

Research Article; Received: 2025-03-28; Revised: 2025-07-02; Accepted: 2025-07-19.

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์
เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และ
นวัตกรรมของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
Learning Management Approach Based on STEAM Education
Integrated with Artificial Intelligence on Heat Transfer
to Enhance Creativity and Innovation in Diploma Students



จิตตานันท์ ประสิทธิ์วิเศษ^{*1}, สุรีย์พร สว่างเมฆ^{**2}
Jittanan Prasitwiset¹, Sureeporn Sawangmek²

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

Faculty of Education, Naresuan University

First Author, E-mail: jittananp66@nu.ac.th*

Corresponding Author, E-mail: sureepornka@nu.ac.th**

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน 2. เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเรื่อง การถ่ายโอนความร้อน เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จำนวน 34 คน และใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน 2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 3) ใบกิจกรรม 4) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า

ผลการวิจัยพบว่า 1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์มี 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาจริงที่ท้าทาย 2) ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ โดยนักศึกษาร่วมกันระดม

สมองวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและกลุ่มเป้าหมายเพื่อสรุปแนวคิดและความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา 3) ขั้นศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของข้อมูลร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ไม่โครซอฟต์ คอโพลอต ก่อนนำไปใช้ออกแบบชิ้นงานแก้ไขปัญหา 4) ขั้นการประยุกต์ นำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาออกแบบผลงานร่วมกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ไม่โครซอฟต์ คอโพลอต ในการสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไข 5) ขั้นนำเสนอผลงาน เพื่อแลกเปลี่ยนมุมมองการแก้ปัญหากับเพื่อนกลุ่มอื่น 6) ขั้นประเมินและปรับปรุง เพื่อนำข้อเสนอแนะไปแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น และ 2. ผลการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากขั้นพื้นฐานเป็นขั้นชำนาญและขั้นสูงได้ องค์ความรู้จากการวิจัย คือ สถานการณ์ปัญหาต้องสอดคล้องกับบริบทชีวิตจริงที่ทำนายและชัดเจน โดยคำนึงถึงความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน เน้นการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันของผู้เรียน ซึ่งปัญญาประดิษฐ์ไม่โครซอฟต์ คอโพลอต ได้เป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลและช่วยจุดประกายความคิดการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยผู้เรียนเป็นผู้วิเคราะห์และเลือกใช้ข้อมูลที่เหมาะสมในการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหาดำเนินไป

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษา; ปัญญาประดิษฐ์; ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม; การถ่ายโอนความร้อน

Abstract

This research study aims to 1) explore a learning management approach based on STEAM education with artificial intelligence (AI) to enhance creativity and innovation in the topic of heat transfer, and 2) examine the effects of promoting creativity and innovation in heat transfer when implementing this learning approach. The participants consist of 34 diploma students, and the study employs a classroom action research methodology with three action cycles. The research instruments include three lesson plans, a learning reflection form, activity sheets, and a creativity and innovation assessment form. Data are analyzed using content analysis and verified for reliability through the triangulation method.



The findings reveal that the learning management approach based on STEAM education integrated with AI followed six key steps. The first step involves problem identification, where students address real-world, challenging problems. The second step focuses on situation analysis, stimulating students' brainstorming to analyze the problem situation and target group, in order to summarize relevant concepts related to the issue and knowledge in the fields of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM), to be applied in the creation of a project or prototype. The third step, research and inquiry, involve evaluating the feasibility of information sources with Microsoft Copilot before applying it to the design of a problem-solving project or prototype. The fourth step, application, requires students to apply acquired knowledge to design creative solutions with Microsoft Copilot assisted project creation. The fifth step is presentation, in which students share their solutions with peers for feedback and discussion. The final step, evaluation and improvement, encourage students to reflect on their work and peer feedback to refine and enhance their projects. Furthermore, the implementation of this approach significantly improve students' creativity and innovation, progressing from basic to advanced levels demonstrated. The body of knowledge indicates that stimulating learners' interest through problem situations should align with real-life, challenging contexts, using language that is clear and easy to understand. This approach takes into account learners' prior knowledge or experiences and emphasizes analysis, discussion, and collaborative information exchange among students. Microsoft Copilot serves as a tool to facilitate access to reliable information sources and to spark ideas for designing and creating a variety of projects. Ultimately, it is the learners who analyze and select appropriate information to create innovations that solve problems according to given conditions.

Keywords: STEAM Education; Artificial Intelligence; Creativity and Innovation; Heat Transfer

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 เป็นช่วงเวลาที่โลกเกิดความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและรุนแรง อันเป็นผลเนื่องมาจากความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในด้านลบและด้านบวกทำให้มนุษย์ต้องเรียนรู้และปรับตัวให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (สิริภาพ เทพพิทักษ์, 2565) คนรุ่นใหม่จึงจำเป็นต้องมีความรู้ ความสามารถและทักษะในการประยุกต์และสร้างสรรค์สิ่งใหม่จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด (หทัยชนันท์ กานต์การันยกุล และ วิสูตร โพธิ์เงิน, 2557) เครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ระบุว่า ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญของการเรียนรู้ และนวัตกรรม ซึ่งเป็นตัวกำหนดความพร้อมของนักเรียนสู่โลก การทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้น (วิจารณ์ พานิช, 2555)

ประเทศไทยกำหนดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นหนึ่งในเป้าหมายการพัฒนากำลังคน โดยแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 กำหนดกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) เน้นการเตรียมคน สร้างคน สร้างนวัตกรรมและการเข้าถึงเทคโนโลยี เพื่อสร้างความพร้อมในการขับเคลื่อนองค์กรให้สอดคล้องกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 (สุวิทย์ เมษินทรีย์, 2559) ซึ่งผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศโดยสถาบันการจัดการนานาชาติ (International Institute for Management Development; IMD) ประจำปี พ.ศ. 2567 พบว่า ประเทศไทยอยู่อันดับที่ 25 จาก 64 ประเทศ อันดับในปัจจุบันย้อยด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์อยู่ที่ลำดับ 39 ด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีอยู่ลำดับที่ 25 และมีผลการประเมินด้านการศึกษาอยู่ในอันดับที่ 54 (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2567) ถือเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องเร่งแก้ไขและพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานและยกระดับคุณภาพของประเทศไทยให้ทัดเทียมนานาชาติ

สถาบันอาชีวศึกษามีบทบาทสำคัญในการผลิตและพัฒนากำลังคนให้มีความพร้อมต่อความต้องการของประเทศ แต่ผลการศึกษาพบว่า ผู้เรียนช่างอุตสาหกรรมมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และคิดสร้างสรรค์เพียงร้อยละ 11 (Office of the Education Council, 2010) โดยผู้สำเร็จการศึกษาอาชีวศึกษามีสมรรถนะไม่

สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้และความเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ขาดคุณลักษณะที่สำคัญ เช่น ทักษะการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหางาน (Leekitchwatana & Pimdee, 2007; สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2556)

การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างนวัตกรรม เพราะช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดและเป็นฐานในการขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจในอนาคต (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2559) ซึ่งปัญหาที่พบ คือ การจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผลลัพธ์ แต่ไม่ได้ให้ความสำคัญถึงกระบวนการ (สรวงมณต์ สิทธิสมาน, 2563) และครูผู้สอนยังเน้นการท่องจำมากกว่ากระบวนการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์อันนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม (ศักดิ์สิน โรจน์สราญรมย์, 2558)

การจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์งานอาชีพก่อสร้าง โยธาและสถาปัตยกรรม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ในวิทยาลัยแห่งหนึ่งที่จังหวัดพิษณุโลกพบว่า การจัดการเรียนรู้เน้นการบรรยายมากกว่าลงมือปฏิบัติ ส่งผลให้ผู้เรียนขาดการเชื่อมโยงความรู้สู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงหรือต่อยอดในวิชาชีพ ถึงแม้ว่านักศึกษาสามารถอธิบายความรู้ตามหลักการและทฤษฎี แต่ไม่สามารถบูรณาการข้ามสาขาวิชาในการนำไปใช้สร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาได้ สะท้อนผลได้จากกิจกรรมที่ครูให้นักศึกษาสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา ซึ่งนักศึกษาส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบอบองค์ความรู้ที่ใช้ในการสร้างหรือออกแบบนวัตกรรมได้อย่างถูกต้องและชิ้นงานที่ได้ไม่หลากหลายหรือแตกต่างจากนวัตกรรมที่มีอยู่ มักคัดลอกผลงานของเพื่อนหรือผลงานที่สืบค้นทางอินเทอร์เน็ต ขาดความคิดริเริ่มหรือความคิดแปลกใหม่ ไม่กล้าคิดแตกต่าง และขาดความกล้าในการนำเสนอหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็น จึงขาดโอกาสในการแสดงทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพ คือ การให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติและใช้ความสามารถนี้ให้มากที่สุด จึงต้องมีการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่บูรณาการข้ามสาขาวิชา (วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนา, 2562) ซึ่งจากการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมพบว่า สะเต็มศึกษา (STEAM Education) ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (Yakman, 2008) การเพิ่มศิลปะเข้าไปในสะเต็มศึกษาช่วยให้ผู้เรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย ส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และสามารถสื่อสารความคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Aguilera & Ortiz-Revilla, 2021)

นอกจากนี้ ยุทธศาสตร์ชาติฉบับที่ 12 (2560-2579) ระบุว่า ประเทศไทยต้องเร่งพัฒนาการสร้างความสามารถในการแข่งขันและการเสริมศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เรื่อง การส่งเสริมปัญญาประดิษฐ์หรือเอไอ (Artificial Intelligence; AI) เป็นฐานขับเคลื่อนประเทศ (ณัฐวุฒิ สุขโสมนัส และคณะ, 2566) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับในด้านการศึกษา ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน (Chen, et al., 2020) ตัวอย่างปัญญาประดิษฐ์ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา เช่น แชตจีพีที (ChatGPT) ไมโครซอฟต์ คอโพลอต (Microsoft Copilot) เจมิไน (Gemini) ทั้งนี้ ปัญญาประดิษฐ์ไมโครซอฟต์ คอโพลอต มีลักษณะโดดเด่นที่ช่วยสรุปผลลัพธ์ การค้นหาข้อมูลและแหล่งอ้างอิง ซึ่งมีความสำคัญแก่ผู้เรียนในการประเมินความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือและสร้างเนื้อหาเชิงสร้างสรรค์ จึงช่วยพัฒนาความรู้ด้านดิจิทัลของผู้เรียน ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และเพิ่มความเข้าใจในภาษา เป็นการเตรียมความพร้อมรับมือต่อโลกในยุคดิจิทัลที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้ดีขึ้น (Moeis, et al., 2024)

การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถค้นหาและผสมผสานความรู้ข้ามสาขาได้รวดเร็ว เพิ่มโอกาสในการสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่และกระตุ้นให้เกิดการเข้าใจหลักการวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก นำไปสู่การประยุกต์ใช้ความรู้ในรูปแบบใหม่ที่สร้างสรรค์ (Ho, et al., 2024) ดึงความสามารถของผู้เรียนด้านคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการออกแบบนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา (Huang & Qiao, 2024) ซึ่งปัญญาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนสร้างต้นแบบและทดสอบแนวคิดได้อย่างรวดเร็ว (Li, et al., 2023) และไม่ได้ทำหน้าที่แทนครู แต่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ที่เน้นความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยเฉพาะการเรียนรู้แบบบูรณาการ แสดงถึงคุณลักษณะที่โดดเด่นของสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับปัญญาประดิษฐ์ (Sari & Purwanta, 2021)

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งในการยกระดับคุณภาพการผลิตและพัฒนากำลังคนอาชีวศึกษาตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานและขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน
2. เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์

ระเบียบวิธีวิจัย

1. รูปแบบของการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนการวิจัยตามแนวคิดเคมมิสและแมกแท็กการ์ด (Kemmis & McTaggart, 1988) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยมีรูปแบบการวิจัยตามวงจรปฏิบัติการ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observation) และขั้นสะท้อนผล (Reflection) การทำวิจัยปฏิบัติการจะซ้ำเป็นวงจรทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ

2. กลุ่มเป้าหมาย ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ต้องการศึกษาในครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปี 1 แผนกวิชาช่างก่อสร้างโยธาของสถาบันอาชีวศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 34 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ 3 แผน คือ หลังกาสู้ภัยร้อน (การนำความร้อน) ฝ่าพาดานและพื้นบ้านลดร้อน (การแผ่รังสีความร้อน) และผนังบ้านต้านร้อน (การพาความร้อน) แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มี 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ ขั้นที่ 3 ขั้นศึกษาและค้นคว้าข้อมูล ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ขั้นที่ 5 ขั้นนำเสนอ และขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 18 ชั่วโมง ประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

3.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตที่มีความเชี่ยวชาญหรือมีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 10 ปี ใช้

ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนการให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ และบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ จุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

3.3 ใบกิจกรรม เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักศึกษา ประกอบด้วย 3 สถานการณ์ปัญหาที่นำมาสร้างข้อคำถาม สถานการณ์ละ 15 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบสร้างคำตอบอิสระ ซึ่งครอบคลุมพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประกอบด้วย การสร้างความคิด การออกแบบและการปรับแต่งความคิด การเปิดใจและกล้าที่จะสำรวจทำงานกับคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ และการควบคุมและการสะท้อนตนเอง ตามแนวคิดของเขตการศึกษาคาตาลินาฟุตฮิลล์ (Catalina Foothills School District; CFSD, 2022) มีการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าระหว่าง 0.67–1.00

3.4 แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เพื่อใช้ในการประเมินพฤติกรรมของนักศึกษาที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามแนวคิดของ CFSD (2018) จากการทำใบกิจกรรม การออกแบบและการลงมือสร้างชิ้นงาน ประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เข้าร่วมวิจัย โดยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ เรื่องการถ่ายโอนความร้อน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน รวม 16 ชั่วโมง ดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงจรปฏิบัติการ โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน จากนั้นให้นักศึกษาทำใบกิจกรรมการเรียนรู้และออกแบบสร้างชิ้นงานแบบรายกลุ่ม ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้งได้เก็บข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ มาจัดกลุ่มข้อมูลตามประเด็นที่กำหนดไว้ในประเด็นคำถามของแต่ละขั้นการจัดการ

เรียนรู้ จุดเด่น จุดที่ควรพัฒนาและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource Triangulation)

5.2 การวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ CFSD (2018) แบบประมาณค่า 4 ระดับ (Rating Scale) ได้แก่ ค่าคะแนน 4 คะแนน หมายถึง ขั้นสูง ค่าคะแนน 3 คะแนน หมายถึง ขั้นชำนาญ ค่าคะแนน 2 คะแนน หมายถึง ขั้นพื้นฐาน และค่าคะแนน 1 คะแนน หมายถึง ขั้นเริ่มต้น ให้สอดคล้องกับบริบทของนักศึกษาแล้วนำข้อมูลผลการประเมินมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยวิธีสามเส้าด้านผู้วิจัยหรือผู้เก็บข้อมูล (Investigator Triangulation) โดยพิจารณาตามผลการประเมินจากผู้ประเมินที่ตรงกัน 3 คน หรือ 2 จากใน 3 คน ให้ข้อมูลเหมือนกัน หากผู้ประเมินทั้ง 3 คน ให้ข้อมูลไม่ตรงกัน ให้ผู้ประเมินทั้ง 3 คน พิจารณาร่วมกันและทำการประเมินใหม่อีกครั้ง

ผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ แนวปฏิบัติในขั้นนี้ครูแบ่งกลุ่มนักศึกษาออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน จากนั้นครูทำการชี้แจงรายละเอียดการทำกิจกรรมและกระตุ้นความสนใจของนักศึกษาด้วยสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อนสอดคล้องกับบริบทชีวิตจริงที่ท้าทาย ภาษาเข้าใจง่าย ชัดเจน ไม่กำกวม ให้สมาชิกภายในกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันเพื่อระบุปัญหาและหาเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ โดยมีครูคอยใช้คำถามกระตุ้นชวนคิดให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ แนวปฏิบัติในขั้นนี้ครูต้องมีการชี้แจงการวิเคราะห์สถานการณ์ โดยให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันระดมสมองวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อสรุปแนวคิดที่เกี่ยวข้องและความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ โดยครูยกตัวอย่างประกอบเพื่อฝึกให้นักศึกษาได้คิดวิเคราะห์ร่วมกัน และนักศึกษามีการศึกษารายละเอียดความต้องการเชิงลึกของกลุ่มเป้าหมายด้วยการสัมภาษณ์ โดยใช้คำถามเชิงลึกเพื่อรวบรวมรายละเอียด

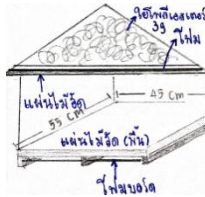
ข้อมูลให้ครบถ้วน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไข ปัญหาที่กำหนด

ขั้นที่ 3 ขั้นศึกษาและค้นคว้าข้อมูล แนวปฏิบัติในขั้นนี้ครูต้องชี้แจงการ สืบค้นข้อมูลร่วมกับปัญญาประดิษฐ์โมโครซอฟต์ คอโพลอต เพื่อตรวจสอบความ เป็นไปได้ของข้อมูลก่อนนำไปชิ้นงานตามเงื่อนไข โดยแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ในการ สืบค้นข้อมูล ด้วยการป้อนชุดคำสั่งที่นำแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหามาใส่รูป ประโยคคำสั่งลงในปัญญาประดิษฐ์โมโครซอฟต์ คอโพลอต ซึ่งรายละเอียดของคำสั่ง ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของข้อมูล โดยมีครูคอยแนะนำหรือตรวจสอบความถูกต้องของ ชุดคำสั่ง หลังจากได้ข้อมูลแล้ว ครูให้นักศึกษาร่วมกันพิจารณาเลือกใช้ข้อมูลตามเกณฑ์ ความน่าเชื่อถือของแหล่งอ้างอิง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะต้องมีความถูกต้องเหมาะสมหรือ เพียงพอต่อการนำไปออกแบบและสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไข

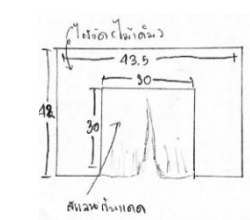
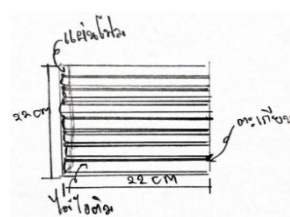
ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ แนวปฏิบัติในขั้นนี้ต้องนำข้อมูลที่ได้จากการ สืบค้นแหล่งอ้างอิงที่น่าเชื่อถือมาสรุปและเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกในกลุ่มเพื่อ สร้างภาพแบบร่างต้นแบบชิ้นงานร่วมกับปัญญาประดิษฐ์โมโครซอฟต์ คอโพลอต ผ่าน ชุดคำสั่งที่แสดงถึงรายละเอียดชิ้นงานที่แต่ละกลุ่มต้องการ จนได้ภาพแบบร่างต้นแบบ ชิ้นงานที่หลากหลาย โดยคำนึงถึงเงื่อนไขสถานการณ์ เช่น จำนวนวัสดุอุปกรณ์ ขนาด ราคา ฯลฯ หากภาพที่ได้ไม่ตรงกับความต้องการของกลุ่ม สามารถแก้ไขชุดคำสั่ง เพิ่มเติมหรือนำแนวคิดของภาพแบบร่างต้นแบบมาวาดแบบร่างขึ้นมาเองได้ พร้อมระบุ รายละเอียดให้ชัดเจน วิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของแต่ละแบบร่าง จากนั้นสมาชิกในกลุ่ม ร่วมกันตัดสินใจเลือก 1 แบบร่าง ซึ่งจะถูกนำมาเป็นแบบร่างเพื่อสร้างชิ้นงานตาม เงื่อนไข ทั้งนี้ ก่อนลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงานต้องมีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่าง เป็นระบบ และลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงานตามแบบร่างที่วางแผนไว้ตามระยะเวลาที่ กำหนด เมื่อได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ นำมาทดสอบประสิทธิภาพด้วยวิธีการที่เหมาะสม สุดท้ายบันทึกข้อมูลผลการทดสอบเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานว่า บรรลุ เป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ มีปัญหาหรืออุปสรรคอย่างไร



ภาพ 1 ตัวอย่างการสร้างภาพแบบร่างร่วมกับโมโครซอฟต์ คอโพลอต และชิ้นงานหลังคาบ้านสุนัข ของวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง หลังคาผู้ภัยร้อน (การนำความร้อน)



ภาพ 2 ตัวอย่างการสร้างภาพแบบร่างร่วมกับไมโครซอฟต์ คอโพลอต และชิ้นงานผ้าเพดาน
 พื้นบ้านสุนัขของวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ผ้าเพดานและพื้นบ้านลตร้อน (การแผ่รังสีความร้อน)

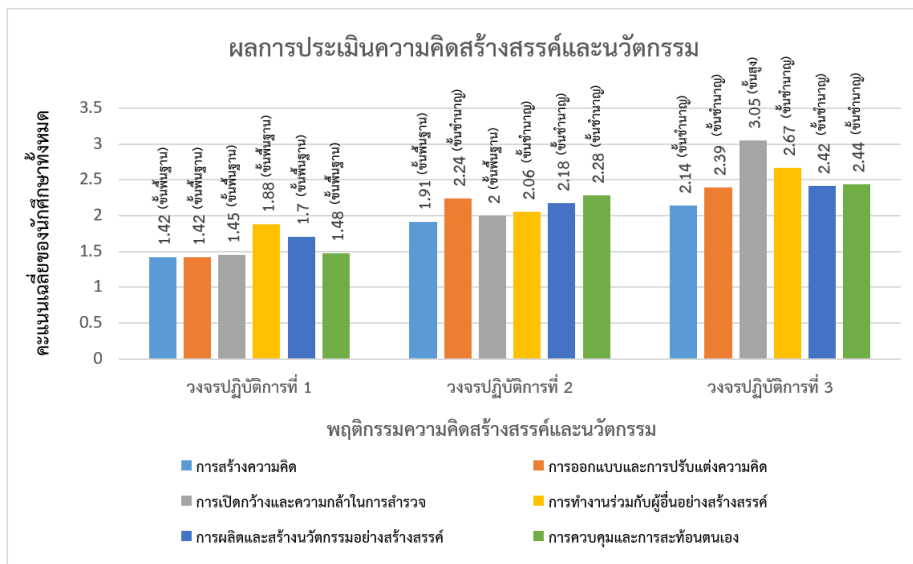


ภาพ 3 ตัวอย่างการสร้างภาพแบบร่างร่วมกับไมโครซอฟต์ คอโพลอต และชิ้นงานผนังบ้านสุนัข
 ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ผนังบ้านด้านร้อน (การพาความร้อน)

ขั้นที่ 5 ขั้นนำเสนอ แนวปฏิบัติในขั้นนี้ครูมีการชี้แจงขั้นตอนการนำเสนอผลงานของนักศึกษาแต่ละกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบ แบบร่างชิ้นงาน รายละเอียดชิ้นงาน ผลการทดสอบชิ้นงาน ข้อดี ข้อเสียของชิ้นงาน รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรค ภายในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อแลกเปลี่ยนผลงานหรือมุมมองการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเพื่อนกลุ่มอื่นและครู

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง แนวปฏิบัติในขั้นนี้ครูให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับผลงาน จากนั้นครูให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันสะท้อนความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของเพื่อนกลุ่มอื่นเพื่อสรุปแนวทางพัฒนา/ปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น รวมถึงประเมินความสำเร็จชิ้นงานของกลุ่มตนเอง โดยพิจารณาจากขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ การสร้างสรรค์ชิ้นงาน และผลสำเร็จของชิ้นงาน สุดท้ายครูและนักศึกษาร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้

2. ผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ดังภาพ 4



ภาพ 4 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้ง 3 วงจรรปฏิบัติการ

จากภาพ 4 พบว่า ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของพฤติกรรมนักศึกษา มีแนวโน้มในวงจรรปฏิบัติการที่ 1 ถึงวงจรรปฏิบัติการที่ 3 มีผลการประเมินพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านการสร้างความคิด ด้านการออกแบบและการปรับแต่งความคิด ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเอง สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักศึกษาจากขั้นพื้นฐานเป็นขั้นชำนาญ ส่วนในด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักศึกษาจากขั้นพื้นฐานเป็นขั้นชำนาญและขั้นสูงได้

อภิปรายผล

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง เรื่อง การถ่ายโอนความร้อนมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ ครูชี้แจงรายละเอียดการทำกิจกรรม และกระตุ้นความสนใจของนักศึกษาด้วยสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อนสอดคล้องกับบริบทชีวิตจริงที่ท้าทาย ภาษาเข้าใจง่าย ชัดเจน ไม่กำกวม โดยให้สมาชิกภายในกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันเพื่อระบุปัญหาและหาเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ โดยมีครูคอยใช้คำถามกระตุ้นชวนคิดให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน สอดคล้องกับแนวคิดของคาปราโร และคณะ (Capraro, et al., 2013) ที่กล่าวว่า ในการแก้ปัญหานั้น การระบุปัญหาเป็นสิ่งสำคัญ นักเรียนจะต้องเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาที่เผชิญผ่านการร่วมมือของกลุ่มและร่วมกันกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหอย่างเหมาะสม โดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมต่อการกำหนดปัญหาและมีมุมมองต่อปัญหาในทิศทางเดียวกัน

ขั้นที่ 2 ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ สมาชิกในกลุ่มร่วมกันระดมสมองวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อสรุปแนวคิดที่เกี่ยวข้องและความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ ซึ่งนักศึกษาต้องศึกษารายละเอียดความต้องการเชิงลึกของกลุ่มเป้าหมายด้วยการสัมภาษณ์โดยใช้คำถามเชิงลึกเพื่อรวบรวมรายละเอียดข้อมูลในการนำไปออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่กำหนด สอดคล้องกับแนวคิดของวิจารณ์ พานิช (2556) ที่กล่าวว่า ทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ต้องใช้เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลาย เช่น การระดมความคิด (Brainstorming) สร้างมุมมองแปลกใหม่ ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากเดิมหรือหลักการที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง ชักชวนทำความเข้าใจ ปรับปรุง วิเคราะห์และประเมินมุมมองของตนเองเพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดสร้างสรรค์ และสอดคล้องกับแนวคิดของพิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพียวาร์ ยินดีสุข (2558) ที่กล่าวว่า สิ่งที่นักเรียนได้รับในการทำกิจกรรมกระตุ้นความสนใจ คือ นักเรียนได้เกิดการทลายกำแพงความคิดตนและกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นพร้อมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับครูและเพื่อนร่วมชั้นเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นศึกษาและค้นคว้าข้อมูล นักศึกษาใช้ปัญญาประดิษฐ์ ไมโครซอฟต์ คอโพลอต ในการค้นหาข้อมูลและตรวจสอบความเป็นไปได้ของข้อมูลก่อนนำไปชิ้นงานตามเงื่อนไข โดยมีครูช่วยตรวจสอบชุดคำสั่ง ซึ่งนักศึกษาคงพิจารณาเลือกใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ โดยพิจารณาตามเกณฑ์ความน่าเชื่อถือของแหล่งอ้างอิง สอดคล้องกับแนวคิดของวชิณีส อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ที่กล่าวว่า ผู้เรียนได้สืบค้นความรู้ ข้อมูลต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยการใช้เทคโนโลยีและการลงมือปฏิบัติ รวมทั้งวางแผนการดำเนินงานด้วยตนเองเพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการ

ประดิษฐ์หรือออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาโดยใช้งานศิลปะ ทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนากระบวนการคิดที่เชื่อมโยงองค์ความรู้ที่หลากหลาย และสอดคล้องกับแนวคิดของโฮ และคณะ (Ho, et al., 2024) ที่เห็นว่า ปัญญาประดิษฐ์ช่วยให้ผู้เรียนค้นหาและผสมผสานความรู้ข้ามสาขาได้รวดเร็วขึ้น เพิ่มโอกาสในการสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่และกระตุ้นให้เข้าใจหลักวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้งผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากและนำไปสู่การประยุกต์ใช้ความรู้ในรูปแบบใหม่ที่สร้างสรรค์

ขั้นที่ 4 ขั้นการประยุกต์ ด้วยการนำข้อมูลที่ได้มาสรุปและเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกในกลุ่มเพื่อสร้างภาพแบบร่างชิ้นงานร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ ไมโครซอฟต์ คอโพลอต กระทั่งได้ภาพแบบร่างชิ้นงานที่หลากหลาย เมื่อวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียแล้ว สมาชิกกลุ่มตัดสินใจเลือกแบบร่างมาสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไขและทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงานด้วยวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของรัชฎาภรณ์ จันทรทอง (2562) ที่ระบุว่า ผู้เรียนได้วางแผนลงมือทำ ลงมือแก้ปัญหา ทดลองอุปกรณ์ ศึกษาความรู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ซึ่งการค้นคว้าความรู้ด้วยการลงมือทำด้วยตนเองจนเกิดองค์ความรู้ มีทักษะการทำงานวางแผนงาน ทำงานเป็นทีมและกล้าแสดงออก ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของคนในศตวรรษที่ 21 และสอดคล้องกับแนวคิดของแลนด์ (Land, 2013) ที่กล่าวว่า การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการผสมผสานกันของเทคโนโลยีและความคิดสร้างสรรค์ผ่านศิลปะและการออกแบบ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านศิลปะและการออกแบบจึงสามารถสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

ขั้นที่ 5 ขั้นนำเสนอ นักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแนวคิดที่ใช้ในการออกแบบ แบบร่างชิ้นงาน รายละเอียดชิ้นงาน ผลการทดสอบชิ้นงาน ข้อดี ข้อเสียของชิ้นงาน รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรค ภายในระยะเวลาที่กำหนด เพื่อแลกเปลี่ยนผลงานหรือมุมมองการแก้ปัญหากับเพื่อนกลุ่มอื่นและครู สอดคล้องกับแนวคิดของเฮาส์โฮลเดอร์ และเฮลีย์ (Householder & Hailey, 2012) ที่มองว่า การโต้แย้งส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในวงกว้าง นักเรียนได้ข้อเสนอแนะจากกลุ่มอื่น ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาวิธีแก้ปัญหาให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมมากขึ้น และสอดคล้องกับแนวคิดของดาร์รตัน ชัยพิลา และสกนธ์ชัย ชะนุนันท์ (2559) ที่กล่าวว่า ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มทำรายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหา โดยมีการรายงานและอภิปรายถึงข้อดีข้อด้อยของชิ้นงานความสำเร็จของการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินและปรับปรุง แนวปฏิบัติในขั้นนี้ครูให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงาน จากนั้นสมาชิกในกลุ่มร่วมกันสะท้อนความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของเพื่อนกลุ่มอื่นเพื่อสรุปแนวทางพัฒนา/ปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น และประเมินความสำเร็จของชิ้นงานของกลุ่มตนเอง สุดท้ายครูและนักศึกษาร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของคาปราโร และคณะ (Capraro, et al., 2013) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินการออกแบบและชิ้นงานของตนเองช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้นและทำให้ทราบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพของวิธีแก้ปัญหาว่า เป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่ และสอดคล้องกับแนวคิดของวิจารณ์ พานิช (2556) ที่กล่าวว่า การเปิดใจยอมรับและตอบสนองต่อมุมมองใหม่ทำได้โดยฟังข้อคิดเห็นจากกลุ่ม รวมทั้งการประเมินผลงานจากกลุ่มเพื่อนำไปปรับปรุง

2. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เมื่อจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

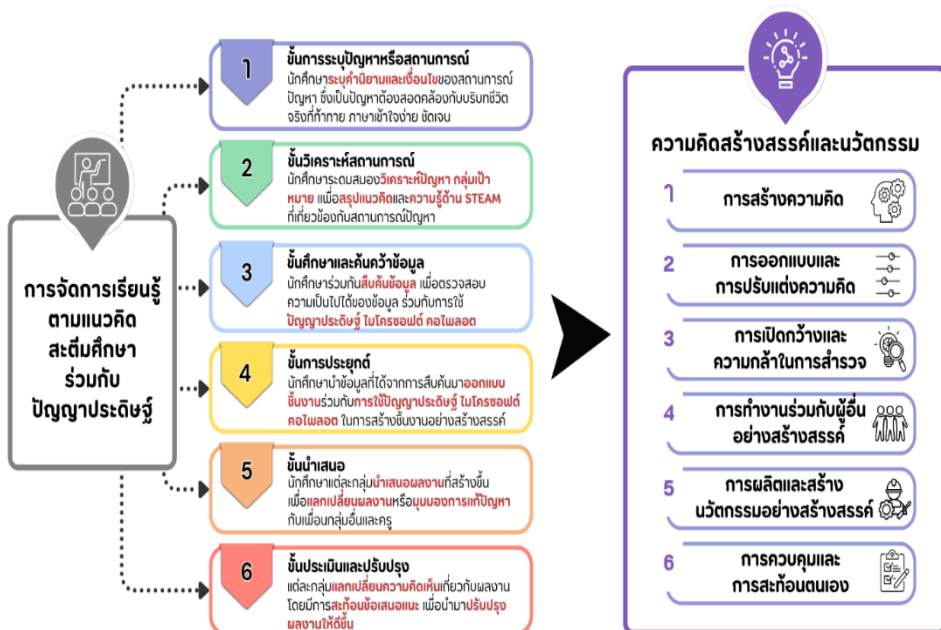
ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญพบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการตรวจให้คะแนนใบกิจกรรมของนักศึกษาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีแนวโน้มของคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะพฤติกรรมที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ เนื่องจากผู้วิจัยใช้สถานการณ์ที่ท้าทายและมีเงื่อนไขหรือข้อจำกัดเพิ่มขึ้น ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในการคิดออกแบบหาวิธีการหรือแนวทางใหม่ร่วมกับการใช้ปัญญาประดิษฐ์ ไมโครซอฟต์ คอโพลอต เพื่อแก้ปัญหาตามเงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับแนวคิดของจินตนา รุ่งเรือง (2557) ที่กล่าวว่า การมอบหมายวัสดุอุปกรณ์หรือชุดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการสร้างชิ้นงาน เป็นการให้อิสระในการคิดมีความอยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้นที่จะทำชิ้นงานจากความคิดของกลุ่ม มีความอดทนในการทำงาน ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ยังการสร้างบรรยากาศและสีสันในชั้นเรียนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งสอดคล้องกับแนวคิดของวาแกน และซิดรา (Wagan & Sidra, 2024) ที่กล่าวว่า ปัญญาประดิษฐ์ช่วยส่งเสริมการบูรณาการเทคโนโลยีในการพัฒนาและขับเคลื่อนนวัตกรรมในอุตสาหกรรมดิจิทัลได้อย่างสร้างสรรค์ โดยเน้นบทบาทเป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ในอุตสาหกรรม ทั้งในด้านการปรับปรุงผลผลิต การเพิ่มประสิทธิภาพและการสร้างแนวคิดสร้างสรรค์ใหม่ ซึ่งพฤติกรรมที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยน้อย

ที่สุด ได้แก่ การสร้างความคิด ซึ่งพบว่า พฤติกรรมที่บ่งชี้ในการสร้างความคิดด้านการระบุปัญหาและเงื่อนไขเกี่ยวกับปัญหาครบถ้วน รวมถึงด้านการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่า สามารถทำได้จริงร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ไมโครซอฟต์ คอโพลอต มีการพัฒนาพฤติกรรมในทางที่ดีขึ้น จากผลการประเมินในระดับขั้นพื้นฐานเป็นระดับชำนาญ เนื่องจากสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงทำให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญของปัญหา นำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาในการค้นหาและรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ แต่ด้านการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ครบถ้วน มีผลการประเมินในระดับขั้นพื้นฐานทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เนื่องจากความรู้ความสามารถ รวมถึงประสบการณ์หรือความรู้เดิมของนักศึกษาแต่ละคนมีไม่เท่ากันและขอบเขตเวลาที่จำกัด ทำให้นักศึกษาได้ประเด็นไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้สร้างชิ้นงานตามเงื่อนไข ครูควรให้คำแนะนำและฝึกนักศึกษาในการระดมสมองคิดวิเคราะห์เนื้อหาหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของนิลาวรรณ สิงห์งาม และคณะ (2559) ที่กล่าวว่า หากนักเรียนมีแรงจูงใจและมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แบ่งปันความคิดจากผู้อื่น จะส่งผลให้มีการสร้างแนวคิดใหม่เกิดขึ้น ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีโอกาที่จะหาคำตอบของตนเองได้โดยไม่เหมือนใคร ครูควรเน้นย้ำถึงการแสดงออกทางความคิดโดยไม่มีผิดหรือถูก อีกทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยการบูรณาการสะเต็มศึกษาของฮัมเพิล และคิล-สลาวิก (Hampel & Keil-Slawik, 2001) พบว่า บุคคลต้องมีการสื่อสารร่วมกันเพื่อกระจายความรู้ ทำให้เกิดความเข้าใจในการเรียนรู้และนำไปสู่ความราบรื่นในการทำงานกลุ่มร่วมกันเป็นทีม

องค์ความรู้จากการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษาประกอบด้วย 5 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะและคณิตศาสตร์ ร่วมกับการนำเอาปัญญาประดิษฐ์ นั่นคือ ไมโครซอฟต์ คอโพลอต มาประยุกต์เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) พัฒนาโดยไรลีย์ (Riley, 2016) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์ปัญหาต้องสอดคล้องกับบริบทชีวิตจริงที่ทำทนาย ภาษาเข้าใจง่าย ชัดเจน 2) ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ โดยนักศึกษาระดมสมองวิเคราะห์ปัญหากลุ่มเป้าหมายเพื่อสรุป

แนวคิดและความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในประเด็นปัญหา 3) ขั้นศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของข้อมูลในการนำไปใช้แก้ไขปัญหา 4) ขั้นการประยุกต์ นำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาออกแบบชิ้นงานตามเงื่อนไข 5) ขั้นนำเสนอเพื่อแลกเปลี่ยนมุมมองการแก้ปัญหากับเพื่อนกลุ่มอื่น และ 6) ขั้นประเมินและปรับปรุงเพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น ซึ่งปัญหาประดิษฐ์ไมโครซอฟต์ คอโพลอต จะถูกใช้ในขั้นศึกษาและค้นคว้า รวมถึงขั้นการประยุกต์ ซึ่งจะเป็นเครื่องช่วยอำนวยความสะดวกผู้เรียนในด้านการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และช่วยจุดประกายความคิดในด้านการออกแบบและสร้างชิ้นงานได้อย่างหลากหลาย ส่งเสริมให้นักศึกษาแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ 6 พฤติกรรมตามแนวคิดของ CFSD (2018) ได้แก่ 1) การสร้างความคิด 2) การออกแบบและการปรับแต่งความคิด 3) การเปิดใจและกล้าที่จะสำรวจ 4) ทำงานกับคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ 5) การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ และ 6) การควบคุมและการสะท้อนตนเอง นำไปสู่การสร้างผลงานเพื่อแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง หรือวิชาชีพได้ในอนาคต ดังภาพ 5



ภาพ 5 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับปัญหาประดิษฐ์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

สรุป

การวิจัยนี้พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับ ปัญญาประดิษฐ์ เรื่อง การถ่ายโอนความร้อน เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และ นวัตกรรมของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงมีขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นตอนระบุปัญหาหรือสถานการณ์ ซึ่งเป็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาจริงที่ทำให้ หาย 2) ขั้นตอนวิเคราะห์สถานการณ์ โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักศึกษาระดมสมองวิเคราะห์ ปัญหาของกลุ่มเป้าหมายและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในประเด็นปัญหาเพื่อนำไปใช้ในการ สร้างชิ้นงาน 3) ขั้นตอนศึกษาและค้นคว้าข้อมูล นักศึกษาตรวจสอบความเป็นไปได้ของ ข้อมูลในการนำใช้แก้ไขปัญหาร่วมกับไมโครซอฟต์ คอโพลอต ในการหาแหล่งข้อมูลที่ น่าเชื่อถือจากแหล่งอ้างอิงที่ปรากฏผ่านวิธีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแหล่งที่มา ของข้อมูล 4) ขั้นตอนประยุกต์ นำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาออกแบบผลงานร่วมกับ ไมโครซอฟต์ คอโพลอต ในการสร้างชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ 5) ขั้นตอนเสนอผลงานเพื่อ แลกเปลี่ยนมุมมองการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเพื่อนกลุ่มอื่น และ 6) ขั้นตอนประเมินและปรับปรุง โดยการสะท้อนผลของกลุ่มตนเองและข้อเสนอแนะของเพื่อนเพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุง ผลงานให้ดีขึ้น และส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากขั้นพื้นฐานเป็นขั้น ขำนาญและขั้นสูงได้

เอกสารอ้างอิง

- จินตนา รุ่งเรือง. (2557). ผลการใช้ชุดกิจกรรมฝึกทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่มีต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มโรงเรียนขยายโอกาส สำนักงานเขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์การเรียนรู้ ทางไกลเชิงนวัตกรรม*. 4 (2), 75-87.
- ณัฐวุฒิ สุขโสมนัส และคณะ. (2566). การศึกษาเปรียบเทียบการจัดการศึกษาหลักสูตร ปัญญาประดิษฐ์: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยกำกับของรัฐในประเทศไทยและ มหาวิทยาลัยระดับโลกในสหรัฐอเมริกา. *วารสารวิชาการเครือข่าย บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*. 13 (1), 1-25.
- ดรรรัตน์ ชัยพิลา และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ โครงงานตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการ แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิบัติเคมีของนักเรียนชั้น

- มัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*. 27 (2), 98-109.
- ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2559). นวัตกรรมและสื่อในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal, Silpakorn University ฉบับภาษาไทย มนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ*. 9 (1), 560-581.
- นิลาวรรณ สิงห์งาม และคณะ. (L2559). การพัฒนาบทเรียนบนเว็บไซต์โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับกระบวนการสอนแบบซินเน็คติกส์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*. 13 (60), 151-166.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข. (2558). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัชฎาภรณ์ จันทรทอง. (2562). การใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *วารสารพัฒนศิลป์วิชาการ*. 3 (1), 115-129.
- วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). *การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพมหานคร: ส.เจริญการพิมพ์.
- วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนาผล. (2562). *การพัฒนาทักษะสร้างสรรค์นวัตกรรม*, พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ผู้นำพัฒนานวัตกรรมการหลักสูตรและการเรียนรู้.
- ศักดิ์สิน โรจน์สราญรมย์. (9 มิถุนายน 2558). คุณภาพการศึกษาไทยยังแก้ไขได้. *เดลินิวส์*, น. 4.
- สรวมณต์ สิทธิสมาน. (18 กันยายน 2563). *ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กไทยที่หายไป*. สืบค้นเมื่อ 4 สิงหาคม 2567, จาก <https://www.thaibpskids.com/contents/5f6188f917d8e5bbbee2401a1>
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2556). *การสำรวจแรงงานนอกระบบ พ.ศ. 2556*. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มสถิติแรงงาน สำนักสถิติเศรษฐกิจและสังคม.

- สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ. (22 มิถุนายน 2567). *ผลการจัดอันดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดย IMD World Competitiveness Center ประจำปี 2567*. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2567, จาก <https://www.nxpo.or.th/th/25981/>
- สิริภพ เทพพิทักษ์. (11 ธันวาคม 2565). *ความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์: คุณลักษณะสำคัญในศตวรรษที่ 21*. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2567, จาก <https://bsru.net/%e0%b8%84%e0%b8%a7%e0%b8%b2%e0%b8%a1%e0%b8%89%e0%b8%a5%e0%b8%b2%e0%b8%94%e0%b8%a3%e0%b8%b9%e0%b9%89%e0%b8%97%e0%b8%b2%e0%b8%87%e0%b8%a7%e0%b8%b4%e0%b8%97%e0%b8%a2%e0%b8%b2%e0%b8%a8%e0%b8%b2%e0%b8%aa/>
- สุวิทย์ เมษินทรีย์.(2559). Thailand 4.0: สร้างความเข้มแข็งจากภายในเชื่อมโยงเศรษฐกิจไทยสู่โลก. *Eco-Challenge Magazine*. 11 (3), 6-9.
- หทัยชนันท์ กานต์การันยกุล และวิสูตร โพธิ์เงิน. (2557). การพัฒนาชุดกิจกรรมการออกแบบทางศิลปะด้วยสมุดร่างภาพตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิชาการ Veridian E-Journal ฉบับมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ*. 7 (1), 831-843.
- Aguilera, D. and Ortiz-Revilla, J. (2021). Stem vs. Steam Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*. 11 (7), 331.
- Capraro, R. M., et al. (eds.). (2013). *STEM Project-based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*, 2nd ed. Rotterdam: Sense Publishers.
- Catalina Foothills School District; CFSD. (30 September 2022). *Creativity and Innovation Rubric Grades K-2*. Retrieved August 11, 2024, from <https://www.scribd.com/document/597725023/K-12-CREATIVITY-INNOVATION-2018>
- Chen, L., et al. (2020). Artificial Intelligence in Education: A Review. *IEEE Access*. 8, 75264–75278.



- Hampel, T. and Keil-Slawik, R. (2001). sTeam - Designing an Integrative Infrastructure for Web-based Computer-supported Cooperative Learning. In *Proceedings of WWW01: Hypermedia Track of the 10th International World Wide Web Conference*. Hong Kong. 1-5 May. pp. 76-85.
- Ho, Y. J. (Ian), et al. (2024). The Philosopher's Stone for Science – The Catalyst Change of AI for Scientific Creativity. In *Proceedings of the Pacific-Asia Conference on Information Systems (PACIS 2024)*. Association for Information Systems Electronic Library (AISeL). Ho Chi Minh City, Vietnam. 1-5 July. p. 1770.
- Householder, D. L. and Hailey, C. E. (eds). (2012). *Incorporating Engineering Design Challenges into STEM Courses*. (Report). National Science Foundation, Alexandria, Virginia USA.
- Huang, X. and Qiao, C. (2024). Enhancing Computational Thinking Skills through Artificial Intelligence Education at a STEAM High School. *Science & Education*. 33, 383–403.
- Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*, 3rd ed. Deakin University Press.
- Land, M. H. (2013). Full STEAM Ahead: The Benefits of Integrating the Arts into STEM. *Procedia Computer Science*. 20, 547-552.
- Leekitchwatana, P. and Pimdee, P. (2007). *Demand for Technical Workforce with Industrial Major by Entrepreneurs in Industrial Estates*. (Research Report). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.
- Li, J. et al. (2023). Applications of Artificial Intelligence in Creative Design. *Computer-Aided Design and Applications*. 20 (2), 300–319.
- Moeis, D., et al. (2024). Microsoft Copilot Training for Monitoring Student Learning: A Case Study Vocational High School Makassar-Indonesia. *I-Com: Indonesian Community Journal*. 4 (3), 1911-1922.

- Office of the Education Council. (2010). *National Education Standards*. Bangkok: Office of the Education Council.
- Riley, S. (25 February 2016). *6 Steps to Creating a STEAM Classroom*. Retrieved August 1, 2024, from <https://learn.artsintegration.com/wp-content/uploads/2019/03/artsintegration.com-6-Steps-to-Creating-a-STEAM-Classroom.pdf>
- Sari, J. M., and Purwanta, E. (2021). The Implementation of Artificial Intelligence in STEM-based Creative Learning in the Society 5.0 Era. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*. 6 (2), 433–440.
- Wagan, S. M. and Sidra, S. (2024). Revolutionizing the Digital Creative Industries: The Role of Artificial Intelligence in Integration, Development, and Innovation. *SEISENSE Journal of Management*. 7 (1), 135–152.
- Yakman, G. (2008). STEAM Education: An Overview of Creating a Model of Integrative Education. *The Pupils' Attitudes towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design & Engineering Teaching*. Salt Lake City, Utah, USA. February. pp.1-28.