วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต
Journal of Rangsit University: Teaching & Learning
ISSN 1905-7881 (Print)/ ISSN 2651-1584 (Online)
Available online at https://jrtl.rsu.ac.th

ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2563
Vol.14 No.1 January – June 2020

ลำดับขั้นคุณลักษณะของการรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

Attribute Hierarchy of STEM Literacy for Lower Secondary School Students

นพรัตน์ ใบยา[1*] สังวรณ์ งัดกระโทก[1] นลินี ณ นคร[1] และ ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง[2]
Nopparat Baiya[1*] Sungworn Ngudgratoke[1] Nalinee Na Nakorn[1] and Nuttaporn Lawthong[2]

[1]สาขาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
[2]คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[1]School of Educational Studies, Sukhothai Thammathirat Open University
[2]Faculty of Education, Chulalongkorn University
**Corresponding Author, E-mail: nopparat489@hotmail.com, โทร. 081-8815633*
วันที่ส่งบทความ 12 กันยายน 2561 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 30 ตุลาคม 2561
วันที่ตอบรับบทความ 31 ตุลาคม 2561 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 2 มกราคม 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มและจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ 2 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็ม โดยใช้เทคนิคเดลฟายจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม จำนวน 3 รอบ ผู้ร่วมเดลฟายประกอบด้วยเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนจำนวน 10 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ด้านคณิตศาสตร์ และด้านวิศวกรรม ด้านละ 7 คน โดยใช้แบบสอบถาม 3 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบสอบถามปลายเปิด ส่วนแบบสอบถามรอบที่ 2 และรอบที่ 3 เป็นปลายปิดเพื่อหาฉันทามติจากผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่าง ควอร์ไทล์ (2) การจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็ม โดยการประเมินความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จำนวน 3 คน และทูตสะเต็มศึกษาหรือครูผู้ได้รับรางวัลเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาระดับชาติ จำนวน 2 คน โดยใช้แบบประเมินความสอดคล้องแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะแล้ววิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสัดส่วน

ผลการวิจัยพบว่า คุณลักษณะการรู้สะเต็มแบ่งเป็น 4 ด้าน (1) การรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ (1.1) อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (1.2) ตีความข้อมูลจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ (1.3) ใช้เหตุผลในการโต้แย้งเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (1.4) ประเมินผลการออกแบบทางวิทยาศาสตร์ (2) การรู้เทคโนโลยี ได้แก่ (2.1) รู้จักและใช้เทคโนโลยี (2.2) วิเคราะห์และประเมินความเหมาะสมเทคโนโลยี (2.3) ออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยี (3) การรู้วิศวกรรม ได้แก่ (3.1) อธิบายกระบวนการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามหลักการออกแบบวิศวกรรม (3.2) ประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (3.3) ประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้งานผลิตภัณฑ์ และ (4) การรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ (4.1) อธิบายสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ (4.2) อธิบายหรือใช้หลักการ เหตุและผล/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา (4.3) ทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ (4.4) ตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ส่วนผลการจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ทั้ง 4 ด้าน เป็นแบบลำดับขั้นเชิงเส้นที่มีลักษณะ

ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะในลักษณะเส้นตรงที่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาแบบทดสอบสำหรับประเมินความก้าวหน้าที่ใช้ลำดับขั้นของคุณลักษณะตามแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา เพื่อให้ได้สารสนเทศที่เป็นสถานะความรู้ ทักษะและกระบวนการทางปัญญา อันเป็นประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้และพัฒนานักเรียนตามแนวทาง สะเต็มศึกษาได้

คำสำคัญ: *คุณลักษณะ ลำดับขั้นคุณลักษณะ สะเต็มศึกษา การรู้สะเต็ม*

Abstract

The purpose of the study was to determine attributes and the attribute hierarchy of STEM literacy for lower secondary school students. There were two stages of the research process: (1) Using the Delphi technique to elicit opinions from experts in 3 rounds. Delphi participants consist of 10 teaching and learning experts and 7 experts each in Science, Technology, Mathematics and Engineering. The three questionnaires were used as the open questionnaire in round 1, Round 2 and Round 3 were closed, to find consensus from the experts. Data were analyzed by median and interquartile range, (2) determining the hierarchy of feature attributes by evaluating the concordance of the hierarchy diagram the attributes from 3 STEM education experts and 2 STEM ambassadors or teachers who won the award on the STEM education. Using the conformance assessment the hierarchical relationship diagram, then analyze the data with proportional values.

The research finding was found that attribute of STEM Literacy were divided into: (1) Scientific literacy included (1.1) explain scientific phenomena (1.2) interpret scientific evidence (1.3) use scientific reasoning (1.4) evaluate scientific design. (2) Technological literacy included (2.1) know and use technology (2.2) analysis and evaluation of technology (2.3) design and development of technology (3) Engineering literacy include (3.1) explain the process and develop the product according to engineering design principles, (3.2) apply scientific principles. Technology and mathematics in product design and development, (3.3) evaluate the efficiency and effectiveness of product applications. (4) Mathematical literacy included 4.1) describe the situation of mathematical problems, (4.2) explain or apply the mathematical cause / effect method to solve problems, (4.3) predict the phenomena with mathematical principles (4.4) interpret and evaluate mathematical results. The order of attribute hierarchy of STEM Literacy was found to be a linear hierarchy, which was characterized by the fact that the relationships among attributes were in a straight line with a single end point. The findings can be used as a baseline for the development of test items for assessing students' learning progression following the hierarchical attributes based on cognitive theories that will provide valuable information including knowledge state, skills and processes. This information can be advantage an for developing students in STEM Education.

Keywords: *Attribute, Attribute Hierarchy, STEM Education, STEM Literacy*

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรเน้นให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้และทักษะกระบวนการด้านต่าง ๆ ระหว่างสาขาวิชา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องเพื่อให้เกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 แนวทางหนึ่งคือ การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM education) ที่บูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary integration) 4 ศาสตร์ ไว้ด้วยกัน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project method) และแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process) ร่วมกับความรู้วิชาคณิตศาสตร์ ความรู้ด้านเทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) ให้ผู้เรียน ค้นหาความสามารถ ความถนัด ความสนใจของตนเอง จากการเรียนรู้ตามสภาพจริง ซึ่งวงการศึกษาทั่วโลกตื่นตัวและนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพคนรุ่นใหม่ โดยมุ่งหวังเพื่อให้สามารถนำเอาหลักการทางทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติในชีวิตจริง การรู้สะเต็ม (STEM literacy) จึงจำเป็นสำหรับผู้เรียนในการประกอบอาชีพและการศึกษาในมหาวิทยาลัย (Washington STEM study Group, 2011)

การรู้สะเต็มเป็นเป้าหมาย (Goal) หรือผลลัพธ์ (Outcome) ที่สำคัญของสะเต็มศึกษา (National Research Council, 2011) สอดคล้องกับ Bybee (2010) ที่กล่าวว่าถึงเวลาแล้วที่การรู้สะเต็มจะต้องเกิดขึ้นสำหรับนักเรียนทุกคน และรัฐต้องพร้อมที่จะปฏิรูปการศึกษา (Johnson, Richkind, & Ott, 2010) ให้นักเรียนมีสมรรถนะในการใช้ความรู้และทักษะในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบทางวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมาและนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง และมีสมรรถนะในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องเกิดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งกำลังจะจบการศึกษาภาคบังคับ การวัดและประเมินผลลัพธ์ด้านการรู้สะเต็มควรเป็นการประเมินแบบอิงมาตรฐานเพื่อประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียน และให้ความสำคัญกับ การประเมินเชิงวินิจฉัย (Diagnostic assessment) ที่พยายามบ่งชี้ถึงจุดเด่น จุดด้อย ข้อบกพร่อง ปัญหาอุปสรรคที่ทำให้นักเรียนไม่สามารถบรรลุตัวชี้วัดตามที่กำหนดได้ ซึ่งหากมีการวัดและประเมินผลการรู้สะเต็มแล้วให้ข้อมูลสารสนเทศประกอบการตัดสินใจเลือกแนวการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นให้เหมาะสมกับความสามารถ ความถนัดและความสนใจ ก็จะเป็นการเตรียมความพร้อมของบุคลากรเข้าสู่สายงานอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มต่อไป และเตรียมความพร้อมสำหรับการสำรวจศักยภาพของผู้เรียนร่วมกับนานาชาติเพื่อสะท้อนการจัดการศึกษาแนวทางสะเต็มศึกษา ว่าได้เตรียมความพร้อมให้นักเรียนเป็นพลเมืองของชาติที่มีศักยภาพในการพัฒนาและแข่งขันมากน้อยเพียงใด ส่งผลให้หน่วยงานระดับนโยบายนำไปกำหนดเป้าหมายเชิงนโยบายในการจัดการศึกษาต่อไปได้ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีข้อตกลงในเรื่องรายละเอียดเกี่ยวกับการรู้สะเต็มโดยองค์กรที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา (Zollman, 2012) จึงมีแต่การนิยามที่แยกตามสาขาวิชาที่มาบูรณาการสะเต็ม 4 สาขาวิชา คือ การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) การรู้เทคโนโลยี (Technology literacy) การรู้วิศวกรรม (Engineering literacy) และการรู้คณิตศาสตร์ (Mathematical literacy หรือ Numeracy)

การประเมินผลการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในประเทศไทยนั้นเป็นการประเมินตามมาตรฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่นำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ซึ่งมักจะเน้นไปที่กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีซึ่งถูกจัดไว้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานพื้นฐานอาชีพ ซึ่งยังคงใช้หลักการเดียวกันกับการประเมินการจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน (มนตรี จุฬาวัฒนพล, 2556) ยังไม่ได้กำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มซึ่งเป็นความรู้และทักษะทางการคิดที่สำคัญเกี่ยวกับ สะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้สอนหรือสถานศึกษานำไปเป็นแนวทางในการจัดการ

เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาให้เกิดผลเชิงปฏิบัติในชั้นเรียน ตลอดจนเป็นแนวทางในการกำหนดเกณฑ์สำหรับการวัดผลประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนที่ผ่านการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ยังไม่มีการวัดและประเมินผล ที่สะท้อนความก้าวหน้าในการเรียน (Learning progression) จึงไม่สามารถการสะท้อนระดับความสำเร็จตามเป้าหมายที่เกิดจากการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเพราะไม่มีข้อมูลสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาตามนโยบายของประเทศด้านการส่งเสริมระบบ การเรียนการสอนที่เชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

ความก้าวหน้าในการเรียนเป็นแนวทางหนึ่งของการประเมินเชิงวินิจฉัย โดยมีแนวคิดว่าการเรียนรู้หรือความสามารถของนักเรียนเกิดจากการสั่งสมการเรียนรู้ในเรื่องเล็ก ๆ น้อย ๆ จนพัฒนาเป็นองค์ความรู้และทักษะที่นำไปสู่การเรียนรู้ในสิ่งที่ยากขึ้น ซับซ้อนขึ้น และสำคัญมากในอนาคต (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009) การพิจารณาความก้าวหน้าในการเรียนจะให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ของนักเรียนจากเนื้อหาย่อย ๆ โดยกำหนดปริมาณและความซับซ้อนอย่างมีลำดับขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงในระยะเวลาที่กำหนด (Sarama & Clements, 2009) ทั้งนี้ การวัดและประเมินผลความก้าวหน้าในการเรียน ใช้แนวคิดของการออกแบบที่เน้นหลักฐาน (Evidence - centered design) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดในการวัดและประเมินผลที่มีชื่อว่า Assessment Triangle ที่กำหนดไว้ว่าการวัดและประเมินผลที่มีประสิทธิภาพจะมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ (1) มีแบบจำลองทางปัญญา (Cognitive model) ในการคิดของนักเรียน อันจะนำไปสู่การออกแบบวิธีวัดสิ่งที่นักเรียนคิด สิ่งที่นักเรียนเข้าใจ และสิ่งที่นักเรียนมีทักษะตามมาตรฐานหรือหลักสูตรที่กำหนดไว้ (2) มีชนิดของเหตุการณ์หรือพฤติกรรมที่สังเกตได้ ที่ออกแบบมาเพื่อแจงแจงสถานะในการเรียนรู้ของนักเรียนในแบบจำลองทางปัญญาได้ และ (3) มีเครื่องมือและสถิติที่ช่วยสนับสนุนให้เหตุผลว่านักเรียนมีสถานะในการเรียนรู้อย่างไรโดยอาศัยประจักษ์พยานจากสมรรถนะของนักเรียนที่สังเกตได้ เช่น การรู้คิด การสังเกตและการตีความ (Pellegrino, Chudowsky, & Glaser, 2001) ดังนั้นความก้าวหน้าในการเรียนจึงเป็นการประเมินเชิงวินิจฉัยที่นำแนวคิดของทฤษฎีทางปัญญา (Cognitive theory) มาใช้ในการทดสอบวินิจฉัย ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างจิตวิทยาทางปัญญา (Cognitive psychology) กับการวัดทางจิตมิติ (Psychometrics) โดยมีการพัฒนาเป็นโมเดลวินิจฉัยทางปัญญา (Cognitive Diagnostic Model: CDM) ขึ้นมา ซึ่งนักวิชาการมีความเชื่อว่าจะทำให้ได้สารสนเทศจากการวินิจฉัยที่เป็นจุดเด่น จุดด้อย ปัญหา และสาเหตุที่เกิดปัญหานั้น ๆ อย่างเจาะจง และสามารถนำสารสนเทศที่ได้จากการวินิจฉัยไปปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนา ข้อบกพร่องต่าง ๆ เหล่านั้นได้ตรงประเด็น ซึ่งการสร้างแบบทดสอบ (Psychology of test performance) จะทำให้เข้าใจลำดับโครงสร้างของคะแนน รวมทั้งการให้สารสนเทศของผลคะแนนการทดสอบที่ถูกต้อง ซึ่งแบบทดสอบทางการศึกษานั้น มีพื้นฐานมาจากการแก้ปัญหาทางปัญญา (Cognitive problem solve task) (Snow & Lohman, 1998 อ้างถึงใน ทิพย์ ขำอยู่, 2556)

โมเดลการวินิจฉัยทางปัญญาเป็นโมเดลทางการวัดทางจิตที่ใช้ประเมินเพื่อบ่งบอกถึงการรอบรู้ หรือไม่รอบรู้ของความรู้หรือทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในการตอบข้อสอบของนักเรียนและโมเดลวินิจฉัยทางปัญญาที่ได้รับความนิยมและนำมาใช้ในการวินิจฉัยทางการศึกษามากที่สุดโมเดลหนึ่งคือ โมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Model: AHM) (Leighton, Gierl, & Hunka, 2004) ที่นำมาใช้ในการกำหนดจำนวนข้อสอบ ลักษณะข้อสอบและแบบแผนการตอบข้อสอบ จากโครงสร้างที่เป็นลำดับ ขั้นของความรู้หรือทักษะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบที่เรียกว่าคุณลักษณะ (Attribute) มีการจำแนกคุณลักษณะ เนื้อหาหลักก่อนทำการพัฒนาแบบทดสอบ และมีการกำหนดคุณลักษณะเนื้อหาให้มีความสัมพันธ์กันเป็นลำดับขั้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จะช่วยให้การกำหนดคุณลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อให้สารสนเทศของการวินิจฉัยที่ได้จากแบบแผนการตอบข้อสอบมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนเพื่อวินิจฉัยการรู้สะเต็ม จึงจำเป็นต้องกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มก่อน แล้วจัดลำดับขั้นคุณลักษณะตามโมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการสร้างข้อสอบสำหรับการประเมินความก้าวหน้าในการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรม และการรู้คณิตศาสตร์ในโอกาสต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เทคนิคเดลฟายในการกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน แล้วนำมาจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มด้วยการประเมินความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบทดสอบสำหรับเป็นเครื่องมือการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนที่ใช้ลำดับขั้นของคุณลักษณะตามแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา ทำให้สามารถกำหนดลักษณะข้อสอบและจำนวนข้อสอบได้อย่างชัดเจน รวมทั้งให้สารสนเทศที่เป็นสถานะความรู้ ทักษะและกระบวนการทางปัญญา อันเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาแนวทางในการจัดการเรียนรู้และพัฒนานักเรียนได้มากกว่า การประเมินความก้าวหน้าในการเรียนด้วยแบบทดสอบโดยใช้กรอบเนื้อหาเหมือนในอดีตที่ผ่านมา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้เทคนิคเดลฟาย
2. เพื่อจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการประเมินความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ

นิยามศัพท์เฉพาะ

สะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาโดยใช้กิจกรรมหรือโครงงานที่บูรณาการ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

การรู้สะเต็ม หมายถึง ข้อกำหนด หรือข้อความที่แสดงถึงความรู้ ความสามารถ ทักษะทางการคิดและคุณลักษณะอันพึงปรารถนาของผู้เรียนเมื่อผ่านการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรม และการรู้คณิตศาสตร์

การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการมีส่วนร่วมเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสะท้อนความคิดวิทยาศาสตร์ในฐานะพลเมือง โดยให้เหตุผลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ต้องใช้ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ประเมินผลและการออกแบบทางวิทยาศาสตร์ และตีความข้อมูลจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

การรู้เทคโนโลยี หมายถึง ความสามารถในการใช้ การจัดการ ความเข้าใจและประเมินเทคโนโลยี รู้วิธีการใช้และเข้าใจวิธีการพัฒนาเทคโนโลยี และมีทักษะในการวิเคราะห์ผลกระทบของเทคโนโลยีที่มีต่อตนเอง ประเทศและโลก

การรู้วิศวกรรม หมายถึง ความเข้าใจในกระบวนการและระบบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยการประยุกต์ใช้และความคิดสร้างสรรค์ของหลักการทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ได้แก่ การออกแบบ การผลิต และการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพและประหยัด กระบวนการใช้เครื่องจักรและการทำงานอย่างระบบ

การรู้คณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคล ในการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงการให้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

คุณลักษณะการรู้สะเต็ม หมายถึง ความรู้และทักษะทางการคิดที่สำคัญที่ใช้ในการทำข้อสอบเกี่ยวกับการรู้สะเต็มให้ถูกต้อง

ลำดับขั้นคุณลักษณะ หมายถึง ความรู้และทักษะทางการคิดที่สำคัญที่ใช้ในการทำข้อสอบเกี่ยวกับการรู้สะเต็มที่มีการจัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะที่เป็นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะขั้นที่สูงกว่า

ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานมี 2 ขั้นตอน คือ (1) การกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็ม และ (2) การจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็ม รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็ม

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาฉันทามติของผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดคุณลักษณะของการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน จากนิยามการรู้สะเต็มโดยใช้เทคนิคเดลฟาย สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้นิยามของการรู้สะเต็มขององค์กรที่ได้ให้นิยามไว้ ดังนี้ การรู้วิทยาศาสตร์และการรู้คณิตศาสตร์ใช้นิยามจาก Organization for Economic Co-operation and Development (2013a ,2013b) ที่ใช้ในการสอบ PISA ปี 2015 ส่วนการรู้เทคโนโลยีและการรู้วิศวกรรมใช้นิยามของ Washington STEM study Group (2011) โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1.1 วิธีการเดลฟาย เทคนิคเดลฟายเป็นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลเรื่องราวในอนาคตเกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษา (Alex, 1970 อ้างถึงใน มนต์ชัย เทียนทอง, 2548) โดยใช้แบบสอบถามรวบรวมความคิดเห็นหรือการตัดสินใจหรือลงข้อสรุปเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (ฉัตรสมุน พฤฒิภิญโญ, 2553) จากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหลายรอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันที่เรียกว่าฉันทามติ (สุทิติ ขัตติยะ, 2550; Linstone & Turoff, 1975; Hsu & Sandford, 2007) โดยไม่มีการเผชิญหน้าหรือไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เชี่ยวชาญ (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2554; สุวิมล ว่องวาณิช, 2548)

1.2 การเลือกผู้เชี่ยวชาญ ในการกำหนดสมาชิกของผู้เชี่ยวชาญสำหรับการศึกษาเดลฟายครั้งนี้คัดเลือกมาจากบุคคลสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากผลงานที่ตีพิมพ์และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา ซึ่ง Adler and Ziglio (1996) เสนอว่า สมาชิกของเดลฟาย ควรเป็นไปตามเงื่อนไข 4 ข้อ ดังต่อไปนี้ (1) มีความรู้ความชำนาญและประสบการณ์ในการวิจัย (2) มุ่งมั่นที่จะมีส่วนร่วม (3) มีเวลาว่างในการเข้าร่วมกระบวนการวิจัย และ (4) มีทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ใช้ เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบ Snow ball เพื่อระบุบุคคลที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะได้รับเชิญและแต่งตั้งให้เป็นผู้เชี่ยวชาญ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งการวิจัยในอดีตที่ผ่านมา มีตั้งแต่ประมาณ 4 คน ถึง 171 คน (Skulmoski, Hartman & Krahn, 2007) อย่างไรก็ตาม Dalkey (1975) พบว่าผู้เชี่ยวชาญมากกว่า 15 คน จะมีความน่าเชื่อถือและลดความคลาดเคลื่อนในระดับที่น่าเชื่อถือได้

การศึกษาครั้งนี้มีผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 38 คนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยผู้วิจัย คือ 1) เป็นผู้มีความรู้ มีประสบการณ์เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา 2) เป็นทูตสะเต็มศึกษาหรือครูผู้ได้รับรางวัลเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาระดับชาติ (3) เป็นผู้ที่สามารถอุทิศเวลาและยินดีเข้าร่วมนำในการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัย ประกอบด้วยมีผู้เชี่ยวชาญด้านการ

จัดการเรียนการสอนจำนวน 10 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ด้านคณิตศาสตร์และด้านวิศวกรรม ด้านละ 7 คน

1.3 ขั้นตอนของเทคนิคเดลฟาย โดยวิธีการของเทคนิคเดลฟาย 3 รอบ มีดังนี้

1.3.1 รอบที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดคุณลักษณะของการเรียนรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเครื่องมือเป็นแบบสอบถามปลายเปิด แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรม และการรู้คณิตศาสตร์ ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถามโดยอาจารย์ที่ปรึกษา ข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมได้ในรอบที่ 1 จะถูกวิเคราะห์และนำไปใช้ในการสร้างแบบสอบถามสำหรับรอบที่ 2

1.3.2 รอบที่ 2 นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามปลายเปิดรอบที่ 1 มาวิเคราะห์ โดยคัดเลือกข้อความของผู้เชี่ยวชาญที่มีความคิดเห็นเหมือนกันมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 75 ให้เป็นคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกันเพื่อเป็นคุณลักษณะเดียวกันซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์พิจารณาค่าร้อยละของคำตอบที่มีความถี่ที่เสนอโดย Murry and Hammons (1995 อ้างถึงใน สุวิมล ว่องวาณิช, 2548) และ Bulger and Housner (2007) แล้วพยายามคงรูปภาษาและสำนวนเดิมของผู้เชี่ยวชาญไว้และปรับแก้ไขข้อความที่ไม่ชัดเจนหรือซ้ำซ้อนให้มีความชัดเจนขึ้น เพื่อนำไปสร้างแบบสอบถามในรอบที่ 2 ที่เป็นแบบสอบถามปลายปิดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ (1) ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (2) ไม่เห็นด้วย (3) ไม่แน่ใจ (4) เห็นด้วย (5) เห็นด้วยอย่างยิ่ง ตรวจสอบความเหมาะสมและความตรงของข้อคำถามในแบบสอบถามโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

1.3.3 รอบที่ 3 นำข้อมูลจากแบบสอบถามปลายปิดรอบที่ 2 ที่ได้รับคืนจากผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์ค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอไทล์เป็นรายข้อ แล้วสร้างแบบสอบถามปลายปิดรอบที่ 3 ซึ่งมีลักษณะเหมือนแบบสอบถามในรอบที่ 2 แต่คัดเลือกเฉพาะคุณลักษณะที่สำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นด้วยในระดับที่มีมัธยฐานตั้งแต่ 3.49 ขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าที่ข้อความมีความเหมาะสมที่จะเกิดขึ้นได้มาก โดยเป็นไปตามเกณฑ์ของจุมพล พูลภัทรชีวิน (2529) และเพิ่มตำแหน่งของมัธยฐาน พิสัยระหว่างควอไทล์รวมทั้งตำแหน่งที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนตอบในรอบที่ 2 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบ การตัดสินใจในการยืนยันคำตอบเดิมหรือเปลี่ยนแปลงคำตอบใหม่ ในกรณีที่เปลี่ยนแปลงคำตอบที่อยู่นอกพิสัยระหว่างควอไทล์ ให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงเหตุผลประกอบ ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของแบบสอบถามโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ติดต่อโดยตรงหรือผ่านทางโทรศัพท์หรืออีเมลกับผู้เชี่ยวชาญ เพื่ออธิบายสรุปเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัยและความคาดหวังจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้เชี่ยวชาญจะใช้เวลา 10 วัน ในการตอบแบบสอบถามในแต่ละรอบ และ 2 วันก่อนวันที่ครบกำหนด ผู้วิจัยจะส่งอีเมลหรือโทรศัพท์แจ้งเตือนถึงผู้เชี่ยวชาญเพื่อตอบแบบสอบถาม

ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสารจึงมีการพัฒนาการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับเทคนิคเดลฟายผ่านจดหมายอิเล็คทรอนิคส์ (E- Mail) ซึ่งเรียกรูปแบบนี้ว่า อี-เดลฟาย (E-Delphi) (Lindqvist & Nordänger, 2007) งานวิจัยนี้จึงใช้รูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย อี-เดลฟาย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chien (2002); Meshkat, et al., (2014) และ Xhevrie , Jesus, and Pilar (2010) ร่วมกับการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามแบบกระดาษโดยผู้วิจัยติดต่อขอความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญว่าสะดวกในการรับส่งแบบสอบถามในลักษณะผ่านจดหมายอิเล็คทรอนิคส์ หรือแบบสอบถามทางไปรษณีย์แล้วจึงส่งแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 รอบ ดังนี้ รอบที่ 1 จัดส่งแบบสอบถามปลายเปิด 2 รูปแบบ คือจดหมายอิเล็คทรอนิคส์ (E-Mail) และ แบบสอบถามทางไปรษณีย์ ส่วนรอบที่ 2 และ รอบที่ 3

ส่งแบบสอบถามปลายเปิดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ให้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมในรูปแบบ Google form และ Google Drive®

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มโดยใช้เทคนิคเดลฟายนี้ ผู้วิจัยเลือกวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาฉันทามติ (Consensus) โดยเปรียบเทียบคำตอบผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนกับคำตอบกลุ่มโดยใช้ มัธยฐาน (Median) และพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (Interquartile Range : IQR) (Hasson ,Keeney, & McKenna, 2000; Hsu & Sandford, 2007) และใช้เกณฑ์ในการพิจารณาฉันทามติของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจากการตอบแบบสอบถามปลายปิดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยพิจารณาค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ ของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2540) และค่ามัธยฐานของ จุมพล พูลภัทรชีวิน (2529) ดังนี้ (1) คุณลักษณะใดที่มีค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ไม่เกิน 1.5 และ ค่ามัธยฐานตั้งแต่ 3.49 ขึ้นไป แสดงว่าคุณลักษณะดังกล่าวได้รับฉันทามติ (2) คุณลักษณะใดที่มีค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์เกิน 1.5 และ ค่ามัธยฐานน้อยกว่า 3.49 แสดงว่าคุณลักษณะดังกล่าวไม่ได้รับฉันทามติ ส่วนเกณฑ์การยุติกระบวนการเทคนิคเดลฟายพิจารณาจากความคงที่ (Stability) ของคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญในรอบที่ 2 กับรอบที่ 3 ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงน้อยกว่าร้อยละ 20 จึงสมควรยุติกระบวนการเทคนิคเดลฟาย (Murry & Hammons, 1995 อ้างถึงใน สุวิมล ว่องวาณิช, 2548)

2. การจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็ม

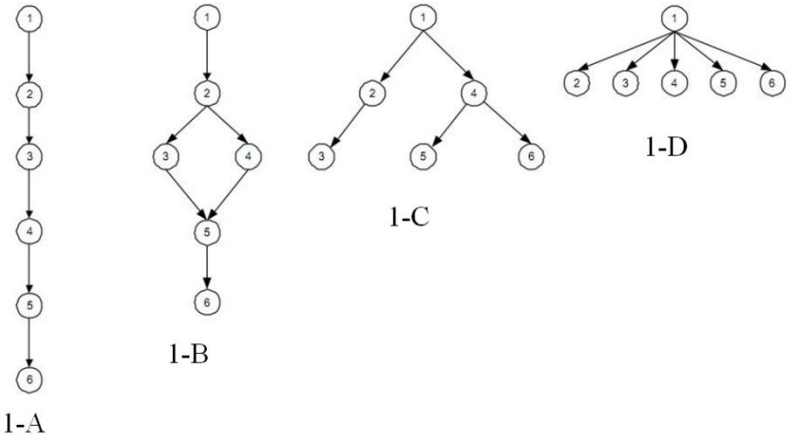
ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดลำดับขั้นคุณลักษณะของการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน โดยการประเมินความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ มีสาระสำคัญ ดังนี้

2.1 แหล่งข้อมูล/ผู้เข้าร่วม ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านละ 5 คน โดยในแต่ละด้านจะประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จำนวน 3 คน และทูตสะเต็มศึกษาหรือ ครูผู้ได้รับรางวัลเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาระดับชาติ จำนวน 2 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงเพื่อเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความสอดคล้องแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ

2.3 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

2.3.1 ศึกษาลำดับขั้นคุณลักษณะ (Attribute hierarchy) ซึ่งเป็นตัวแทนของคุณลักษณะทางพุทธิปัญญา โดยแสดงถึงความรอบรู้ของคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้คุณลักษณะอื่น ๆ ต่อไป โดยคุณลักษณะที่เป็นพุทธิปัญญาที่ต่ำกว่าจะเป็นพื้นฐานสำหรับคุณลักษณะที่สูงกว่า เช่น คุณลักษณะที่ 1 เป็นพื้นฐานสำหรับคุณลักษณะที่ 2 และคุณลักษณะที่ 2 เป็นพื้นฐานสำหรับคุณลักษณะลำดับขั้นที่สูงขั้นต่อไปเรื่อย ๆ โดยมีรูปแบบคุณลักษณะทางพุทธิปัญญา 4 รูปแบบ ได้แก่ ลำดับขั้นเชิงเส้นลำดับขั้นเชิงลู่เข้า ลำดับขั้นเชิงจำแนก และลำดับขั้นแบบไม่มีโครงสร้าง (Gierl, 2007; Leighton, Gierl, & Hunka, 2004; Rupp, Templin, & Henson, 2010) ซึ่งทั้ง 4 รูปแบบดังรูปที่ 1 นี้เป็นตัวอย่างของ Gierl (2007) และ Leighton, Gierl, and Hunka (2004) ที่มี 6 คุณลักษณะในแต่ละรูปแบบของลำดับขั้นคุณลักษณะ



รูปที่ 1 โครงสร้างลำดับขั้นคุณลักษณะของ Gierl (2007) และ Leighton, Gierl, and Hunka (2004)

(1) ลำดับขั้นเชิงเส้น (Linear hierarchy) มีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่าง คุณลักษณะในลักษณะเส้นตรงที่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว (ดังรูปที่ 1-A) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 คุณลักษณะ ที่ 3 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะ ที่ 5 และ คุณลักษณะ ที่ 5 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6

(2) ลำดับขั้นเชิงลู่เข้า (Hierarchy with a convergent branch) มีลักษณะความสัมพันธ์ที่แยกเป็น 2 ทางแต่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว (ดังรูปที่ 1-B) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 และ คุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 3 และคุณลักษณะที่ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และ คุณลักษณะที่ 5 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6

(3) ลำดับขั้นเชิงจำแนก (Hierarchy having a divergent branch) มีลักษณะความสัมพันธ์ที่แยกออกเป็น 2 ทาง แต่ไม่ได้มีจุดสิ้นสุดเพียงจุดเดียว (ดังรูปที่ 1-C) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 และคุณลักษณะที่ 4 ส่วนคุณลักษณะที่ 2 มีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 และคุณลักษณะที่ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และคุณลักษณะที่ 6

(4) ลำดับขั้นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured hierarchy) มีลักษณะความสัมพันธ์ที่ไม่มีความสัมพันธ์เดียวจากจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดสิ้นสุดเพียงจุดเดียว (ดังรูปที่ 1-D) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 3 คุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 5 และคุณลักษณะที่ 6 โดยที่คุณลักษณะที่ 2 ถึงคุณลักษณะที่ 6 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

2.3.2 นำคุณลักษณะการรู้สะเต็มที่ได้จากศึกษาในขั้นตอนที่ 1 ทั้ง 4 ด้าน เป็นกรอบหัวข้อในการจัดเรียงลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มและเขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับ ขั้นคุณลักษณะ

2.3.3 เขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ โดยให้จัดเรียงคุณลักษณะที่เป็นการรู้ในขั้นพื้นฐานมาก่อนแล้วตามด้วยคุณลักษณะการรู้ในขั้นที่สูงกว่าเป็นลำดับขั้น ในแต่ละด้านและเขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ โดยผู้วิจัยยกตัวอย่าง ความสัมพันธ์เชิงลำดับ

2.3.4 สร้างแบบประเมินความสอดคล้องแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ แล้วตรวจสอบความเหมาะสมของแบบประเมินโดยอาจารย์ที่ปรึกษา

2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยติดต่อขอความร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญ แล้วจัดส่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปและกลับทางไปรษณีย์ โดยส่งแบบประเมินความสอดคล้องแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มกับนิยามการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะโดยหาสัดส่วนของความสอดคล้องของผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้านแล้วเลือกแผนภาพความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะที่มีค่าสัดส่วนของความสอดคล้องสูงที่สุดในแต่ละด้าน ซึ่งจะได้แผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มจำนวน 4 แผนภาพ คือ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรม และการรู้คณิตศาสตร์

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดคุณลักษณะและจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็ม ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรม และการรู้คณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ผลการกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มโดยใช้เทคนิคเดลฟาย

1.1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เข้าร่วมเดลฟาย ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เข้าร่วมเดลฟาย ทั้งหมด 38 คน แต่มีผู้เชี่ยวชาญ 2 คน ที่ขอถอนตัวตั้งแต่การตอบแบบสอบถามรอบที่ 1 เนื่องจากไม่มีเวลาจึงเหลือผู้เชี่ยวชาญ 36 คน

1.2 ผลการรวบรวมข้อมูล การรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มโดยใช้เทคนิคเดลฟาย ทั้ง 3 รอบ โดยรอบที่ 1 ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามปลายเปิด รวบรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับคุณลักษณะการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน แล้วนำมาสร้างเป็นแบบสอบถามปลายปิด 5 ระดับ ในรอบที่ 2 และ 3 เพื่อสอบถามความเหมาะสมของข้อความเพื่อกำหนดเป็นคุณลักษณะการรู้สะเต็ม และวิเคราะห์ข้อมูลหามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ ความคงที่ของคำตอบ พบว่าคุณลักษณะการรู้สะเต็ม มีพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ ไม่เกิน 1.5 และค่ามัธยฐานตั้งแต่ 3.49 ขึ้นไปแสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะได้รับฉันทามติ และคำตอบรอบที่ 3 ของผู้เชี่ยวชาญเปลี่ยนแปลงจากรอบที่ 2 น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ขั้นตอนเดลฟายจึงยุติ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการเดลฟายรอบที่ 2 และ 3 และร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นจากรอบที่ 2 กับรอบที่ 3 เพื่อหาฉันทามติและยุติการเดลฟาย

คุณลักษณะการรู้สะเต็ม	รอบที่ 2			รอบที่ 3			ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง*
	Median	IQR	ฉันทามติ	Median	IQR	ฉันทามติ	
การรู้วิทยาศาสตร์							
S1 อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์	5	0.3	ยอมรับ	5	0.0	ยอมรับ	18.75
S2 ตีความข้อมูลจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์	4	1.0	ยอมรับ	4	1.0	ยอมรับ	0.00

คุณลักษณะการรู้สะเต็ม	รอบที่ 2			รอบที่ 3			ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง*
	Median	IQR	ฉันทามติ	Median	IQR	ฉันทามติ	
S3 ใช้เหตุผลในการโต้แย้งเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์	5	0.3	ยอมรับ	5	0.0	ยอมรับ	12.50
S4 ประเมินผลการออกแบบทางวิทยาศาสตร์	5	1.0	ยอมรับ	5	0.3	ยอมรับ	6.25
การรู้เทคโนโลยี							
T1 รู้จักและใช้เทคโนโลยี	5	1.0	ยอมรับ	5	1.0	ยอมรับ	6.25
T2 วิเคราะห์และประเมินความเหมาะสมเทคโนโลยี	5	1.0	ยอมรับ	5	0.1	ยอมรับ	18.75
T3 ออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยี	5	1.0	ยอมรับ	5	0.6	ยอมรับ	12.50
การรู้วิศวกรรม							
E1 อธิบายกระบวนการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามหลักการออกแบบวิศวกรรม	4	1.0	ยอมรับ	5	1.0	ยอมรับ	5.88
E2 ประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์	5	1.0	ยอมรับ	5	0.8	ยอมรับ	11.76
E3 ประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้งานผลิตภัณฑ์	5	1.0	ยอมรับ	5	1.0	ยอมรับ	17.65
การรู้คณิตศาสตร์							
M1 อธิบายสถานการณ์ของ ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	5	1.0	ยอมรับ	5	1.0	ยอมรับ	11.76
M2 อธิบายหรือใช้หลักการ เหตุและผล/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	5	1.0	ยอมรับ	5	0.0	ยอมรับ	11.76
M3 ทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์	5	1.0	ยอมรับ	5	1.0	ยอมรับ	11.76
M4 ตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	5	1.0	ยอมรับ	5	1.0	ยอมรับ	11.76

หมายเหตุ * ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นจากรอบที่ 2 กับรอบที่ 3

จำนวน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ = 16 คน จำนวนผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี = 16 คน

จำนวน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม = 17 คน จำนวนผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ = 17 คน

คุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นทั้ง 4 ด้าน ด้วยการหาฉันทามติจากผู้เชี่ยวชาญด้วยเทคนิคเดลฟาย สรุปผลดังนี้

การรู้วิทยาศาสตร์

S1 อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

S2 ตีความข้อมูลจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์

S3 ใช้เหตุผลในการโต้แย้งเกี่ยวกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์

S4 ประเมินผลการออกแบบทางวิทยาศาสตร์

การรู้เทคโนโลยี

T1 รู้จักและใช้เทคโนโลยี

T2 วิเคราะห์และประเมินความเหมาะสมเทคโนโลยี

T3 ออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยี

การรู้วิศวกรรม

E1 อธิบายกระบวนการและพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามหลักการออกแบบวิศวกรรม

E2 ประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

E3 ประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้งานผลิตภัณฑ์

การรู้คณิตศาสตร์

M1 อธิบายสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

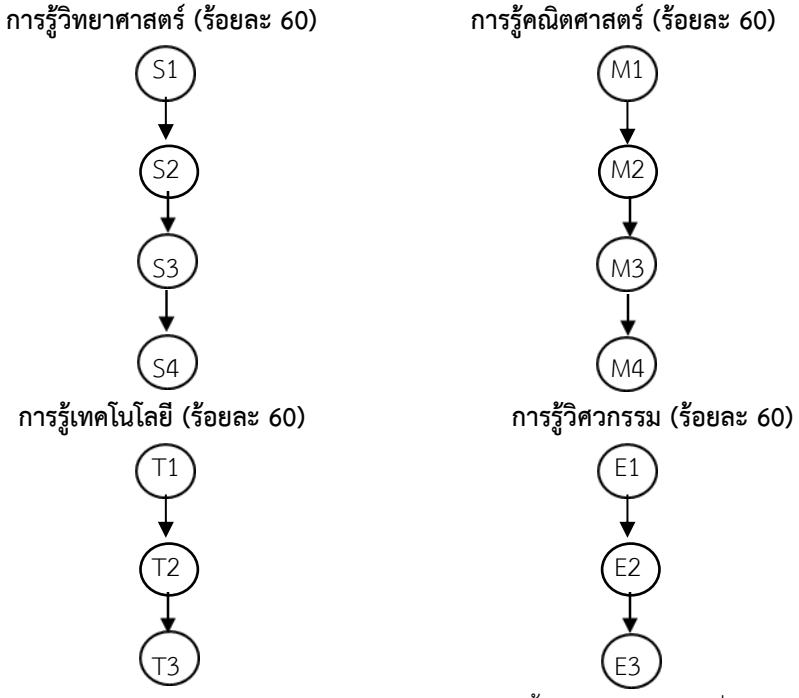
M2 อธิบายหรือใช้หลักการ เหตุและผล/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

M3 ทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์

M4 ตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

2. ผลการจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มด้วยการประเมินความสอดคล้อง

การลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็ม ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรม และการรู้คณิตศาสตร์ ด้วยการประเมินความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะที่มีสัดส่วนความสอดคล้องคิดเป็นร้อยละมากที่สุดของแต่ละด้าน มีดังนี้



หมายเหตุ ร้อยละ 60 เป็นผลการประเมินความสอดคล้องลำดับขั้นคุณลักษณะมากที่สุด

ลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 4 ด้าน ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรมและการรู้คณิตศาสตร์เป็นแบบลำดับขั้นเชิงเส้นที่มีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะในลักษณะเส้นตรงที่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว

อภิปรายผลการวิจัย

1. การกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้เทคนิคเดลฟาย

ผลการศึกษาพบว่าการกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้รับเอกฉันท์จากผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่รอบที่ 2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้วิจัยได้คัดเลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา จึงทำให้ผู้เชี่ยวชาญมีฉันทามติร่วมกันได้ซึ่งเป็นไปตามหลักการของ Adler and Ziglio (1996) เสนอว่า สมาชิกของเดลฟายต้องมีความรู้ความชำนาญและประสบการณ์ในเรื่องที่วิจัย และนอกจากนี้ความน่าเชื่อถือของคุณลักษณะการรู้สะเต็มที่ได้จากการใช้มีความน่าเชื่อถือเพราะจำนวนผู้เชี่ยวชาญในด้านการรู้วิทยาศาสตร์และด้านเทคโนโลยีมีจำนวน ด้านละ 16 คน ส่วนผู้เชี่ยวชาญด้านการรู้วิศวกรรมและด้านคณิตศาสตร์ มีจำนวนด้านละ 17 คน สอดคล้องกับ Dalkey (1975) ที่พบว่าผู้เชี่ยวชาญมากกว่า 15 คน จะมีความน่าเชื่อถือและลดความคลาดเคลื่อนในระดับที่น่าเชื่อถือได้

2. การจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นด้วยการประเมินความสอดคล้องของแผนภาพแสดงความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นคุณลักษณะ

ลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มสำหรับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ทั้ง 4 ด้านที่ผ่านการประเมินความสอดคล้องกับแผนภาพลำดับขั้นคุณลักษณะจากผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษามาแล้ว พบว่าเป็นแบบลำดับขั้นเชิงเส้นนั้น มีความเหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการประเมินความก้าวหน้าของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ใช้ลำดับขั้นของคุณลักษณะตามแนวคิดทฤษฎี พุทธิปัญญา โดยการรู้สะเต็มหรือความสามารถของนักเรียนจะขึ้นอยู่กับการ

สะสมของการเรียนรู้ในสิ่งเล็ก ๆ และพัฒนาเป็นความรู้และทักษะที่นำไปสู่การเรียนรู้ในสิ่งที่ยากซับซ้อนและมีความสำคัญมากขึ้นในอนาคต (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009) โดยคุณลักษณะการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้านจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างข้อสอบสำหรับวัดความก้าวหน้าในการเรียนของการจัดการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ ได้กำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษามีความเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง ที่ครูผู้สอนหรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำคุณลักษณะการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรม และการรู้คณิตศาสตร์ เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุตามเป้าหมายของสะเต็มศึกษา

2. ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ ได้จัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การรู้วิทยาศาสตร์ การรู้เทคโนโลยี การรู้วิศวกรรม และการรู้คณิตศาสตร์ เป็นแนวทางในการพัฒนาแบบทดสอบสำหรับเป็นเครื่องมือการประเมินความก้าวหน้าที่ใช้ลำดับขั้นของคุณลักษณะตามแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา ที่สามารถกำหนดลักษณะข้อสอบและจำนวนข้อสอบได้อย่างชัดเจน รวมทั้งให้สารสนเทศที่เป็นสถานะความรู้ ทักษะและกระบวนการทางปัญญา

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มและจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน ในการวิจัยครั้งต่อไปควรนำคุณลักษณะการรู้สะเต็มและลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็มทั้ง 4 ด้าน ไปวิจัยเพื่อพัฒนาข้อสอบประเมินความก้าวหน้าในการเรียนสำหรับการจัดการศึกษาสะเต็มศึกษา หรือศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดคุณลักษณะและจัดลำดับขั้นคุณลักษณะของเนื้อหาหรือความรู้ ด้านกระบวนการทางปัญญา เช่น การรู้ด้านสารสนเทศ กระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นลินี ณ นคร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ ที่กรุณาให้การสนับสนุน แนะนำและให้คำปรึกษาด้วยดีเสมอมา นอกจากนี้ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 36 ท่าน ที่เสียสละเวลาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการกำหนดคุณลักษณะการรู้สะเต็มด้วยเทคนิคเดลฟาย และการจัดลำดับขั้นคุณลักษณะการรู้สะเต็ม

บรรณานุกรม

จุมพล พูลภัทรชีวิน. (2529). การวิจัยในอนาคต. *วารสารวิธีวิทยาการวิจัย,* 1, 22-24.

ฉัตรสมุน พฤฒิภิญโญ. (2553). หลักการวิจัยทางสังคม. กรุงเทพฯ : เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2554). *การเก็บรวบรวมข้อมูล ประมวลชุดวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา. สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช หน่วยที่ 6 – 10.* นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ทิพย์ ขำอยู่. (2556). *การพัฒนาวิธีวินิจฉัยทักษะการอ่านภาษาอังกฤษโดยใช้โมเดลลำดับชั้นคุณลักษณะ : การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์* (ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.

มนตรี จุฬาวัฒนพล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม.*นิตยสาร สสวท.*, *42*(185),14-17

มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). *สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ.* กรุงเทพฯ : รวยบุญการพิมพ์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2540). *เดลฟายเทคนิคในเทคนิคการคาดการณ์อนาคต.* กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสะเต็ม. กรุงเทพฯ : ผู้แต่ง.

สุทิติ ขัตติยะ. (2550). *การประเมินผลคุณภาพรายการโทรทัศน์ "เวทีแก้จนบนความพอเพียง" ของสถานีวิทยุโทรทัศน์แห่งประเทศไทย ช่อง 11.* กรุงเทพฯ : สถานีวิทยุโทรทัศน์แห่งประเทศไทย ช่อง 11. กรุงเทพฯ.

สุวิมล ว่องวานิช. (2548). *การวิจัยประเมินผลความจำเป็น.* กรุงเทพฯ : ธรรมดาเพลส.

Adler, M. & Ziglio, E. (1996). *Gazing into the oracle*. Bristol, PA: Jessica Kingsley.

Bulger,S., & Housner, L.D. (2007). Modified Delphi Investigation of Exercise Science in Physical Education Teacher Education. *Journal of Teaching in Physical Education*, *26* : 57-80.

Bybee R. W. (2010). Advancing STEM Education A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher, 70* (1), 30-35.

Chien, C. (2002). Developing the e-Delphi system : a web-based forecasting tool for educational research. *British Journal of Educational Technology, 33*(2), 233-236.

Corcoran, T., Mosher, F.A. & Rogat, A. (2009). *Learning Progressions in Science. A Evidence Based Approach to Reform. CPRE Research Reports.* Retrieved from http://repository.upenn.edu/cpre_researchreports/53

Dalkey, N. C. (1975). Towards theory of group estimation. In H. A. Linstone, & M. Turoff (Eds.) *The Delphi method techniques and applications* (pp. 236-261). Massachusetts : Addison-Wesley.

Gierl, M. J. (2007). Making diagnostic inferences about cognitive attributes using the rule space model and attribute hierarchy method. *Journal of Educational Measurement*, *44,* 325–340.

Hasson , Keeney, S. & McKenna, H. (2000). Research guidelines for the Delphi survey technique. Journal of Advanced Nursing. *Oct, 32*(4),1008-1015.

Hsu, C. & Standford, B. A. (2007). The delphi technique: Making sense of consensus. *Practical Research and Evaluation, 12*(10), Retrieved from http://pareonline.net/pdf/v12n10.pdf.

Johnson, J., Rochkind, J., & Ott, A. (2010). *Are we beginning to see the light? Public Agenda.* Retrieved July 15, 2010, from http://www.publicagenda.org/pages/math-and-science-ed-2010

Leighton, J. ,P. Gierl, M. J. & Hunka, S. M. . (2004). The attribute hierarchy method for cognitive assessment : A variation on Tatsuoka's rule-space approach. *Journal of Educational Measurement*, *41,* 205–237.

Lindqvist & Nordänger. (2007). Using the E-Delphi Method: An Attempt to Articulate the Practical Knowledge of Teaching . *Journal of research Method and methodological*, *1*(1).

Linstone, H.A. & Turoff, M. (1975). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. London: Addison Wesley.

Meshkat, B., Cowman, S., Gethin, G., Ryan, K., Wiley, M., Brick, A., ... Mulligan, E. (2014). Using an e-Delphi technique in achieving consensus across disciplines for developing best practice in day surgery in Ireland. *Journal of Hospital Administration, 3*(4), 1-8.

National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education :. Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics.* Washington, DC: National Academy Press.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2013a). *PISA 2015 : Draft Science Framework.* Retrieved February 12, 2015, from http://www.oecd.org /pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm.

----------. (2013b). *PISA 2015 Draft Mathematics Framework.* Paris: OECD.

Pellegrino, J. W., Chudowsky, N. & Glaser, R. (Eds.). (2001). *Knowing What Students Know: The Science and Design of Educational Assessment.* Washington D.C.: National Academies Press.

Rupp, A. A., Templin, J. & Henson, A. R. (2010). *Diagnostic Measurement: Theory, Methods and Applications*. New York: The Guilford Press.

Sarama, J. & Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: learning trajectories for young children*. New York : Routledge.

Skulmoski, G. J., Hartman, F. T. & Krahn, J. (2007). The Delphi method for graduate research. *Journal of Information Technology Education, 6,* 1-21.

Washington STEM study Group. (2011). *STEM LITERACY*. Retrieved from : http://www.washingtonstem.org/

Xhevrie, M., Jesus, M. & Pilar O. (2010). The e-DELPHI Method to Test the Importance Competence and Skills : Case of the Lifelong Learning Spanish Trainers. *World Academy of Science, Engineering and Technology, 42,* 1494-1502.

Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy : STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics, 112,* 12–19.

Translated Thai References

Chulawattanapon, M. (2013). STEM in Thailand &STEM Ambassadors. *IPST Journals*. *42*(185), 14 – 17. [in Thai]

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2014). Basic knowledge about STEM. Bangkok : Author. [in Thai]

Kanjanawasee, S. (1997). *Delphi Techniques in Futuristic Techniques. Faculty of Applied Statistics*. Bangkok: National Institute of Development Administration. [in Thai]

Khattiya, S. (2007). *Evaluation of television program quality. "Stage Solving on Sufficiency" Of TV Channel 11*. Bangkok : Television Channel 11. [in Thai]

Khumyoo ,T. (2013). *Development of the english reading skill diagnostic procedure by using the attribute hierarchy model: Computerized adaptive testing* (Doctoral Dissertation). Chonburi: Burapa university. [in Thai]

Lawthong, N. (2011). *Data collection. Compulsory academic research and statistics. Education Sukhothai Thammathirat Open University Unit 6 – 10.* Nonthaburee : Sukhothai Thammathirat Open University.[in Thai]

Phukpilyo, C. (2009). *Social Research Principles*. Bangkok: Charoen Dejadit Printing. [in Thai]

Plupattaracheevin, J. (1986). Future research. *Journal of Research Methodology, 1,22-24.* [in Thai]

Tiantong, M. (2005). *Statistics and research methods in information technology.* Bangkok: Rich Boon Printing. [in Thai]

Wongwanich, S. (2005). *Needs assessment Research*. Bangkok: Thummada Place. [in Thai]