

การพัฒนาแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน:

การประยุกต์ใช้โมเดลเชิงโครงสร้าง

Development of a Measure of Student's Scientific Argumentation Skills:

An Application of Construct Modeling

ปริญญ มัจฉา^{1*} และ พัชรี จันทรเพ็ง²Parinya Mutch^{1*} and Putcharee Junpeng²

(Received: May 16, 2021 ; Revised: April 17, 2021 ; Accepted: April 26, 2021)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาแผนที่โครงสร้างของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และ (2) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2563 จำนวน 514 คน สังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น จากจำนวนประชากรทั้งหมด 31,744 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน พัฒนาแบบวัดประยุกต์ตามโมเดลเชิงโครงสร้าง 4 ขั้นตอน คือ (1) พัฒนาแผนที่โครงสร้างของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (2) ออกแบบข้อคำถาม (3) กำหนดบริบทของคำตอบ และ (4) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดล MRCML และพิจารณาผลการวิเคราะห์ด้วย Wright Map ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

(1) แผนที่โครงสร้างทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มี 2 มิติ คือ มิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง มี 4 ระดับ คือ ระดับ 1 สร้างข้อสรุปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ซึ่งเป็นระดับต่ำสุด ไปยังระดับสูงสุด คือ ระดับ 4 โต้แย้งที่ต่างออกไปด้วยการตัดสินใจบนเหตุผล และมิติการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มี 4 ระดับ คือ ตั้งแต่ระดับ 1 คือ อธิบายด้วยเนื้อหาที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือนักเรียนไม่สามารถจำเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้ จนไปถึงระดับสูงสุดคือระดับที่ 4 นักเรียนนำข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนมาใช้อธิบาย

(2) แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีทั้งหมด 22 ข้อ เป็นข้อคำถามปลายเปิด มีการตรวจให้คะแนนสองค่า และแบบหลายค่า ตั้งแต่ 0 ถึง 3 คะแนน โดยแบบวัดประกอบด้วยจำนวนข้อคำถามในมิติการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้ง และมิติการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 12 ข้อ และ 10 ข้อ ตามลำดับ

¹ นักศึกษาระดับมหาบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² รองศาสตราจารย์ สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹ Master's degree student, Educational Measurement and Evaluation Program, Faculty of Education, Khon Kaen University

² Associate Professor, Department of Educational Measurement and Evaluation, Faculty of Education, Khon Kaen University

* Corresponding Author E-mail: parinya_m@kkumail.com

(3) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสะท้อนหลักฐานความตรง พบว่า ด้านความตรงของเนื้อหาของข้อคำถาม ข้อคำถามมีความยากครอบคลุมช่วงความสามารถของนักเรียน นั่นคือ ข้อคำถามสามารถอธิบายทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ด้านหลักฐานความตรงเกี่ยวกับการตอบสนองของนักเรียน พบว่านักเรียนเข้าใจเนื้อหา หรือสถานการณ์ของข้อคำถาม ตรงกับจุดประสงค์ของผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนตอบสนองต่อข้อคำถาม และหลักฐานความตรงด้านโครงสร้างภายใน ข้อคำถามสามารถนำไปใช้วัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ (Infit MNSQ ระหว่าง 0.74 ถึง 1.35) ด้วยโมเดลการวัดแบบพหุมิติสอดคล้องกลมกลืนกับคำตอบของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2=17.8$, $df=2$, $p<.001$) พร้อมกับโมเดลการวัดแบบพหุมิติมีค่า AIC BIC ต่ำกว่าโมเดลเอกมิติ เมื่อพิจารณาหลักฐานความเที่ยงของแบบวัด พบว่าการประเมินทั้งสองมิติมีความเที่ยงแบบ EAP/PV เท่ากับ 0.89 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดต่ำ โดย SEM θ_1 (มิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง) ในช่วง (0.38 – 0.56) และ SEM θ_2 (มิติการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์) ในช่วง (0.58 – 1.87)

คำสำคัญ: การพัฒนาแบบวัด โมเดลเชิงโครงสร้าง การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

Abstract

The research aimed to (1) develop a construct map of scientific argumentation skills of lower secondary school students, and (2) develop and verify the quality of the measure for assessment of scientific argumentation skills. The sample consisted of 514 lower secondary school students in the academic year 2020 under the Secondary Education Service Area Office 25, obtained from the total population of 31,744 students using multistage sampling. The development of the assessment measure followed the construct modeling approach which had four steps: 1) developing a construct map of scientific argumentation skills; 2) designing items; 3) determining an outcome space; and 4) analyzing data through the MRCML model based on Wright Map. The results were as follows:

(1) The construct map of scientific argumentation skills featured two dimensions, namely development of argumentation elements and use of scientific knowledge. The former had 4 levels, ranging from level one—drawing an irrelevant conclusion, to level four—able to construct a counterclaim with justification. The latter also had 4 levels, ranging from level one—explaining with irrelevant scientific content or the student cannot recall scientific content, to level four—the student can use complex scientific knowledge to explain the matter.

(2) The measure for assessment of scientific argumentation skills consisted of 22 open-ended questions using dichotomous scoring (0-1) and polytomous scoring (0-3); 12 of the questions measured development of argumentation elements while the rest were concerned with the use of scientific knowledge.

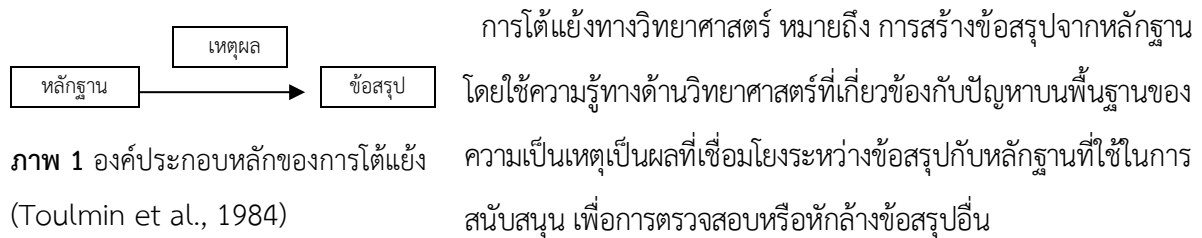
(3) The results of the verification of the measure reflected validity evidences. It was found that: on the aspect of the validity of the content of the questions, their difficulty covered the range of students' skills; that is, they could explain scientific argumentation skills; on the aspect of students' responses, it was found that the students could understand the content or situation of the questions as intended in this study; and the aspect of internal structure, the questions could be employed to measure scientific argumentation skills (Infit MNSQ range of 0.74 to 1.35) through the multidimensional model which was consistent with students' responses, with statistical significance ($\chi^2=17.8$, $df=2$, $p<.001$). The AIC and BIC of the multidimensional model were lower than those of the unidimensional model. Considering validity evidence, the EAP/PV reliability of both dimensions of the argumentation construct was 0.89, which was in the acceptable range, and the standard errors of measurement was low, having SEM θ_1 (development of argumentation elements) in the range of 0.38 – 0.56 while SEM θ_2 (use of scientific knowledge) in that of 0.58 – 1.87.

Keywords: development of a measure, construct modeling approach, scientific argumentation

บทนำ

เป้าหมายของการจัดการศึกษาควรมุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีเหตุผลในการดำเนินชีวิต ดังนั้น การศึกษาจึงต้องพัฒนานักเรียนทั้งด้านทัศนคติ และทักษะการให้เหตุผลควบคู่กัน (Siegel, 1995) การประยุกต์การโต้แย้งเข้ามามีใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์มีประโยชน์หลายประการ และที่สำคัญคือการพัฒนา ทักษะที่ส่งเสริมการเฝ้าหาคำตอบ เพื่อเพิ่มความเข้าใจแนวความคิด และการปรับปรุงผลการเรียนของนักเรียน (Faize et al., 2017) การเรียนรู้จากการโต้แย้งเป็นกระบวนการหลักในการเรียนรู้ที่จะทำให้ให้นักเรียนคิดและ การสร้างความเข้าใจต่อเนื้อหานั้น จึงเป็นเหตุผลว่าทักษะการโต้แย้งสามารถสนับสนุนความเข้าใจถึงหลักคิด แนวความคิดหรือหลักทฤษฎีของนักเรียนให้พัฒนาขึ้นได้ (Osborne, 2010) ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญสำหรับนักเรียนในการแสดงความคิดเห็นการตัดสินใจและการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (Songsil et al., 2019) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560 มุ่งเน้นให้นักเรียนที่จบหลักสูตรสามารถเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตลอดจน เป็นผู้ที่มีเหตุผล และสามารถให้เหตุผลต่างๆ ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีพื้นฐานมาจากการสร้างข้อโต้แย้งของ Toulmin et al. (1984) การโต้แย้งโดยทั่วไปจะเกิดขึ้นได้ จะประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ องค์ประกอบหลักของการโต้แย้งมีทั้งหมด 3 องค์ประกอบดังนี้ (1) ข้อสรุป (claim) คือ การยืนยันในสิ่งที่คุณกำลังจะพิสูจน์ (2) หลักฐาน (evidence) คือ ข้อมูลที่ใช้เพื่อการสนับสนุน และอธิบายของสรุป หลักฐานดังกล่าวจะช่วยอธิบายว่าทำไมข้อสรุปถึงถูกต้อง (3) เหตุผล (warrant) คือ สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อสรุป ดังภาพ 1



Osborne et al. (2016) มีแนวความคิดที่ว่า การได้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีความซับซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างการให้เหตุผลซึ่งเป็นการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการวิพากษ์ซึ่งเป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับหลักฐานที่เข้ามามีส่วนสนับสนุน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดการได้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย พบว่าแบบวัดและผลการประเมินยังไม่สามารถเชื่อมโยงกลับสู่การประเมินสิ่งที่ต้องการวัดนั้น และไม่สามารถอธิบายถึงโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการวัดได้

Wilson et al. (2005) พัฒนาระบบการประเมิน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ โดยใช้ 4 ขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย (1) แผนที่โครงสร้าง (construct map) เป็นการกำหนดตัวแปรที่ศึกษา โดยเป็นทิศทางหรือสิ่งอยากให้ผู้เรียนเกิดอะไร (2) การออกแบบข้อสอบ (item design) เป็นการออกแบบคำถามเพื่อกระตุ้นให้สิ่งที่ต้องการวัดให้ตอบสนองออกมาเป็นคำตอบ (3) การกำหนดปริเขต (outcome space) คือการกำหนดคำตอบที่เป็นไปได้และเกณฑ์การให้คะแนนให้สอดคล้องกับระดับความสามารถของผู้เรียนตามแผนที่โครงสร้างและข้อสอบที่ออกแบบ และ (4) โมเดลการวัด (measurement model) เป็นสิ่งสำคัญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล MRCML

ดังนั้นแบบวัดทักษะการได้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ต้องสามารถวัดทักษะการสร้างองค์ประกอบของได้แย้งและการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน การพัฒนาแบบวัดโดยการประยุกต์โมเดลเชิงโครงสร้าง (Wilson, 2005) และวิเคราะห์คำตอบโดยใช้ MRCML เพื่อให้การประเมินสามารถให้สารสนเทศในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูและการพัฒนาตนเองของนักเรียน เพื่อให้เป็นผู้ที่สามารถตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นในการพัฒนาแบบวัดทักษะการได้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้โมเดลเชิงโครงสร้าง ขอบเขตเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาแผนที่โครงสร้างของทักษะการได้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และ (2) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะการได้แย้งทางวิทยาศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

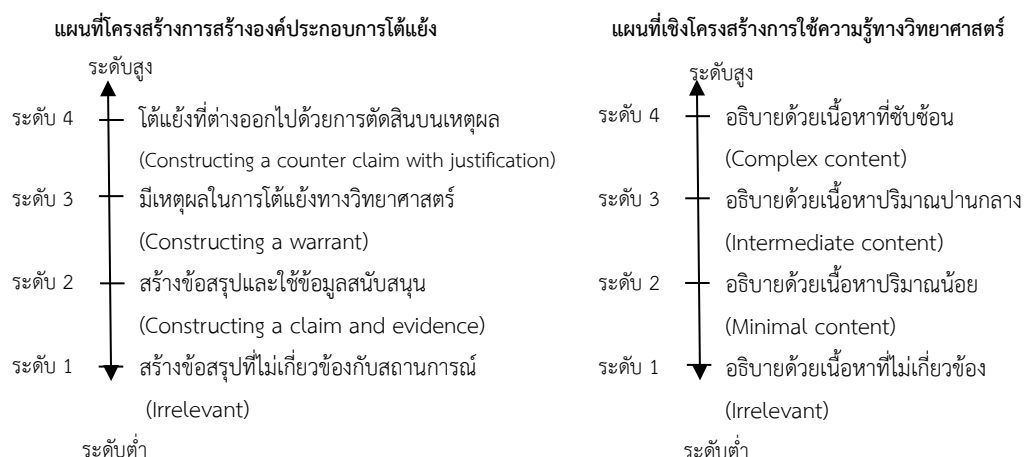
ประชากรคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาขอนแก่น จำนวน 31,744 คน และกลุ่มตัวอย่างจำนวน 514 คน ใช้ MRCML (Adams et al., 1997) ประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ควรมีอย่างน้อย 250-500 คน เนื่องจากเพียงพอต่อการวิเคราะห์ผลของการตรวจสอบแบบพหุวิภาค (Linacre, 1994; Wright & Stone, 1979)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประยุกต์ใช้โมเดลเชิงโครงสร้างในการพัฒนาแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาแผนที่โครงสร้างทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยแผนที่โครงสร้างการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง และแผนที่โครงสร้างของการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

แผนที่โครงสร้างการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง พัฒนาโดยประยุกต์แนวคิดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Osborne et al. (2016) ประกอบด้วย 3 ระดับ ดังนี้ ระดับ 1 การสร้างข้อสรุปหรือข้อสนับสนุน จนถึงระดับสูงสุด คือระดับที่ 3 โต้แย้งที่ต่างออกไปด้วยการตัดสินบนเหตุผล แต่เมื่อนักวิจัยได้ทำการนำข้อสอบที่พัฒนาจากแผนที่โครงสร้างไปใช้ ปรากฏว่ามีการตอบของนักเรียนที่ไม่ตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ผู้วิจัยจึงเพิ่มเติมระดับสร้างข้อสรุปที่ไม่เกี่ยวข้อง กับสถานการณ์ในระดับที่ต่ำสุดของแผนที่โครงสร้างดังกล่าว จึงทำให้แผนที่โครงสร้างดังกล่าว มีระดับความสามารถ 4 ระดับ ดังภาพ 2



ภาพ 2 แผนที่โครงสร้างของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จะต้องใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้ความก้าวหน้าการเรียนรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนขึ้นของ Gotwals & Songer (2009) ตั้งแต่ระดับ 1 คือ อธิบายด้วยเนื้อหาปริมาณน้อย จนถึงการระดับสูงสุดคือระดับที่ 3 อธิบายด้วยเนื้อหาที่ซับซ้อน แต่เมื่อนักวิจัยได้ทำการนำข้อสอบที่พัฒนาจากแผนที่โครงสร้างไปใช้ ปรากฏว่ามีการตอบของนักเรียนที่ไม่ตรงกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ผู้วิจัยจึงเพิ่มเติมระดับอธิบายด้วยเนื้อหาที่ไม่เกี่ยวข้อง ในระดับที่ต่ำสุดของแผนที่โครงสร้างดังกล่าว จึงทำให้แผนที่โครงสร้างดังกล่าว มีระดับความสามารถ 4 ระดับ ดังภาพ 2

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาข้อคำถาม ออกแบบข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบสนองด้วยความสามารถที่ได้กำหนดไว้แผนที่โครงสร้างทั้งสองมิติ โดยมีข้อคำถามในมิติการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งจำนวน 12 ข้อ และมิติการใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 10 ข้อ มีการตรวจให้คะแนนแบบสองค่า และแบบหลายค่า และข้อคำถาม 1 ข้อใช้วัดหนึ่งมิติเท่านั้น เช่นภาพ 3 คือ ตัวอย่างคำถามที่ใช้วัดในมิติการ

สร้างองค์ประกอบของการโต้แย้ง ข้อสอบเรื่องน้ำหายไปในไหน ที่สามารถวัดความสามารถของนักเรียนในระดับ 1 สร้างข้อสรุปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ จนถึง ระดับที่ 4 โต้แย้งที่ต่างออกไปด้วยการตัดสินบนเหตุผล

ส้มและขนุนได้ทำการทดลอง โดยการนำแก้วน้ำที่บรรจุน้ำปริมาตรเท่ากัน มาตั้งไว้ในที่ต่างกันระหว่างตั้งกลางแจ้ง และตั้งในห้องแอร์ เมื่อผ่านไปสองวันปรากฏว่าปริมาณของน้ำในแก้วที่ตั้งกลางแจ้งหายไประหว่างแก้วที่ตั้งอยู่ในห้องแอร์ ดังรูป

6. จากเหตุการณ์ดังกล่าว ผลการทดลองสามารถสนับสนุนความคิดของใคร
A.ส้ม B.ขนุน

7. จากข้อ 6 เพราะเหตุใดผลการทดลองสามารถสนับสนุนความคิดของบุคคลดังกล่าวได้

.....

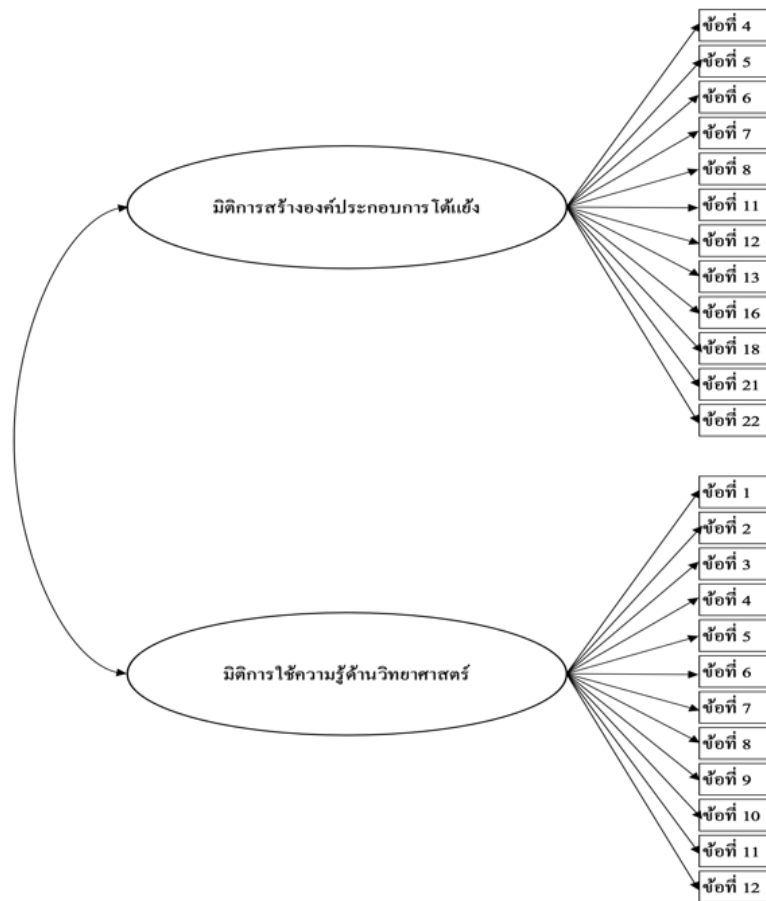
ภาพ 3 ตัวอย่างคำถามตามแผนที่โครงสร้างการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง

ขั้นตอนที่ 3 การให้คะแนนคำตอบของนักเรียน เป็นการให้คะแนนคำตอบของนักเรียนต่อข้อคำถาม เกณฑ์การให้คะแนนมีความเกี่ยวข้องกับแต่ละระดับแผนที่โครงสร้างของมิตินั้นๆ โดยทั้งสองมิตินักเรียนจะได้รับคะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 3 คะแนน ตัวอย่างการให้คะแนนคำตอบในขั้นตอนที่ 2 แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างการให้คะแนนกับผลการตอบของนักเรียนในแต่ละระดับของข้อสอบการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้ง

ระดับ	คะแนน	ชื่อของระดับ	ตัวอย่างผลการตอบ
4	3	โต้แย้งที่ต่างออกไปด้วยการตัดสินบนเหตุผล	เลือกส้ม เพราะส้มบอกการวางไว้กลางแจ้งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิ และกลางแจ้งระเหยได้ดีกว่าในห้องแอร์ / เพิ่มอุณหภูมิด้วยการวางไว้กลางแจ้งทำให้ระเหยได้ดีกว่าในห้องแอร์เพราะไม่ถึงจุดเดือด เลือกขนุน เพราะโมเลกุลของน้ำเล็กรับความร้อนมากก็ระเหยมากตอนอยู่กลางแจ้งในห้องแอร์ไม่มีแดด
3	2	มีเหตุผลในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	เลือกส้ม เพราะระเหยได้มากเพราะเราวางไว้กลางแจ้งเพราะแดดเพิ่มอุณหภูมิ / อุณหภูมิเพิ่มการระเหยเพิ่ม กลางแดดเลยระเหยดีกว่า/ความต่างของอุณหภูมิของสองที่ทำให้การระเหยได้ต่างกัน
2	1	สร้างข้อสรุปและใช้ข้อมูลสนับสนุน	เลือก ส้ม เพราะระเหยได้ดีเพราะอุณหภูมิสูง / ในแดดระเหยได้ดีกว่า / ห้องแอร์ระเหยได้น้อย/ไม่ได้รับแดดก็เลยระเหยไม่ดี/ระเหยต้องได้รับแสงแดดหรือความร้อน เลือก ขนุน เพราะโมเลกุลของน้ำเล็ก อยู่กลางแจ้งเลยระเหยเร็ว
1	0	สร้างข้อสรุปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์	ไม่มี/เหมาะสมแล้ว/ตอบไม่ตรงกับสถานการณ์

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลตามโมเดลการวัดและการแปลผล เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยโมเดล MRCML ดังภาพ 4 ด้วยโปรแกรม Conquest 2.0 (Wu et al., 2007)



ภาพ 4 โมเดลการวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติ

จากขั้นตอนที่ 1-4 ผู้วิจัยนำสารสนเทศที่ได้มาคำนวณหาจุดตัดของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์บน Wright map ด้วยการหาค่าเฉลี่ยของความยากขึ้น (Item threshold) จากทุกข้อที่วัดในระดับนั้น และทำการแปลค่าประมาณทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ทั้งสองมิติเป็นคะแนนสเกล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยมีการดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้

1. การพัฒนาคำถามตามแผนที่โครงสร้างการประเมินทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระยะที่ 1 การใช้คำถามสถานการณ์ปลายเปิด โดยสร้างข้อคำถามปลายเปิดแบบอัตนัยให้ผู้เรียนสามารถสร้างคำตอบได้ด้วยตนเอง และมีการสัมภาษณ์หลังจากนักเรียนทำแบบวัด โดยให้นักเรียนแสดงแนวคิดที่ใช้ในการทำแบบวัดในแต่ละข้อคำถาม เพื่อเป็นการตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม

ระยะที่ 2 การใช้แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (ระยะทดลองใช้เครื่องมือ) พัฒนาแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติ ที่ประกอบด้วยมิตินการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง และ การใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ แบบออนไลน์ผ่าน google form ผลการพัฒนาปรากฏว่านักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งพร้อมกับการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปในทางเดียวกัน เมื่อนำผลการตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ลำดับการตอบที่เป็นไปตามทฤษฎี ผ่านการพิจารณาใน wright map

ระยะที่ 3 การใช้แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แบบออนไลน์ (ฉบับจริง) โดยข้อคำถามเป็นคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ และมีบุคคลที่สามเข้ามาสรุปข้อมูลของสถานการณ์นั้น เพื่อให้นักเรียนได้ตอบคำถาม และสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งและใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องทางวิทยาศาสตร์

2. เมื่อนักเรียนทำแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แล้ว นำมาตรวจให้คะแนนตามที่ระบุไว้ในกาหนดปริเขตคำตอบ แล้วทำการวิเคราะห์ผลการตอบของนักเรียนต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การพิจารณาแผนที่โครงสร้างในแต่ละมิติว่าเหมาะสมกับการวัดทักษะกระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ เป็นการพิจารณาจากโครงสร้างภายในที่พิจารณาจาก Wright map ร่วมกับผลการกำหนดจุดตัดในแต่ละระดับว่าสามารถประเมินผู้เรียนได้ตรงแต่ละระดับที่กำหนดไว้ในแผนที่โครงสร้างหรือไม่ โดยนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบผ่านโปรแกรม Conquest 2.0 แล้วพิจารณาค่า threshold และกลุ่ม threshold ผ่าน wright map

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

4.2.1 หลักฐานความตรง

(1) หลักฐานความตรงเกี่ยวกับเนื้อหาพิจารณาหลักฐานที่ใช้สนับสนุนความตรงของผลการวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งสองมิติ จากแบบวัดผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ด้วย Wright map ของแต่ละมิติ โดยตำแหน่งค่าความยากแต่ละขั้นของการตอบ (Item Threshold) ครอบคลุมช่วงความสามารถของผู้เรียนที่อยู่ทางด้านซ้ายของ Wright map

(2) หลักฐานความตรงด้านโครงสร้างภายใน เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนแบบถ่วงน้ำหนัก (infit) ของข้อคำถาม แต่ละข้อกับข้ออื่นๆ ที่อยู่ในโมเดลการวัดเดียวกัน (Adams & Khoo, 1996) และข้อคำถามส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียง 1 แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนที่สังเกตได้มีค่าใกล้เคียงกับความแปรปรวนที่คาดหวัง

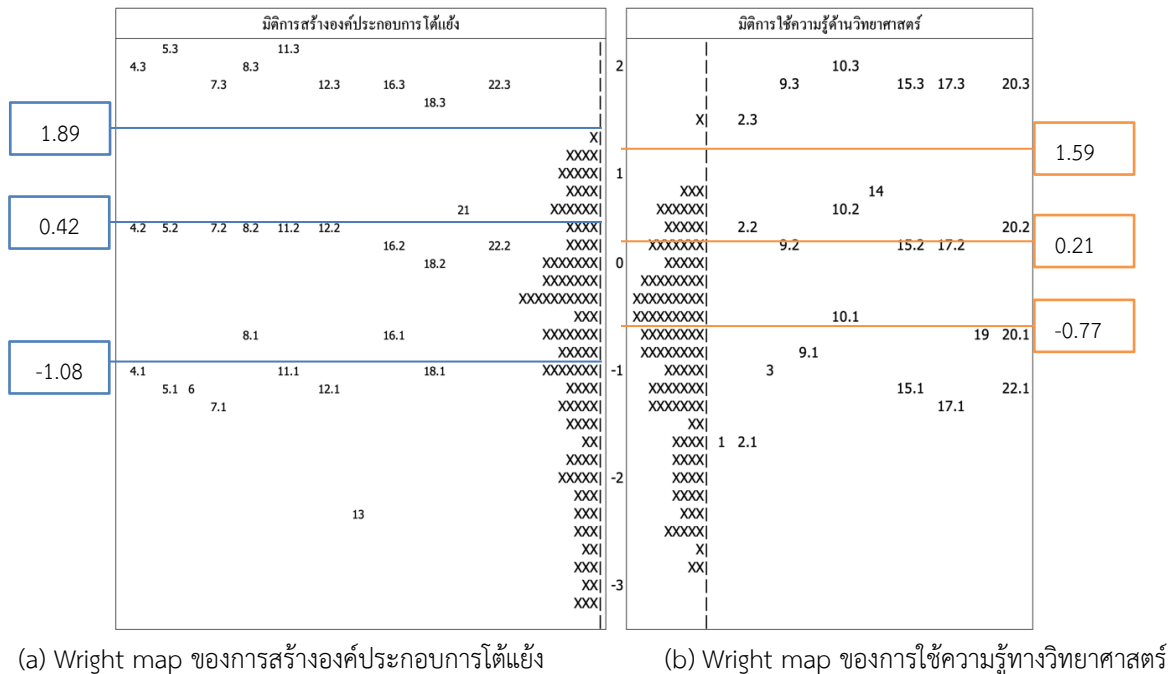
4.2.2 หลักฐานความเที่ยง

ตรวจสอบค่าความเที่ยงแบบ EAP/PV (Briggs & Wilson, 2003) เป็นค่าสัดส่วนของความแปรปรวนที่อธิบายได้จากโมเดล Partial credit model ต่อความแปรปรวนในภาพรวม (Total variance) ของค่าความสามารถของนักเรียน ผ่านเกณฑ์การยอมรับได้ที่ 0.70 (Cronbach, 1990) และพิจารณาหลักฐานความเที่ยงจากกราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาแผนที่เชิงโครงสร้างทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยสองมิติคือ มิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งจากเดิมของ Osborne et al. (2016) 3 ระดับ เมื่อนักเรียนทำแบบทดสอบปลายเปิด ปรากฏว่านักเรียนบางคนยังไม่สามารถสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงเพิ่มระดับความสามารถของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ระดับที่ต่ำกว่าระดับ

ความสามารถในการสร้างข้อสรุปและใช้ข้อมูลสนับสนุน คือ ข้อสรุปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ มิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งจึงมี 4 ระดับ (ดังภาพ 2) และมิติการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มี 4 ระดับ คือระดับ 1 คืออธิบายด้วยเนื้อหาที่ไม่เกี่ยวข้อง จนไปถึงระดับสูงสุดคือระดับที่ 4 อธิบายด้วยเนื้อหาที่ซับซ้อน ทั้งสองมิติสามารถสร้างจุดตัด จำนวน 3 จุด โดยมิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง มีจุดตัด คือ -1.08, 0.42, และ 1.89 และมิติการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีจุดตัด คือ -0.77, 0.21, และ 1.59 ดังภาพ 5



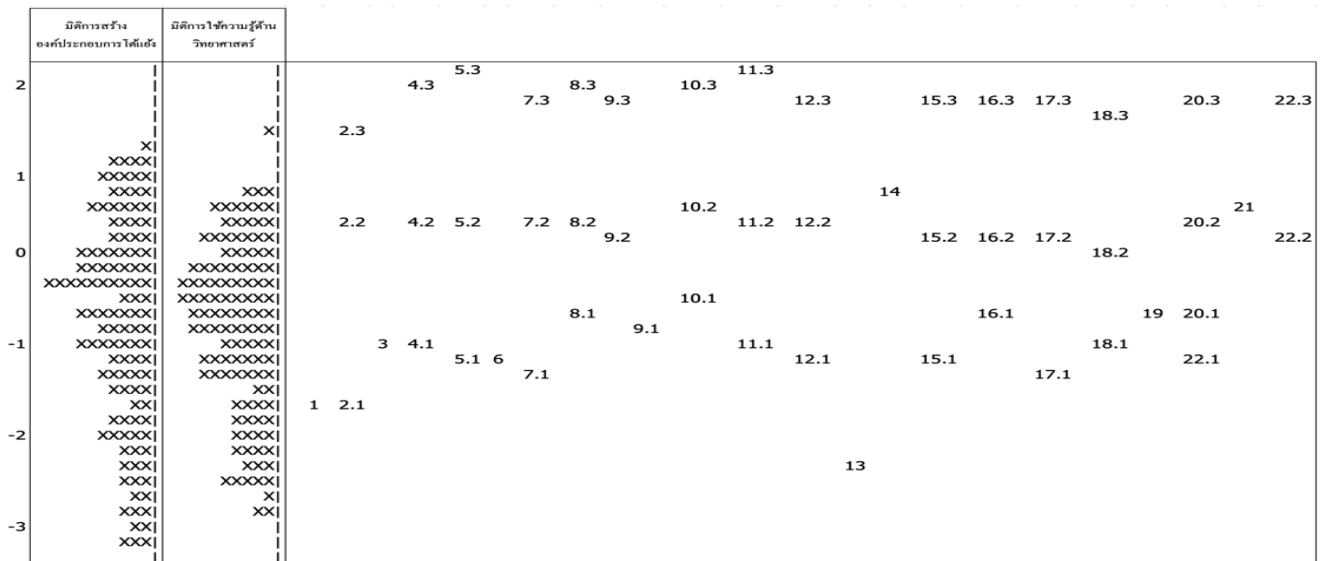
ภาพ 5 Wright map และจุดเปลี่ยนผ่านระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 มิติ

2. ผลการสร้างและตรวจสอบแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยข้อคำถามในมิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งจำนวน 12 ข้อ และมิติการใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์จำนวน 10 ข้อ โดยมีการให้คะแนน 2 ระดับ คือ 0-1 คะแนน และ 4 ระดับ ตั้งแต่ 0-3 คะแนน

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ และค่าพารามิเตอร์ความยากข้อสอบพบว่า ข้อสอบมีค่าความยาก อยู่ระหว่าง -1.11 ถึง 1.09 และมีค่าความสอดคล้องกลมกลืนแบบถ่วงน้ำหนัก (infitt MNSQ) ระหว่าง 0.74 ถึง 1.35 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ (Adams & Khoo, 1996) แปลว่าข้อคำถามทั้ง 22 ข้อสอดคล้องกลมกลืนกับโมเดลพหุมิติ และสามารถอธิบายความผันแปร (Variation) ของค่าความสามารถนักเรียนได้

2.1 หลักฐานความตรง เมื่อพิจารณาหลักฐานที่ใช้สนับสนุนความตรงของผลการวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งสองมิติ จากแบบวัดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่า Wright map ของแต่ละด้านสามารถใช้เป็นหลักฐานความตรงเกี่ยวกับเนื้อหาของแบบทดสอบได้ โดยตำแหน่งค่าความยากแต่ละขั้นของการตอบ (item threshold) ที่อยู่ทางขวา ครอบคลุมช่วงความสามารถของผู้เรียนของ Wright map แสดงว่าข้อสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นนิยามของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนใช้ทำข้อสอบแยกตามมิติ ซึ่งประกอบด้วยมิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง และมิติการใช้ข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์ ปรากฏดังภาพ 6

จากภาพแสดงถึงค่าความยากแต่ละชั้นของการตอบของข้อสอบแต่ละข้อ เช่น ข้อที่ 4 ประกอบด้วย ชั้นการตอบ 3 ระดับ จากระดับ 1 ไปถึง ระดับ 3 เป็นต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า ข้อสอบกระจายไปทุกระดับความสามารถของผู้สอบ



ภาพ 6 หลักฐานความตรงเกี่ยวกับเนื้อหาของแบบทดสอบโดยพิจารณาจาก Wright map

หลักฐานความตรงเกี่ยวกับกระบวนการตอบ (validity evidence based on response processes) ผู้วิจัยได้นำข้อสอบไปทดลองใช้ และสัมภาษณ์ผู้สอบภายหลังจากทำข้อสอบ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเนื้อหาของข้อสอบที่ตรงกันระหว่างผู้สอบและผู้สร้างข้อสอบ พบว่านักเรียนเข้าใจโจทย์หรือคำถามตรงตามที่ผู้วิจัยคาดหวัง

หลักฐานความตรงเกี่ยวกับด้านโครงสร้างภายใน (validity evidence based on internal Structure) พบว่า โมเดลพหุมิติสอดคลองกลมกลืนกับข้อมูลคำตอบดีกว่าโมเดลเอกมิติ โดยมีค่า AIC (Yao & Schwarz, 2006) และ BIC (Schwarz, 1978) ต่ำกว่า ดังแสดงในตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล พบว่า โมเดลทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ AIC และ BIC ของโมเดลทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติน้อยกว่าโมเดลทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบเอกมิติรวม เพื่อประเมินความกลมกลืนของโมเดล ถ้าโมเดลใดมีค่าดัชนีดังกล่าวน้อยที่สุด สะท้อนให้เห็นถึงโมเดลที่กลมกลืนกับผลการตอบข้อสอบมากที่สุด (Lin & Dayton, 1997; Dziak et al, 2020) จากการเปรียบเทียบโมเดลแสดงว่าโครงสร้างทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมกับการโมเดลการวัดลักษณะพหุมิติ

ตาราง 2 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลพหุมิติ (multidimensional approach) เปรียบเทียบกับเอกมิติรวม (composite approach)

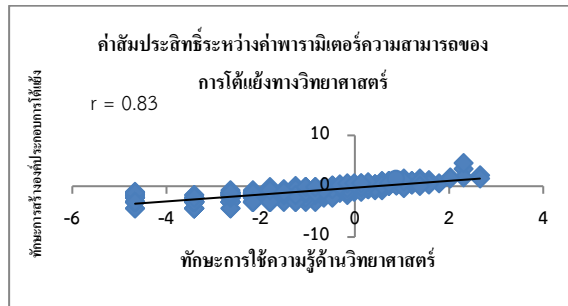
โมเดลทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	สถิติดีเวียนซ์	จำนวนพารามิเตอร์	ค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไค (AIC)	ค่าเกณฑ์สารสนเทศเบเซียน (BIC)
โมเดลทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบเอกมิติรวม	19806.92	53	19912.92	19950.60
โมเดลทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติ	19789.12	55	19899.12	19938.22

สถิติไคสแควร์อัตราส่วนไคสควเอด (Likelihood Ratio Chi-Squared Statistic; G^2): $\chi^2 = 17.8$, $df=2$, $p<.001$

ค่า Akaike Information Criterion (AIC): $19912.92 < 19899.12$ (แบบพหุมิติ < แบบเอกมิติ)

ค่า Bayesian Information Criterion (BIC): $19938.22 < 19950.60$ (แบบพหุมิติ < แบบเอกมิติ)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าความสามารถทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระหว่างความสามารถการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งและด้านการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.83 แสดงให้เห็นว่าความสามารถของนักเรียนส่วนใหญ่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ นักเรียนมีคะแนนด้านใดด้านหนึ่งสูง จะมีคะแนนอีกด้านสูงตามไปด้วย ดังแสดงในภาพ 7

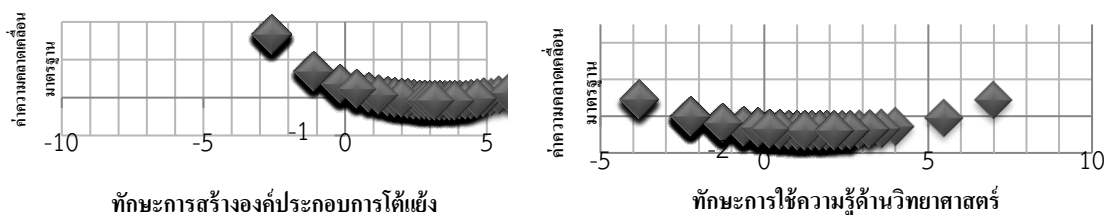


	1	SEM1	2	SEM2
MEAN	-0.82	0.56	-0.85	0.58
S.D	1.53	0.34	1.24	0.25
MAX	2.66	0.38	4.58	1.87
MIN	-4.66	1.83	-4.42	0.43

ภาพ 7 ความสัมพันธ์ของค่าความสามารถทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระหว่างมิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งและมิติการใช้ข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์

2.2 หลักฐานความเที่ยง ข้อคำถามในแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าความเที่ยงแบบ EAP/PV มิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งและมิติการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.89 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Adam, 2005) และค่าความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน เท่ากับ 0.91 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาหลักฐานความเที่ยงจากกราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดและขอบเขตเกณฑ์ เมื่อทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกเป็นมิติย่อยที่สัมพันธ์กัน ได้แก่ มิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง และมิติการใช้ข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์ ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของนักเรียนแต่ละคนจากโมเดลพหุมิติจะมีค่า SEM แตกต่างกันดังจะแสดงได้ดังภาพ 7 และ 8 พบว่า เมื่อพิจารณาค่า SEM ในภาพรวมที่ได้จากโมเดลพหุมิติ พบว่า ผู้สอบมีค่าเฉลี่ยมิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งและมิติการใช้ข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์สูงใกล้เคียงกัน กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า SEM และค่ามิติย่อยทั้ง 2 มิติ สนับสนุนว่ามีความคงเส้นคงวาที่ความสามารถของนักเรียนในกลุ่มปานกลาง



ภาพ 8 กราฟความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดแบบพหุมิติ

อภิปรายผล

1) จากผลการวิจัยพบว่าแผนที่เชิงโครงสร้างของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 2 มิติ คือมิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งและมิติการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ อาจเป็นเพราะการสร้างองค์ประกอบในการโต้แย้งในบริบทที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ควรใช้ความรู้เข้ามาในการสร้างการโต้แย้ง สอดคล้องกับแนวคิดของ Osborne, Erduran & Simon (2004) การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ต้องการความรู้เฉพาะด้าน เพื่อใช้ในการวิพากษ์ข้อสรุป และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ไปยังหลักฐานที่สนับสนุน ซึ่งการโต้แย้งที่ดีจะขึ้น อยู่กับองค์ความรู้ที่เหมาะสมที่ผู้เรียนสามารถข้อมูลและเหตุผล ในการโต้แย้งของแต่ละบุคคลและ Anderson & Krathwohl (2001 as cited in Yao & Schwarz, 2006) การสร้างข้อโต้แย้งต้องการความสามารถในการจำข้อมูลที่จำเป็น เพื่อสร้างข้อมูลที่ถูกต้องในการสร้างข้อมูลในการโต้แย้ง แผนที่โครงสร้างในแต่ละมิติจะสามารถแบ่งระดับ ในแผนที่โครงสร้างดังนี้

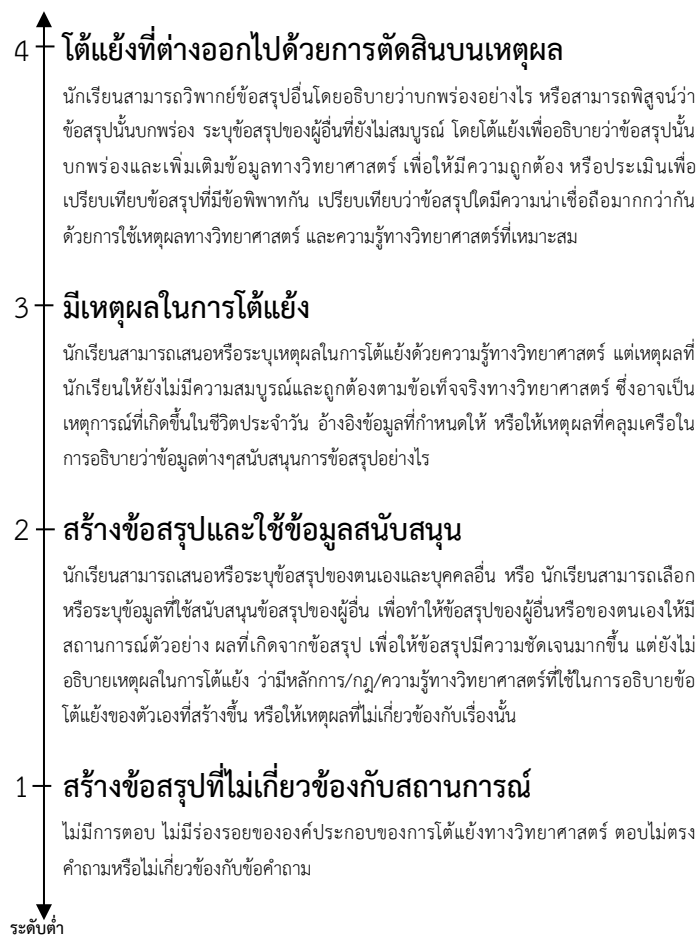
แผนที่โครงสร้างการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้ง สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ คือ ระดับ 1 สร้างข้อสรุปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ จนถึงระดับสูงสุด คือระดับที่ 4 โต้แย้งที่ต่างออกไป ด้วยการตัดสินบนเหตุผล พบว่าระดับความสามารถในการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง จากระดับ 2 จนถึงระดับ 4 บนแผนที่โครงสร้างการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้งมีการเรียงลำดับความสามารถ เพราะการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งจะเริ่มจากการสร้างข้อสรุป หรือการหาข้อมูลมาสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง แล้วจึงมีการสร้างเหตุผลเข้ามาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและข้อมูลที่ใช้สนับสนุน ประกอบกับ หลักฐานการวิเคราะห์จาก Wright map ของมิติของการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง ด้วยการพิจารณาจาก item threshold กับ พารามิเตอร์ความสามารถของนักเรียนของในระดับต่างๆบนแผนที่โครงสร้างของมิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง มีความสอดคล้องกันระดับต่างๆ บนแผนที่โครงสร้าง และมีผลการศึกษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Osborne et al., (2016) โดยแผนที่โครงสร้างของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่เริ่มจากระดับ 0 การไม่มีหลักฐานขององค์ประกอบการโต้แย้ง หรือเป็นระดับที่นักเรียนไม่สามารถสร้างความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบของการโต้แย้งได้ จนถึงระดับ 2 การสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปด้วยการตัดสินใจ โดยแบ่งเป็นระดับ 3 ระดับเช่นเดียวกัน นักเรียนใช้ความสามารถที่สูงขึ้นในการสร้างความเชื่อมโยงขององค์ประกอบของการโต้แย้ง ดังปรากฏใน Wright map ของมิติการสร้างองค์ประกอบการโต้แย้ง เนื่องจากการศึกษาของ Osborne et al., (2016) ตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าการสร้างองค์ประกอบจะต้องมีการเชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องกันขององค์ประกอบของการโต้แย้ง ในระดับ 0 ของแผนที่โครงสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Osborne et al., (2016) ที่นักเรียนต้องสามารถสร้างข้อสรุปที่เกี่ยวข้องได้ แต่เนื่องจากเมื่อทำการตรวจให้คะแนน พบว่ามีผลการตอบของนักเรียนที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ผู้วิจัยจึงเพิ่มระดับสร้างข้อสรุปที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ เพื่อให้สามารถมีระดับที่ใช้การวัดและประเมินกันนักเรียนกลุ่มนี้ได้ เพราะการพัฒนาการประเมินเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ควรประเมินจากพัฒนาการของความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Wilson, 2005) แผนที่โครงสร้างควรออกแบบให้ครอบคลุมทุกระดับความสามารถ Cizek (2012 as cited in Suksiri & Worain, 2016) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ บุชร สิมห์คุ (2562) ในการพัฒนาแผนที่ภาวะสันนิษฐานทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประกอบด้วย 2 ด้าน คือ ด้านทักษะการพยากรณ์และด้านทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล ได้ศึกษาจากคำตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้เข้ามาตอบคำถามได้ จึงเพิ่มระดับไม่มีการอธิบาย และขาดความรู้พื้นฐานเข้าไปเพื่อให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

แผนที่โครงสร้างการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ คือ ระดับ 2 คือ อธิบายด้วยเนื้อหาปริมาณน้อย จนไปถึงการระดับสูงสุดคือระดับที่ 4 อธิบายด้วยเนื้อหาที่ซับซ้อน สอดคล้องกับ Gotwals & Songer (2009) ความก้าวหน้าการเรียนรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนที่ระดับความซับซ้อนของการนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์มาใช้อธิบายมากขึ้น ในระดับที่ 1 ถึง ระดับที่ 3 แต่ผู้วิจัยได้เพิ่มระดับที่ต่ำที่สุดลงไปเพิ่มจากแผนที่โครงสร้างดังกล่าว คืออธิบายด้วยเนื้อหาที่ไม่เกี่ยวข้อง เนื่องจากการตอบคำถามของนักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถจำเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อมาอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ Wilson (2005) แผนที่โครงสร้างเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงทิศทางของตัวแปรหรือทักษะของนักเรียนที่เราต้องการศึกษา พัฒนาแผนที่โครงสร้างด้วยการค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือสามารถนำข้อมูลเชิงคุณภาพที่ครูหรือนักวิจัยได้เก็บรวบรวมจากประสบการณ์ การสัมภาษณ์ การสังเกต เมื่อผู้วิจัยทำการพัฒนาแผนที่โครงสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติในข้างต้น จึงสร้างแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งมีการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

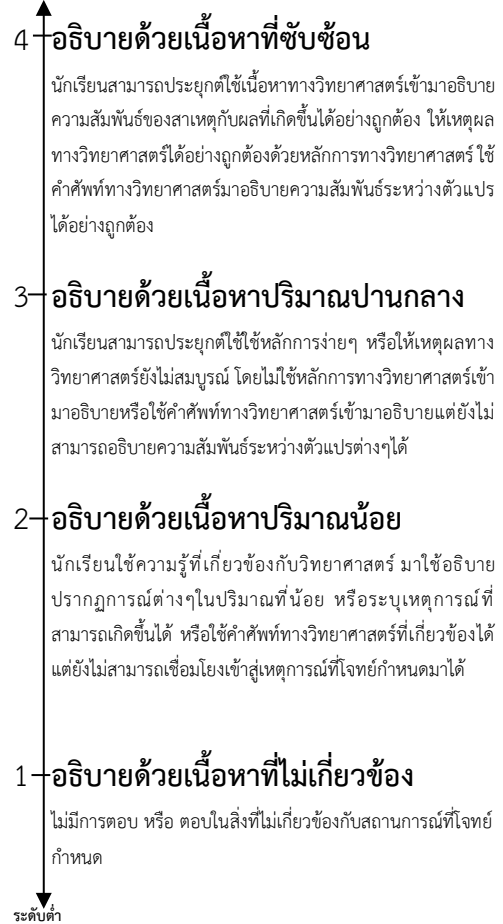
2) ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบโมเดลแสดงว่าโครงสร้างทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมกับการโมเดลการวัดลักษณะพหุมิติ อาจเพราะธรรมชาติโครงสร้างการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีความเหมาะสมในการวัดแบบพหุมิติ และการที่นักเรียนจะสามารถโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ ยังคงต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ามาอธิบายเหตุผลในการโต้แย้ง Briggs & Wilson (2003) การนำไปใช้ในการประเมินผลในห้องเรียนที่ได้จากการวัดแบบพหุมิติ มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการวัดแบบเอกมิติ เนื่องจากพหุมิติ จะสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับมาหาครู ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้มากขึ้น ข้อคำถามที่สร้างขึ้นโดยออกแบบให้เป็นแบบเอกมิตินั้น ข้อสอบมีลักษณะวัดรวมทุกมิติแทนที่จะวัดความสามารถในมิติย่อย ผู้สร้างข้อสอบอาจกำลังละเลยสารสนเทศเชิงวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนที่ควรจะได้รับจากข้อสอบ ข้อเท็จจริงของข้อสอบที่สร้างตามโมเดลเอกมิติ คือผู้สร้างข้อคำถามจะรวมทุกความสามารถในมิติเดียว แต่ความจริงแล้วข้อสอบบางข้อมีแนวโน้มที่จะวัดมิติย่อยอื่นด้วย (Hambleton, Swaminathan, & Roger, 1991) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Yao & Schwarz (2006) เมื่อทำการออกแบบข้อสอบที่เป็นลักษณะหมวดหมู่ข้อสอบ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบโมเดลการวัดแบบเอกมิติ และแบบพหุมิติ ค่าสถิติดีไวเนียนซ์ AIC และ BIC ของโมเดลทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติน้อยกว่าโมเดลทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบเอกมิติ และการศึกษาของ Osborne et al. (2016) โมเดลการวัดแบบพหุมิติมีความเหมาะสม (fit) กับข้อมูลมากกว่าโมเดลการวัดแบบเอกมิติ

ระดับสูง



(a) แผนที่โครงสร้างการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้ง

ระดับสูง



(b) แผนที่โครงสร้างการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์

ภาพ 9 แผนที่โครงสร้างของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การนำแผนที่โครงสร้างของทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติไปใช้ เนื่องจากการประเมินทักษะดังกล่าวประกอบด้วย 2 มิติคือมิติการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งและมิติการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการพัฒนาข้อคำถามของมิติต่างๆ จะต้องมีพื้นฐานในความเข้าใจดังต่อไปนี้

แผนที่โครงสร้างของการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้ง ระดับความสามารถบนแผนที่โครงสร้างจะเป็นการกำหนดความสามารถของนักเรียนในการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งเท่านั้น และไม่มีการนำเอาหลักเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ในการตอบอธิบาย หรือใช้ในการโต้แย้ง

แผนที่โครงสร้างของการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ระดับความสามารถบนแผนที่โครงสร้างจะเป็นการกำหนดความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้เข้ามาอธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ การกำหนดขอบเขตของปริมาณการใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ควรกำหนดให้มีความละเอียดมากที่สุด

1.2 การนำแบบวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ สามารถนำข้อคำถามต่าง ๆ มาทดสอบบนกระดาษได้ ควรกระตุ้นให้นักเรียนเขียนในสิ่งที่ตนเองคิดลงไป ไม่ต้องกลัวว่าตนเองจะตอบผิด และควรต้องศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนจากการกำหนดบริเขตคำตอบ เพื่อความความชัดเจนก่อนการให้คะแนน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบพหุมิติ ซึ่งมีการสร้างแผนที่โครงสร้างของการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งร่วมกับการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยผลการใช้โมเดลการวัดแบบพหุมิตีมีความเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติ แต่ผู้วิจัยพัฒนาแบบวัดที่ใช้โมเดลการวัดแบบพหุมิติระหว่างข้อสอบเท่านั้น ในงานชิ้นต่อไปควรเป็นแผนที่เชิงโครงสร้างแบบพหุมิติ แต่มีการใช้โมเดลการวัดพหุมิติภายในข้อคำถาม โดยใช้มิติการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กับมิติการสร้างองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ควรตรวจสอบความตรงโครงสร้างภายในเปรียบเทียบระหว่างเอกมิติกับพหุมิติ

2.2 การศึกษาครั้งนี้เป็นการตรวจสอบความตรงเพียง 3 แหล่ง ควรตรวจสอบความตรงเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ระดับชั้นของนักเรียน แผนการเรียนของนักเรียน เป็นต้น และหลักฐานความตรงที่เป็นผลจากการทดสอบ เป็นผลกระทบทางบวกและทางลบจากผลการประเมิน โดยทำการสัมภาษณ์ครูผู้สอน ที่นำผลการประเมินระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

References

- Adams, R. J., Wilson, M., & Wang, W. chung. (1997). The multidimensional random Coefficients MULTINOMIAL logit model. *Applied Psychological Measurement*, 21(1), 1–23.
<https://doi.org/10.1177/0146621697211001>.
- Adams, R. J. & Khoo, S. T. (1996). *QUEST: the interactive test analysis system version 2.1*. The Australian Council for Educational Research.
- Briggs, D. C. & Wilson, M. (2003). An Introduction to multidimensional measurement using Rasch models. *Journal of Applied Measurement*, 4(1), 87-100.
- Faize, F. A., Husain, W., & Nisar, F. (2017). A Critical Review of Scientific Argumentation in Science Education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1). <https://doi.org/10.12973/ejmste/80353>
- Gotwals, A. W., & Songer, N. B. (2009). Reasoning up and down a food chain: Using an assessment framework to investigate students middle knowledge. *Science Education*.
<https://doi.org/10.1002/sce.20368>
- Hambleton, R.K., Swaminathan, H. and Rogers, H.J. (1991) *Fundamentals of Item Response Theory*. Sage Publications.
- Lin, T. H., & Dayton, C. M. (1997). Model selection information criteria for non-nested latent class models. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 22(3), 249–264. <https://doi.org/10.2307/1165284>

- Linacre, J. M. (1994). Sample size and item calibration stability. *Rasch Measurement Transactions*, 7(4), 328.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020.
<https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Osborne, J. F., Henderson, J. B., Macpherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846. <https://doi.org/10.1002/tea.21316>
- Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328(5977), 463-466. <https://doi.org/10.1126/science.1183944>
- Schwarz, G. (1978). *Estimating the dimension of a model. The Annals of Statistics*, 6(2). 461-464. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>
- Siegel, H. (1995). Why Should Educators Care about Argumentation? *Informal Logic*, 17(2). 159-176, <https://doi.org/10.22329/il.v17i2.2405>
- Songsil, W., Pongsophon, P., Boonsoong, B., & Clarke, A. (2019). Developing scientific argumentation strategies using revised argument-driven inquiry (rADI) in science classrooms in Thailand. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1).
<https://doi.org/10.1186/s41029-019-0035-x>
- Toulmin, S. E., Rieke, R. D., & Janik, A. (1984). *An introduction to reasoning*. Macmillan.
- Suksiri, W., & Worain, C. (2016, December 21). *Investigating Tentative Cut scores for Science Learning Area on the Ordinary National Educational Test Scores using the Construct Mapping Method: An Analysis for Further Judgments*. The National Institute of Educational Testing Service.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach* (Har/Cdr edition). Routledge.
- Wright, B. D., & Stone, M. H. (1979). *Best Test Design: Rasch Measurement*. Mesa Press.
- Wu, M. L., Adams, R. J., Wilson, M. R., & Haldane, S. A. (2007). *ACER ConQuest: Generalised Item Response Modeling Software* [Computer software]. Version 2. Camberwell, Australian Council for Educational Research.
- Yao, L., & Schwarz, R. D. (2006). A Multidimensional Partial Credit Model with Associated Item and Test Statistics: An Application to Mixed-Format Tests. *Applied Psychological Measurement*, 30(6), 469–492. <https://doi.org/10.1177/0146621605284537>