

Synthesizing a Learning Activity Management Model through Project-Based STEAM Education Integrated with the BCG Economy Model

Sathaphorn Ruengrung^{1*}, Afifi Lateh², Karntarat Wuttisela³, and Sura Wuttiprom³

Received: October 27, 2024 **Revised:** January 6, 2025 **Accepted:** January 7, 2025

Abstract

This study presents the synthesis of a learning activity management model based on STEAM education, emphasizing project-based learning and integrating the Bio-Circular-Green (BCG) economic model. This marks the beginning of the development of learning activity models that are critical to promoting sustainability in both local and global contexts. The research used a design-based approach, utilizing expert evaluations and descriptive statistics, including mean and standard deviation, to assess the fit of the model. The synthesized model consists of seven steps: (1) preparation and inspiration from local contexts, (2) problem identification and selection of innovations, (3) brainstorming and design of sustainable solutions, (4) project planning and development, (5) monitoring progress, testing and refining the innovation, (6) summarizing and presenting the innovation and reflecting on learning, and (7) evaluation and dissemination of student innovations. The findings of the study were as follows. The learning management model was found appropriate at the highest level ($M=4.78$, $S.D.=0.40$). This research contributes to the development of educational frameworks that integrate sustainable economic models with STEAM education, with the potential to promote both environmental awareness and creative thinking. The findings provide a pathway for implementing similar models across diverse educational settings, and by this supporting the sustainable development goals.

Keywords: STEAM Education; Project-based Learning; Integrating the BCG Economic Model

¹ Program in Science Education, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

² Faculty of Education, Prince of Songkla University

³ Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

* Corresponding author e-mail: win.physics.1996@gmail.com

การสังเคราะห์รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานับโครงการเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

สกาพร เรืองรุ่ง¹, อาพีพ ลาดิ², กานต์ระรัตน์ วุฒิสลา³ และ สุระ วุฒิพรหม³

รับบทความ: 27 ตุลาคม 2567 แก้ไขบทความ: 6 มกราคม 2568 รับตีพิมพ์: 7 มกราคม 2568

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เสนอแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานับโครงการเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความสำคัญในการส่งเสริมความยั่งยืนในบริบทท้องถิ่นและโลก การวิจัยใช้กระบวนการวิจัยเชิงการออกแบบ โดยใช้การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ และใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ ซึ่งรูปแบบที่สังเคราะห์ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 เตรียมความพร้อม และสร้างแรงบันดาลใจด้วยการนำเสนอบริบทท้องถิ่น ขั้นที่ 2 กำหนดประเด็นปัญหา และตัดสินใจเลือกนวัตกรรม ขั้นที่ 3 ระดมความคิดและออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน ขั้นที่ 4 สร้างปฏิทินการทำโครงการและลงมือสร้างชิ้นงาน ขั้นที่ 5 ติดตามความก้าวหน้า ทดสอบ ประเมินผลปรับปรุงนวัตกรรม ขั้นที่ 6 สรุปและนำเสนอนวัตกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และขั้นที่ 7 ประเมินผลการเรียนรู้ และเผยแพร่นวัตกรรม ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.78$, $S.D.=0.40$) การวิจัยในครั้งนี้มีส่วนช่วยพัฒนารอบแนวคิดทางการศึกษาที่บูรณาการโมเดลทางเศรษฐกิจที่ยั่งยืนเข้ากับสะเต็มศึกษาที่มีแนวโน้มในการส่งเสริมทั้งความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมและการคิดสร้างสรรค์ ผลการศึกษาให้แนวทางในการนำรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ในสภาพแวดล้อมการศึกษาที่หลากหลายซึ่งจะช่วยสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา; โครงการเป็นฐาน; การบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

² คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

³ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

* Corresponding author e-mail: win.physics.1996@gmail.com

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงในยุคปัจจุบันทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม เทคโนโลยี และการเข้าสู่ยุคดิจิทัลทำให้โลกเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการบวทศนด้านการศีกษา ทำให้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับยุคสังคมปัจจุบัน โดยแนวทางการศีกษาที่เหมาะสมเพื่อการปรับตัวของมนุษย์ และการพัฒนาดตนเองให้ทันกับความก้าวหน้า มีศักยภาพในการดำรงชีวิต และเป็นประชาชนที่มีคุณภาพตามยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561-2580) ควรเป็นการศึกษาที่เน้นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่หลากหลายนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ดังการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (ESD) เป็นกระบวนการที่คำนึงถึงอนาคตที่จะต้องสร้างความสมดุลให้เกิดขึ้นระหว่างสภาพการณ์ปัจจุบันกับคุณภาพชีวิตที่ต้องพัฒนา (Prommool et al., 2024) ซึ่งประเด็นที่สำคัญในปัจจุบันสำหรับเยาวชนคนรุ่นใหม่ และความท้าทายในการพัฒนาอย่างยั่งยืนคือ เมื่อวิทยาศาสตร์พาความก้าวหน้าเข้ามา ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดก็ถูกใช้ไป สิ่งแวดล้อมถูกทำลายมากยิ่งขึ้น ดังนั้น จึงมีการส่งเสริมความยั่งยืนในระยะยาวที่ส่งเสริมความรู้ และทักษะแก่เยาวชน โดยนำแนวคิดจากระบบเศรษฐกิจหมุนเวียนมาเป็นแนวคิดหลักในการแสดงให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากร และการจัดการของเสียที่ยั่งยืน และใช้สะสม หรือสะสมศึกษา มาเป็นแนวทางการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถของนักเรียนในการกำกับตนเอง การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน (Mendoza et al., 2019) สอดคล้องกับการเรียนรู้จากปฏิบัติจริงของสถานศีกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรสถานศีกษา และการบริหารหลักสูตรด้านการจัดการเรียนรู้เชิงรุกฐานสมรรถนะจัดหลักสูตรสถานศีกษตามจุดเน้นในการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียน โดยมุ่งพัฒนาสมรรถนะและคุณลักษณะนวัตกรให้แก่ักเรียน ที่สามารถเป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมได้ด้วยหลักสูตรเตรียมนวัตกรและจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และกระบวนการคิดขั้นสูง ผ่านโครงการเป็นฐานเพื่อสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม เช่น วิชา STEAM Design Project เป็นต้น (Office of the Education Council, 2017) ซึ่งความท้าทายสำคัญสำหรับคนรุ่นใหม่คือ การสร้างสมดุลระหว่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีจำกัดและการรักษาสิ่งแวดล้อม

โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (Bio-Circular-Green' Economy Model, BCG Model) ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศไทย โดยบูรณาการหลักการของเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (National Science and Technology Development Agency, 2020) ส่วนในด้านการศีกษาสะสมศึกษา (STEM Education) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และการพัฒนาเศรษฐกิจ (Jaradrawiwat, 2017) อย่างไรก็ตาม สะเต็มศีกษายังมีข้อจำกัดในการเชื่อมโยงบริบทของสถานการณ์ปัญหาในชุมชน (Srikoom et al., 2018) ข้อจำกัดที่ถูกมองว่าสะสมศีกษาอยู่ภายในชั้นเรียน ไม่สามารถนำมาใช้ได้จริงในบริบทชุมชนและสังคม (Ladachart et al., 2019) และข้อจำกัดที่ไม่สามารถนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติ การส่งเสริมให้เกิดการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เชื่อมโยงกับเศรษฐกิจ การเมือง และสังคม เน้นความเข้าใจการตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ และการสร้างความสมดุลจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า (Bybee, 2013) จากข้อจำกัดของสะสมศีกษาในการพัฒนามนุษย์แบบองค์รวมจึงเกิดสะสมศีกษา (STEAM Education) ที่เพิ่มเติมด้านศิลปะ เน้นความคิดสร้างสรรค์และการพิจารณาด้านจริยธรรม (Başaran & Erol, 2021) การศีกษาล่าสุดแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการสะสมศีกษากับการเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน (Project Based-Learning; PBL) ช่วยเสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้โดยเชื่อมโยง

ความรู้ทางทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริง (Thongaim, 2018; Chanintarapum, 2020; Chung et al., 2022; Chistyakov et al., 2023; Başaran & Bay, 2022) อย่างไรก็ตาม ยังมีช่องว่างในการวิจัยเกี่ยวกับการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจที่ยั่งยืนกับสะเต็มศึกษา แม้ว่าจะมีการศึกษาการเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ผ่านสะเต็มศึกษา (Ozkan & Topsakal, 2021; Erol et al., 2022) หลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนในการศึกษา (Bugallo-Rodríguez & Vega-Marcote, 2020) และการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีกับสะเต็มศึกษา (Ruengrung, 2023; Phooddee, et al., 2024) แต่มีเพียงส่วนน้อยของการศึกษาที่บูรณาการสะเต็มศึกษา การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และโมเดลบีซีจีอย่างครอบคลุม โมเดลบีซีจีในสะเต็มศึกษาได้รับการระบุว่ามีความสำคัญต่อการออกแบบหลักสูตรที่สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Faikhamta et al., 2022) แนวทางนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง (Transformative Learning Theory) ที่เน้นประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายซึ่งเปลี่ยนแปลงทัศนคติและคุณภาพชีวิต (Taylor, 2020) ดังนั้น การบูรณาการทั้งสามแนวคิดจึงอาจเป็นแนวทางในการพัฒนาความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม และการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้

จากข้อพิจารณาเหล่านี้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนารูปแบบการศึกษาที่บูรณาการสะเต็มศึกษา การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี คณะผู้วิจัยจึงเริ่มต้นการพัฒนาแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการสังเคราะห์รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี เพื่อเสนอแนวคิดการบูรณาการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะสำหรับความยั่งยืนทั้งความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม และการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เพื่อเตรียมนักเรียนให้เป็นพลเมืองที่มีนวัตกรรมและจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม สามารถรับมือกับความท้าทายด้านความยั่งยืนที่ซับซ้อน พร้อมทั้งมีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชนอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

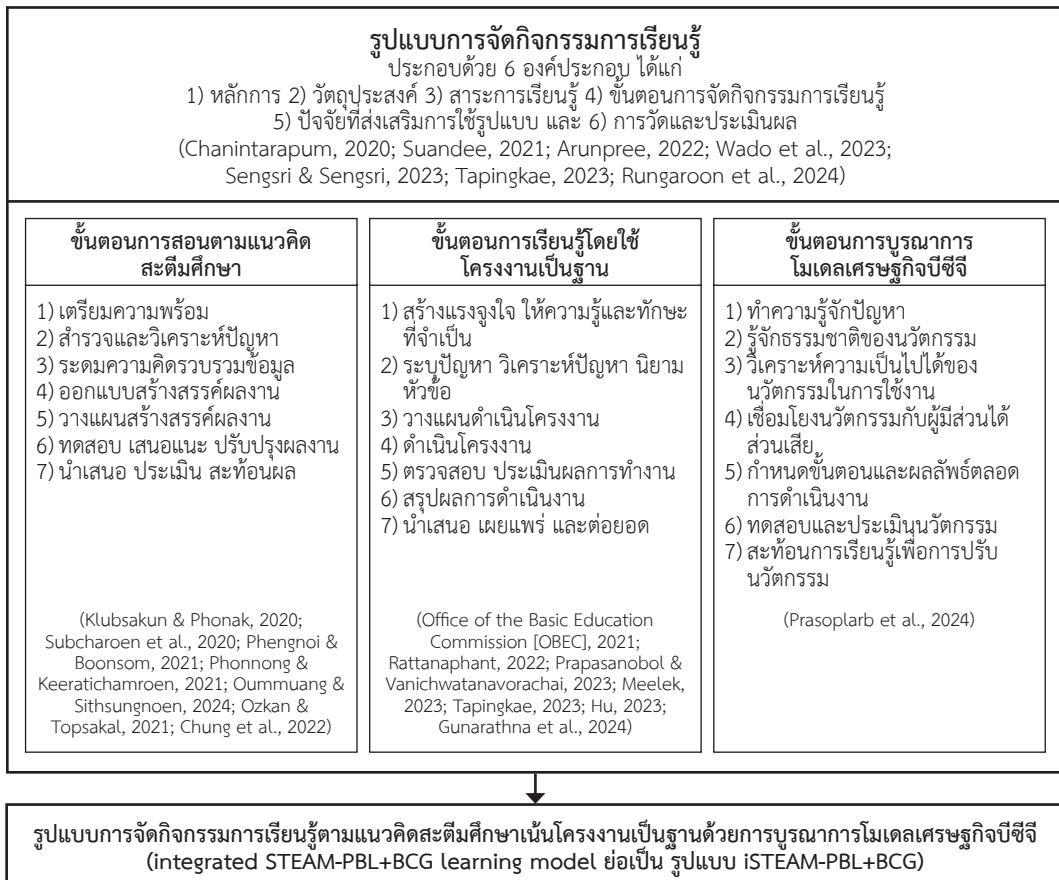
เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

การทบทวนวรรณกรรม

คณะผู้วิจัยศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวคิดและหลักการในการสังเคราะห์แบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) หลักการและแนวคิดสำคัญของการจัดการการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน 3) กรอบแนวคิดและการประยุกต์ใช้โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี และ 4) ทฤษฎีการเรียนรู้ ได้แก่ (1) ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) ของซีมัวร์พาเพิร์ต (Papert, 1980) ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (2) ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างเพื่อนร่วมเรียน (Jacobs, 2004) และ (3) ทฤษฎีการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง (Mezirow, 2018) ซึ่งหลักการข้างต้นสามารถทำให้นักเรียนเรียนรู้ปัญหาในชุมชนจากการลงมือทำกิจกรรม รวบรวมและสร้างองค์ความรู้ด้วยกลุ่มของนักเรียนเอง โดยทำโครงงานอย่างสร้างสรรค์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมได้ การบูรณาการแนวคิดและทฤษฎีข้างต้นนำไปสู่การพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความยั่งยืนในบริบทท้องถิ่น

และโลก โดยส่งเสริมให้นักเรียนมีความตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อมและการคิดสร้างสรรค์ผ่านบูรณาการ
สะเต็มศึกษา การเรียนรู้แบบโครงงาน และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์รูปแบบเพื่อใช้ในบริบทที่ซับซ้อน ดังนั้น จึงใช้ระเบียบวิธีวิจัยอิง
การออกแบบ (Design-Based Research) เพื่อพัฒนาและประเมินรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องจากฐานข้อมูล Thai-Journal Citation Index Centre (TCI) กลุ่ม 1
และกลุ่ม 2 และวารสารนานาชาติ SCImago Journal & Country Rank (SJCR) Q1 และ Q2 เพื่อระบุ
องค์ประกอบสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กำหนดคำสำคัญในการสืบค้นตามการทบทวน
วรรณกรรมโดยใช้แบบวิเคราะห์เอกสารที่ผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน 3 ด้าน
ได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร และด้านการวัดผลและประเมินผลการ
ศึกษา

2. สังเคราะห์องค์ประกอบและขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยวิเคราะห์ความถี่ของคำสำคัญ โดยใช้แบบสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน 3 ด้าน

3. ร่างรูปแบบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานและบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

4. สร้างและตรวจสอบคุณภาพด้วยแบบประเมินความเหมาะสมรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน 3 ด้าน ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 แสดงว่าเป็นข้อคำถามที่สอดคล้องสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้

5. ประเมินและปรับปรุงร่างรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ด้าน จำนวน 9 คน ได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 3 คน ด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร 3 คน และด้านการวัดผลและประเมินผลการศึกษา 3 คน โดยมีเกณฑ์คัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิ คือ เป็นอาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัย ศึกษานิเทศก์ หรือครูที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอกในแต่ละด้าน

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาและวิเคราะห์เอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ เกี่ยวกับองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิดสะเต็มศึกษา การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ดังนี้ (1) ทำความเข้าใจความหมายขององค์ประกอบหรือขั้นตอนที่ได้จากการวิเคราะห์เอกสารอย่างรอบคอบ ทบทวนซ้ำหลาย ๆ รอบ (2) วิเคราะห์เนื้อหาด้วยการพิจารณาประเด็นที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องโดยตรงกับข้อมูลที่ต้องการ (3) ตัดทอนข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องให้เหลือเฉพาะเนื้อหาหลักที่สำคัญ (4) วิเคราะห์เนื้อหาด้วยการจำแนกข้อมูลออกเป็นประเภทย่อยและประเภทหลัก จัดกลุ่มตามความสัมพันธ์ และความสอดคล้องกันของข้อมูล พิจารณาแต่ละประเด็นและความหมายของแต่ละคำ (5) จำแนกข้อมูลตามความหมาย ที่อธิบายหรือขั้นตอนที่เป็นลักษณะเฉพาะให้สมบูรณ์ ทำให้เกิดความเข้าใจบริบทที่ศึกษา และ (6) สังเคราะห์ข้อมูลผ่านการพิจารณาความถี่ขององค์ประกอบ (ระดับ 4 ขึ้นไป)

2. ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล คณะผู้วิจัยตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยนำเสนอวิธีการขั้นตอนของการทำงานในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลและระเบียบวิธีวิจัยไว้อย่างชัดเจน โปร่งใสสามารถตรวจสอบได้ สำหรับข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ นำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นอาจารย์ในสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร การวัดผลและประเมินผลการศึกษา รวมถึงครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณิตศาสตร์ ศิลปะ และครูผู้สอนรายวิชาการศึกษาค้นคว้าอิสระ (IS) ในการวิพากษ์วิจารณ์แสดงข้อคิดเห็นและตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม

3. ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ด้าน จำนวน 9 คน ได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 3 คน ด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร 3 คน และด้านการวัดผลและประเมินผลการศึกษา 3 คน วิเคราะห์ผลการประเมินด้วยสถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน และนำเสนอแนะมาปรับปรุงรูปแบบ

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

โครงการวิจัยนี้ผ่านการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี หมายเลขรับรองโครงการ UBU-REC 168/2567

ผลการวิจัย

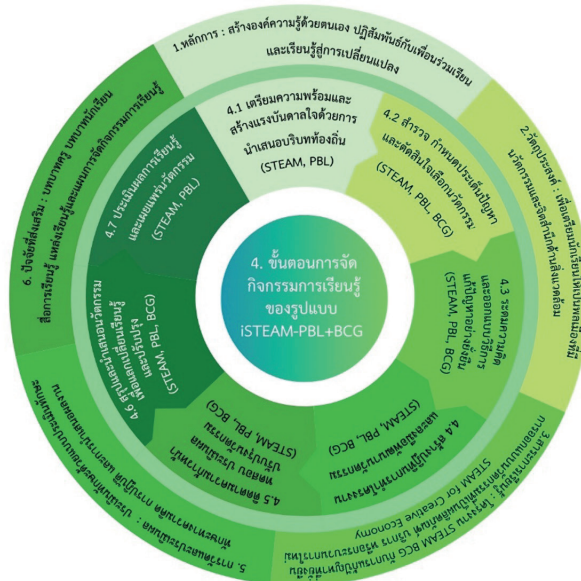
1. ผลการสังเคราะห์รูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG ประกอบด้วย 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มี 6 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) สารการเรียนรู้ 4) ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5) ปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้รูปแบบ และ 6) การวัดและประเมินผล รายละเอียดดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ลำดับ	องค์ประกอบ	นักการศึกษาคนที่							ความถี่
		1	2	3	4	5	6	7	
1	หลักการ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7
2	วัตถุประสงค์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7
3	สาระความรู้/เนื้อหา	✓	-	✓	✓	✓	-	✓	5
4	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7
5	ปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้รูปแบบ	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	5
6	การวัดและประเมินผล	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6

หมายเหตุ 1. Suandee (2021) 2. Chanintarapum et al. (2020) 3. Arunpree (2022) 4. Wado et al. (2023) 5. Sengsri and Sengsri (2023) 6. Tapingkae (2023) 7. Rungaroon et al. (2024)



ภาพที่ 2 รูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG

ส่วนที่ 2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากการสังเคราะห์แนวคิดของนักการศึกษา 7 คน พบว่า ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ที่ได้จากการสังเคราะห์ และขั้นตอนการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้		
STEAM Education	PBL	BCG
1. เตรียมความพร้อม	สร้างแรงจูงใจ ให้ความรู้และทักษะที่จำเป็น	ทำความเข้าใจปัญหา
2. สำรวจและวิเคราะห์ปัญหา	ระบุปัญหา วิเคราะห์ปัญหา นิยามหัวข้อ	รู้จักธรรมชาติของนวัตกรรม
3. ระดมความคิดรวบรวมข้อมูล	วางแผนดำเนินโครงงาน	วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของนวัตกรรมในการใช้งาน
4. ออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน	ดำเนินโครงงาน	เชื่อมโยงนวัตกรรมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
5. วางแผนสร้างสรรค์ผลงาน	ตรวจสอบ ประเมินผลการทำงาน	กำหนดขั้นตอนและผลลัพธ์ตลอดการดำเนินงาน
6. ทดสอบ เสนอแนะ ปรับปรุง	สรุปผลการดำเนินงาน	ทดสอบและประเมินนวัตกรรม
7. นำเสนอ ประเมิน สะท้อนผล	นำเสนอ เผยแพร่ และต่อยอด	สะท้อนการเรียนรู้เพื่อการปรับนวัตกรรม

จากขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ได้จากการสังเคราะห์ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG โดยแต่ละขั้นตอนมีแนวคิดสำคัญ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	แนวคิดสำคัญ
1. เตรียมความพร้อม และสร้างแรงบันดาลใจด้วยการนำเสนอบริบทท้องถิ่น (Preparation and Inspiration Through Local Contexts)	เป็นขั้นตอนที่เตรียมนักเรียนโดยแนะนำบริบทในท้องถิ่นและให้แรงบันดาลใจผ่านตัวอย่างในโลกความจริงที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืน และนวัตกรรม
2. สำรวจ กำหนดประเด็นปัญหา และตัดสินใจเลือกนวัตกรรม (Problem Identification and Innovation Selection)	เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสำรวจ วิเคราะห์ และระบุปัญหาจากสภาพแวดล้อมหรือชุมชนในท้องถิ่นของตน จากนั้นจึงเลือกนวัตกรรมที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหา
3. ระดมความคิด และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน (Brainstorming and Sustainable Solution Design)	เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อระดมความคิดและออกแบบวิธีแก้ปัญหาที่ยั่งยืน โดยใช้ STEAM และหลักการของโมเดล BCG เพื่อให้แน่ใจว่านวัตกรรมนั้นใช้งานได้จริงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
4. สร้างปฏิทินการทำโครงงานและลงมือพัฒนานวัตกรรม (Project Planning and Development)	เป็นขั้นตอนที่นักเรียนพัฒนาไทม์ไลน์ มอบหมายงาน และเริ่มทำงาน โดยยึดตามแนวทางความยั่งยืน และการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ
5. ติดตามความก้าวหน้า ทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงนวัตกรรม (Monitoring Progress, Testing, and Refining the Innovation)	เป็นขั้นตอนที่ครูและนักเรียนติดตามความคืบหน้า ทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรม และทำการปรับปรุงที่จำเป็นเพื่อการใช้งานจริง และความยั่งยืน
6. สรุปและนำเสนอนวัตกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Summary and Presenting The Innovation and Reflecting on Learning)	เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสรุปแล้วนำเสนอนวัตกรรมของตนต่อเพื่อนและครู โดยสะท้อนถึงกระบวนการเรียนรู้และประสิทธิภาพโครงงานของตน

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	แนวคิดสำคัญ
7. ประเมินผลการเรียนรู้ และเผยแพร่นวัตกรรม (Evaluation and Dissemination of Student Innovations)	เป็นขั้นตอนสุดท้ายเกี่ยวกับการประเมินโครงการของนักเรียนโดยอิงจากผลลัพธ์การเรียนรู้และการเผยแพร่ นวัตกรรม ไม่ว่าจะภายในชุมชน โรงเรียนหรือผ่านแพลตฟอร์มสาธารณะ เพื่อส่งเสริมนวัตกรรมให้เกิดผลกระทบในวงกว้างมากขึ้น

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG ด้วยมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 9 คน ภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (M=4.78, S.D.=0.40) เมื่อพิจารณาเรียงองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่ 4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (M=4.78, S.D.=0.31) โดยขั้นตอนที่ 6 สรุปและนำเสนอนวัตกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (M=5.00, S.D.=0.00) รองลงมาเป็นองค์ประกอบที่ 2 วัตถุประสงค์ (M=4.81, S.D.=0.32) และองค์ประกอบที่ 5 การวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (M=4.67, S.D.=0.38) ดังตารางที่ 4 และผู้ทรงคุณวุฒิให้ข้อเสนอแนะด้านข้อขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นตอนที่ 6 จาก “ปรับปรุงและนำเสนอนวัตกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้” เป็น “สรุปและนำเสนอ นวัตกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้” เนื่องจากได้มีการปรับปรุงนวัตกรรมแล้วในขั้นตอนที่ 5 นอกจากนี้ ยังให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้รูปภาพ เพื่อแสดงองค์ประกอบและขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การตั้งชื่อรูปแบบควรมีชื่อภาษาอังกฤษกำกับ มีแนวคิดสำคัญที่กระชับและชัดเจน โดยให้ข้อคิดเห็นว่า ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอนควรเป็นขั้นตอนที่มีการบูรณาการแนวคิดทั้ง 3 คือ แนวคิดสะเต็มศึกษา การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG แต่ละองค์ประกอบ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. หลักการ	4.78	0.63	มากที่สุด
2. วัตถุประสงค์	4.81	0.32	มากที่สุด
3. สารการเรียนรู้	4.78	0.42	มากที่สุด
4. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.87	0.31	มากที่สุด
4.1 เตรียมความพร้อม และสร้างแรงบันดาลใจด้วยการนำเสนอบริบทท้องถิ่น	4.78	0.63	มากที่สุด
4.2 สำรวจ กำหนดประเด็นปัญหาและตัดสินใจเลือกนวัตกรรม	4.89	0.31	มากที่สุด
4.3 ระดมความคิด และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน	4.89	0.31	มากที่สุด
4.4 สร้างปฏิทินการทำโครงงานและลงมือพัฒนานวัตกรรม	4.78	0.42	มากที่สุด
4.5 ติดตามความก้าวหน้า ทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงนวัตกรรม	4.89	0.31	มากที่สุด
4.6 สรุป และนำเสนอนวัตกรรมเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
4.7 ประเมินผลการเรียนรู้ และเผยแพร่นวัตกรรม	4.89	0.31	มากที่สุด
5. การวัดและประเมินผล	4.67	0.38	มากที่สุด
6. ปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้รูปแบบ	4.78	0.36	มากที่สุด
ความเหมาะสมของรูปแบบ	4.78	0.40	มากที่สุด

สรุปและอภิปรายผล

1. ความเหมาะสมและประสิทธิภาพของรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG

ผลการสังเคราะห์รูปแบบและการประเมินรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG จากผู้ทรงคุณวุฒิ 9 คน พบว่า รูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($M=4.78$, $S.D.=0.40$) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการพัฒนานักเรียนให้มีทักษะสำหรับความยั่งยืน ในการแก้ปัญหาในระดับท้องถิ่นและระดับโลก ผ่านการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ที่ออกแบบมาเพื่อกระตุ้นการคิดเชิงนวัตกรรม เป็นการตอบโจทย์การศึกษาเพื่อความยั่งยืนในศตวรรษที่ 21 อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้ง นักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการประเมินยังชี้ให้เห็นถึงความยืดหยุ่นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทการศึกษาที่หลากหลาย โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ ซึ่งเหมาะสำหรับนักเรียนในยุคดิจิทัลที่ต้องพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ และความคิดสร้างสรรค์

2. จุดเด่นแต่ละองค์ประกอบในรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG

การสังเคราะห์รูปแบบอย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน ทำให้ได้องค์ประกอบของรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG ที่มีความถูกต้อง สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โครงงานเป็นฐาน และการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี และตอบสนองจุดมุ่งหมายในการส่งเสริมทักษะสำหรับความยั่งยืนและทักษะในศตวรรษที่ 21 แต่ละองค์ประกอบมีจุดเด่น ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นฐานในการสร้างความรู้ตนเอง หลักการของรูปแบบได้นำแนวคิดจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของซีมัวร์พาเพิร์ต (Papert, 1980) แนวคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Jacobs, 2004) และนำแนวคิดจากทฤษฎีการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง (Mezirow, 2018) ซึ่งหลักการข้างต้นสามารถทำให้นักเรียนเรียนรู้ปัญหาในชุมชนจากการลงมือทำกิจกรรม รวบรวมและสร้างองค์ความรู้ด้วยกลุ่มของนักเรียนเองโดยทำโครงงานอย่างสร้างสรรค์เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนสามารถเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อสิ่งแวดล้อมได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Srithumma (2023) ที่พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ชี้ให้เห็นว่าทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานเป็นทฤษฎีที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ตนเองผ่านการปฏิบัติและสร้างสรรค์ผลงาน

องค์ประกอบที่ 2 ความเหมาะสมของวัตถุประสงค์ วัตถุประสงค์ที่มีความเหมาะสม ชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ Pinagapung and Nuangchalem (2018) ที่พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนเหมาะสม ทำให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความเป็นระบบนำไปสู่ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่ 3 ความยืดหยุ่นของสาระการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Panpipit et al. (2021) ในประเด็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายและเหมาะสมกับบริบท อันนำไปสู่การบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ประกอบที่ 4 พัฒนานวัตกรรมอย่างยั่งยืนในบริบทชุมชน รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้นตอนนี้เป็นแนวทางใหม่ในการเพิ่มความสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียน โดยเน้นความยั่งยืน ส่งเสริมการเรียนรู้แบบสหวิทยาการและทักษะศตวรรษที่ 21 เชื่อมโยงปัญหาชุมชนสู่การแก้ไขปัญหาจริง พัฒนาคุณภาพทรัพยากรธรรมชาติ สร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม สร้างความสมดุลจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่าและออกจากชั้นเรียนมากยิ่งขึ้น ตั้งแต่ขั้นที่ 1 การเตรียม

ความพร้อมและสร้างแรงบันดาลใจด้วยการนำเสนอบริบทท้องถิ่นจนถึง ชั้นที่ 7 การประเมินผลการเรียนรู้ และเผยแพร่นวัตกรรม จะเห็นได้ว่าขั้นตอนที่ 2-6 มีความสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (National STEM Education Center, 2015) ซึ่งขั้นตอน 2-6 มีการสอดแทรกแนวคิดตามแนวทางสะเต็มศึกษาบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจ ปีสี่จีของ Prasoplarb et al. (2024) ที่เป็นการจัดการเรียนรู้โดยเน้นการบูรณาการความรู้ และทักษะที่ หลากหลายเพื่อแก้ปัญหารอบตัวของนักเรียน มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาที่มี อยู่ผ่านมุมมองเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว แสดงให้เห็นถึงแนวทางการ เชื่อมโยงบริบทของสถานการณ์ปัญหาในชุมชนสู่การจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ สามารถคิดค้น และสร้างนวัตกรรมสู่การพัฒนาวัฒนธรรมเพื่อยกระดับชุมชนอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ การเพิ่มเติมประเด็นจากสะเต็มศึกษาสู่สะเต็มศึกษา เป็นการนำแนวคิดมาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และการตระหนักรู้ด้านสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาของ Başaran and Erol (2021) ที่พบว่าสะเต็มศึกษา สามารถช่วยเพิ่มทัศนคติของนักเรียนต่อความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม ส่วนขั้นตอนที่ 1 การเตรียมความพร้อมและสร้างแรงบันดาลใจด้วยการนำเสนอบริบทท้องถิ่น เป็นขั้นตอนที่ต้องเพิ่มเติมเข้ามา เนื่องจากต้องการให้ผู้เรียนมีความพร้อมทั้งด้านความรู้และทักษะเบื้องต้นที่ต้องใช้ทำโครงการหรือ ดำเนินการในขั้นต่อไป สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานของ Yoelao (2012) ที่มีการปรับเพิ่มขึ้นให้ความรู้พื้นฐานเข้ามา ซึ่งโครงงานมีขั้นตอนที่ชัดเจน จึงมีความจำเป็นที่นักเรียนต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงงานไว้เป็นพื้นฐานเพื่อใช้ทำโครงงานจริง นอกจากนี้ ในขั้นนี้ยังใช้แนวคิดในการสร้างแรงบันดาลใจแก่นักเรียนด้วยบริบทท้องถิ่นในมุมมองที่ว่านักเรียนจะเรียนรู้ เข้าใจ และตระหนักในบริบท ท้องถิ่นตัวเอง จึงนำประเด็นข้างต้นมาดึงดูดความสนใจในการแก้ปัญหาหรือการพัฒนาวัฒนธรรมเพื่อ ชุมชนหรือท้องถิ่นของนักเรียนเอง สอดคล้องกับการใช้ลักษณะสถานการณ์จริงของชุมชนมาเป็นชุด ปรากฏการณ์ในกิจกรรมสะเต็มปีสี่จีของ Faikhamta et al. (2022) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ที่เน้นการสร้างนวัตกรรมจากสิ่งที่มีอยู่ในชุมชน เพื่อแก้ปัญหาและเพิ่มรายได้ในชุมชน ซึ่งเป็นการ ลดปัญหาที่ว่าหลักสูตรสะเต็มศึกษาในไทยยังไม่สามารถนำมาใช้ได้จริงในบริบทชุมชนและสังคม ได้เท่าที่ควร สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อการดำรงชีวิตที่ยั่งยืนที่ส่งเสริมให้เกิดการแก้ปัญหา สิ่งแวดล้อมในชุมชนของ Khidkhan et al. (2022) ที่สามารถเชื่อมโยงกับปัญหาขยะมูลฝอยในชุมชน ส่วนนวัตกรรมถึงขยะเปียก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการนำแนวคิดสะเต็มศึกษามาพัฒนาคุณภาพของ ทรัพยากรธรรมชาติ และการสร้างความสมดุลจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า สอดคล้องกับ แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตของ Ruamcharoen et al. (2021) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์สร้างสรรค์จากกากกล้วยในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ชุมชน แสดงให้เห็นถึงการนำสะเต็มศึกษาเข้ามาช่วยแก้ปัญหาหรือจัดการทุนของชุมชนอย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากที่ยั่งยืน ส่วนขั้นสุดท้ายขั้นที่ 7 การประเมินผลการเรียนรู้ และเผยแพร่ นวัตกรรม ในส่วนของการประเมินผลการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นสุดท้ายของแนวคิดการจัดการเรียนรู้ แบบโครงงานของ Office of the Education Council (2017) เป็นขั้นตอนที่ต้องเพิ่มเติมเข้ามา เนื่องจากต้องการให้ครู นักเรียน และเพื่อน ร่วมกันประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงว่าบรรลุ จุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ และในส่วนการเผยแพร่นวัตกรรม สอดคล้องกับรูปแบบ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานของ (Office of the Basic Education Commission , 2021) เป็นขั้นตอนที่ต้องเพิ่มเติมเข้ามาเนื่องจากต้องการให้นักเรียนเข้าสู่การเป็นนักตรโดยมีการเผยแพร่สิ่งที่ได้

จากการทำโครงการต่อสังคม ชุมชน มีการต่อยอดนวัตกรรม เช่น การเพิ่มฟังก์ชันการใช้งาน การเพิ่มลูกเล่นต่าง ๆ ให้ชิ้นงานสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

องค์ประกอบที่ 5 ปัจจัยส่งเสริมความสำเร็จ ในการใช้รูปแบบการเรียนรู้ประกอบด้วยแนวทาง การนำไปใช้ที่ครอบคลุมบทบาทครู นักเรียน สื่อและแหล่งเรียนรู้ ตลอดจนแผนการจัดกิจกรรม สอดคล้องกับการศึกษาของ Sisamud and Chatwattana (2023) ที่พบว่ารูปแบบการเรียนรู้โครงการ เป็นฐานร่วมกับการคิดเชิงออกแบบสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนวัตกรรมในศตวรรษ ที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีการออกแบบที่ชัดเจนตามหลักการวิธีการเชิงระบบและ มืองค์ประกอบที่ครบถ้วน

องค์ประกอบที่ 6 การวัดและประเมินผลทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21 การวัดและประเมินผล ของรูปแบบ ซึ่งแบบประเมินทักษะมีความสอดคล้องเหมาะสมกับการประเมินทักษะสำหรับความยั่งยืน หรือทักษะในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับการศึกษาของ Duangmanee (2019) ที่พัฒนารูปแบบการ จัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ด้วยการเรียนรู้ภาคสนามเป็นฐาน พบว่า การวัดและ ประเมินผลที่ใช้แบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งในแบบประเมินมีสถานการณ์ ข้อคำถามที่ละเอียด ใช้เวลาที่จำกัดและเหมาะสม ทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

เนื่องด้วยการวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงจุดเริ่มต้นของการพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยการสังเคราะห์รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น การจัด กิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีแนวโน้มในการเพิ่มขีด ความสามารถในการเชื่อมโยงบริบทของสถานการณ์ปัญหาในชุมชน และลดปัญหาด้านการจัดการเรียนรู้ สะเต็มหรือสเต็มศึกษาที่ถูกมองว่าจำกัดอยู่ภายในชั้นเรียน เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีแนวโน้ม ส่งเสริมทักษะการสร้างนวัตกรรมที่ยั่งยืนแก่นักเรียน ช่วยให้ครูสามารถนำปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความ เชื่อมโยงกับชีวิตจริง มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนสามารถพัฒนาคุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติ โดยส่งเสริมให้เกิดการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ และ การสร้างความสมดุลจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

ควรนำรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG ไปปรับใช้ในหลากหลายบริบท ทั้งการศึกษาขั้นพื้นฐานและ การศึกษาระดับสูง มีการศึกษาเพิ่มเติมในบริบทที่ต่างกันเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของรูปแบบในการ พัฒนาทักษะที่หลากหลายที่ส่งเสริมความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมและการคิดสร้างสรรค์ เช่น ทักษะ การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทักษะการทำโครงการสีเขียว

เอกสารอ้างอิง

Arunpre, S. (2022). The professional learning community model in enhancing the skills of project-based learning management among teachers in Bansankhong (Chiangrai) (Joroonrat) School under Chiang Rai Primary Educational Service Area Office 1. Journal of Social Science and Buddhist Anthropology, 7(12), 601–616. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSBA/article/view/262507> [in Thai]

- Başaran, M., & Bay, E. (2022). The effect of project-based STEAM activities on the social and cognitive skills of preschool children. *Early Child Development and Care*, 193(5), 679-697. <https://doi.org/10.1080/03004430.2022.2146682>
- Başaran, M., & Erol, M. (2021). Recognizing aesthetics in nature with STEM and STEAM education. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 326-342. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1908248>
- Bugallo-Rodríguez, A., & Vega-Marcote, P. (2020). Circular economy, sustainability and teacher training in a higher education institution. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(7), 1351-1366. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2020-0049>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Chanintarapum, A. (2020). The development of instructional model base on steam to enhance technological innovation creativity skills of secondary students [Doctoral dissertation, Silpakorn University]. DSpace. <http://ithesis-ir.su.ac.th/dspace/handle/123456789/3016> [in Thai]
- Chistyakov, A. A., Zhdanov, S. P., Avdeeva, E. L., Dyadichenko, E. A., Kunitsyna, M. L., & Yagudina, R. I. (2023). Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(5), em2256. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13128>
- Chung, C.-C., Huang, S.-L., Cheng, Y.-M., & Lou, S.-J. (2022). Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation. *International Journal of Technology and Design Education*, 32, 905-941. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-020-09643-5>
- Duangmanee, D. (2019). A development of instructional model to enhance creative problem solving by field-based learning for elementary student teachers. *Suthiparithat Journal*, 33(107), 27-38. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/DPUsthiparithatJournal/article/view/242540> [in Thai]
- Erol, A., Erol, M., & Başaran, M. (2022). The effect of STEAM education with tales on problem solving and creativity skills. *European Early Childhood Education Research Journal*, 31(2), 243-258. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2022.2081347>
- Faikhanta, C., Suknarusaitagul, N., Yokyong, S., Panyanukit, P., Prasoplarb, T., Muangsong, K., Ninubon, J., & Nuamcharoen, N. (2022). A conceptualization of STEM-BCG for education. *Journal of Research in Unit on Science, Technology and Environmental for Learning*, 13(2), 344-362. <https://doi.org/10.14456/jstel.2022.25> [in Thai]
- Gunarathna, C., Yang, R., Mudiyansele, P. W., Amarasinghe, G., Samarasinghalage, T., Weerasinghe, N., Zhao, H., Zhang, C., Liu, C., Wang, K., & Jayakumari, S. D. S. (2024). Project-based learning for proactive skills development of postgraduate students in solar energy building design digitalization. *Smart and Sustainable Built Environment*, 13(4), 828-855. <https://doi.org/10.1108/SASBE-08-2022-0173>
- Hu, L. (2025). Project-based learning model based on intelligent computing of the Internet of things: Characteristics, hidden worries, and beyond. *Neural Computing and Applications*, 37, 7897-7908. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08990-3>
- Jacobs, G. M. (2004, September 25-26). Cooperative learning: Theory, principles, and techniques [Paper presentation]. The First International Online Conference on Second and Foreign Language Teaching and Research. ERIC. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED573881.pdf>
- Jaradrawiwat, S. (2017). Integrated learning management in Thailand 4.0 era, based on STEM, STEAM, and STREAM. *Journal of Education and Social Development*, 13(1), 19-30. <https://ojs.lib.buu.ac.th/index.php/social/article/view/5086> [in Thai]
- Khidkhan, K., Charoendee, T., Khamthong, N., Singtokaew, S., & Pitipornthepin, S. (2022, May-June). STEM education for sustainable living. *NSTDA Magazine*, 50(236), 5-9. <https://emagazine.ipst.ac.th/236> [in Thai]

- Klubsakun, O., & Phonak, D. (2020). A development of the STEAM education model to enhance creative thinking in digital marketing. *Journal of Suvarnabhumi Institute of Technology*, 6(2), 140–151. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/svittj/article/view/243616> [in Thai]
- Ladachart, L., Phothong, W., Rittikoo, W., & Ladachart, L. (2019). Teachers' understanding and views about STEM education and engineering design. *Silpakorn University Journal*, 39(3), 133-149. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sujthai/article/view/122924> [in Thai]
- Meelek, R. (2023). Creative development of undergraduate Thai dramatic arts students Lopburi College of Dramatic Arts through project-based learning. *Journal of MCU Ubon Review*, 8(3), 159–170. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/mcjou/article/view/270034> [in Thai]
- Mendoza, J. M. F., Gallego-Schmid, A., & Azapagic, A. (2019). A methodological framework for the implementation of circular economy thinking in higher education institutions: Towards sustainable campus management. *Journal of Cleaner Production*, 226, 831–844. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.060>
- Mezirow, J. (2018). *Transformative learning theory* (2nd ed.). Routledge.
- National Science and Technology Development Agency. (2020, December 16). What is the BCG economy model. NSTDA BCG Knowledge Repository. https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/what-is-bcg-economy-model [in Thai]
- National STEM Education Center. (2015). *STEM education network manual*. Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. [in Thai]
- Office of the Basic Education Commission. (2021). The first step in project-based learning (PBL). Bureau of Educational Technology, Office of the Basic Education Commission. <https://1drv.ms/b/s!AjpK9Chu9UpXmF7xkcFD12Gqp3tl> [in Thai]
- Office of the Education Council. (2017). *National Education Plan 2017-2026*. Prikhwan Graphic. [in Thai]
- Oummuang, S., & Sithsungnoen, C. (2024). The STEAM education additional subject curriculum development for enhancing creative innovation skills and teamwork skills for seventh grade students. *Research and Development Institute Journal of Chaiphaphum Rajabhat University*, 6(2), 316-333. <https://so10.tci-thaijo.org/index.php/rdicpru/article/view/1194> [in Thai]
- Ozkan, G., & Topsakal, U. U. (2021). Exploring the effectiveness of STEAM design processes on middle school students' creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 31, 95–116. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-019-09547-z>
- Panpipit, W., Arunwong, R., & Saleewong, D. (2021). The development of blended learning model to enhance system thinking process for students of National Sports University. *The Journal of Research and Academics*, 4(4), 179–192. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jra/article/view/245836> [in Thai]
- Papert, S. (1980). *Mindstorms*. Basic Books.
- Phengnoi, D., & Boonsom, N. (2021). Development of scientific work creation and creative problem-solving abilities for fifth grade students by STEAM education-based learning activities management. *Silpakorn Educational Research Journal*, 13(1), 238–257. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedureasearchjournal/article/view/249185> [in Thai]
- Phonnong, I., & Keeratichamroen, W. (2021). Developing instructional model based on STEAM education for enhancing creative thinking skill of students in small elementary schools. *Ratchaphruek Journal*, 19(3), 119–129. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/Ratchaphruek-journal/article/view/250776> [in Thai]
- Phooddee, W., Sompita, C., Bootdeevong, A., Wadeesirisak, T., Udomdechawet, K., & UTaisan, T. (2024). The developing students' creative thinking using 6E learning based on the STEM BCG for education for grade-9 students. *Journal of Science and Science Education*, 7(1), 133–146. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE/article/view/268319> [in Thai]

- Pinagapung, S., & Nuangchalerm, P. (2018). Mathematics instructional model to enhance creative problem solving. *Journal of Yala Rajabhat University*, 13(2), 288–300. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yr_u_human/article/view/137777 [in Thai]
- Prapasanobol, V., & Vanichwatanavorachai, S. (2023). A model for developing pre-service teachers' teaching competencies by using project-based and creative learning management to enhance students' creative innovation ability. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 34(1), 144–161. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edupsu/article/view/250923> [in Thai]
- Prasoplarb, T., Pootawee, J., & Lertdechapat, K. (2024). Development of a BCG economy model-integrated STEM learning activities. *Journal of Education Studies*, 52(1), EDUCU 5201008. <https://doi.org/10.14456/educu.2024.8> [in Thai]
- Prommool, S., Boonchan, B., & Nopakun, A. (2024). Development of competency of Thai teachers in the new normal era according to the concept of sustainable development. *Journal of Association of Professional Development of Educational Administration of Thailand*, 6(2), 451–465. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JAPDEAT/article/view/270896> [in Thai]
- Rattanaphant, T. (2022). Developing a model of project-based learning activities through online learning that affects digital literacy skills of education students. *Journal of MCU Nakhondhat*, 9(4), 110–125. <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/260481> [in Thai]
- Ruamcharoen, J., Kerdthip, K., & Jeerasathian, P. (2021). STEM education for lifelong learning: Case study to raise the creative products level from banana leaf to drive the community economy. *Journal of Education and Innovative Learning*, 1(2), 187–206. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jeil/article/view/248913> [in Thai]
- Ruengrung, S. (2023). The effect of utilizing STEM BCG as project-based learning in solving local problems on Grade-6 students to increase learning achievement and problem-solving ability in science and technology. *Journal of Science and Science Education*, 6(1), 150–160. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE/article/view/260957> [in Thai]
- Rungaroon, M., Satiman, A., Thammeter, T., & Bangthamai, E. (2024). Development of a blended teaching model using coach teaching and imagineering learning to promote learning and innovation skills of Rajabhat University student teachers. *The Journal of Research and Academics*, 7(1), 295–308. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jra/article/view/264003> [in Thai]
- Sengsri, S., & Sengsri, T. (2023). The elements of the instructional model via activities based learning with STEAM4Innovator process to promote the innovator for pre-service teacher of computer program. *URU Journal of Integrated Sciences for Development*, 13(1), URU-J. ISD 261647. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/GRAURU/article/view/261647> [in Thai]
- Sisamud, K., & Chatwattana, P. (2023). The project-based learning model using design thinking for the innovators in the 21st century. *Journal of Technical and Engineering Education*, 14(1), 23–32. <https://so10.tci-thaijo.org/index.php/FTEJournal/article/view/348> [in Thai]
- Srikoom, W., Faikhamta, C., & Hanuscin, D. (2018). Dimensions of effective STEM integrated teaching practice. *K-12 STEM Education*, 4(2), 313–330. <https://www.learntechlib.org/p/209577>
- Srithumma, C. (2023). Development of learning activities on environmental issues to promote the core competencies of students in the 4th stage of Thai formal education in Sappraiwan community, Wang Thong Sub-district, Phitsanulok Province. *Journal of SaengKhomKham Buddhist Studies*, 8(1), 34–49. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jsbs/article/view/257888> [in Thai]
- Suandee, P. (2021). Developing a model for organizing learning activities to promote competence in solving math problems integer matter for students Secondary 1. *Mahachulagajarsara Journal*, 12(2), 173–185. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/gajasara/article/view/252760> [in Thai]

- Subcharoen, P., Tungkunan, P., & Kantathanawat, T. (2020). The effect of learning management plan with e-learning based on STEAM education on 10th grade in project development of technology 1 subject (computing science). *Journal of Industrial Education*, 19(2), 90–99. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/241181> [in Thai]
- Tapingkae, P. (2023). The development of an instructional model based on contextual inquiry project-based learning to enhance computational thinking for grade 7 students. *Journal of Education Khon Kaen University*, 46(3), 28–46. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDKKUJ/article/view/260428> [in Thai]
- Taylor, P. C. (2020). Transformative STE(A)M education for a sustainable world. In *Proceedings of the International Joint Conference on Arts and Humanities (IJCAH 2020), Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 491, 1–3. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201201.001>
- Thongaime, A. (2018). Project based learning for developing students in the 21st century. *Valaya Alongkorn Review*, 8(3), 185–199. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/var/article/view/163191> [in Thai]
- Wado, N., Musor, H., & Portjanatanti, N. (2023). The development of science learning model based on STEM education to enhance scientific literacy and attitudes towards science among Prathomseuksa 6 students. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(5), 389–403. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JRKSA/article/view/260810> [in Thai]
- Yolao, D., Kasemnet, L., & Chaengsawang, T. (2014). PBL learning management from the construction project knowledge set to enhance the skills of the 21st century of children and youth: from the success experience of Thai schools. *Thippayawisut*. [in Thai]