วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2567

การสร้างแบบประเมินความสามารถการคิดเชิงระบบสำหรับผู้เรียนระดับปริญญาตรี ในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

CONSTRUCTION OF SYSTEMS THINKING ABILITY ASSESSMENT FOR UNDERGRADUATE STUDENTS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE SUBJECT

รพีพรรณ กองตูม[1] ทัศตริน วรรณเกตุศิริ[2] และกุลธิดา นุกูลธรรม[2]
Rapeepan Kongtoom[1] Tassatrin Wannagatesiri[2] and Kulthida Nugultham[2]

[1]หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[2]ภาควิชาครุศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
[1]Doctor of Philosophy Program in Science Education, Kasetsart University Kamphaeng Sean Campus
[2]Department of Teacher Education, Faculty of Education and Development Sciences, Kasetsart University Kamphaeng Sean Campus
E-mail: rapeepan2555@gmail.com

Received: July 16, 2023
Revised: November 15, 2023
Accepted: December 4, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบของผู้เรียนระดับปริญญาตรี วิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และ 2) หาคุณภาพและประสิทธิภาพของแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาวิชาชีพครู สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป เลือกโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม จำนวน 34 คน จากมหาวิทยาลัยราชภัฏในเขตภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันตก ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อคำถามของแบบประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทั้งฉบับโดยวิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน

ผลการวิจัยพบว่า 1) แบบประเมินที่สร้างขึ้นประกอบด้วยสถานการณ์สิ่งแวดล้อม จำนวน 2 สถานการณ์ มีข้อคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก รวมทั้งชุด 16 ข้อ ที่สัมพันธ์กับแบบจำลองลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ 8 ลักษณะ 2) มีค่า IOC ในช่วง 0.60-1.00 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20-0.79 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.65 และค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทั้งฉบับเท่ากับ 0.60 ทั้งนี้ได้ทดลองนำไปใช้กับกลุ่มทดลอง จำนวน 19 คน พบว่า แบบประเมินสามารถจำแนกระดับความสามารถการคิดเชิงระบบได้ โดยสัดส่วนจำนวนของกลุ่มทดลอง ร้อยละ 57.89 มีความสามารถการคิดเชิงระบบอยู่ในลักษณะที่ 1 และร้อยละ 63.16 มีความสามารถการคิดเชิงระบบอยู่ในลักษณะที่ 2 ส่วนลักษณะที่สูงขึ้นไปนอกเหนือจากนี้มีจำนวนน้อยกว่าร้อยละ 50 โดยกลุ่มที่ปรากฏลักษณะ

ที่ 1 และ 2 นี้ จัดระดับความสามารถการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับเตรียมการ มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 60.53 ส่วนระดับพื้นฐานถึงเชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 50

คำสำคัญ

การคิดเชิงระบบ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม แบบประเมินการคิดเชิงระบบ

ABSTRACT

The purposes of this research are twofold: 1) to create a system thinking ability assessment tool for undergraduate students in the scope of environmental science subject and 2) to evaluate the quality and efficiency of the developed system thinking ability assessment tool. A sample group of 34 general science pre-service teachers from Rajabhat universities in the central, northern, and western regions was selected using the cluster sampling method. The evaluation of the tool's quality included five personal expert assessment of the index of item-objective congruence (IOC). Difficulty and discrimination indices were calculated using mean and standard deviation statistics. The reliability of the assessment tool was determined using the Kuder-Richardson procedure.

The research results revealed that 1) the assessment tool, comprising two environmental scenarios with 4 multiple-choice questions each, totaling 16 questions related to the eight characteristics of the hierarchical levels of systems thinking and 2) the IOC values ranging from 0.60 to 1.00. The difficulty index ranged from 0.20 to 0.79, and the discrimination index ranged from 0.20 to 0.65. The overall reliability of the assessment tool was 0.60. In the experimental group, the implementation of the system thinking ability assessment tool found that it can classify the level of systems thinking ability. The 57.89 percent of participants demonstrated system thinking abilities in characteristics 1, and 63.16 percent exhibited system thinking abilities in characteristics 2. Those exhibiting abilities beyond these characteristics were less than 50 percent. The experimental group demonstrating characteristics 1 and 2 is categorized as being at a preparatory level in system thinking abilities, with an average percentage of 60.53, whereas the basic to expert levels have an average percentage of less than 50.

Keywords

Systems Thinking, Environmental Science, Systems Thinking Ability Assessment

ความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดความท้าทายด้านการศึกษาที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนและเตรียมผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถ และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้มีความพร้อมสำหรับการดำเนินชีวิตในสังคม โดยเฉพาะทักษะการคิดขั้นสูง (higher-order thinking) (Miterianifa, Ashadi, Saputro, & Suciati, 2021) อาทิ การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (critical thinking and problem solving) การคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) (Lewis & Smith, 1993) และการการคิดเชิงระบบ (systems thinking) ซึ่งประกอบด้วยทักษะการคิดหลายทักษะเข้าด้วยกัน เช่น การคิดเชิงพลวัตร (dynamic thinking) การคิดเชิงวงจรสาเหตุ (closed-loop thinking) การคิดเชิงโครงสร้าง (structural thinking) การคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific thinking) (Richmond, 1993) เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพรวมของเรื่องนั้น ๆ สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบที่สัมพันธ์เชื่อมโยงจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ อย่างมีเหตุมีผล (Arnold & Wade, 2015)

การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้เพื่อหาคำตอบมาอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นระบบที่มีความซับซ้อน บางครั้งต้องใช้ความรู้ในหลายสาขามาแก้ปัญหา ไม่เฉพาะแต่วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ เคมี และชีวะวิทยาเท่านั้น ยังหมายรวมถึง เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมร่วมด้วย (Bahri, Jamaluddin, Muharni, Fikri, & Arifuddin, 2021) ทฤษฎีการคิดเชิงระบบถูกนำมาใช้กับการศึกษาวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ในอดีตโดย Bertalanffy (Zhang & Ahmed, 2020) และ Richmond (1999) ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ระบบ ได้นิยามการคิดเชิงระบบว่า “การคิดเชิงระบบเป็นทั้งศิลปะและวิทยาศาสตร์ในการได้มาซึ่งข้อสรุปที่น่าเชื่อถือได้เกี่ยวกับพฤติกรรมโดยการพัฒนาความเข้าใจที่ลึกซึ้งของโครงสร้างพื้นฐาน” ต่อมา Assaraf & Orion (2005) ได้เสนอว่าการคิดเชิงระบบจำเป็นต้องเชื่อมโยงความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและชีวิตประจำวัน การเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมจริง เช่น วิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เป็นวิชาที่จะช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดทักษะการคิดเชิงระบบ เนื่องจากสภาพทางสิ่งแวดล้อมเป็นระบบที่มีปฏิสัมพันธ์กับระบบย่อยอื่น ๆ อีกมากในธรรมชาติ จะทำให้ผู้เรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงของระบบหนึ่งและส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ไปยังอีกระบบหนึ่ง จากการตั้งคำถามวงจรสาเหตุ ผลกระทบที่เกิดขึ้น ทำให้สามารถเข้าถึงมิติที่ซ่อนอยู่ของระบบนั้น ๆ เกิดการคิดทบทวนย้อนกลับ และคิดไปข้างหน้า (การทำนาย) ซึ่งจะทำให้ปรากฏลักษณะของการคิดเชิงระบบ 8 ประการ ดังนี้ ลักษณะที่ 1 สามารถระบุองค์ประกอบและกระบวนการภายในระบบได้ (ability to identify the components of a system and processes within the system) ลักษณะที่ 2 สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบได้ (ability to identify relationships among the system’s components) ลักษณะที่ 3 สามารถระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบได้ (ability to identify dynamic relationships within the system) ลักษณะที่ 4 สามารถจัดระเบียบองค์ประกอบและกระบวนการของระบบภายในกรอบของความสัมพันธ์ที่กำหนดได้ (ability to organize the systems’ components and processes within a framework of relationships) ลักษณะที่ 5 สามารถเข้าใจในวัฏจักรของระบบได้ (ability to understand the cyclic nature of systems) ลักษณะที่ 6 สามารถลงข้อสรุปในภาพรวมได้ (ability to make generalizations) ลักษณะที่ 7 สามารถรู้และเข้าใจบางสิ่งที่ซ่อนอยู่ในระบบได้

(understanding the hidden dimensions of the system) และลักษณะที่ 8 สามารถคิดทบทวนย้อนกลับและคาดการณ์ได้ (thinking temporally: retrospection and prediction) ทั้งนี้ลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบระดับต้นจะเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระดับที่สูงขึ้นต่อไป เรียกว่า "แบบจำลองลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ" (systems thinking hierarchical model) (Assaraf & Orion, 2010) จากการนำไปใช้กับการผู้เรียนในระดับประถมศึกษาในการเรียนรู้ระบบโลกและวัฏจักรของน้ำ พบว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาระดับความสามารถการคิดเชิงระบบได้ โดยได้เสนอรูปแบบเครื่องมือประเมินไว้เก้าแบบ ซึ่งแต่ละแบบสามารถประเมินลักษณะการคิดเชิงระบบได้ในระดับที่แตกต่างกัน เช่น แผนผังมโนทัศน์ (concept map) สามารถประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบได้ 5 ลักษณะ ประกอบด้วย การระบุองค์ประกอบของระบบและกระบวนการภายในระบบ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบ การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบ การจัดองค์ประกอบและกระบวนการของระบบที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน และการเข้าใจในวัฏจักรของระบบ ส่วนลักษณะที่ 6-8 นั้น ใช้การกำหนดสถานการณ์ปัญหา เช่น ปัญหา factory inventory เพื่อให้ผู้เรียนได้ออกแบบข้อคำถามที่จะนำไปสู่การคิดทบทวนความเหมาะสมและวางแผนแก้ไขสถานการณ์ปัญหานั้น หรือการใช้เครื่องมือเชิงตารางเปรียบเทียบ (repertory grid) โดยกำหนดหัวข้อเพื่อประเมินและให้ค่าคะแนนเกี่ยวกับโครงสร้าง คุณสมบัติ หรือการเปลี่ยนแปลงของระบบต่าง ๆ ที่สัมพันธ์เชื่อมโยงกัน เช่น ความเค็มของน้ำบนดิน น้ำใต้ดิน น้ำในบรรยากาศ เป็นต้น จะทำให้ผู้เรียนเกิดมุมมองเพิ่มเติม เห็นความสัมพันธ์แบบพลวัตร ลงข้อสรุปและทำความเข้าใจกับบางมิติที่ซ่อนอยู่ได้ Zoller (2012) เสนอว่าแนวทางการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความยั่งยืนควรเป็นการสอนแบบสหวิทยาการ การนำการคิดเชิงระบบเข้าสู่ห้องเรียนวิทยาศาสตร์มีอยู่ 3 แนวทางหลัก ๆ คือ 1) ปรับโครงสร้างการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกระดับชั้นและอบรมให้ความรู้กับครูผู้สอน 2) ปรับวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการจัดการความซับซ้อนโดยการเชื่อมโยงระบบและสถานการณ์เน้นความเป็นสหวิทยาการมากขึ้น และ 3) พัฒนาเครื่องมือและวิธีการประเมินตามบริบท

ปัจจุบันถึงแม้จะมีบทความวิชาการหรืองานวิจัยเกี่ยวกับการส่งเสริมความสามารถการคิดเชิงระบบอยู่ค่อนข้างมาก แต่เป็นการนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอน อาทิ การใช้ปัญหาและโครงงานเป็นฐาน (problem-based and project-based learning) (Nagarajan & Overton, 2019) การสืบสอบ (inquiry- based learning) (Tanak, 2020) แต่ในส่วนของเครื่องมือการวัดและประเมินผลลักษณะและระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบให้ครอบคลุมทั้ง 8 ลักษณะตามแบบจำลองลำดับขั้นการคิดเชิงระบบของ Assaraf & Orion (2010) นั้นยังมีค่อนข้างน้อย จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือประเมินการคิดเชิงระบบพบว่า ส่วนมากใช้แผนผัง มโนทัศน์ (Brandstadtera, Harmsa, & Groβschedl; Khajeloo & Siegel, 2012; Tripto, Assaraf, & Amit, 2013) นอกจากนี้ยังมีการประเมินการแก้ปัญหาตามบริบท (contextualised problem-solving, CPS) ซึ่งมีลักษณะคำถามปลายเปิดโดยให้ดึงแนวคิดที่สำคัญในสถานการณ์ปัญหาออกมาและทำความเข้าใจลักษณะวงจรของความสัมพันธ์ระหว่างระบบ และระบุข้อจำกัดเฉพาะในบริบทของปัญหานั้น (Chen, Wilson & Lin, 2019) ใช้การสัมภาษณ์ (interview) ทั้งที่มีโครงสร้างและไม่มีโครงสร้างและให้คะแนนการสัมภาษณ์แบบรูบริค (scoring rubrics) (Semiz & Teksöz, 2019) และการกำหนดสถานการณ์ให้ตอบโดยสร้างข้อคำถามแบบปรนัย 4 ตัวเลือก เช่น

การตอบคำถามสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (climate change system thinking instrument,CCSTI) พัฒนาโดย Meilinda, Firman & B Tjasyono (2018) เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาและสร้างเครื่องมือประเมินความสามารถการคิดเชิงระบบตามแบบจำลองลำดับขั้นการคิดเชิงระบบของ Assaraf & Orion (2010) ในขอบเขตวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของผู้เรียนระดับปริญญาตรี โดยเฉพาะในกลุ่มนักศึกษาครูฝึกสอน ซึ่งหากครูผู้สอนมีทักษะและความสามารถในการคิดเชิงระบบแล้ว จะสามารถนำไปใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนได้ต่อไป (Lavi & Dori, 2018) และมุ่งหวังว่าเครื่องมือนี้จะประเมินและจำแนกระดับความสามารถการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้ เพื่อนำไปสู่การออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย

แบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบในขอบเขตของรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่สร้างขึ้นนี้ มีคุณภาพตามเกณฑ์การยอมรับ และสามารถใช้ประเมินระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้หรือไม่อย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบของผู้เรียนระดับปริญญาตรีในขอบเขตของรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
2. เพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพของแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบของผู้เรียนระดับปริญญาตรีในขอบเขตของรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research design) เพื่อสร้างแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบในบริบทของการศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ระดับปริญญาตรี โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติ สภาพชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม รวมถึงสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ร่วมกับภูมิปัญญาท้องถิ่นจัดการหรือแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม ประชากรเป็นนักศึกษาครูระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่ได้ผ่านการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ซึ่งมีการจัดการเรียนการสอนในลักษณะการใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นฐาน การสืบค้น สืบเสาะมาแล้วของมหาวิทยาลัยราชภัฏในเขตภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคเหนือ ของประเทศไทย ซึ่งมีบริบทคล้ายกัน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster sampling) ภูมิภาคละ 1 แห่ง ที่มีการเปิดสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในปีการศึกษา 2564 ประกอบด้วยภาคกลางจำนวน 12 คน ภาคตะวันตกจำนวน 15 คน และภาคเหนือจำนวน 7 คน รวมทั้งสิ้น 34 คน (เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดของแต่ละแห่งเนื่องจากจำนวนนักศึกษามีน้อย) เพื่อนำไปหาคุณภาพของเครื่องมือ จากนั้นนำเครื่องมือไปหาประสิทธิภาพโดยกลุ่มทดลองคือนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 2 จำนวน

19 คน โดยเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากมหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในปีการศึกษา 2565 โดยมีกระบวนการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูล ทบทวนวรรณกรรม แนวคิดทฤษฎีการคิดเชิงระบบ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ การจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ การสร้างเครื่องมือเพื่อวัดหรือประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบของผู้เรียน จากนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกกรอบแนวคิดทฤษฎีแบบจำลองลำดับขั้นการคิดเชิงระบบของ Assaraf & Orion (2010) ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาและสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนรู้เกี่ยวกับวัฏจักรของน้ำที่สัมพันธ์กับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ตามบริบทของการศึกษาวิทยาศาสตร์มาใช้ ซึ่งกำหนดไว้ 8 ลักษณะ และแบ่งระดับความสามารถการคิดเชิงระบบเป็น 4 ระดับ คือ ระดับเตรียมการ (pre-requirment) ระดับพื้นฐาน (basic) ระดับปานกลาง (intermediate) และระดับเชี่ยวชาญ (coherent expert) ตามแนวทางของ Meilinda, Firman &, Tjasyono (2018)

2. สร้างเครื่องมือประเมิน

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบครอบครอบคลุมทั้ง 8 ลักษณะ โดยสร้างข้อคำถามแบบปรนัย ซึ่งแต่ละข้อจะปรากฏคำสำคัญ (key word) ที่กระตุ้นให้เกิดการคิดที่สอดคล้องกับลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบทั้ง 8 ลักษณะ อาทิ ระบุประเด็นสำคัญ, แสดงลำดับความสัมพันธ์, ถ้า X เปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อ Y อย่างไร, ให้แสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงขององค์ประกอบในระบบ, สังเกตุหรือมองเห็นอะไรบ้างในระบบ, ลงข้อสรุปได้อย่างไร, คาดว่าจะเป็นอย่างไร และถ้าหาก.....จะมีแนวทางจัดการอย่างไร เป็นต้น โดยใน 1 ชุด จะประกอบด้วยสถานการณ์สิ่งแวดล้อมจำนวน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 8 ข้อ 4 ตัวเลือก มีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวและมีค่าคะแนนเท่ากับ 1 คะแนน รวมทั้งชุด 16 ข้อ

3. ตรวจสอบเครื่องมือประเมิน

นำแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อคำถาม IOC (Index of Item-Objective Congruence) กับลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบทั้ง 8 ลักษณะ ปรับปรุงแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4. หาคุณภาพเครื่องมือประเมิน

นำแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบไปให้กลุ่มตัวอย่างทำจำนวน 34 คน นำข้อมูลไปหาคุณภาพของเครื่องมือ ประกอบด้วย ค่าความยากง่าย (Difficulty) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) คำนวณโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทั้งฉบับ โดยใช้วิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Procedure)

5. หาประสิทธิภาพเครื่องมือประเมิน

นำแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบที่ผ่านการหาคุณภาพแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นปีที่ 2 จำนวน 19 คน แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะและระดับความสามารถการคิดเชิงระบบ

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ

การสร้างเครื่องมือประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ ได้เลือกเนื้อหาและสถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นข้อมูลและเหตุการณ์จริงมาเป็นกรณีศึกษา ตัวอย่างดังตารางที่ 1 เพื่ออ่านศึกษาประกอบการตอบคำถาม

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อม

ฝุ่นละอองและหมอกควัน เป็นเรื่องใกล้ตัวที่คนไทยต้องพบเจออยู่ทุกปี โดยเฉพาะในช่วงหน้าหนาวและหน้าร้อนจนอาจทำให้หลายคนรู้สึกคุ้นเคยหรือเคยชินไปแล้ว ถึงแม้ว่าจะมีการรณรงค์และประกาศห้ามไม่ให้มีการเผา แต่ก็ยังคงปรากฏให้พบเห็นเป็นปกติทั่วไป ควัน (smoke) จากการเผาเป็นกลุ่มอนุภาคขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ในควันจะประกอบไปด้วยสารที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ชีวมวล (biomass) หมายถึง วัสดุที่มาจากพืชหรือสัตว์ ที่พบได้บ่อย เช่น ฟืน เศษไม้ ใบหญ้า ใบอ้อย ฟาง และซังข้าวโพด เป็นต้น ควันจากการเผาชีวมวลจะมีสารพิษหลายร้อยชนิด สารที่พบมาก ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็ก ก๊าซคาร์บอนมอนอคไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน รวมถึงสารก่อมะเร็ง เช่น สารเบนซีน ฟอร์มาดีไฮด์ และสารพีเอเอช สารพิษในควันจากการเผาชีวมวลจึงมีอันตรายไม่น้อยไปกว่าควันบุหรี่ นอกจากนี้การทำอาหารจะทำให้เกิดสิ่งที่เรียกว่า “ไอควันจากการทำอาหาร” หรือ cooking oil fumes (COF) ซึ่งหมายถึง ควันที่เกิดจากการที่น้ำมันถูกทำให้ร้อนเกินจุดเดือดและระเหยกลายเป็นไอ ปัจจัยที่มีผลต่อการทำให้เกิดสารพิษจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ปรุงอาหารและชนิดของน้ำมัน น้ำมันหมูและน้ำมันมะพร้าวมี smoke point สูงกว่าน้ำมันพืชอื่น การรับสัมผัสควันอาจสร้างผลกระทบต่อสุขภาพได้หลายอย่าง องค์การอนามัยโลก (2016) รายงานว่าในแต่ละปีควันพวกนี้ได้ทำคนเสียชีวิตไปประมาณ 4.3 ล้านคน จากโรคร้ายแรงหลายชนิด ได้แก่ โรคปอดอักเสบ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง หรือโรคซีโอพีดี (COPD) โรคมะเร็งปอด โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง การรับสัมผัสส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ชีวมวลสำหรับการทำอาหารและการสร้างความอบอุ่นในช่วงที่อากาศหนาว นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการรับสัมผัสควันยังมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการเรียนรู้ของเด็ก ภาวะน้ำหนักแรกคลอดต่ำกว่าเกณฑ์อีกด้วย

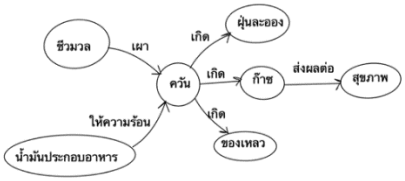
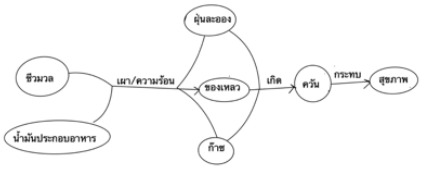
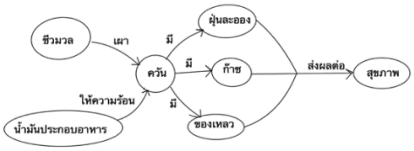
ข้อคำถามประกอบไปด้วยคำถามปรนัยจำนวน 8 ข้อ หลักในการสร้างข้อคำถามแต่ละข้อนั้นจะปรากฏคำหรือข้อความดังที่ขีดเส้นใต้ ซึ่งจะสอดคล้องกับลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นหาองค์ประกอบ กระบวนการ สาเหตุ ปัจจัย รวมถึงผลกระทบของสถานการณ์สิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ซึ่งแต่ละข้อจะมี 4 ตัวเลือกให้ตอบ โดยมีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว การกำหนดตัวเลือกของแต่ละข้อจะปรากฏคำหรือข้อความที่มีอยู่ในบทความเพียงบางส่วน โดยผู้เรียนจะต้องคิดสัมพันธ์ เชื่อมโยง ประมวลผลที่ซับซ้อนมากขึ้น จึงจะสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องได้ อาทิ การออกแบบข้อคำถามสำหรับขั้นที่ 4 (สามารถจัดระเบียบองค์ประกอบและกระบวนการของระบบภายในกรอบของความสัมพันธ์ที่กำหนดได้) มีลักษณะเป็นแผนผังมโนทัศน์

(concept map) ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถลำดับความคิด พิจารณาความถูกต้องและเชื่อมโยงข้อมูลทั้งระบบได้ดี ส่วนการออกแบบข้อคำถามสำหรับขั้นที่ 8 (สามารถคิดทบทวนย้อนกลับและคาดการณ์ได้) มีลักษณะเป็นข้อคำถามสมมุติความต้องการที่จะแก้ปัญหาบางอย่างในอนาคตและเชิญชวนให้ผู้เรียนเข้ามาเป็นคนสำคัญที่ทำหน้าที่เป็นผู้แก้ปัญหา โดยมีการกำหนดเป้าหมายสูงสุดคือ “ความยั่งยืน” ซึ่งข้อคำถามนี้จะทำให้ผู้เรียนต้องคิดทบทวนความรู้ในอดีตที่ผ่านมาและสามารถหยิบยกความรู้ที่สำคัญ หรือนำความรู้ใหม่มาปรับใช้เพื่อแก้ปัญหา โดยต้องยกระดับความคิดเพิ่มขึ้นคือจะต้องแก้ปัญหาอย่างไรจึงจะเกิดความยั่งยืนต่อไปได้ ตัวอย่างดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อคำถามเพื่อประเมินความสามารถการคิดเชิงระบบ

ลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ	**ตัวอย่างข้อคำถาม**	**ค่า IOC/ ความยากง่าย/ อำนาจจำแนก**
1. สามารถระบุองค์ประกอบและกระบวนการภายในระบบได้	1. ข้อใดระบุประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทความได้ถูกต้องครบถ้วนมากที่สุด ก. ชีวมวล น้ำมันพืช การเผาไหม้ หมอกควัน ข. ชีวมวล น้ำมันประกอบอาหาร การเผาไหม้ ฝุ่นควัน ผลกระทบ ค. แหล่งกำเนิด ควัน สารพิษ ผลกระทบ ง. ฝุ่นละออง ก๊าซ ของเหลว หมอกควัน	0.60/ 0.62/ 0.38
2. สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบได้	2. ข้อใดแสดงลำดับความสัมพันธ์ของสาเหตุปัญหา ผลที่เกิดขึ้น และผลกระทบ สอดคล้องกับเนื้อหาในบทความ ได้ถูกต้องที่สุด ก. เผาใบอ้อย → หมอกควัน → ปอดอักเสบ ข. ปอดอักเสบ → หมอกควัน → ชีวมวล ค. ควันและฝุ่นละออง → สารพิษ → ปอดอักเสบ ง. ชีวมวลและน้ำมันพืช → ควันและฝุ่นละออง → สารพิษ	0.60/ 0.50/ 0.50

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ	ตัวอย่างข้อคำถาม	ค่า IOC/ ความยากง่าย/ อำนาจจำแนก
3. สามารถระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบได้	3. การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล สัมพันธ์ต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝุ่นละอองและหมอกควันอย่างไร ก. การเปลี่ยนจากฤดูหนาว ไปฤดูร้อน มีแนวโน้มให้ปริมาณฝุ่นละอองและหมอกควัน มีปริมาณมากขึ้น ข. การเปลี่ยนจากฤดูร้อน ไปฤดูฝน มีแนวโน้มให้ปริมาณฝุ่นละอองและหมอกควัน มีปริมาณมากขึ้น ค. การเปลี่ยนแปลงจากฤดูร้อน ไปฤดูหนาวมีแนวโน้มให้ปริมาณฝุ่นละอองและหมอกควันมีปริมาณน้อยลง ง. การเปลี่ยนแปลงจากฤดูร้อน ไปฤดูหนาว มีแนวโน้มให้ปริมาณฝุ่นละอองและหมอกควัน มีปริมาณเพิ่มขึ้น	0.60/ 0.47/ 0.53
4. สามารถจัดระเบียบองค์ประกอบและกระบวนการของระบบภายในกรอบของความสัมพันธ์ที่กำหนดได้	4. ข้อใดสรุปความสัมพันธ์ของระบบหรือกระบวนการที่นำเสนอในบทความได้ถูกต้องสมบรณ์ที่สด ก.  ข. ค.  ง. 	1.00/ 0.47/ 0.53

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ	ตัวอย่างข้อคำถาม	ค่า IOC/ ความยากง่าย/ อำนาจจำแนก
5. สามารถเข้าใจในวัฏจักรของระบบได้	5. จากองค์ประกอบต่าง ๆ ตามที่ระบุในข้อ 4. เมื่อนำมาจัดความสัมพันธ์อย่างถูกต้องแล้ว ท่านมองเห็นแนวทางใดที่จะจัดการและป้องกันอย่างไรไม่ให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์ ก. ลดปริมาณชีวมวล และใช้หม้อทอดไร้น้ำมัน ข. ลดการเผาชีวมวล และสวมใส่หน้ากากอนามัย ค. สร้างเตาเผาชีวมวล ติดตั้งระบบดูดควัน ง. ให้ความรู้ และลดปริมาณชีวมวล	0.80/ 0.32/ 0.68
6. สามารถลงข้อสรุปในภาพรวมได้	6. ข้อใดลงข้อสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาในบทความข้างต้นได้ครบถ้วนถูกต้องที่สุด ก. การเผาชีวมวลและใช้น้ำมันประกอบอาหารเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ข. ฝุ่นละอองและหมอกควันมีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ค. ฝุ่นละออง ก๊าซพิษ ของเหลว ในควัน มาจากการเผาชีวมวลและใช้น้ำมันทอดอาหาร ง. การเผาชีวมวลและให้ความร้อนกับน้ำมันทอดอาหารที่สูงเกินไปทำให้เกิดฝุ่นละอองและควันที่ส่งผลต่อสุขภาพ	0.80/ 0.41/ 0.59
7. สามารถรู้และเข้าใจบางสิ่งที่ซ่อนอยู่ของระบบได้	7. การเผาชีวมวลทำให้เกิดก๊าซชนิดใดได้อีก และคาดว่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณชีวมวลอย่างไร ก. เกิดก๊าซมีเทน ทำให้เกิดฝนกรด ส่งผลให้ปริมาณชีวมวลลดลง ข. เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้โลกอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณชีวมวลลดลง ค. เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้โลกอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณชีวมวลเพิ่มขึ้น ง. เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เกิดฝนกรด ส่งผลให้ปริมาณชีวมวล เพิ่มขึ้น	0.80/ 0.32/ 0.68

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ	ตัวอย่างข้อคำถาม	ค่า IOC/ ความยากง่าย/ อำนาจจำแนก
8. สามารถคิดทบทวนย้อนกลับและคาดการณ์ได้	8. ถ้านักศึกษามีโอกาสได้เป็นคณะกรรมการเพื่อศึกษาปัญหาและกำหนดแนวทางเพื่อป้องกันแก้ไขการเกิดฝุ่นควันของประเทศ นักศึกษามองเห็นแนวทางใดในการแก้ปัญหาที่คิดว่าสร้างความยั่งยืนมากที่สุด ก. ให้ความรู้แก่เกษตรกรและประชาชนถึงผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการเผาชีวมวล ข. ออกนโยบายหรือมาตรการควบคุมการเผาชีวมวลที่เข้มงวดรวมทั้งให้มีการเก็บภาษีจากการเผาชีวมวล ค. สนับสนุนส่งเสริมการผลิตและใช้เทคโนโลยีการกำจัดแปรรูปชีวมวลโดยให้ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจและสังคมต่อผู้ปฏิบัติทุกภาคส่วน ง. ออกแบบและผลิตหน้ากากอนามัยรวมทั้งเครื่องฟอกอากาศแบบพกพาให้ประชาชนทุกระดับสามารถเข้าถึงได้	1.00/ 0.50/ 0.50

2. ผลการคุณภาพและประสิทธิภาพแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ

2.1 ผลการหาคุณภาพแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ

ผลการหาคุณภาพของแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้อง IOC ของข้อคำถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน อยู่ในช่วง 0.60-1.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อคำถามในแบบประเมินทั้ง 8 ข้อ มีเนื้อหาตรงและสอดคล้องกับลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในระดับปานกลางถึงดีมาก ส่วนค่าความยากง่ายของแบบประเมินรายข้ออยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.79 มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อโดยคิดสัดส่วน 50% อยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.65 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินโดยรวมทั้งฉบับ เท่ากับ 0.60 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับ (Ongiem & Vichitvejpa, 2018)

2.2 ผลการหาประสิทธิภาพของแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ

จากการนำแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 19 คน โดยเป็นการประเมินภาพรวมลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบของกลุ่มไม่ได้จำแนกเป็นรายบุคคล ผลการประเมินดัง ตารางที่ 3

Journal of Graduate Studies Valaya Alongkron Rajabhat University
Vol. 18 No. 3 (September – December 2024)

ตารางที่ 3 ผลจำนวนและร้อยละของกลุ่มทดลองที่ตอบข้อคำถามถูกตามลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ

ลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ	จำนวนคนที่ตอบถูก (คน)	สัดส่วน (ร้อยละ)
1. สามารถระบุองค์ประกอบและกระบวนการภายในระบบได้	11	57.89
2. สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบได้	12	63.16
3. สามารถระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบได้	6	31.58
4. สามารถจัดระเบียบองค์ประกอบและกระบวนการของระบบภายในกรอบของความสัมพันธ์ที่กำหนดได้	6	31.58
5. สามารถเข้าใจในวัฏจักรของระบบได้	5	26.32
6. สามารถลงข้อสรุปในภาพรวมได้	9	47.37
7. สามารถรู้และเข้าใจบางสิ่งที่ซ่อนอยู่ในระบบได้	9	47.37
8. สามารถคิดทบทวนย้อนกลับและคาดการณ์ได้	7	36.84

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามข้อที่ 2 (ลักษณะที่ 2 สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบได้) มีคนที่ตอบคำถามถูกมากที่สุด โดยมีจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 63.16 รองลงมาได้แก่ข้อที่ 1 โดยมีคนตอบถูกจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 57.89 ส่วนข้อที่มีคนตอบถูกน้อยที่สุดคือข้อที่ 5 (ลักษณะที่ 5 สามารถเข้าใจในวัฏจักรของระบบได้) มีคนตอบถูกจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 26.32 ดังนั้นผลการศึกษาจึงบอกได้ว่ากลุ่มทดลองส่วนใหญ่ (มากกว่าร้อยละ 50) มีความสามารถการคิดเชิงระบบในลักษณะ 1 และ 2 มากที่สุด ส่วนลักษณะอื่นมีเพียงร้อยละ 26 ถึง 47 (น้อยกว่าร้อยละ 50) ซึ่งเมื่อนำมาจำแนกตามระดับความสามารถการคิดเชิงระบบ เป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับเตรียมการ (ประกอบด้วยลักษณะ 1-2) ระดับพื้นฐาน (ประกอบด้วยลักษณะ 3-4) ระดับปานกลาง (ประกอบด้วยลักษณะ 5-6) และระดับเชี่ยวชาญ (ประกอบด้วยลักษณะ 7-8) โดยนำสัดส่วนของทั้ง 8 ลักษณะมาหาค่าเฉลี่ย ผลแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าร้อยละ 60.53 ของกลุ่มทดลองมีความสามารถอยู่ในระดับเตรียมการ ร้อยละ 31.58 มีความสามารถอยู่ในระดับพื้นฐาน ร้อยละ 36.84 มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง และร้อยละ 42.10 มีความสามารถอยู่ในระดับเชี่ยวชาญ ดังนั้นผลการศึกษาจึงบอกได้ว่ากลุ่มทดลองส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60.53) มีระดับความสามารถการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับเตรียมการ ซึ่งจะมีลักษณะที่สามารถระบุองค์ประกอบและระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการภายในระบบได้เท่านั้น ส่วนระดับอื่น (น้อยกว่าร้อยละ 50) มีระดับความสามารถการคิดเชิงระบบในระดับพื้นฐานถึงเชี่ยวชาญ

ตารางที่ 4 ผลการจำแนกระดับความสามารถการคิดเชิงระบบของกลุ่มทดลอง

ระดับความสามารถการคิดเชิงระบบ	ลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ	ค่าเฉลี่ยสัดส่วน (ร้อยละ)
เตรียมการ	1. สามารถระบุองค์ประกอบและกระบวนการภายในระบบได้ 2. สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบได้	60.53
พื้นฐาน	3. สามารถระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบได้ 4. สามารถจัดระเบียบองค์ประกอบและกระบวนการของระบบภายในกรอบของความสัมพันธ์ที่กำหนดได้	31.58
ปานกลาง	5. สามารถเข้าใจในวัฏจักรของระบบได้ 6. สามารถลงข้อสรุปในภาพรวมได้	36.84
เชี่ยวชาญ	7. สามารถรู้และเข้าใจบางสิ่งที่ซ่อนอยู่ในระบบได้ 8. สามารถคิดทบทวนย้อนกลับและคาดการณ์ได้	42.10

อภิปรายผล

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้สร้างแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบภายใต้ขอบเขตการศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับชี้วัดหรือบ่งบอกลักษณะและระดับการคิดเชิงระบบของผู้เรียนระดับปริญญาตรี โดยเลือกกลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ด้วยเล็งเห็นว่า หากพัฒนาครูผู้สอนให้มีความสามารถการคิดเชิงระบบ ซึ่งเป็นทักษะการคิดขั้นสูงได้เป็นอย่างดีแล้ว ครูผู้สอนจะสามารถถ่ายทอดและส่งต่อความรู้ ทักษะประสบการณ์เหล่านี้ไปยังผู้เรียนได้ในวงกว้าง ทุกระดับชั้นตั้งแต่ประถมศึกษาตลอดจนอุดมศึกษา และจะเกิดผลลัพธ์ต่อการพัฒนากำลังคนของประเทศต่อไปในอนาคตได้ จากที่ได้ทบทวนวรรณกรรมและนำเสนอที่มาและความสำคัญของการวิจัยข้างต้นนั้น เนื่องด้วยถึงแม้จะมีบทความวิชาการและงานวิจัยจำนวนมากที่นำเสนอวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้มีความสามารถการคิดเชิงระบบ แต่การวัดและประเมินว่าผู้เรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบได้มากน้อยแค่ไหน และอย่างไรนั้น ยังค่อนข้างน้อยและรูปแบบของเครื่องมือประเมินต้องครอบคลุมและเหมาะสมตามบริบทเชิงเนื้อหา และระดับผู้เรียนด้วย ดังนั้นการสร้างเครื่องมือแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบตามแนวคิดทฤษฎีของ Assaraf & Orion (2010) ในครั้งนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งให้ผู้สอนได้นำไปใช้หรือพัฒนาต่อยอดได้ โดยเฉพาะภายใต้ขอบเขตของการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์

จากผลการหาคุณภาพเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นว่าแบบประเมินดังกล่าวนี้มีคุณภาพตามเกณฑ์การยอมรับ เมื่อวิเคราะห์ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือจะพบว่า ค่าความยากง่ายของข้อสอบจะสัมพันธ์กับระดับความสามารถการคิดเชิงระบบ คือ ข้อคำถามที่มีลักษณะ “ให้ระบุประเด็นองค์ประกอบ และความสัมพันธ์” ซึ่งคือข้อคำถามข้อที่ 1 และ 2 มีค่าความยากง่ายเฉลี่ย 0.56 (ค่อนข้างง่าย) ดังนั้นกลุ่มทดลองจึงตอบถูกมากกว่าข้ออื่น ขณะที่คำถามข้อที่ 7 และ 8 เป็นคำถามที่มีลักษณะ “สรุปประมวลสถานการณ์และเสนอแนะแนวทางการพัฒนาหรือการแก้ปัญหาภายใต้

ขอบเขตที่กำหนด” มีค่าความยากง่ายเฉลี่ย 0.41 (ค่อนข้างยาก) ซึ่งมีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยลงลดหลั่นกันลงมา และแปรผกผันกับค่าอำนาจจำแนก กล่าวคือข้อที่ง่ายจะมีค่าอำนาจจำแนกต่ำส่วนข้อที่ยากจะมีค่าอำนาจจำแนกสูง ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้ใช้เพื่อจำแนกลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบได้

เมื่อพิจารณาผลการนำเครื่องมือไปหาประสิทธิภาพโดยกลุ่มทดลอง (ตารางที่ 3 และ 4) พบว่าแบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบ สามารถจำแนกระดับความสามารถการคิดเชิงระบบของกลุ่มทดลองออกเป็นระดับต่าง ๆ ได้ จะเห็นว่าสัดส่วนกลุ่มทดลองไม่ได้เรียงลำดับของระดับความสามารถการคิดเชิงระบบจากระดับเตรียมการไประดับเชี่ยวชาญ (ต่ำไปสูง) ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับทฤษฎีแบบจำลองลำดับขั้นการคิดเชิงระบบของ Assaraf & Orion (2010) ที่อภิปรายเอาไว้ว่าลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบระดับต้น ๆ จะเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาลักษณะความสามารถระดับที่สูงขึ้น ทั้งนี้บางคนอาจปรากฏลักษณะความสามารถในการคิดเชิงระบบระดับสูงได้ เช่น สามารถลงข้อสรุปและทำนายทิศทางหรือแนวโน้มเกี่ยวกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ แต่อาจไม่เชี่ยวชาญในการลงรายละเอียดองค์ประกอบหรือกระบวนการของสถานการณ์หรือระบบนั้น เนื่องจากความสามารถในการคิดเชิงระบบเป็นการมองแบบองค์รวม ที่อาศัยทักษะประสบการณ์อื่นร่วมด้วย ซึ่งในการศึกษาพบว่า ผู้เรียนที่ไม่เข้าใจเนื้อหาและไม่มีประสบการณ์มาก่อน จะมีโอกาสตอบถูกน้อยกว่าผู้เรียนที่เข้าใจเนื้อหาและหรือมีประสบการณ์ในเรื่องที่เกี่ยวข้องมาก่อนหน้า ดังนั้นการกำหนดสถานการณ์ การออกแบบข้อคำถาม และตัวเลือกในแบบประเมินในลักษณะปรนัยนี้ จึงมีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกตอบ เช่น หากปรากฏคำหรือข้อความของบทความในตัวเลือก ผู้เรียนอาจอาศัยทักษะการคาดเดาคำตอบได้ (Meilinda, Rustaman, Firman, & Tjasyono, 2018) ดังนั้นการจัดทำแบบประเมินควรต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้คือ การนำคำสำคัญของเนื้อหาไปใส่ในข้อคำถามหรือคำตอบ การปรับใช้ภาษาอย่างเหมาะสมชัดเจนไม่กำกวมในการถามหรือตอบว่าเหมาะสมกับระดับการศึกษาของผู้เรียนหรือไม่

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินความสามารถการคิดเชิงระบบของกลุ่มทดลองในภาพรวม ไม่ได้จำแนกเป็นรายบุคคล หากต้องการติดตามพัฒนาการรายบุคคล ควรนำเครื่องมือในลักษณะอัตนัยและการสัมภาษณ์มาใช้ร่วมด้วย ซึ่งจะช่วยเสริมให้ได้ข้อมูลเชิงลึกได้มากขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อผู้สอนในการนำไปออกแบบรูปแบบหรือวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อยกระดับความสามารถการคิดเชิงระบบให้แก่ผู้เรียนในรายวิชาด้านวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งรายบุคคลและกลุ่มได้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. แบบประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้นนี้เหมาะกับการนำไปใช้กับผู้เรียนด้านวิทยาศาสตร์ เนื่องจากพัฒนาขึ้นตามแนวคิดทฤษฎีของ Assaraf & Orion (2010) ที่ได้จากการศึกษาภายใต้ขอบเขตของการเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสภาพแวดล้อมในชีวิตประจำวัน

2. การนำแบบประเมินไปปรับใช้ในการประเมินผู้เรียนกลุ่มอื่น ควรคำนึงถึงศาสตร์วิชา สาขาอาชีพ และระดับการศึกษา เพื่อจะได้เลือกกำหนดปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ปัญหาได้เหมาะสม

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1. ผลจากการทดลองใช้เครื่องมือประเมินลักษณะความสามารถการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้นนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ประเมินลักษณะและระดับความสามารถการการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาพัฒนารูปแบบกิจกรรมหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยส่งเสริมหรือยกระดับความสามารถการคิดเชิงระบบให้กับผู้เรียนต่อไป

2. ควรมีการพัฒนาเครื่องมือรวมทั้งเกณฑ์การประเมินในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการวิเคราะห์และลงข้อสรุปในเชิงลึกหรือระดับรายบุคคลได้มากขึ้น

References

Arnold, R. D. & Wade, J. P. (2015). A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach. **Procedia Computer Science**. 44, 669-678.

Assaraf, O. B.-Z. & Orion, N. (2005). Development of System Thinking Skills in the Context of Earth System Education. **Journal of Research in Science Teaching**. 42(5), 518-560.

Assaraf, O. B.-Z. & Orion, N. (2010). System Thinking Skills at Elementary School. **Journal of Research in Science Teaching**. 47, 540-563.

Bahri, A., Jamaluddin, A., Muharni, A., Fikri, M. & Arifuddin, M. (2021). The Need of Science Learning to Empower High Order Thinking Skills in 21st Century. **Journal of Physics**: **Conference Series**. 1899. Retrieved from https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012144

Brandstadtera, K., Harmsa, U. & Großschedl, J. (2012). Assessing System Thinking Through Different Concept-Mapping Practices. **International Journal of Science Education.** 34(14), 2147–2170**.**

Chen, Y-C., Wilson, K. & Lin, H-S. (2019). Identifying the Challenging Characteristics of Systems Thinking Encountered by Undergraduate Students in Chemistry Problem-Solving of Gas Laws. **Chemistry Education Research and Practice.** 20, 594-605**.**

Khajeloo, M. & Siegel, M. (2022). Concept Map as a Tool to Assess and Enhance. Students' System Thinking Skills. **Instructional Science**. 50(1), 571-597.

Lavi, R. & Dori, Y. J. (2018). Systems thinking of Pre- and In-Service Science and Engineering Teachers. **International Journal of Science Education**. 41(2), 248-279.

Lewis, A. & Smith, D. (1993). Defining Higher Order Thinking. **Theory Into Practice**. 32(3), 131-137.

Meilinda, Rustaman, N. Y., Firman, H. & Tjasyono, B. (2018). Development and Validation of Climate Change System Thinking Instrument (CCSTI) for Measuring System Thinking on Climate Change Content. **Journal of Physics: Conf. Series**. 1013(1), 1-8.

Miterianifa, M., Ashadi, A., Saputro, S. & Suciati, S. (2021, November). Higher Order Thinking Skills in the 21st Century: Critical Thinking. In **International Conference on Social Science, Humanities, Education and Society Development**. Tegal: Indonesia.

Nagarajan, S. & Overton, T. (2019). Promoting Systems Thinking Using Project- and Problem-Based Learning. **Journal of Chemical Education**. 96(12), 2901-2909.

Ongiem, A. & Vichitvejpaisal, P. (2018). kān̄truān̄tsop̣ khunnaphāp khrụ̄angmụ̄ wičhai [Validation of the Tests] **Thai Journal of Anesthehesiol**. 44(1), 36-42.

Richmond, B. (1993). Systems Thinking Critical Thinking Skills for the 1990s and beyond. **System Dynamics Review**. 9, 113-133.

Richmond, B. (1999). System Dynamics / Systems Thinking: Let ' s Just Get on With It. **System Dynamics Review**. 10, 135-157.

Semiz, G. K. & Teksöz, G. (2019). Developing the Systems Thinking Skills of Pre-Service Science Teachers through an Outdoor ESD course. **Journal of Adventure Education & Outdoor Learning.** 20(4), 337-356.

Tanak, A. (2020). Developing Preservice Science Teachers' Teaching Practices with an Emphasis on Higher Order Thinking. **Science Education International**. 31, 237-246.

Tripto, J., Assaraf, O. B.-Z. & Amit, M. (2013). Mapping What They Know: Concept Maps as an Effective Tool for Assessing Students' Systems Thinking. **American Journal of Operations Research.** 03(01), 245-258.

Zhang, B. H. & Ahmed, S. A. M. (2020). Systems Thinking—Ludwig Von Bertalanffy, Peter Senge, and Donella Meadows. **Science Education in Theory and Practice**. Cham: Springer, Cham.

Zoller, U. (2012). Science Education for Global Sustainability: What Is Necessary for Teaching, Learning, and Assessment Strategies? **Journal of Chemical Education**. 89(3), 297-300.