การพัฒนาแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

DEVELOPMENT OF AN ASSESSMENT TOOL FOR GREEN PROJECT SKILLS IN PROJECT-BASED STEAM LEARNING INTEGRATED WITH THE BCG ECONOMY MODEL

สถาพร เรืองรุ่ง[1], สุระ วุฒิพรหม[2*], กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา[3] และ อาฟีฟี ลาเต๊ะ[4]

Sathaphorn Ruengrung[1], Sura Wuttiprom[2*], Karntarat Wuttisela[3] and Afifi Lateh[4]

[1, 2, 3]มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 85 ถ.สถลมาร์ค ต.เมืองศรีไค อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190 ประเทศไทย

[4]มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี 181 ถ.เจริญประดิษฐ์ ต.รูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000 ประเทศไทย

[1, 2, 3]Ubon Ratchathani University, 85 Sathonlamark Rd., Mueang Si Khai Sub-district, Warin Chamrap District, Ubon Ratchathani Province, 34190 Thailand

[4]Prince of Songkla University, 181 Charoen Pradit Rd., Rusa Milae Sub-district, Mueang District, Pattani Province, 94000 Thailand

*Corresponding author E-mail: sura.w@ubu.ac.th

(Received: Apr 18, 2025; Revised: Apr 1, 2026; Accepted: Apr 2, 2026)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว และ 2) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ 1) กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 9 คน ซึ่งจบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร การวัดผลและประเมินผลการศึกษา และมีผลงานวิจัยด้านสะเต็มหรือสะตีมศึกษา และ 2) กลุ่มผู้ประเมินโครงงาน จำนวน 2 คน ซึ่งจบการศึกษาระดับปริญญาตรี และมีประสบการณ์เป็นครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์และโครงงานอาชีพ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ 1) แบบสังเคราะห์เอกสาร 2) แบบตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา และ 3) แบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว (ฉบับทดลองใช้) ซึ่งเครื่องมือการวิจัยข้างต้นผ่านการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จำนวน 3 คน และเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเคราะห์และนิยามองค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว โดยวิเคราะห์ความถี่ของคำสำคัญ และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ประเมินโครงงาน ได้แก่ ความเที่ยงตรงของเนื้อหาและความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน

ผลการวิจัยพบว่า 1) องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว (2) ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว และ (3) ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว และ 2) แบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวเป็นแบบประเมินมีเกณฑ์ประมาณค่า 3 ระดับ ตามแบบเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน มีทั้งหมด 21 รายการประเมิน มีความเที่ยงตรงของเนื้อหาที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยมีค่าดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา อยู่ระหว่าง 0.78-1.00 และค่าเฉลี่ยดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยทั้งชุด (S-CVI/Ave) เท่ากับ 0.91 สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ 0.90 ด้านความเชื่อมั่น

---

[1] *นักศึกษาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์*

[2-3] *รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์*

[4] *รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาการวิจัยและประเมิน คณะศึกษาศาสตร์*

ใช้วิธีหาความสอดคล้องภายในโดยการพิจารณาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 2 ท่าน มีค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปา (Cohen's Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.78 ซึ่งมีระดับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินระดับปานกลาง และมีร้อยละของความเชื่อมั่นเท่ากับ 36 – 63

คำสำคัญ: แบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว, แนวคิดสะตีมศึกษา, โครงงานเป็นฐาน, โมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

ABSTRACT

This research aimed to 1) synthesize the components of green project skills and 2) develop and examine the quality of an assessment tool for evaluating these skills in project–based STEAM learning activities integrated with the BCG Economy Model. The participants consisted of 1) nine experts holding doctoral degrees in Science Education, Curriculum and Instruction, or Educational Measurement and Evaluation, with research experience in STEM or STEAM education; and 2) two project evaluators holding bachelor's degrees with more than five years of experience as advisors for science and vocational projects. The research instruments included 1) a document synthesis form, 2) a content validity assessment form, and 3) a pilot version of the green project skills assessment tool. All instruments were preliminarily reviewed by three thesis advisory committee members. Data were collected through document synthesis and the identification of key components using content analysis based on keyword frequency and thematic categorization. The quality of the assessment tool was examined in terms of content validity and inter–rater reliability.

The findings revealed that: 1) green project skills consist of three components: (1.1) the ability to analyze to present green projects; and 2) the developed assessment tool is a three–level analytic rubric comprising the content and context of green projects, (1.2) practical competence in conducting green projects, and (1.3) the ability 21 items. The content validity index (CVI) ranged from 0.78 to 1.00, and the scale–level CVI (S–CVI/Ave) was 0.91, exceeding the acceptable threshold. The inter–rater reliability, analyzed between the two evaluators, yielded a Cohen's kappa coefficient of 0.78, indicating a moderate level of agreement, although the percentage of agreement ranged from 36% to 63%.

KEYWORDS: Green Project Skills Assessment, STEAM Education, Project–Based Learning, BCG Economy Model

บทนำ

จุดเน้นของการจัดการศึกษาและพัฒนาผู้เรียนทุกระดับของการศึกษาไทยมุ่งเน้นพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ และแก้ปัญหา ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนตามยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561–2580) (Wattanakool, 2024) โดยเน้นการประยุกต์ความรู้ผ่านการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Education for Sustainable Development: ESD) ซึ่งความท้าทายสำคัญคือความสมดุลของเทคโนโลยีกับการใช้ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม การบูรณาการประเด็นสำคัญ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความหลากหลายทางชีวภาพ และการบริโภคอย่างยั่งยืน โดยใช้วิธีการสอนที่มีส่วนร่วม กระตุ้นให้ผู้เรียนปรับพฤติกรรมเพื่อความยั่งยืน พร้อมพัฒนาทักษะ เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ จินตนาการอนาคต และการตัดสินใจร่วมกัน (Kalla et al., 2022) ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ควรส่งเสริมทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นมิตรกับสังคมและสิ่งแวดล้อม (Green Innovation

Skills) ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง และเพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักพัฒนานวัตกรรมที่มีส่วนช่วยพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (Wongyai & Patphol, 2019) สอดคล้องกับทักษะสีเขียว (Green Skills) ที่เป็นความรู้และความสามารถที่ช่วยให้บุคคลทำงานและดำรงชีวิตอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมคุณภาพชีวิตและการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sern et al., 2018) และสอดคล้องกับทักษะนวัตกรรมสีเขียว (Green Innovation Skills) ที่เป็นความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ช่วยทำให้สังคมและสิ่งแวดล้อมมีคุณภาพดีขึ้น (Picaud-Bello et al., 2024) ดังนั้นการส่งเสริมพัฒนาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนักเรียนคือการพัฒนาทักษะการทำโครงงานสีเขียวเพราะเป็นช่วงวัยที่มีการพัฒนาทักษะและพัฒนานวัตกรรมด้วยกิจกรรมโครงงาน

ปัจจุบันประเทศไทยได้นำโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (Bio-circular-green Economy Model: BCG Model) ซึ่งบูรณาการเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว มาใช้เป็นแนวทางหลักในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน (National Science and Technology Development Agency, 2020) ในมิติของการจัดการศึกษาเพื่อรองรับทิศทางดังกล่าว แม้ที่ผ่านมาระบบการศึกษาจะให้ความสำคัญกับสะเต็มศึกษา (STEM Education) แต่ก็ยังพบข้อจำกัดในการเชื่อมโยงความรู้สู่การแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมในบริบทชุมชนอย่างแท้จริง (Bybee, 2013; Ladachart et al., 2019) จึงเกิดการยกระดับสู่แนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education) ที่ผนวกมิติด้านศิลปะ ความคิดสร้างสรรค์ และจริยธรรมเข้ามาเติมเต็มการพัฒนามนุษย์แบบองค์รวม (Başaran & Erol, 2021) การศึกษาล่าสุดพบว่า การบูรณาการสะตีมศึกษาร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning: PBL) และโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีจะช่วยเสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงทัศนคติ สร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อม และกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริงได้อย่างยั่งยืน (Faikhamta et al., 2022; Taylor, 2020)

จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทำโครงงานสีเขียวจึงถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (Integrated STEAM-PBL+BCG Learning Model: iSTEAM-PBL+BCG) ซึ่งเป็นรูปแบบที่สนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนจากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Ruengrung et al., 2025) การจัดกิจกรรมในรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG นี้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ทำโครงงานเพื่อพัฒนานวัตกรรมอย่างยั่งยืนในบริบทท้องถิ่น ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การทำงานร่วมกัน ความคิดสร้างสรรค์ และการเตรียมพร้อมสู่ศตวรรษที่ 21 (Chupukdee, 2024; Prasoplarb et al., 2024)

ดังนั้น เพื่อให้สามารถประเมินผลลัพธ์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการทำโครงงานสีเขียวดังกล่าวได้อย่างเป็นรูปธรรม การพัฒนาแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเครื่องมือประเมินนี้จะต้องได้รับการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพให้มีความสอดคล้องกับบริบทของแนวคิดกิจกรรมการเรียนรู้ iSTEAM-PBL+BCG ข้างต้นอย่างเหมาะสม

การพัฒนาแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวจะช่วยให้สามารถวัดผลทักษะสำคัญของนักเรียนได้อย่างเป็นระบบ สนับสนุนแนวคิด iSTEAM-PBL+BCG (Ruengrung et al., 2025) และเป้าหมาย SDGs (Sustainable Development Goals) รวมถึงช่วยพัฒนาหลักสูตรและนโยบายการศึกษาที่ตอบโจทย์ยุคศตวรรษที่ 21 (Sinthuwongsanont et al., 2023) อีกทั้งยกระดับคุณภาพการศึกษาและเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเป็นนักพัฒนานวัตกรรมที่ช่วยสร้างสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในอนาคต จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า มีการใช้แบบประเมินทักษะการทำโครงงาน (Chumwong & Mangkhang, 2023) สมรรถนะการทำโครงงาน (Thamphattharakun et al., 2021) และความสามารถในการทำโครงงาน (Photeng & Uamcharoen, 2017) ซึ่งมีทั้งแบบประเมินที่ประเมินให้คะแนนตามประเด็นการประเมิน (Nasaree et al., 2020) แบบประเมินที่ประเมินให้คะแนนตามมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Somsamai et al., 2022) แบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนน (รูบริก: Rubrics) โดยกำหนดเกณฑ์แบบแยกองค์ประกอบแบบให้คะแนน 3 ระดับ (Prapasanobol et al., 2024) หรือให้คะแนน 5 ระดับ (Sopakool et al., 2023) นอกจากนี้

องค์ประกอบตัวชี้วัดในการประเมินจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า มีการใช้องค์ประกอบการประเมินพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาโครงงานตามขั้นตอนรูปแบบการเรียนการสอน ตั้งแต่ขั้นการกำหนดปัญหาจนถึงขั้นการสรุปผลและการเผยแพร่ผลงาน (Thepprasit et al., 2024) ใช้องค์ประกอบตามการประเมินคุณภาพโครงงานวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การคิดและเลือกหัวข้อที่จะทำโครงงานจนถึงด้านการเสนอผลงานและจัดแสดงโครงงาน (Luthanakul et al., 2023) และใช้องค์ประกอบการประเมินตามบริบทของการทำโครงงานหรือกำหนดประเด็นการประเมินขึ้นซึ่งประกอบด้วยด้านต่าง ๆ เช่น ผลลัพธ์ของโครงงาน ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ขั้นตอนการทำโครงงาน การนำเสนอ การเขียนรายงาน และทักษะที่เกิดขึ้น (Charoenphon & Sungthong, 2020) ซึ่งในการพัฒนาแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยมีความสนใจพัฒนาแบบประเมินรูบริกแบบแยกองค์ประกอบที่ช่วยเพิ่มคุณภาพของการประเมินทั้งในด้านความแม่นยำ ความชัดเจน และความเป็นธรรม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้สอนและผู้เรียนในกระบวนการเรียนการสอนและการประเมินผล ประกอบกับมีการสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะขึ้นใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมตามรูปแบบ iSTEAM-PBL+BCG ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นนักพัฒนานวัตกรรมที่มีส่วนช่วยพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ซึ่งมีความเฉพาะกลุ่มมากกว่าบริบทห้องเรียนทั่วไป

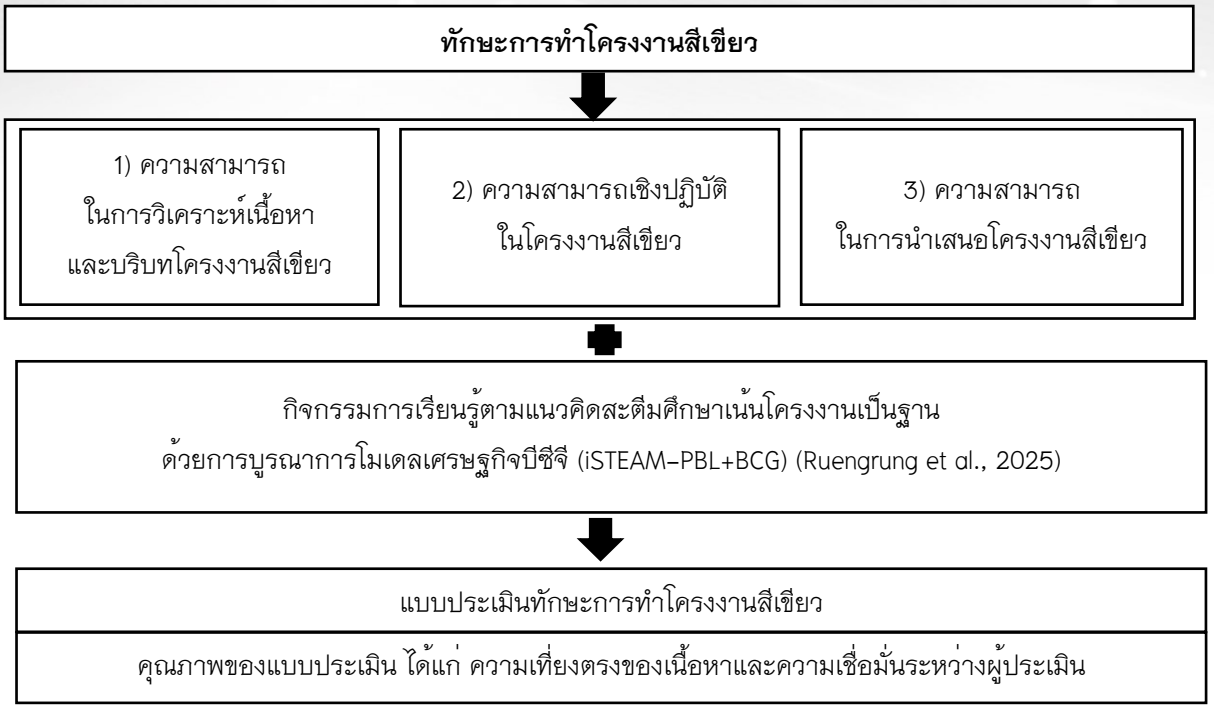
การพัฒนาแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวในครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงระดับของความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน และนำข้อมูลมาเพื่อปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนหรือกระบวนการนวัตกรรมที่มีส่วนช่วยพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนของนักเรียน ตลอดจนส่งเสริมทักษะการทำโครงงานสีเขียว ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสังเคราะห์องค์ประกอบทักษะการทำโครงงานสีเขียว และพัฒนาแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีที่เป็นประโยชน์ในการใช้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินระดับทักษะ รวมถึงเพื่อให้ครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจสามารถนำไปประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวของนักเรียนได้อย่างมีคุณภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี
2. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรม เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ คณะผู้วิจัยนำมาออกแบบกรอบแนวคิดการวิจัย แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

1. กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 9 คน คัดเลือกโดยมีเกณฑ์คุณสมบัติ คือ จบการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร การวัดผลและประเมินผลการศึกษา และมีผลงานวิจัยด้านสะเต็มหรือสะตีมศึกษา

2. กลุ่มผู้ประเมินโครงงาน จำนวน 2 คน คัดเลือกโดยมีเกณฑ์คุณสมบัติ คือ จบการศึกษาระดับปริญญาตรี และมีประสบการณ์เป็นครูที่ปรึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์และโครงงานอาชีพ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

เครื่องมือการวิจัย

1. แบบสังเคราะห์เอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวกับองค์ประกอบและการประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว ประกอบด้วยการระบุ 1) ชื่อบทความวิจัยหรือเรื่อง 2) เป้าหมาย/วัตถุประสงค์การวิจัย 3) วิธีดำเนินการวิจัย (ใคร ทำอะไร กับใคร ได้ผลอย่างไร) 4) ผลการวิจัยอย่างย่อ แบ่งตามวัตถุประสงค์การวิจัย (ไม่ใช่บทคัดย่อ) 5) การอภิปรายผล 6) สาเหตุที่ทำให้เกิดผลสำคัญ 7) การอ้างอิงแบบ APA และ 8) การเชื่อมโยงกับงานวิจัยตนเอง

2. แบบตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (CVI) ของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว ประกอบด้วย คำชี้แจง นิยามองค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว และรายการประเมิน (พฤติกรรมบ่งชี้)

3. แบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว (ฉบับทดลองใช้) แบบประมาณค่า 3 ระดับ ตามแบบรูบริก ซึ่งเป็นรูบริกแบบแยกส่วน มีองค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว ได้แก่ 1) ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว จำนวน 10 พฤติกรรมบ่งชี้ 2) ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว จำนวน 5 พฤติกรรมบ่งชี้ และ 3) ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว จำนวน 6 พฤติกรรมบ่งชี้

เครื่องมือการวิจัยข้างต้นผ่านการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จำนวน 3 คน ผลการตรวจสอบพบว่าคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้ทบทวนและเพิ่มจำนวนงานวิจัยในการสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว จึงมีการปรับปรุงองค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว

จาก 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงงานสีเขียว 2) ทักษะกระบวนการโครงงานสีเขียว 3) คุณลักษณะและเจตคติสีเขียว และ 4) การนำเสนอผลงาน ให้เหลือเพียง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว 2) ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว และ 3) ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว เนื่องจาก "คุณลักษณะและเจตคติสีเขียว" อาจไม่ใช่ทักษะเชิงปฏิบัติโดยตรง แต่สะท้อนผ่านการลงมือทำและกระบวนการ ดังนั้นจึงควรถูกรวมอยู่ใน ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว เพื่อให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น และการปรับลดจาก 4 องค์ประกอบเหลือ 3 องค์ประกอบ มีเหตุผลเพื่อให้ไม่ซ้ำซ้อนกันทางความหมาย มีความกระชับและวัดได้จริง สอดคล้องกับกรอบทฤษฎีด้านทักษะการทำโครงงาน ทำให้เครื่องมือการวิจัยมีความตรงตามเนื้อหาและความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน พร้อมระบุระยะเวลาในการดำเนินการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน พ.ศ. 2567)

1. การรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร (Documentary Data): ดำเนินการสืบค้นและเก็บรวบรวมข้อมูลจากบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว จากฐานข้อมูลระดับชาติ Thai-Journal Citation Index Centre (TCI) กลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 และฐานข้อมูลระดับนานาชาติ SCImago Journal & Country Rank (SJR) ควอไทล์ที่ 1 (Q1) และควอไทล์ที่ 2 (Q2) ที่ตีพิมพ์ระหว่างปี ค.ศ. 2018 – 2024 จำนวนทั้งสิ้น 9 งานวิจัย

2. การรวบรวมข้อมูลคำสำคัญ (Keywords): สกัดและรวบรวมข้อมูลคำสำคัญจากเอกสารในข้อ 1 เพื่อนำมาวิเคราะห์ความถี่ สังเคราะห์ และกำหนดเป็นนิยามองค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว ตลอดจนใช้เป็นกรอบแนวคิดในการสร้างแบบประเมินต่อไป

ระยะที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี (ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567)

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง (ระหว่างกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567): นำแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว (ชนิดมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ตามแบบรูบริกแยกส่วน) ที่สร้างขึ้นไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 9 คน ที่มีความเชี่ยวชาญ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ด้านการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร และด้านการวัดผลและประเมินผลการศึกษา เพื่อประเมินและให้คะแนนดัชนีความสอดคล้อง (Content Validity Index: CVI) ระหว่างรายการประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะ (โดยกำหนดเกณฑ์ยอมรับที่ 0.50 ขึ้นไป) และนำข้อมูลข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุงเครื่องมือ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม (วันที่ 3 ธันวาคม พ.ศ. 2567): นำแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว ไปเก็บข้อมูลภาคสนามกับกลุ่มเป้าหมาย โดยให้ผู้ประเมินโครงงาน จำนวน 2 คน ทำการสังเกตและประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวของนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมโครงงานสะตีมบีซีจีเพื่ออาชีพ ในการแข่งขันศิลปหัตถกรรมนักเรียนล้ำสมัย ก้าวไกลเทคโนโลยี วิถีภูมิปัญญา สร้างคุณค่า SOFT POWER ครั้งที่ 72 เพื่อนำผลคะแนนที่ได้จากผู้ประเมินทั้งสองท่านมาหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability: IRR)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาและวิเคราะห์เอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับองค์ประกอบและการประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และสังเคราะห์ข้อมูลผ่านการพิจารณาความถี่ขององค์ประกอบ (ระดับ 5 ขึ้นไป)

2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงของเนื้อหา (CVI) โดยพิจารณา 2 ระดับ (Polit & Beck, 2006) คือ 1) ระดับ Item-level CVI (I-CVI) โดยพิจารณาข้อคำถามที่มีค่าดัชนี CVI ระหว่าง 0.78-1.00 (Lynn, 1986) และ 2) ระดับ Scale-level CVI (S-CVI) โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยสัดส่วน Scale-Content Validity Index/Average (S-CVI/Ave) ตามเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ 0.90 (Polit & Beck, 2006)

2.2 วิเคราะห์ความเชื่อมั่นโดยวิธีหาความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) พิจารณาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินโดยใช้สถิติแคปปาหรือค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปา (Cohen's Kappa Coefficient) ตามระดับความสอดคล้องของสถิติแคปปาตามแนวทางของ McHugh (2012) รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความสอดคล้องของสถิติแคปปาตามแนวทางของ McHugh (2012)

ค่าสถิติแคปปา	ระดับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน	ร้อยละของความเชื่อมั่น
0.00 – 0.19	ไม่มีความสอดคล้อง	0 – 3
0.20 – 0.39	ความสอดคล้องน้อยมาก	4 – 15
0.40 – 0.59	ความสอดคล้องน้อย	16 – 35
0.60 – 0.79	ความสอดคล้องปานกลาง	36 – 63
0.80 – 0.89	ความสอดคล้องมาก	64 – 80
0.90 – 1.00	ความสอดคล้องมากที่สุด	81 – 100

ผลการวิจัย

1. การสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว

จากการสังเคราะห์แนวคิดของนักการศึกษาจำนวน 9 งานวิจัย พบว่า องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียวมีทั้งหมด 3 องค์ประกอบ รายละเอียดดังตารางที่ 2 และสามารถสรุปได้ว่าทักษะการทำโครงงานสีเขียว หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมโครงงานของนักเรียนในวิถีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือยั่งยืนมากยิ่งขึ้น หรือความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ช่วยทำให้สังคมและสิ่งแวดล้อมมีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีนิยามเชิงปฏิบัติการแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว

ลำดับ	องค์ประกอบ: คำสำคัญ	งานวิจัย									ความถี่
		Boontangeen et al. (2018)	Nasaree et al. (2020)	Maowtub (2020)	Anchana & Haemaprasith (2020)	Thamphattharakun et al. (2021)	Songkrut et al. (2022)	Pongpimai et al. (2023)	Chung et al. (2022)	Pérez Torres et al. (2024)	
1	**ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว:** *การเขียนเค้าโครง, เนื้อหา, บริบทที่ใช้, วิเคราะห์เชื่อมโยงองค์ความรู้, ความสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้*	✓	✓	–	✓	✓	–	–	–	✓	5
2	**ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว:** *ลงมือทำ, ปฏิบัติ, กระบวนการโครงงาน, กระบวนการด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์, ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, ทำงานเป็นทีม, ใช้ความสามารถด้านสะติม*	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓	8
3	**ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว:** *การเขียนรายงาน, การเสนอผลงานและจัดแสดงผลงาน, การนำเสนอโครงงานนำเสนอผลการศึกษา, สะท้อนคิด*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	–	7

ตารางที่ 3 องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการในการวัดทักษะการทำโครงงานสีเขียว

ลำดับ	องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว	นิยามเชิงปฏิบัติการ
1	ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว (Analytical Ability in Evaluating Content and Context of Green Projects)	พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ ความคิด และความสามารถในการวิเคราะห์เชื่อมโยงองค์ความรู้ระหว่างเนื้อหาโครงงานการเขียนข้อเสนอโครงงาน (Project Proposal) กับบริบทพื้นที่ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ในวิถีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือยั่งยืนมากยิ่งขึ้นตามแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว	นิยามเชิงปฏิบัติการ
2	ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว (Practical Competence in Green Projects)	พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ ความคิด และความสามารถในการลงมือทำโครงงานเป็นทีมตามกระบวนการโครงงาน โดยใช้กระบวนการด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ใช้องค์ความรู้ด้านสะดิม ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ช่วยทำให้สังคมและสิ่งแวดล้อมมีคุณภาพดีขึ้นตามแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี
3	ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว (Ability to Present Green Projects)	พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ ความคิด และความสามารถในการเขียนรายงาน จัดแสดงผลงาน การนำเสนอผลงาน และการสะท้อนคิดผลการศึกษาในวิถีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือยั่งยืนมากยิ่งขึ้นตามแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี

2. การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว

แบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบประเมินมีเกณฑ์ประมาณค่า 3 ระดับ และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) ประกอบด้วย 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ประเมิน ชื่อผู้ประเมิน ตำแหน่งผู้ประเมิน และความเชี่ยวชาญของผู้ประเมิน ตอนที่ 2 ข้อมูลพื้นฐานของโครงงาน ชื่อโครงงาน สาขาโครงงาน และรายชื่อผู้จัดทำโครงงาน ตอนที่ 3 รายการประเมิน ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ 1) ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว 2) ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว และ 3) ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว และตอนที่ 4 เกณฑ์แปลผลคุณภาพระดับเฉพาะแต่ละรายการและระดับคะแนนรวมทั้งหมด

การตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว พบว่า 1) ด้านค่าดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา (CVI) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 9 คน มีค่าดัชนี CVI ระหว่าง 0.78–1.00 และค่าเฉลี่ยสัดส่วน S-CVI/Ave เท่ากับ 0.91 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ 0.90 (Polit & Beck, 2006) ดังตารางที่ 4 แสดงว่าข้อคำถามนั้นมีความเที่ยงตรงของเนื้อหาสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ยังมีการนำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับความกระชับความชัดเจน การสื่อความหมายของข้อคำถาม และความเหมาะสมของภาษา 2) ด้านความเชื่อมั่นโดยวิธีหาความสอดคล้องภายใน จากการพิจารณาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 2 คน ใช้ค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปาตามระดับความสอดคล้องของสถิติแคปปาตามแนวทางของ McHugh (2012) พบว่า รายการประเมินของทักษะการทำโครงงานสีเขียวในภาพรวมมีค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปา เท่ากับ 0.78 ซึ่งมีระดับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินระดับปานกลาง มีร้อยละของความเชื่อมั่นเท่ากับ 36 – 63 เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบ ด้านความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว มีค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปาเท่ากับ 0.84 ซึ่งมีระดับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินระดับมาก มีร้อยละของความเชื่อมั่นเท่ากับ 64 – 80 ด้านความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว มีค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปา เท่ากับ 0.71 ซึ่งมีระดับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินระดับปานกลาง มีร้อยละของความเชื่อมั่นเท่ากับ 36 – 63 และด้านความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว มีค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปาเท่ากับ 0.75 ซึ่งมีระดับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินระดับปานกลาง มีร้อยละของความเชื่อมั่นเท่ากับ 36 – 63 ดังตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกันระหว่าง

ผู้ประเมิน โดยสามารถแสดงเกณฑ์คุณภาพการประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวแต่ละองค์ประกอบดังตารางที่ 5 เกณฑ์แปลผลคุณภาพระดับเฉพาะแต่ละรายการและระดับคะแนนรวมทั้งหมด ดังตารางที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหาและค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 2 คน

องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียว	จำนวนข้อคำถาม	พิสัยค่า CVI	ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน
ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว	10	0.89 – 1.00	0.84
ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว	5	0.78 – 1.00	0.71
ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว	6	0.78 – 1.00	0.75
	21	**S-CVI/Ave = 0.91**	**Kappa = 0.78**

ตารางที่ 5 เกณฑ์คุณภาพการประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวแต่ละองค์ประกอบ

ข้อ	พฤติกรรมบ่งชี้: รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
		1	2	3
ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว				
1	ชื่อโครงงานสีเขียว	ชื่อโครงงานไม่ชัดเจนและไม่สอดคล้องกับปัญหาที่ต้องการแก้ไข	ชื่อโครงงานชัดเจนในระดับหนึ่ง สอดคล้องกับปัญหาและสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี	ชื่อโครงงานชัดเจน สอดคล้องกับปัญหา สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี และสะท้อนถึงเป้าหมายและเนื้อหาโครงงานอย่างครบถ้วน
2	การกำหนดปัญหาและตั้งสมมติฐาน	ปัญหาและสมมติฐานไม่ชัดเจนหรือขาดเหตุผลรองรับ	ปัญหาและสมมติฐานชัดเจนในระดับหนึ่ง มีเหตุผลบางส่วน และสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี	ปัญหาและสมมติฐานชัดเจน มีเหตุผลรองรับที่ครบถ้วน สอดคล้องกับบริบทพื้นที่ และสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี
3	การตั้งวัตถุประสงค์ของโครงงานสีเขียว	วัตถุประสงค์ไม่ชัดเจนและไม่สามารถวัดผลได้	วัตถุประสงค์ชัดเจนในระดับหนึ่ง และสามารถวัดผลได้บางส่วน	วัตถุประสงค์ชัดเจน ครบถ้วน และสามารถวัดผลได้อย่างเป็นรูปธรรม
4	การกำหนดขอบเขตโครงงานสีเขียว	ขอบเขตไม่ชัดเจนหรือกว้างเกินไปจนยากต่อการดำเนินงาน	ขอบเขตชัดเจนในระดับหนึ่ง แต่ยังขาดความเฉพาะเจาะจง และสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี	ขอบเขตชัดเจน ครอบคลุม เฉพาะเจาะจง และสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี
5	การระบุวิธีดำเนินโครงงานสีเขียว	วิธีดำเนินการขาดความชัดเจนและไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	วิธีดำเนินการชัดเจนในระดับหนึ่ง และสามารถนำไปปฏิบัติได้บางส่วน	วิธีดำเนินการชัดเจน ครบถ้วน และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ข้อ	พฤติกรรมบ่งชี้: รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ 1	2	3
6	การกำหนดระยะเวลาดำเนินโครงงานสีเขียว	ระยะเวลาไม่สอดคล้องกับกิจกรรมหรือไม่สมเหตุสมผล	ระยะเวลาเหมาะสมในระดับหนึ่งแต่ยังขาดความละเอียด	ระยะเวลาสอดคล้องกับกิจกรรม มีความสมเหตุสมผล และแสดงรายละเอียดครบถ้วน
7	การระบุผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ	ผลลัพธ์ไม่ชัดเจนหรือไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	ผลลัพธ์ชัดเจนในระดับหนึ่งและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์บางส่วน	ผลลัพธ์ชัดเจน ครอบคลุมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทั้งหมด
8	การระบุการประเมินผลโครงงานสีเขียว	มีวิธีการประเมินผลที่ไม่ชัดเจน	มีวิธีการประเมินผลชัดเจนในระดับหนึ่ง แต่ขาดตัวชี้วัดที่เป็นรูปธรรม	มีวิธีการประเมินผลที่ชัดเจนพร้อมตัวชี้วัดที่เป็นรูปธรรมและครอบคลุม
9	การระบุผลกระทบของโครงงานสีเขียว	มีการระบุผลกระทบที่ไม่ชัดเจน	ระบุผลกระทบบางส่วนและสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี	ระบุผลกระทบชัดเจนครอบคลุม และสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี
10	การระบุแนวทางความยั่งยืนของโครงงานสีเขียว	มีการระบุแนวทางความยั่งยืนที่ไม่ชัดเจน	มีแนวทางความยั่งยืนในระดับหนึ่ง และสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี	มีแนวทางความยั่งยืนที่เป็นรูปธรรม และสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี
ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว				
11	การทำงานเป็นทีม	การทำงานเป็นทีมไม่ราบรื่น มีปัญหาด้านการสื่อสารและความร่วมมือ	การทำงานเป็นทีมราบรื่นในระดับหนึ่ง มีการสื่อสารและความร่วมมือบางส่วน	การทำงานเป็นทีมราบรื่น มีการสื่อสารและความร่วมมืออย่างเต็มที่
12	การใช้กระบวนการด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์	การใช้กระบวนการด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ขาดความชัดเจน	การใช้กระบวนการด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ชัดเจนในระดับหนึ่ง	การใช้กระบวนการด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ชัดเจน ครบถ้วน และนำไปปฏิบัติได้จริง
13	การบูรณาการองค์ความรู้ด้านสะตีม	การบูรณาการองค์ความรู้ด้านสะตีม ไม่ชัดเจนและไม่สอดคล้องกับโครงงาน	การบูรณาการองค์ความรู้ด้านสะตีมชัดเจนในระดับหนึ่ง	การบูรณาการองค์ความรู้ด้านสะตีมชัดเจน ครบถ้วนและสร้างสรรค์
14	การสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ส่งผลดีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	มีการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับสังคมและสิ่งแวดล้อม	มีการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับสังคมและสิ่งแวดล้อมในระดับหนึ่ง	มีการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจนและมีคุณภาพ
15	กระบวนการทำโครงงานเป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	มีกระบวนการทำโครงงานที่ไม่เป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	มีกระบวนการทำโครงงานที่เป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในระดับหนึ่ง	มีกระบวนการทำโครงงานที่เป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจนและมีคุณภาพ

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ข้อ	พฤติกรรมบ่งชี้: รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ 1	2	3
ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว				
16	การเขียนรายงานโครงงานสีเขียว	รายงานขาดความชัดเจนและไม่มีการจัดระเบียบเนื้อหา	รายงานมีความชัดเจนในระดับหนึ่ง แต่ยังขาดการจัดระเบียบเนื้อหาอย่างเหมาะสม	รายงานชัดเจน มีการจัดระเบียบเนื้อหาอย่างเหมาะสม และครอบคลุมหัวข้อที่เกี่ยวข้องทั้งหมด
17	การจัดแสดงผลงานโครงงานสีเขียว	การจัดแสดงผลงานขาดความน่าสนใจและสื่อสารเนื้อหาไม่ชัดเจน	การจัดแสดงผลงานน่าสนใจในระดับหนึ่ง และสื่อสารเนื้อหาได้บางส่วน	การจัดแสดงผลงานน่าสนใจ สื่อสารเนื้อหาได้ชัดเจนและดึงดูดความสนใจของผู้ชม
18	ผลงานที่เป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	ผลงานขาดความเป็นมิตรต่อสังคมหรือสิ่งแวดล้อม	ผลงานมีความเป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในบางส่วน	ผลงานที่สร้างสรรค์มีความเป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างครบถ้วน
19	การนำเสนอผลงานโครงงานสีเขียว	การนำเสนอขาดความมั่นใจและไม่สามารถสื่อสารเนื้อหาได้ชัดเจน	การนำเสนอมีความมั่นใจในระดับหนึ่งและสื่อสารเนื้อหาได้บางส่วน	การนำเสนอมีความมั่นใจ สื่อสารเนื้อหาได้ชัดเจน และตอบคำถามผู้ฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพ
20	การสะท้อนคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี	การสะท้อนคิดขาดความลึกซึ้ง ไม่เชื่อมโยงกับโครงงาน และไม่สอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี	การสะท้อนคิดมีความลึกซึ้งในระดับหนึ่ง เชื่อมโยงกับโครงงาน และสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจีบางส่วน	การสะท้อนคิดมีความลึกซึ้ง เชื่อมโยงกับโครงงานอย่างชัดเจน และแสดงให้เห็นถึงการเรียนรู้ที่ยั่งยืน
21	การนำเสนอผลงานที่เป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	เลือกรูปแบบวิธีการนำเสนอที่ไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมหรือสิ่งแวดล้อม	เลือกรูปแบบวิธีการนำเสนอที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในบางประเด็น	เลือกรูปแบบวิธีการนำเสนอที่แสดงถึงความใส่ใจในผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างรอบด้าน

ตารางที่ 6 เกณฑ์แปลผลคุณภาพการประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว ระดับเฉพาะแต่ละรายการ

คะแนน	ระดับคุณภาพ	คำอธิบาย
3	ดี	ความสามารถหรือผลลัพธ์ที่ชัดเจน สมบูรณ์ ครอบคลุม และสอดคล้องกับเป้าหมายอย่างครบถ้วน
2	ปานกลาง	ความสามารถหรือผลลัพธ์ในระดับที่ดี แต่ยังมีบางส่วนที่ต้องปรับปรุง
1	ปรับปรุง	ขาดความชัดเจนหรือมีข้อบกพร่องที่สำคัญในความสามารถหรือผลลัพธ์ที่ได้

ตารางที่ 7 เกณฑ์แปลผลคุณภาพการประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียว ระดับคะแนนรวมทั้งหมด

ช่วงคะแนนรวม	ระดับทักษะ	คำอธิบาย
54 – 63	ดีเยี่ยม	มีความสามารถโดดเด่นในทุกองค์ประกอบ ครอบคลุม ชัดเจน มีความสมบูรณ์และคุณภาพสูงสุด
44 – 53	ดี	มีความสามารถในระดับดีในส่วนใหญ่ขององค์ประกอบ อาจมีบางส่วนที่ยังสามารถปรับปรุงได้
35 – 43	พอใช้	มีความสามารถในระดับพื้นฐาน แสดงถึงความเข้าใจและการปฏิบัติได้ในระดับหนึ่ง
ต่ำกว่า 35	ต้องปรับปรุง	มีข้อบกพร่องหลายประการ จำเป็นต้องพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายหรือมาตรฐานที่กำหนดไว้
ช่วงคะแนนเฉลี่ย	**ระดับคุณภาพ**	**การแปลผล**
2.50 – 3.00	ดี	มีทักษะอยู่ในระดับดี มีความสามารถที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์
1.50 – 2.49	ปานกลาง	มีทักษะในระดับปานกลาง ควรส่งเสริมและพัฒนาต่อในบางด้าน
1.00 – 1.49	ปรับปรุง	มีทักษะในระดับที่ต้องปรับปรุง ควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอย่างเร่งด่วน

สรุปผลการวิจัย

1. ทักษะการทำโครงงานสีเขียว ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว และความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว โดยมีการพัฒนาแบบประเมินที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นเพื่อให้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ iSTEAM–PBL+BCG ที่เน้นการบูรณาการแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจีและสะดีมศึกษาในการทำโครงงานเพื่อสร้างนวัตกรรมที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. แบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวเป็นแบบประเมินมีเกณฑ์ประมาณค่า 3 ระดับตามแบบรูบริกแบบแยกส่วน (Analytic Rubric) มีทั้งหมด 21 รายการประเมิน มีความเที่ยงตรงของเนื้อหาที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยมีค่าดัชนี CVI อยู่ระหว่าง 0.78–1.00 และค่าเฉลี่ยสัดส่วน S–CVI/Ave เท่ากับ 0.91 สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ 0.90 ด้านความเชื่อมั่นโดยวิธีหาความสอดคล้องภายในจากการพิจารณาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 2 คน มีค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปา เท่ากับ 0.78 ซึ่งมีระดับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินในระดับปานกลาง มีร้อยละของความเชื่อมั่นเท่ากับ 36 – 63

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การสังเคราะห์องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะดีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี สามารถสรุปได้ว่า ทักษะการทำโครงงานสีเขียว หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมโครงงานของนักเรียนในวิถีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือยั่งยืนมากยิ่งขึ้น หรือความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ช่วยทำให้สังคมและสิ่งแวดล้อมมีคุณภาพดีขึ้น ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว 2) ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว และ 3) ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว ซึ่งสามารถ

สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการผสมผสานแนวคิดสมัยใหม่ที่เน้นความยั่งยืนและนวัตกรรมเข้าสู่การเรียนการสอน ทักษะการทำโครงงานสีเขียวในบริบทนี้เน้นการบูรณาการแนวทางสะตีมศึกษาร่วมกับแนวคิดเศรษฐกิจบีซีจี โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาทักษะนักเรียนให้สามารถสร้างสรรค์โครงงานที่ตอบโจทย์ความยั่งยืนของสังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ โดยเฉพาะในมิติของสิ่งแวดล้อมและนวัตกรรม ทั้งนี้ เมื่อนำเป้าหมายดังกล่าวมาบูรณาการสู่การจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนผ่านกระบวนการทำโครงงาน กรอบการประเมินทักษะผู้เรียนระดับสากล ได้กำหนดองค์ประกอบสำคัญออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหาและบริบท การปฏิบัติโครงงาน และการนำเสนอ (Larmer et al., 2015; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2017) แสดงให้เห็นว่าผลการสังเคราะห์มีองค์ประกอบชัดเจนและครอบคลุมทักษะสำคัญที่นักเรียนต้องพัฒนาในการทำโครงงานสีเขียว สอดคล้องกับแนวทางการประเมินเชิงสมรรถนะ (Competency-based Assessment) ที่มุ่งเน้นการวัดผลความสามารถที่เกิดจากการนำความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติจริง (Wongchinda et al., 2024) ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านสอดคล้องกับแนวคิดนี้ โดยเฉพาะการปฏิบัติโครงงาน ซึ่งแสดงถึงการนำความรู้และทักษะมาปฏิบัติในสถานการณ์จริง และการนำเสนอแสดงถึงความสามารถในการสื่อสารและถ่ายทอดผลลัพธ์ สอดคล้องกับการประเมินตามแนวคิดบลูม (Bloom's Taxonomy) ฉบับปรับปรุง (Anderson & Krathwohl, 2001) โดยการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทสอดคล้องกับระดับการวิเคราะห์ที่เน้นการแยกแยะส่วนประกอบและความสัมพันธ์ การปฏิบัติโครงงานสอดคล้องกับระดับการประยุกต์ใช้และการสร้างสรรค์ที่เน้นการนำความรู้ไปใช้และการสร้างสรรค์นวัตกรรม และการนำเสนอสอดคล้องกับระดับการประเมินผลที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารผลลัพธ์อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยในครั้งนี้มุ่งศึกษาองค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียวที่เน้นความยั่งยืนและนวัตกรรมสีเขียว โดยผสานแนวคิดสะตีมศึกษากับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีเพื่อสนับสนุนเป้าหมาย SDGs ของสหประชาชาติ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่เน้นกระบวนการโครงงานทั่วไปหรือการบูรณาการด้านการเรียนรู้ โดยไม่ได้เน้นประเด็นความยั่งยืนอย่างชัดเจน

2. การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานด้วยการบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี พบว่า ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวในด้านดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา (CVI) มีค่าระหว่าง 0.78–1.00 แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือและคุณภาพของแบบประเมินโดยค่าดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา (CVI) อยู่ระหว่าง 0.78–1.00 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่ดี (Polit & Beck, 2006) และค่าเฉลี่ยสัดส่วน S-CVI/Ave เท่ากับ 0.91 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ 0.90 (Polit & Beck, 2006) แสดงให้เห็นว่าแบบประเมินมีความเหมาะสมในการนำไปใช้วัดทักษะการทำโครงงานสีเขียว และในด้านความเชื่อมั่นโดยวิธีหาความสอดคล้องภายในโดยพิจารณาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 2 คน พบว่าค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปา เท่ากับ 0.78 ตามแนวทางของ McHugh (2012) ซึ่งมีระดับความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินระดับปานกลาง มีร้อยละของความเชื่อมั่นเท่ากับ 36 – 63 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินมีความเห็นพ้องกันในระดับหนึ่ง แต่ยังมีความแตกต่างในมุมมองที่ต้องพิจารณาปรับปรุง ส่วนกรณีองค์ประกอบด้านการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทของโครงงานสีเขียวมีค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปาสูงสุดเท่ากับ 0.84 และอยู่ในระดับมาก เนื่องจากผู้ประเมินมีความเห็นสอดคล้องกันสูงในประเด็นนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีข้อสังเกตว่าอาจเป็นเพราะหลักเกณฑ์ที่ใช้ประเมินมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรมมากกว่าด้านอื่น ส่วนองค์ประกอบด้านความสามารถเชิงปฏิบัติ (Kappa = 0.71) และการนำเสนอโครงงาน (Kappa = 0.75) อยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากผู้ประเมินมีความแตกต่างในการตัดสินหรือมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการให้คะแนน เช่น รูปแบบการนำเสนอของผู้เรียนหรือบริบทของโครงงานอาจมีความแตกต่างกัน และผลการพิจารณาความเชื่อมั่นสอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานของ Landis and Koch (1977) โดยค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปามากกว่าหรือเท่ากับ 0.61 ก็ถือว่าอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Hallgren (2012) ที่พบว่า การประเมินทักษะลักษณะเชิงปฏิบัติที่มีความซับซ้อน

จะมีระดับความสอดคล้องของผู้ประเมินที่แตกต่างกัน จากผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวทั้งด้านดัชนีความเที่ยงตรงของเนื้อหา และด้านความเชื่อมั่นโดยวิธีหาความสอดคล้องภายในแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพและเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลในบริบทการเรียนรู้ตามรูปแบบ iSTEAM–PBL+BCG ได้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการประเมินเพื่อตรวจสอบระดับทักษะสะท้อนผลการเรียนรู้ และสนับสนุนการพัฒนาทักษะการทำโครงงานสีเขียวของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องตามเป้าหมายของการศึกษาเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนในยุคปัจจุบัน ผลการวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเด่นในแง่ของการบูรณาการแนวคิดสมัยใหม่ การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่มีมาตรฐาน และการเชื่อมโยงกับเป้าหมาย SDGs ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่มักมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องมือประเมินในเชิงทั่วไปหรือในบริบทจำกัด ข้อค้นพบเหล่านี้สะท้อนถึงคุณภาพและศักยภาพของเครื่องมือในการส่งเสริมการพัฒนาทักษะการทำโครงงานสีเขียวที่ตอบโจทย์การศึกษาในยุคปัจจุบัน ประกอบกับเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินในระดับปานกลาง (Cohen’s Kappa ตั้งแต่ 0.71 ถึง 0.84) ตามแนวทางของ McHugh (2012) สะท้อนว่าเกณฑ์มีความเป็นปรนัยและผู้ประเมินมีความเข้าใจตรงกัน อีกทั้งเกณฑ์เป็นรูบริกแบบสองชั้นที่มีความชัดเจนและคำอธิบายแต่ละระดับอย่างละเอียด ส่งผลให้การประเมินมีมาตรฐานและเชื่อถือได้มากขึ้น ดังการศึกษาของกิตติทัศน์ หวานฉ่ำ และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (Wancham & Tangdhanakanond, 2023) ที่พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ พบว่า มีความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินอยู่ในระดับสูง (Cohen’s Kappa ตั้งแต่ 0.79 ถึง 1.00) ตามแนวทางของ Landis and Koch (1977) แสดงว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีความเป็นปรนัยและผู้ประเมินมีการตีความตรงกัน เนื่องจากผ่านการอบรมก่อนการให้คะแนน ทำให้เข้าใจเกณฑ์อย่างชัดเจนและมีมาตรฐานร่วม อีกทั้งเกณฑ์เป็นรูบริกแบบสองชั้นที่มีมิติชัดเจนและคำอธิบายคุณภาพในแต่ละระดับอย่างละเอียด จึงส่งเสริมความแม่นยำและเป็นธรรมในการประเมิน และการศึกษาของบุษยารัตน์ จันทร์ประเสริฐ และคนอื่น ๆ (Janprasert et al., 2020) ที่ศึกษาความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินของความสอดคล้องในแนวเดียวกันระหว่างข้อสอบกับตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ พบว่า มีค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินที่วิเคราะห์ด้วยสถิติแคปปาของฟลีส (Fleiss’ Kappa Statistic: Kf) (Fleiss et al., 2003; Landis & Koch, 1977) อยู่ในระดับดี (Kf = 0.51) ซึ่งการมีผู้เชี่ยวชาญ 5 – 8 คน ช่วยเพิ่มความเที่ยงของการประเมิน (Lynn, 1986; Polit & Beck, 2006) และการใช้แนวคิดการปรับปรุงอนุกรมวิธานของบลูม (Revised Bloom’s Taxonomy) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ครูและนักวิชาการไทยคุ้นเคย ช่วยให้การตีความตรงกัน ส่งผลให้ค่าความเที่ยงอยู่ในระดับดี ในกรณีแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวใช้เกณฑ์ประมาณค่า 3 ระดับ (ดี ปานกลาง และปรับปรุง) สืบเนื่องจากข้อดีหลายประการ ได้แก่ 1) การประเมินใช้ระดับคะแนนที่ชัดเจน (3, 2, 1) ทำให้ผู้ประเมินสามารถจำแนกความสามารถหรือผลลัพธ์ได้ง่าย และผู้เรียนเข้าใจง่ายว่าอยู่ในระดับใด 2) สะท้อนคุณภาพอย่างครอบคลุม การมีคำอธิบายประกอบในแต่ละระดับช่วยให้การประเมินไม่ใช่แค่การให้คะแนน แต่สะท้อนถึงจุดแข็งและจุดที่ควรพัฒนา 3) สนับสนุนการพัฒนาการมีระดับปรับปรุงช่วยให้ผู้เรียนรับรู้ว่าควรพัฒนาในด้านใดอย่างเฉพาะเจาะจง และเป็นแนวทางในการปรับปรุงผลงานในอนาคต และ 4) ง่ายต่อการนำไปใช้ ด้วยจำนวนระดับที่ไม่มากเกินไป ทำให้การประเมินรวดเร็ว ใช้งานสะดวก และลดความสับสนของผู้ประเมิน

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดด้านกลุ่มตัวอย่างและบริบท เนื่องจากการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวดำเนินการในผู้เรียนกลุ่มจำกัด ภายใต้แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานบูรณาการโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี จึงอาจไม่สามารถสะท้อนผลในบริบทอื่นได้อย่างครอบคลุม อีกทั้งแบบประเมินรูบริก 3 ระดับ แม้จะชัดเจนและใช้งานง่าย แต่ยังไม่สามารถแยกความแตกต่างเชิงลึกของทักษะผู้เรียนได้ทั้งหมด และความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไปควรขยายการใช้แบบประเมินกับกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายมากขึ้น ปรับเกณฑ์การให้คะแนนให้ละเอียดขึ้น พร้อมพัฒนาแนวทางอบรมผู้ประเมิน

เพื่อเพิ่มความแม่นยำ อีกทั้งควรขยายการประเมินไปสู่ทักษะอื่น เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหาเชิงซับซ้อน และการทำงานร่วมกัน เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์และความครอบคลุมของการวัดทักษะการทำโครงงานสีเขียว

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. องค์ประกอบของทักษะการทำโครงงานสีเขียวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4–ม.6) โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เน้นโครงงานเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนทั้งด้านการคิดวิเคราะห์ การลงมือปฏิบัติ และการสื่อสารในประเด็นความยั่งยืน ทั้งนี้ผู้สอนควรพิจารณาความท้าทายด้านเวลา ทรัพยากร และบริบทโรงเรียน พร้อมพัฒนาแนวทางแก้ไขเพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและสามารถขยายผลไปสู่บริบทที่หลากหลาย เช่น โรงเรียนขนาดเล็กหรือโรงเรียนชนบทได้อย่างเหมาะสม

2. แบบประเมินที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการวัดและพัฒนาทักษะการทำโครงงานสีเขียวของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา โดยเฉพาะในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม ควรมีการอบรมผู้ประเมิน ได้แก่ ครูผู้สอนและผู้เกี่ยวข้อง เพื่อให้มีความเข้าใจเกณฑ์ตรงกัน รวมทั้งควรปรับปรุงเครื่องมือให้เหมาะสมกับบริบทที่แตกต่างกันของแต่ละโรงเรียน และศึกษาวิธีการเพิ่มความแม่นยำของการประเมิน เช่น การใช้ตัวอย่างโครงงานมาตรฐานประกอบการให้คะแนน

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

ควรพัฒนาแบบประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวในรูปแบบออนไลน์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและอาชีวศึกษา โดยออกแบบให้สามารถประเมินได้จากหลายแหล่งข้อมูล ได้แก่ การประเมินตนเองของผู้เรียน การประเมินโดยเพื่อนร่วมกลุ่ม และการประเมินโดยครูผู้สอน เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ความรอบด้าน และความเป็นธรรมในการสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างแท้จริง อีกทั้งยังสอดคล้องกับทิศทางการเรียนรู้ดิจิทัลและการประเมินตามสภาพจริงในยุคปัจจุบัน

องค์ความรู้ใหม่

จากการวิจัย วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ได้ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่สำคัญต่อสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาและการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนดังนี้

1. นิยามและโครงสร้างของทักษะการทำโครงงานสีเขียว การวิจัยนี้ได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านการสังเคราะห์และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของ "ทักษะการทำโครงงานสีเขียวอย่างเป็นรูปธรรม โดยระบุโครงสร้างสำคัญ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ความสามารถในการวิเคราะห์เนื้อหาและบริบทโครงงานสีเขียว 2) ความสามารถเชิงปฏิบัติในโครงงานสีเขียว และ 3) ความสามารถในการนำเสนอโครงงานสีเขียว ซึ่งเป็นการยกระดับทักษะการทำโครงงานแบบดั้งเดิม ให้ก้าวข้ามขีดจำกัดไปสู่การเน้นสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

2. นวัตกรรมการวัดและประเมินผลสำหรับรูปแบบ iSTEAM–PBL+BCG การวิจัยนี้ได้ผลิตเครื่องมือประเมินทักษะการทำโครงงานสีเขียวในรูปแบบเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน 3 ระดับ จำนวน 21 รายการประเมิน ที่ได้รับการพิสูจน์คุณภาพด้วยระเบียบวิธีวิจัยที่รัดกุม ทั้งด้านความเที่ยงตรง (S–CVI/Ave = 0.91) และความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Cohen's Kappa = 0.78) ถือเป็นนวัตกรรมทางการประเมินผลรูปแบบใหม่ที่ลดช่องว่างของการประเมินทักษะในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไป

3. การแปลงนโยบายความยั่งยืนสู่การปฏิบัติในชั้นเรียน องค์ความรู้จากงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงแนวคิดระดับชาติและสากล ทั้งโมเดลเศรษฐกิจบีซีจีและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ให้กลายเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียนที่สามารถสังเกตและวัดผลได้จริง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในอนาคต

บทบาทหน้าที่ของผู้นิพนธ์

สถาพร เรืองรุ่ง: ริเริ่มแนวคิด ออกแบบการวิจัย ทบทวนวรรณกรรม สร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และเป็นผู้เขียนร่างบทความวิจัยต้นฉบับ

สุระ วุฒิพรหม: ให้คำปรึกษาและควบคุมการวิจัย ตรวจสอบความถูกต้องของระเบียบวิธีวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนเป็นผู้ตรวจทาน ปรับปรุง และแก้ไขบทความวิจัยให้มีความสมบูรณ์ตามมาตรฐานวิชาการ

กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา: ให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย และร่วมพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาในบทความ

อาฟีฟี ลาเต๊ะ: ให้คำปรึกษาและควบคุมการวิจัย ตรวจสอบความถูกต้องของระเบียบวิธีวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล ให้คำแนะนำด้านการวัดและประเมินผล ตรวจสอบความถูกต้องของการแปลผลข้อมูล และร่วมพิจารณาความสมบูรณ์ของบทความ

เอกสารอ้างอิง

Anchana, C., & Haemaprasith, S. (2020). Development of innovative thinking activity packages to promote science project performing and teamwork abilities of seventh grade students. *Journal of Industrial Education, 19*(3), 53–62. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/241688 [In Thai]

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). The cognitive process dimension. In L. W. Anderson & D. R. Krathwohl (Eds.), *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (pp. 63–92). Longman.

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

Boontangeen, J., Yoomee, P., & Vijaranakul, U. (2018). Development of local scientific activity modules on the application of an ebony fermented solution to enhance the science project ability of Mathayom 2 students. *Journal of Graduate Research, 9*(2), 21–41. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/banditvijai/article/download/134766/117601/ [In Thai]

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Charoenphon, S., & Sungthong, A. (2020). The results of using digital media in learning management by using project-based learning in physics for grade-11 students. *Journal of Science and Science Education (JSSE), 3*(1), 19–29. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE/article/view/231688 [In Thai]

Chumwong, A., & Mangkhang, C. (2023). Development of skill in geography project using project-based learning through 5Es instructional model of secondary school students in year 1, Ban Buakkrognoi Community School. *Journal of Academic for Eastern Institute of Technology Suvarnabhumi, 2*(2), 92–104. https://so09.tci-thaijo.org/index.php/JEITS/article/view/1566 [In Thai]

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

Chupukdee, B. (2024). Career project–based learning management model combined with learning activity packets to develop learning achievement and vocational skills of Grade 12 students, Sichompusuksa School. *Learning Encouragement Journal, 4*(4), 1–14. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/LAEJ/article/view/277090 [In Thai]

Faikhamta, C., Suknarusaithagul, 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 for Science, Technology, and Environmental Learning, 13*(2), 344–362. https://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/article/view/14452/12143 [In Thai]

Fleiss, J. L., Levin, B., & Paik, M. C. (2003). *Statistical methods for rates and proportions* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Hallgren, K. A. (2012). Computing inter–rater reliability for observational data: An overview and tutorial. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology, 8*(1), 23–34. https://doi.org/10.20982/tqmp.08.1.p023

Janprasert, B., Lawthong, N., & Ngudgratoke, S. (2020). Inter–rater reliability of alignment between science items and indices. *Journal of Education Studies, 48*(3), 146–163. https://digital.car.chula.ac.th/educujournal/vol48/iss3/9 [In Thai]

Kalla, M., Jerowsky, M., Howes, B., & Borda, A. (2022). Expanding Formal School Curricula to Foster Action Competence in Sustainable Development: A Proposed Free–Choice Project–Based Learning Curriculum. *Sustainability, 14*(23), 16315. https://doi.org/10.3390/su142316315

Ladachart, L., Phothong, W., Rittikoop, W., & Ladachart, L. (2019). Teachers' understanding and views about STEM education and engineering design. *Journal of Education, Burapha University, 39*(3), 133–149. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sujthai/article/view/122924 [In Thai]

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*(1), 159–174. https://doi.org/10.2307/2529310

Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the standard for project–based learning.* ASCD. https://files.ascd.org/staticfiles/ascd/pdf/siteASCD/publications/books/Setting-the-Standard-for-PBL-sample-chapters.pdf

Luthanakul, T., Promkawee, C., Tangchiangmai, P., Palee, P., Jungjai, P., Boonnark, P., Thamvivornkul, P., Boontangeen, J., & Intalor, P. (2023). Development of local science learning activity sets to promote science projects for Grade 6 students under the project "Elders Teach Younger Siblings" Wat Pao Sam Kha School, Mae on District, Chiang Mai Province. *Procedia of Multidisciplinary Research, 1*(9), 32. https://so09.tci-thaijo.org/index.php/PMR/article/view/3197/1932 [In Thai]

Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 35(6), 382–385. https://doi.org/10.1097/00006199-198611000-00017

Maowtub, P. (2020). *Learning project-based learning along with questioning based on sufficiency economy philosophy to enhance project proceeding abilities for secondary 3 (Grade 9) students* [Master's thesis, Rajamangala University of Technology Thanyaburi]. Intellectual Repository at Rajamangala University of Technology Thanyaburi. http://www.repository.rmutt.ac.th/xmlui/handle/123456789/4113 [In Thai]

McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: The Kappa statistic. *Biochemia Medica, 22*(3), 276 – 282. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3900052/

Nasaree, N., Sangjakrawan, A., & Roongwitwathunyoo, K. (2020). A study of the ability to implement STEM education project, group process, project presentation skill, and project quality through lesson plans under the concept of assessment for learning of Mathayom 5 students. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus, 30*(3), 93–104. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edupsu/article/view/233817/160809 [In Thai]

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]

Pérez Torres, M., Couso Lagarón, D., & Marquez Bargalló, C. (2024). Evaluation of STEAM project-based learning (STEAM PBL) instructional designs from the STEM practices perspective. *Education Sciences, 14*(1), 53. https://doi.org/10.3390/educsci14010053

Photeng, K., & Uamcharoen, S. (2017). Development of communication skills and project ability of vocational students taught by project approach. *Silpakorn Educational Research Journal, 9*(2), 162–175. https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedureasearchjournal/article/view/62867/88566 [In Thai]

Picaud-Bello, K., Schiele, H., Koch, V., & Francillette, M. (2024). Innovation through sustainability: Identifying purchaser skills fostering green innovation. *Cleaner Logistics and Supply Chain, 10*, 100136. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100136

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). *Essentials of nursing research*: *Methods, appraisal, and utilization* (6th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Pongpimai, K., Ngamsiri, R., & Kittawee, Y. (2023). The effect of learning management by using historical methods together with context-based learning to develop project implementation capabilities of grade 6 students. *Journal of Humanities and Social Sciences Mahamakut Buddhist University Isan Campus, 4*(2), 1–11. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jhsmbuisc/article/view/264969 [In Thai]

Prapasanobol, V., Thongkam, S., Singchai, B., & Chaocharoen, W. (2024). The development of instructional processes by using project-based learning to enhance pre-service teachers' creative innovation ability. *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University, 14*(1), 1–7. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/ajpbru/article/view/263936 [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), 1–15. https://doi.org/10.14456/educu.2024.8 [In Thai]

Ruengrung, S., Lateh, A., Wuttisela, K., & Wuttiprom, S. (2025). A learning activity management model based on STEAM education focused on project-based learning by integrating the BCG economic model synthesis. *Journal of Education and Innovative Learning, 5*(2), 1-16. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jeil/article/view/278413 [In Thai]

Sern, L. C., Zaime, A. F., & Foong, L. M. (2018). Green skills for green industry: A review of literature. *Journal of Physics: Conference Series, 1019*(1), 012030. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1019/1/012030

Sinthuwongsanont, M., Boonkongsaen, N., & Wangtomklang, K. (2023). Education and sustainable development goals (SDGs). *Journal of Mani Chettha Ram Wat Chommani, 5*(6), 527-544. https://so07.tci-thaijo.org/index.php/JMCR/article/view/3355 [In Thai]

Somsamai, A., Unkong, T., & Srisarakorn, S. (2022). Learning management skills vocational skills using the learning management process by the teachers of Wat Amat Wittaya School. *Education Journal, Faculty of Education, Nakhon Sawan Rajabhat University, 5*(1), 100–112. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edunsrujo/article/view/251148 [In Thai]

Songkrut, N., Haemaprasith, S., & Pratoomtoong, W. (2022). Effects of project-based and research-based learning on the ability in doing science projects and self-esteem of tenth grade students. *KKU Research Journal of Humanities and Social Sciences (Graduate Studies), 10*(1), 82–96. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/gskkuhs/article/download/248634/175066/958227 [In Thai]

Sopakool, A., Tanunchubutra, P., & Termtachatipongsa, P. (2023). Activities curriculum development to enhance creative innovation abilities integrated local wisdom of secondary students' Nongbualumphu Province. *Journal of Education Naresuan University, 25*(2), 317–326. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/download/247788/176728 [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, Vol. 491* (pp. 1–3). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/assehr.k.201201.001

Thamphattharakun, S., Charoensuk, O., & Suwathanpornkul, I. (2021). Development of competency in science projects with scaffolding learning processes for grade six students by applying design-based research. *Academic MCU Buriram Journal, 6*(2), 198–212. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/ambj/article/download/249340/171233/915966 [In Thai]

Thepprasit, R., Sanrach, C., & Srisomphan, J. (2024). The effect of instructional model using project-based learning with graphic organizers to enhance for secondary students' computational thinking. *Journal of Multidisciplinary in Humanities and Social Sciences, 7*(3), 1673–1687. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jmhs1_s/article/view/271532 [In Thai]

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Wancham, K., & Tangdhanakanond, K. (2023). Development of the double-layer scoring rubric for scoring physics problem-solving performance. *Journal of Graduate Studies, Valaya Alongkorn Rajabhat University, 17*(1), 16–31. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JournalGradVRU/article/view/248858/175746 [In Thai]

Wattanakool, W. (2024). Public policy development and Thai education 4.0. *Journal of Interdisciplinary Innovation Review, 7(*1), 383–395. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jidir/article/view/260834 [In Thai]

Wongchinda, T., Tanchai, S., & Romsri, S. (2024). Competency-based learning assessment: Approaches and conceptual framework. *Journal of Kwan Phayao, 1*(4), 53–63. https://so11.tci-thaijo.org/index.php/jkp/article/view/1465/344 [In Thai]

Wongyai, V., & Patphol, M. (2019). *Green innovation skills: Creative innovation skills that are friendly to society and the environment.* Center for Curriculum and Learning Innovation. http://www.curriculumandlearning.com/upload/Books/Green%20Skill_1571275628.pdf [In Thai]