

การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*

Quality Inspection of an Integrated Science Process Skills Test for G10-12 Student

กุลนิดา ศรีคำเวียง¹, พงศ์เทพ จิระโร², เสกสรรค์ ทองคำบรรจง³

Kunnida Srikamwiang¹, Pongthep Jiraro², Sakesan Tongkhambanchong³

Received: 10 April 2019

Revised: 27 May 2019

Accepted: 8 June 2019

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ: การวัดและแนวทางการส่งเสริม มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2,987 คน ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้คือ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ที่เป็นข้อสอบแบบอัตนัย ดัชนีที่ใช้ได้แก่ สถิติพื้นฐาน คือ OUTFIT MNSQ, INFIT MNSQ สถิติตรวจสอบความเหมาะสม คือ EAP, AIC, BIC และ G^2

ผลการวิจัยพบว่า

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติภายในข้อคำถาม (within-items multidimensionality) จำนวน 20 ข้อ มีความเที่ยงแบบ EAP เท่ากับ 0.983 ทุกข้อมีค่า MNSQ อยู่ในช่วง 0.93-1.07 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบพหุมิติ ($G^2 = 12748.769$, AIC = 12938.769, BIC = 13077.659) และโมเดลแบบเอกมิติ ($G^2 = 12988.649$, AIC = 13150.648, BIC = 13269.071) พบว่าโมเดลการวัดแบบพหุมิติ มีค่า G^2 ค่า AIC และค่า BIC น้อยกว่าโมเดลการวัดแบบเอกมิติ ซึ่งเป็น

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในระดับปรัชญาดุษฎีบัณฑิต เรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ: การวัดและแนวทางการส่งเสริม ของกุลนิดา ศรีคำเวียง

¹ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิจัย วัดผล และสถิติการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

³ อาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

¹ Ph.D. Student, Doctoral Program in Educational Research, Measurement and Statistics, Faculty of Education, Burapha University. E-mail: namtan_wan@hotmail.com

² Assistant Professor Faculty of Education, Burapha University

³ Lecturer, Faculty of Education, Burapha University

ตัวบ่งชี้ว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มีความเหมาะสมกับโมเดลการวัดแบบพหุมิติ

คำสำคัญ : ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ, โมเดลการวัดแบบพหุมิติ

Abstract

This research article is a part of a dissertation entitled “Integrated Science Process Skill Measurement and Approach”. The objective of the project was to devise a quality inspection of an integrated science process skill test by using a multidimensional analysis model. Sample size was 2,897 high school students selected using multi-stage random sampling. Research tool was an essay about integrated science process skill tests. Data analysis was completed using OUTFIT MNSQ and INFIT MNSQ indexes. Validation statistics were EAP, AIC, BIC and G^2 .

This study showed 20 items of an integrated science process skill test for high school students, using within-items multidimensionality, registered a 0.983 EAP reliability and 0.93-1.07 MNSQ which were acceptable. The multidimensional analysis model ($G^2 = 12748.769$, AIC = 12938.769, BIC = 13077.659) had deviance statistics, AIC and BIC were lower than unidimensional analysis model ($G^2 = 12988.649$, AIC = 13150.648, BIC = 13269.071). This indicated that an integrated science process skill test was suited for multidimensional analysis.

Keywords: Integrated Science Process Skills/Multidimensional Analysis Model

บทนำ

ปัจจุบันนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การปรับหลักสูตรและแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมพลเมืองในอนาคตของชาติสำหรับการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตใน สังคมโลกแห่งศตวรรษที่ 21 (สสวท, 2560)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการหรือความสามารถที่สำคัญที่ใช้ในการหาคำตอบ หรือ ศึกษาเรียนรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และนับว่าเป็นความสามารถพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิต ผู้ที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะสามารถนำมาใช้ใน

การเรียนรู้และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ในการจัดการเรียนรู้จะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ (จรรยา ดาสาและณวรา สีที, 2560) ดังนั้น นักเรียนจะต้องมีความรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อบูรณาการควบคู่กับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จึงจะสามารถพัฒนาวิทยาศาสตร์ไปสู่เป้าหมายได้ ในการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งที่ครูมักตระหนักถึงคือ การทำให้นักเรียนได้รับความรู้มากที่สุดเท่าที่หลักสูตรจะกำหนดให้จึงพยายาม สอนตามแนวการสอนที่อยู่ในคู่มือครู การจัดการเรียนการสอนจึงมักเป็นการพูดของครูฝ่ายเดียว มากกว่าให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระในการคิดอย่างมีเหตุผลและค้นคว้าด้วยตนเอง การที่ครูเน้น เรื่องปริมาณ

ความรู้ทำให้ละเอียดถึงความสนใจของนักเรียนจึงทำให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ไม่บรรลุเป้าหมายเท่าที่ควร (ทิพย์วรรณ ไกรนรา, 2550) ดังนั้นในการศึกษาวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ จากการสำรวจตรวจสอบ หรือจากการทดลอง ดังนั้น นักเรียนจะต้องมีความรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จึงจะสามารถพัฒนาวิทยาศาสตร์ไปสู่เป้าหมายได้ในการสอน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นความชำนาญ หรือความสามารถในการใช้ความคิด เพื่อค้นคว้าความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (Intellectual Skill) ไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ (Psychomotor Skill/ Hand on Skill) เพราะเป็นการทำงานของสมอง การคิดมี ทั้งการคิดพื้นฐาน เช่น ทักษะการสื่อความหมาย ได้แก่ การอ่าน การรับรู้ การจำ การจำถาวร การพูด การเขียน นอกจากนี้ยังมีทักษะการสังเกต การระบุ การจำแนก การเรียงลำดับ การเปรียบเทียบ การลงข้อสรุป และการใช้ ตัวเลข (พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์, 2545) จนเกิดความชำนาญและคล่องแคล่ว ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วย ให้เกิดความรอบคอบมีเหตุผล มีจิตวิทยาศาสตร์ และเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ได้ (วิทย์ วิศเวทย์, 2547)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ เป็นทักษะที่ซับซ้อนขึ้น ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานหลายอย่างมาผสมผสานกัน จำแนกเป็น 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลองและทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปข้อมูล (สรศักดิ์ แพรดำ, 2544)

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สิ่งที่ครูมักตระหนักถึงคือ การทำให้นักเรียนได้รับความรู้มากที่สุดเท่าที่หลักสูตรจะกำหนดให้จึงพยายามสอนตามแนวการสอนที่อยู่ในคู่มือครู การจัดการเรียนการสอนจึงมักเป็นการพูดของครูฝ่ายเดียวมากกว่าให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระในการคิดอย่างมีเหตุผลและค้นคว้าด้วยตนเอง การที่ครูเน้น เรื่องปริมาณความรู้ทำให้ละเอียดถึงความสนใจของนักเรียนจึงทำให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ไม่บรรลุเป้าหมายเท่าที่ควร (ทิพย์วรรณ ไกรนรา, 2550) รวมไปถึงความยุ่งยากในการสร้างเครื่องมือวัดและการประเมินผลที่มีคุณภาพในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่วัดได้ไม่เหมาะสมและขาดเครื่องมือและเกณฑ์การวัดที่มีประสิทธิภาพที่ครูจะนำไปใช้ในห้องเรียน

กระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะทางจิตวิทยา ในระยะเริ่มแรกนั้นอยู่ภายใต้โครงสร้างแบบวัดที่เป็นเอกมิติ โดยข้อคำถามที่นำมาใช้ในการวัดมุ่งวัดคุณลักษณะเดียวและผลจากการประมาณค่ามุ่งอธิบายคุณลักษณะภายในเพียงมิติเดียว แต่โดยธรรมชาติของคุณลักษณะทางจิตวิทยานั้นมีโครงสร้างของพฤติกรรมที่มีความซับซ้อน คุณลักษณะเหล่านั้นและเนื้อหาบางส่วนมีความสัมพันธ์กันจนไม่สามารถแยกจากกันได้ จึงส่งผลให้โครงสร้างของข้อคำถามบางข้อที่วัดเนื้อหาอาจจะระบุความเป็นมิติเดียวได้ยาก การพยายามที่จะวัดแยกคุณลักษณะเดียวๆ อาจทำให้ผลการวัดคลาดเคลื่อนไป การวิเคราะห์รูปแบบใหม่นั้นต้องการที่จะตรวจสอบในแต่ละคุณลักษณะที่มาจากหลากหลายองค์ประกอบหรือหลายมิติ (Wilson and Hoskens, 2005) ทำให้การประเมินมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น แต่ปฏิสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างบุคคลและข้อสอบเมื่อประยุกต์ใช้โมเดลเอกมิตินั้นยังเกิดขึ้นได้ไม่มากนัก ผู้สอบต้องใช้ความสามารถที่หลากหลายในการตอบข้อสอบ และข้อสอบก็ต้องการทักษะและความสามารถที่หลากหลายในการแก้ไขปัญหาให้ถูกต้อง สำหรับโมเดลการวัด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการนี้มีลักษณะเป็นพหุมิติเนื่องจากมี 5 มิติ ประกอบด้วย มิติทักษะการตั้งสมมติฐาน มิติทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มิติทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มิติทักษะการทดลองและมิติทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ข้อมูลและแต่ละมิติมีความสัมพันธ์กันหากมีการวิเคราะห์ด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติจะมีความเหมาะสมมาก ซึ่งแนวคิดของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional item response model) เป็นแนวคิดที่สามารถแก้ไข ปัญหาดังกล่าวได้และเหมาะสมกับโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนซึ่งมีลักษณะโครงสร้างหลายองค์ประกอบหรือหลายมิติ และมีความสัมพันธ์กันในแต่ละมิติ

โมเดลการตอบสนองข้อสอบหลายมิติ ถือว่า คุณลักษณะแฝงของบุคคลมากกว่า 1 องค์ประกอบ ส่งผลต่อการตอบข้อสอบ ดังนั้นพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบจึงมีตั้งแต่ 2 พารามิเตอร์ขึ้นไป การพิจารณาถึงความสามารถหลายมิติของบุคคล น่าจะช่วยให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น ถ้าผู้สอบใช้ความสามารถหลายมิติที่แตกต่างกันอย่างเป็นระบบในการตอบข้อสอบย่อมมีความสัมพันธ์กับระดับความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ และมีผลต่อความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง (Christine Distefano and Others, 2009)

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ และทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดตามแนวคิดพหุมิติ เพื่อให้ได้แบบวัดที่มีคุณภาพใช้ข้อสอบไม่มากแต่สามารถวัดได้ครอบคลุม เพื่อ

ให้ครูหรือผู้ที่สนใจ สามารถใช้แบบวัดนี้เป็นเครื่องมือ ในการวัดและหาแนวทางในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 2987 คน จากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 28 โรงเรียน จากโรงเรียนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนที่เปิดสอนโครงการห้องเรียนพิเศษและห้องเรียนสายวิทยาศาสตร์ทั่วไป ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ

เครื่องมือที่การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยประยุกต์ใช้โมเดลแบบพหุมิติภายในข้อคำถาม แบบอัตรันยโดยใช้สถานการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในหลักสูตร และมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิคส์ แบบ 3 ระดับ จำนวน 20 ข้อ ภายใต้การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 5 มิติ คือ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ วิเคราะห์ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่าดัชนี IOC อยู่ระหว่าง .60-1.00 ซึ่งทุกข้อรายการผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

2. การวิเคราะห์คุณภาพข้อคำถามด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบรายข้อตามโมเดลราสช์ ได้แก่ค่า OUTFIT MNSQ, INFIT MNSQ ค่าความยากของการตอบแต่ละ Step แบบ Partial credit model พิจารณาการลดหลั่นของค่า Threshold ในแต่ละระดับการตอบ ด้วยโปรแกรม ConQuest

3. การวิเคราะห์ตรวจสอบความเป็นพหุมิติของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล โดยพิจารณาค่าสถิติความสอดคล้อง (item fit statistics) ได้แก่ Akaike information criterion (AIC), ค่า Bayesian information criterion (BIC) และค่า Deviance index (G^2) โดยมีเกณฑ์การพิจารณา คือ ค่าเหล่านี้ควรมีค่าต่ำๆ นั่นคือ เป็นการเปรียบเทียบโมเดลถ้าโมเดลใดมีค่าเหล่านี้ต่ำกว่าจะถือว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า (เมษา นวลศรี, 2559)

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะส่งข้อสอบทางไปรษณีย์ไปให้โรงเรียนดำเนินการสอบและเดินทางไปเก็บข้อมูลเอง โดยการดำเนินการจัดสอบเป็นแบบ Q-Matrix เมื่อโรงเรียนดำเนินการสอบเสร็จแล้วให้ส่งข้อสอบและกระดาษคำตอบ ทางไปรษณีย์หรือผู้วิจัยเดินทางไปรับข้อสอบและกระดาษคำตอบด้วยตนเอง

ผลการศึกษา

ผลการสร้างและพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ โดยประยุกต์ใช้โมเดล การตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

การวิเคราะห์ส่วนนี้วิเคราะห์บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติ (multidimensional model) ที่เรียกว่า multidimensional random coefficients multinomial logit model (MRCMLM) (Adam, Wilson, and Wang, 1997) ใช้การวิเคราะห์พหุมิติแบบโมเดลการให้คะแนนบางส่วน (multidimensional form of partial credit model) ซึ่งเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมกับแบบวัดนี้ เนื่องจากโมเดลการให้คะแนนความรู้บางส่วน เหมาะสมกับการวัดด้านความรู้ จิตพิสัยและเหมาะสมกับการวัดที่ใช้ข้อคำถามแบบให้คะแนนหลายค่า (Polytomous item) ด้วยโปรแกรม ConQuest

การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ โดยพิจารณาค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้ง 20 ข้อ พบว่า ค่า OUTFIT MNSQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.93-1.07 ส่วนค่า INFIT MNSQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.95-1.07 ซึ่งมีค่าลู่เข้าหา 1 โดยข้อที่มีคุณภาพตามเกณฑ์และแสดงถึงความสอดคล้องระหว่างโมเดลและข้อมูลควรมีค่าอยู่ระหว่าง .60-1.50

การตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยง (reliability) แบบวิธี Expected a posteriori (EAP) ตามการวิเคราะห์แบบพหุมิติ ผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.983 ซึ่งผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบโมเดลที่มีความเหมาะสมกับการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างโมเดลแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับโมเดลแบบเอกมิติ (Composite Approach)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ (item fit) ของการวิเคราะห์แบบพหุมิติ

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าความคาดเคลื่อน	Unweighted Fit (Outfit)			Weighted Fit (Infit)		
			MNSQ	ช่วงความเชื่อมั่น (CI)	t	MNSQ	ช่วงความเชื่อมั่น (CI)	t
1	0.492	0.063	0.93	(0.79, 1.21)	-0.6	0.95	(0.77, 1.23)	-0.5
2	0.718	0.063	1.07	(0.78, 1.22)	0.7	1.07	(0.76, 1.24)	0.5
3	0.020	0.066	0.95	(0.79, 1.21)	-0.4	0.95	(0.79, 1.21)	-0.4
4	-0.120	0.060	1.40	(0.78, 1.22)	0.4	1.04	(0.78, 1.22)	0.4
5	1.725	0.055	0.95	(0.84, 1.16)	-0.6	0.97	(0.82, 1.18)	-0.3
6	1.102	0.047	1.00	(0.85, 1.15)	0.0	1.00	(0.85, 1.15)	0.0
7	0.870	0.047	1.02	(0.84, 1.16)	0.3	1.01	(0.81, 1.19)	0.1
8	0.250	0.038	1.00	(0.85, 1.15)	0.0	0.98	(0.85, 1.15)	-0.3
9	0.295	0.055	0.95	(0.78, 1.22)	-0.4	0.98	(0.76, 1.24)	-0.2
10	0.810	0.057	1.03	(0.79, 1.21)	0.3	1.01	(0.77, 1.23)	0.1
11	0.728	0.042	0.97	(0.85, 1.15)	-0.4	0.98	(0.85, 1.15)	-0.3
12	0.554	0.040	1.01	(0.84, 1.16)	0.1	0.99	(0.84, 1.16)	-0.1
13	0.861	0.040	0.98	(0.85, 1.15)	-0.3	0.98	(0.85, 1.15)	-0.2
14	0.306	0.037	1.00	(0.85, 1.15)	0.0	0.99	(0.84, 1.16)	-0.1
15	0.443	0.038	1.01	(0.85, 1.15)	0.1	1.01	(0.85, 1.15)	0.1
16	0.327	0.040	1.03	(0.84, 1.16)	0.4	1.02	(0.84, 1.16)	0.3
17	0.804	0.054	1.05	(0.79, 1.21)	0.5	1.07	(0.77, 1.23)	0.6
18	0.744	0.061	1.02	(0.78, 1.22)	0.2	1.00	(0.78, 1.22)	0.0
19	0.483	0.057	1.02	(0.79, 1.21)	0.3	1.05	(0.78, 1.22)	0.5
20	0.380	0.054	1.04	(0.78, 1.22)	0.4	1.01	(0.78, 1.22)	0.1

พบว่า โมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเรียนซ์ เท่ากับ 12748.76934 จำนวนพารามิเตอร์ เท่ากับ 95 ส่วนโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบเอกมิติ มีค่าสถิติดีเรียนซ์ เท่ากับ 12988.64871 จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 81 ซึ่งพบว่าโมเดลการวัดแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเรียนซ์น้อยกว่าโมเดลการวัดแบบเอกมิติ โดยโมเดลทั้งสองมีค่าสถิติดีเรียนซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบโมเดลการวัดแบบพหุมิติและเอกมิติ พบว่า โมเดลการวัดแบบพหุมิติ

มีค่า AIC เท่ากับ 12938.76934 ส่วนโมเดลการวัดแบบเอกมิติ มีค่า AIC เท่ากับ 13150.64871 ซึ่งพบว่าโมเดลการวัดแบบพหุมิติมีค่า AIC น้อยกว่าโมเดลการวัดแบบเอกมิติและเมื่อพิจารณาค่า BIC พบว่า โมเดลการวัดแบบพหุมิติ มีค่า BIC เท่ากับ 13077.65934 ส่วนโมเดลการวัดแบบเอกมิติ มีค่า BIC เท่ากับ 13269.07071 ซึ่งพบว่าโมเดลการวัดแบบพหุมิติมีค่า BIC น้อยกว่าโมเดลการวัดแบบเอกมิติ จากการเปรียบเทียบโมเดลทั้งสอง แสดงว่าโมเดลการวัดแบบพหุมิติมีความเหมาะสมของโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลมากกว่าโมเดลแบบเอกมิติ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลแบบพหุมิติและแบบเอกมิติ

โมเดล	สถิติดีเวียนซ์	จำนวน พารามิเตอร์	ค่าเกณฑ์ สารสนเทศ เอไอเคี (AIC)	ค่าเกณฑ์ สารสนเทศ เบเซียน (BIC)
เอกมิติ	12988.64871	81	13150.64871	13269.07071
พหุมิติ	12748.76934	95	12938.76934	13077.65934
พหุมิติ (Multidimensional Approach) เปรียบเทียบกับ เอกมิติ (Composite Approach) สถิติไคสแควร์ อัตราส่วนไคสแควร์ (Likelihood ratio chi-squared statistic, G2) $\chi^2=239.879$, $\Delta df=14$, $P<.01$				
ค่าเกณฑ์สารสนเทศ เอไอเคี (Akaike information criterion: AIC); $12938.76934 < 13150.64871$				
ค่าเกณฑ์สารสนเทศ เบเซียน (Bayesian information criterion: BIC); $13077.65934 < 13269.07071$				

การตรวจสอบแผนที่โครงสร้าง (Wright map) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง โดยนำผลการตอบของนักเรียนมาใช้ประมาณค่าความสามารถแฝงและค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและค่าพารามิเตอร์ลำดับชั้นการตอบโดยโมเดลของราสส์ (The Rasch model)

จากภาพที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ Wright Map จากการวิเคราะห์ด้วยโมเดลพหุมิติ แบบ within-items แผนภาพแสดง Wright Map ของทั้ง 5 มิติเรียงลำดับจากซ้ายไปขวาคือ มิติทักษะการตั้งสมมติฐาน มิติทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร มิติทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มิติทักษะการทดลอง มิติทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป โดยแสดงการกระจายความสามารถของนักเรียน และการกระจายของค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อคำถาม แสดงบนสเกลเดียวกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนมีช่วงความสามารถ กระจายอยู่ในช่วง -3 ถึง 3 โดยส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง และ

มีการกระจายใกล้เคียงกับโค้งปกติ การประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ จำนวน 20 ข้อ พบว่า มีค่าความยากที่กระจายตัวแตกต่างกันมีค่าระหว่าง -.120 ถึง 1.725 โดยข้อที่ง่ายที่สุด คือข้อ 4 เพราะมีตำแหน่งของค่าพารามิเตอร์อยู่ส่วนล่างสุดของ Wright Map และข้อที่มีความยากมากที่สุดคือข้อ 5 เพราะมีตำแหน่งของค่าพารามิเตอร์อยู่ส่วนบนสุดของ Wright Map หมายความว่านักเรียนต้องใช้ความสามารถสูงที่สุดสำหรับการตอบข้อคำถามข้อนี้ได้ถูกต้อง

การกระจายของความสามารถนักเรียน และการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถาม ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ พบว่า โดยภาพรวม Threshold ในแต่ละระดับของการตอบ แยกกลุ่มกันได้อย่างชัดเจน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม แต่ยังมีระดับการตอบอื่นๆ ของบางข้อที่ไปปะปนใน Threshold อื่นๆ เช่น ข้อ 2 ซึ่งผู้วิจัยต้องทำการตรวจสอบและปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิกส์อีกครั้ง

[illegible]

ภาพที่ 1 Wright Map แสดงการกระจายของความสามารถของนักเรียน การประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ การกระจายของนักเรียนและการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากในแต่ละ threshold ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ

สำหรับการแปลความหมายรายข้อ เช่น แบบวัดข้อที่ 1 นักเรียนจะต้องใช้ความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.95 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบถูกในระดับที่ 2 ได้ เนื่องจากตำแหน่ง (θ) = -1.95 เป็นจุดแบ่งระหว่าง การตอบได้คะแนน 0 กับการตอบได้คะแนน 1 ส่วนโอกาสในการที่จะตอบถูกในระดับที่ 3 ขึ้นไปได้ จะต้องใช้ความสามารถ (θ) = 0.49 เนื่องจากตำแหน่ง (θ) = 0.49 เป็นจุดแบ่งระหว่าง การตอบได้คะแนน 1 กับการตอบได้คะแนน 2 ส่วนโอกาสในการที่จะตอบถูกในระดับที่ 4 ขึ้นไปได้

จะต้องใช้ความสามารถ (θ) = 1.57 เนื่องจากตำแหน่ง (θ) = 1.57 เป็นจุดแบ่งระหว่าง การตอบได้คะแนน 2 กับการตอบได้คะแนน 3 และโอกาสในการตอบถูกในระดับ 5 ได้ จะต้องใช้ความสามารถ (θ) = 2.04 ขึ้นไป ส่วนข้ออื่นๆ ก็สามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมแต่ละ Threshold พบว่า มีการเพิ่มขึ้นตามระดับความสามารถของผู้ผู้ตอบและมีการเกาะกลุ่มกันของแต่ละ Threshold (ตามรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความยาก และค่า Threshold ของข้อคำถาม

ข้อที่	ค่าความยาก	Threshold 1 ช่วงคะแนน 0-1	Threshold 2 ช่วงคะแนน 1-2	Threshold 3 ช่วงคะแนน 2-3	Threshold 4 ช่วงคะแนน 3-4
1	0.492	-1.95	0.49	1.57	2.04
2	0.718	-1.73	0.76	1.45	2.98
3	0.020	-3.02	-0.85	1.13	2.68
4	-0.120	-2.02	-0.90	0.43	1.98
5	1.725	0.11	1.40	2.30	3.07
6	1.102	-0.89	0.44	1.67	3.51
7	0.870	-1.10	1.18	1.75	2.50
8	0.25	-0.96	0.11	0.74	5.27
9	0.295	-0.78	-0.16	0.16	2.47
10	0.810	-0.47	0.62	1.30	1.98
11	0.728	1.11	0.37	1.35	2.90
12	0.554	-0.92	0.25	1.08	2.16
13	0.861	-0.67	0.64	1.65	3.52
14	0.306	-1.63	0.19	1.07	2.02
15	0.443	-0.68	-0.24	1.03	2.01
16	0.327	-1.13	-0.17	0.86	2.00
17	0.804	-0.22	0.49	1.26	2.28
18	0.744	-1.13	0.36	1.48	2.99
19	0.483	-1.34	0.28	1.56	2.08
20	0.380	-1.28	-0.62	0.39	4.51
ค่าเฉลี่ย/คะแนนจุดตัด		-1.035	0.232	1.212	2.747
คะแนนสเกล		36.5	52.32	62.12	77.47

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าความยากของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูง อยู่ระหว่าง -0.120-1.725 และค่า Threshold แต่ละชั้นมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยมีค่าเฉลี่ยหรือคะแนนจุดตัดอยู่ระหว่าง -1.035-2.747 แสดงว่า ในแต่ละชั้นของระดับการให้คะแนนต้องอาศัยความสามารถการตอบมากขึ้น และเพื่อการนำคะแนนความสามารถที่แท้จริงไปใช้ จึงมีการแปลงคะแนนจุดตัดเป็นคะแนนสเกล โดยให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 เขียนสมการได้ $50+10(\theta)$ ซึ่งเมื่อพิจารณาคะแนนจุดตัด threshold ที่ 1 มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 36.50 threshold ที่ 2 มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 52.32 threshold ที่ 3 มีคะแนนจุดตัด 62.12 และ threshold ที่ 4 มีคะแนนจุดตัดที่ 77.47

สรุปและอภิปรายผล

ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการขั้นบูรณาการ โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ มีคุณภาพและสอดคล้องกับโมเดลแบบพหุมิติภายในข้อคำถาม (within-items multidimensionality) โดยประกอบด้วย แบบวัดแบบอัตโนมัติ โดยใช้สถานการณ์เป็นบทความสั้นๆ รูปภาพ กราฟ ตารางข้อมูล ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในหลักสูตร และมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิคส์ จำนวน 20 ข้อ ภายใต้การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ จำนวน 5 มิติ คือ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงแบบ Expected A Posteriori (EAP) มีค่าเท่ากับ 0.983 ซึ่งถือว่า

เป็นค่าความเที่ยงที่มีความเหมาะสม เป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ จากการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ (multidimensional model) ที่เรียกว่า multidimensional random coefficients multinomial logit model (MRCMLM) ใช้การวิเคราะห์พหุมิติแบบโมเดลการให้คะแนนบางส่วน (multidimensional form of partial credit model) โดยพิจารณาค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้ง 20 ข้อ พบว่า ค่า OUTFIT MNSQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.93-1.07 ส่วนค่า INFIT MNSQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.95-1.07 ซึ่งมีค่าลู่เข้าหา 1 และเมื่อพิจารณาค่า threshold ของแต่ละชั้นการตอบ พบว่ามีลักษณะลดหลั่นตามระดับความยากง่ายของคำตอบทุกข้อ จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบวัดทุกข้อมีคุณภาพ

ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการแบบพหุมิติและโมเดลแบบเอกมิติ พบว่าโมเดลการวัดแบบพหุมิติ มีค่า มีค่าสถิติดีเวียนซ์ ค่า AIC และค่า BIC น้อยกว่าโมเดลการวัดแบบเอกมิติ จากการเปรียบเทียบโมเดลทั้งสอง แสดงว่า แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ แบบพหุมิติมีความเหมาะสมของโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลมากกว่าโมเดลแบบเอกมิติ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการมีความเหมาะสมกับการวัดแบบพหุมิติ

จากผลการสร้างและพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่ทำได้ แบบวัดที่มีคุณภาพ เนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพด้วยวิธีการเชิงคุณภาพ คือ ได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านภาษา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล และมีการนำไปทดสอบใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบปรากฏการณ์ของคำตอบเพื่อปรับปรุงเกณฑ์

การให้คะแนนแบบรูปบิลด์ ซึ่งผู้วิจัย ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปบิลด์ที่มีคุณภาพดังที่ ศิริชัย กาญจนวาสี (2558) ที่กล่าวว่า คุณภาพของเครื่องมือขึ้นอยู่กับพัฒนาข้อสอบและการเตรียมคำเฉลยที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยคำถามแต่ละข้อต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นปรนัย (Scoring Rubric) นอกจากนี้ ในขั้นตอนของการทดลองใช้ ผู้วิจัยมีการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ระหว่างแบบวัดที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยโปรแกรม ConQuest ได้แผนภาพ Wright Map จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นการกระจายค่าความยากของข้อคำถาม และค่าความสามารถของนักเรียน และหาคุณภาพแบบวัดด้วยการหาความเที่ยงแบบ EAP ซึ่งเป็นการประยุกต์ค่าความเที่ยงของแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบให้มีรูปแบบที่คล้ายกับความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม เพราะความจริงแล้วทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมเป็นค่าที่เหมือนกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่ใช้โมเดลมาร์จิ้นแนล โดยสามารถใช้ค่าความเที่ยงแสดงถึงคุณภาพของแบบวัดได้ (ชัยวิชิต เขียรชนะ. 2552) และยังตรวจสอบดัชนีวัดความเหมาะสมของข้อคำถามรายข้อ โดยใช้ค่าสถิติ OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ และยังเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการแบบพหุมิติและโมเดลแบบเอกมิติ ด้วยค่า AIC และค่า BIC จากการวิเคราะห์ที่หลากหลายนี้จึงเป็นหลักฐานได้ว่าเครื่องมือที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีคุณภาพ เป็นแบบวัดที่ 1 ข้อสามารถวัดได้หลายมิติ มีความเชื่อมั่น ซึ่งสอดคล้องกับ พิชิต ฤทธิ์เจริญ (2551) กล่าวถึงเครื่องมือวัดที่ดีจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพจึงจะช่วยให้การวัดผลมีความถูกต้องเชื่อถือได้และผลการประเมินที่ได้ย่อมเชื่อถือได้ดังนั้นก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้จริงจึงควรตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนทุกครั้ง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องมือใน

เรื่องความยาก อำนาจจำแนก ความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่น เครื่องมือวัดผลบางชนิดจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพให้ครบทั้ง 5 ประการ แต่เครื่องมือบางชนิดอาจตรวจสอบเพียงบางประการแล้วแต่ลักษณะเครื่องมือ และดังที่ ชินินันท์ พงษ์ประมุข (2557) ได้เสนอแนวทางการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า มีแนวทางในการประเมินทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยเฉพาะการทดสอบต้องใช้แบบทดสอบการประเมินทักษะที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงสิ่งที่ ตนเองรู้มากกว่าการจำความรู้ ในรูปแบบการเขียนตอบ นอกจากนี้ ศิริชัย กาญจนวาสี (2558) ได้อธิบายไว้ว่า ข้อสอบแบบสร้างคำตอบที่โจทย์มีสถานการณ์ เป็นสิ่งช่วยให้ผู้อ่านสอบและตอบคำถาม โดยการเขียนคำตอบเพื่อแสดงความสามารถทางสมอง ซึ่งข้อสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาที่ไม่ได้ใช้เนื้อหาตามหลักสูตร แต่เป็นข้อคำถามที่นำมาจากสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังมีสิ่งกระตุ้น เช่น ภาพ กราฟ ตาราง บทความสั้นๆ เพื่อช่วยให้ผู้สอบคิดวิเคราะห์หาคำตอบที่ดีที่สุดออกมา ดังนั้นแบบวัดนี้จึงสร้างเป็นแบบวัดแบบอัตนัยที่ทำให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิด ซึ่งจุดนี้ถือว่าเป็นจุดเด่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ฉบับนี้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ เมษา นวลศรี (2559) ได้พัฒนาแบบวัดความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ตามแผนที่โครงสร้างพหุมิติ ประกอบด้วยข้อคำถาม 36 ข้อคำถาม วัดครอบคลุม 3 มิติ ได้แก่ มิติด้านความรู้ มิติด้านทักษะ มิติด้านจิตพิสัย พบว่าโมเดลความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบแบบพหุมิติมีความเหมาะสมของโมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลมากกว่าโมเดลแบบเอกมิติรวมและแบบเอกมิติแยกตามมิติ

จึงสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพสามารถนำไปใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ฉบับนี้เป็นแบบวัดที่ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อคำถามที่ให้ตอบแบบอัตนัย โดยไม่ขึ้น

กับเนื้อหาในหลักสูตรจึงสามารถนำไปใช้ได้ตามความสามารถของนักเรียนในระดับชั้นอื่นๆ ได้

2. ในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรศึกษาและพัฒนาแบบวัดในตัวแปรอื่นๆ ที่มีลักษณะเหมาะสมกับการเป็นแบบวัดอัตนัยที่เป็นพหุมิติ และใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคส์

3. ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาและพัฒนาแบบวัด โดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ConQuest แต่ในการวิเคราะห์พหุมิติ ยังสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรมอื่นๆ เช่น โปรแกรม NOHARM โปรแกรม IRTPRO ซึ่งสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.
- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. (2553). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553. กรุงเทพฯ: พรักหวาน กราฟฟิค.
- จรรยา ดาสาและณวรา สีที. (2560). การเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัย ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะ. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ปีที่ 19 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน
- ชัยวิชิต เขียวชนะ. (2552). การพัฒนาแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนินันท์ พฤษทรัพย์. (2557). การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. สุทธิปริทัศน์. ปีที่ 28 ฉบับที่ 86 เมษายน - มิถุนายน 2557 : หน้า 352-364
- ไชลัน สาและ. (มปป.). เกณฑ์การให้คะแนน. วันที่ค้นข้อมูล 20 กุมภาพันธ์ 2560. เข้าถึงได้จาก [http : www.educms.pn.psu.ac.th/ojs-student/include/getdoc.php?id.](http://www.educms.pn.psu.ac.th/ojs-student/include/getdoc.php?id.)
- พิชิต จุญฤทธิ์. (2555). หลักการวัดและประเมินผล. กรุงเทพฯ. แฮร์ท ออฟ เคอร์มีสท์. พิมพ์ครั้งที่ 7
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). เมตาคอกนิชัน (Metacognition). ในทัศนิตา แคมมณี (บรรณาธิการ). วิทยาการด้านความคิด. (หน้า169 -175). กรุงเทพฯ: บริษัท เดอะมาสเตอร์ กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- ทิพวรรณ ไกรนรา. (2550). ชุดการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.

- เมษา นวลศรี. (2559). การพัฒนาและตรวจสอบโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น: การประยุกต์ใช้แนวคิดการสร้างแผนที่โครงสร้าง วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผล การศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). การวัดและประเมินความสามารถในการคิด. ใน ทิศนา ขัมมณี (บรรณาธิการ). *วิทยาการด้านความคิด*. (หน้า 169-175). กรุงเทพฯ: บริษัท เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2558). ข้อสอบอัตนัย: การสร้าง การวิเคราะห์ และการตรวจอย่างเป็นปรนัย (Constructed-Response Test Question: How to Construct, Analyze, and Score Item), ใน *สารสมาคมวิจัยสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย*. กันยายน-ธันวาคม, 2(3). หน้า 16-27.
- สรศักดิ์ แพรดำ. (2544). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. อุบลราชธานี : คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี.
- สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูนิเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*.
- Adame, R. J., Wilson, M., & Wang, W. C. (1997). The multiditional random coefficients multidimensional logit model. *Apply Measurement in Education*, 7(4), 255-278
- Christine, D. and Other. (2009). Understanding and Using Factor Scores :Considerations for the Applied Researcher. *Practical Assessment, Research & Evaluation*. Volume 14, Number 20, October.
- Wilson, M.,& Adam, R. J.(1995). Rash model for item bundles. *Psychometrika*, 60(2), 181-198