้งถัดไปควรพัฒนาแบบสอบเป็นระบบออนไลน์เพื่อให้สามารถรายงานผลการวินิจฉัยให้กับผู้เรียนได้ทันทีหลังจากจบการทดสอบ

References

- Basokcu, T. O., Ogretmen, T., & Kelecioğlu, H. (2013). Model data fit comparison between DINA and G-DINA in cognitive diagnostic models. *Education Journal*, 2(6), 256-262.
- Bloom, B. S. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill.
- Chaimongkol, N. (2017). Cognitive diagnostic assessment. *Social Science Research Association of Thailand*, 4(1), 14-23. [in Thai]
- Chuephangam, M. (2001). *Analysis of misconception in chemistry of mathayomsuksa 5 students* (Master thesis). Chiang Mai: Chiang Mai University. [in Thai]
- De La Torre, J. (2009). DINA model and parameter estimation: A didactic. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 34(1), 115-130.
- De La Torre, J., & Minchen, N. (2014). Cognitively diagnostic assessments and the cognitive diagnosis model framework. *Psicologia Educativa*, 20, 89-97.
- Kanjanawasee, S. (2013). *Classical test theory*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- Miller, M. D., Linn, R. L., & Gronlund, N., E. (2009). *Measurement and assessment in teaching* (10th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Ministry of Education. (2002). *The National Education Act of 1999, as amended (No.2) Act 2002 and related regulations and compulsory education Act 2002*. Bangkok: Express Transportation Organization of Thailand (ETO). [in Thai]
- Office of Teacher Development and Basic Education Personnel. (2011). *Teacher competency assessment manual*. Bangkok: Office of the Basic Education Commission. [in Thai]
- Pasiphol, C. (2016). *Measuring and evaluating learning outcomes*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. [in Thai]
- Peterson, R. F., & Treagust, D. F. (1989). Grade-12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *Journal of Chemical Education*, 66(6), 459-460.

- Susheva, S. (1995). *The Development of diagnostic method for detecting mathematical misconception* (Doctoral dissertation). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Urasin, S., & Supasorn, S. (2011). Comparing students' conceptions of chemical bonds prior and after the implementation of paper-based T5 learning model. *KKU Research Journal*, 1(1), 38-57. [in Thai]
- Wang, W., Song, L., Chen, P., Meng, Y., & Ding, S. (2015). Attribute-level and pattern-level classification consistency and accuracy indices for cognitive diagnostic assessment. *Journal of Educational Measurement*, 52, 457-476.