ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบ CBI ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วมต่อทักษะความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมดิจิทัลของนักเรียนมัธยมศึกษา

EFFECTS OF A COMMUNITY-BASED INSTRUCTIONAL (CBI) MODEL WITH PARTICIPATORY DIGITAL TOOLS ON SECONDARY STUDENTS' DIGITAL INNOVATION CREATIVITY SKILLS

เมฆา ดีสงคราม
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล จังหวัดสกลนคร
Meka Deesongkram
Science and Technology Learning Area, Sakolrajwittayanukul School, Sakon Nakhon Province
Corresponding Author E-mail :Krumakskr@gmail.com

(Received : April 10, 2026; Edit : April 22, 2026; accepted : April 29, 2026)

บทคัดย่อ

การพัฒนาทักษะนวัตกรรมดิจิทัลเป็นสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะในบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชุมชน อย่างไรก็ตาม ยังขาดรูปแบบการเรียนรู้ที่บูรณาการเครื่องมือดิจิทัลหลากหลายประเภทและสามารถนำไปใช้ได้จริงภายในเวลาจำกัด การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้นโดยใช้ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม 4 ประเภท ได้แก่ Gemini AI, NotebookLM, Padlet และ Canva (2) ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ และ (3) ศึกษาผลต่อทักษะนวัตกรรมดิจิทัลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (R&D) ดำเนินการ 4 ระยะ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 90 คน จาก 3 ห้องเรียน ห้องละ 30 คน แบ่งเป็น 6 กลุ่มย่อยตามบริบทของดีเมืองสกลนคร 6 ชิ้น ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือวิจัยมีค่าความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) อยู่ระหว่าง 0.87–1.00

ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลักของ CBI Model ได้แก่ (1) Connector การเชื่อมโยงบริบทชุมชน (2) Community Collaborator การวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน (3) Construct–Contextualize–Create การออกแบบนวัตกรรม และ (4) Communicate การนำเสนอและสะท้อนคิด ดำเนินการใน 5 ขั้นตอน ภายใน 60 นาที โดยบูรณาการ Gemini AI เพื่อออกแบบแนวคิดนวัตกรรมดิจิทัล NotebookLM เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลวิชาการและจัดทำอินโฟกราฟิก Padlet เป็นแพลตฟอร์มกลางสำหรับแลกเปลี่ยนและรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ตลอดกระบวนการ และ Canva/Google Slides สำหรับนำเสนอผลงาน พร้อมด้วยนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้นที่พัฒนาขึ้นใหม่ ได้แก่ Prompt Reference Card, BRACE Prompt Technique และ Prompt Engineering Ladder ผลการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.76, SD = 0.23) ผลการทดลองใช้รูปแบบใน 3 ห้องเรียน (n = 90) พบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะนวัตกรรมดิจิทัลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 18.45$, $p < .001$) โดยมีขนาดอิทธิพลในระดับสูงมาก (Cohen's d = 3.37) หลักฐานเชิงประจักษ์จาก Padlet สะท้อนการมีส่วนร่วม 100% และคุณภาพผลงานดิจิทัลระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 3.82, SD = 0.34) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิผล สามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทห้องเรียนที่มีข้อจำกัดด้านเวลา และมีศักยภาพในการขยายผลในวงกว้าง

คำสำคัญ : เครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม, ทักษะนวัตกรรมดิจิทัล, การเรียนรู้ฐานชุมชน, Prompt Reference Card, BRACE Prompt, หลักฐานเชิงประจักษ์

Abstract

The development of digital innovation skills is a crucial competency for 21st-century learners, particularly within science learning contexts connected to local communities. However, practical instructional models that integrate multiple digital tools and can be effectively implemented within limited time constraints remain scarce. This study aimed to (1) develop a 60-minute instructional model integrating the CBI Model with four participatory digital tools—Gemini AI, NotebookLM, Padlet, and Canva; (2) evaluate the model's appropriateness; and (3) examine the effects on secondary students' digital innovation skills. A Research and Development (R&D) methodology was employed across four phases. The sample comprised five experts and 90 Grade 11 students from three classrooms (30 per class), each divided into six groups aligned with six local community assets of Sakon Nakhon Province, selected through cluster random sampling. Research instruments demonstrated content validity (IOC = 0.87–1.00).

The findings revealed a model comprising four core components of the CBI Model: (1) Connector– linking community contexts; (2) Community Collaborator– collaborative problem analysis; (3) Construct–Contextualize–Create–Innovation design; and (4) Communicate–presentation and reflective thinking, implemented across five learning steps within 60 minutes, integrating Gemini AI for digital innovation design, NotebookLM for research synthesis and infographic creation, Padlet as the central collaborative platform, and Canva/Google Slides for presentation. Three newly developed teaching innovations were embedded: Prompt Reference Card, BRACE Prompt Technique, and Prompt Engineering Ladder. Expert evaluation rated appropriateness at the highest level ($\bar{X}$ = 4.76, SD = 0.23). Implementation across three classrooms (n = 90) showed significantly higher post-test digital innovation skills (t = 18.45, p < .001; Cohen's d = 3.37). Empirical evidence from Padlet reflected 100% participation and high-quality digital outputs ($\bar{X}$ = 3.82, SD = 0.34). The model is effective, practically feasible, and scalable across diverse classroom contexts.

Keywords: participatory digital tools, digital innovation creativity skills, community-based learning, Prompt Reference Card, BRACE Prompt, evidence-based insights

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีดิจิทัลและเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้การจัดการศึกษาจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนจากการถ่ายทอดความรู้ไปสู่การพัฒนาสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน โดยเฉพาะทักษะความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหาเชิงซับซ้อน และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลอย่างมีความรับผิดชอบ (OECD, 2019; Partnership for 21st Century Skills, 2019) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่ AI เข้ามามีบทบาทในการเรียนรู้ การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นพลเมืองดิจิทัล (Digital Citizen) ที่สามารถใช้ AI อย่างมีจริยธรรม รับผิดชอบต่อชุมชน และตระหนักถึงผลกระทบของเทคโนโลยีต่อสังคม จึงเป็นสมรรถนะที่ขาดไม่ได้ในการจัดการศึกษาร่วมสมัย (OECD, 2019) ทักษะเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นช่วงวัยที่ผู้เรียนมีศักยภาพพร้อมในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรม (Piaget, 1972; Vygotsky, 1978) โดยเฉพาะเมื่อการเรียนรู้นั้นเชื่อมโยงกับบริบทชุมชนและปัญหาจริงที่ผู้เรียนสัมผัสได้ในชีวิตประจำวัน (Sobel, 2004; Smith & Sobel, 2010)

งานวิจัยด้านการเรียนรู้ฐานชุมชน (Community-Based Learning) แสดงให้เห็นอย่างสม่ำเสมอว่าการบูรณาการชุมชนเข้ากับกระบวนการเรียนรู้ช่วยเพิ่มแรงจูงใจ ความมีส่วนร่วม และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง (Billig & Waterman, 2014; Bringle & Hatcher, 2009) ในขณะที่การเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์ (Science Project-Based Learning) ช่วยพัฒนาทักษะการสืบสอบ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ (Krajcik & Shin, 2022; Kokotsaki et al., 2016) อย่างไรก็ตาม การบูรณาการทั้งสองแนวทางเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทห้องเรียนที่มีข้อจำกัดด้านเวลา ยังคงเป็นช่องว่างที่ต้องการการศึกษาและพัฒนาต่อไป

Deesongkram (2026) ตอบสนองต่อช่องว่างดังกล่าวด้วยการพัฒนารูปแบบการสอนแบบบูรณาการฐานชุมชนผ่านโครงงานวิทยาศาสตร์ (Community-Based Integrated Instructional Model: CBI Model) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) Connector บทบาทของครูในการเชื่อมโยงกับชุมชน (2) Community Collaborator การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้สืบสอบและมีส่วนร่วมในชุมชน (3) Construct, Contextualize, and Create กระบวนการสืบสอบ วิเคราะห์ และพัฒนาแนวทางแก้ปัญหา และ (4) Communicate การนำเสนอและประเมินผลงาน ผลการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน พบว่ารูปแบบมีความเหมาะสมในระดับสูงมาก (M = 4.70, SD = 0.47) อย่างไรก็ตาม แม้เครื่องมือ AI จะถูกนำมาใช้ในโรงเรียนมากขึ้น แต่รูปแบบการใช้ส่วนใหญ่ยังคงเป็นลักษณะ Passive กล่าวคือ นักเรียนรับผลลัพธ์จาก AI โดยตรง โดยไม่มีกระบวนการสืบสอบ วิเคราะห์ หรือต่อยอดร่วมกัน (Stehle & Peters-Burton, 2019) งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทาง Participatory AI Integration ที่ออกแบบให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การตั้งโจทย์ สั่งการ ประเมินผล และสะท้อนคิด ซึ่งเป็นช่องว่างที่ยังไม่มีงานวิจัยใดตอบได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ รูปแบบ CBI ดั้งเดิมมักต้องใช้เวลาหลายสัปดาห์ในการรวบรวมข้อมูลชุมชน สังเคราะห์แหล่งเรียนรู้ และออกแบบนวัตกรรม ซึ่งไม่สอดคล้องกับบริบทห้องเรียนที่มีข้อจำกัดด้านเวลา (Wiggins & McTighe, 2005) เครื่องมือดิจิทัล โดยเฉพาะ Gemini AI และ NotebookLM สามารถย่นขั้นตอนการสืบค้นและสังเคราะห์ข้อมูลจากหลายชั่วโมงเหลือไม่เกิน 10 นาที ในขณะที่ Padlet ช่วยรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์แบบเรียลไทม์ ทำให้กระบวนการ CBI ทั้งหมดสามารถดำเนินการได้ภายใน 60 นาทีโดยไม่สูญเสียคุณภาพ

อย่างไรก็ตาม แม้ CBI Model จะได้รับการยืนยันถึงความเหมาะสมในระดับสูง ด้านความสามารถในการปรับใช้ในบริบทที่หลากหลายได้รับการประเมินต่ำกว่าด้านอื่น (M = 4.60, SD = 0.84) และผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะให้พัฒนาแนวทางที่สามารถนำไปใช้ได้จริงและยืดหยุ่นมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบในวงกว้างที่ชี้ว่าครูส่วนใหญ่ยังขาดแผนการเรียนรู้ที่พร้อมใช้งานได้ทันที (Wiggins & McTighe, 2005; Branch, 2009)

จากช่องว่างดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้น 60 นาที ที่ประยุกต์ใช้หลักการของ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม 4 ประเภทในลักษณะบูรณาการ ได้แก่ Gemini AI สำหรับออกแบบนวัตกรรมดิจิทัล NotebookLM สำหรับสังเคราะห์ข้อมูลวิชาการ Padlet เป็นแพลตฟอร์มกลางแลกเปลี่ยนและรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ และ Canva/Google Slides สำหรับนำเสนอผลงาน ซึ่งได้รับการยืนยันว่าสามารถสนับสนุนการเรียนรู้แบบเรียลไทม์ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ติดตามได้อย่างเป็นระบบ (Laoha et al., 2025; Stehle & Peters-Burton, 2019) ทั้งนี้รูปแบบดังกล่าวยังบูรณาการนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้นที่พัฒนาขึ้นใหม่ ได้แก่ Prompt Reference Card ที่ทำหน้าที่เป็นนั่งร้านทางความคิด BRACE Prompt Technique สำหรับพัฒนาคุณภาพการสั่งการ AI และ Prompt Engineering Ladder สำหรับพัฒนาทักษะดิจิทัลแบบเป็นลำดับขั้น การวิจัยครั้งนี้มุ่งตอบโจทย์เชิงปฏิบัติของครูผู้สอนในการนำนวัตกรรมการเรียนรู้ไปใช้จริงภายในเวลาจำกัด พร้อมทั้งสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สะท้อนทั้งกระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์อย่างรอบด้าน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้นโดยประยุกต์ใช้ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม 4 ประเภท ได้แก่ Gemini AI, NotebookLM, Padlet และ Canva/Google Slides พร้อมนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้น
2. เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ที่ประยุกต์ใช้ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้ต่อทักษะนวัตกรรมดิจิทัลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา และวิเคราะห์หลักฐานเชิงประจักษ์ที่สะท้อนกระบวนการเรียนรู้

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้กรอบแนวคิดที่สังเคราะห์จาก 3 แหล่งหลัก ได้แก่ (1) รูปแบบ CBI Model ของ Deesongkram (2026) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ (Connector,Community Collaborator,Construct/Contextualize/Create, Communicate) และกรอบ Digital Innovation Creativity Skills 5 องค์ประกอบ (2) แนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือสร้างสรรค์ (Social Constructivism) ของ Vygotsky (1978) และ Experiential Learning ของ Kolb (1984) และ (3) แนวคิดการประเมินเพื่อพัฒนา (Formative Assessment) ของ Wiggins และ McTighe (2005) และ Visible Learning ของ Hattie (2009)

กรอบแนวคิดแสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้น 60 นาที บูรณาการเครื่องมือดิจิทัล 4 ประเภท และนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้น ส่งผลต่อตัวแปรตาม ได้แก่ ทักษะนวัตกรรมดิจิทัล 5 องค์ประกอบ โดยมี Feedback 3 รอบแบบเรียลไทม์ผ่าน Padlet Prompt Engineering Ladder และหลักฐานเชิงประจักษ์เป็นกลไกกลาง ทั้งหมดนี้อยู่ภายใต้บริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฐานชุมชน จังหวัดสกลนคร โดยใช้ของดีเมืองสกลนคร 6 ชิ้นเป็นโจทย์วิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ตามแนวทางของ Borg และ Gall (1989) ปรับให้เหมาะกับบริบทการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้น โดยใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) ดำเนินการ 4 ระยะ รวมระยะเวลา 8 สัปดาห์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2568 จำนวน 130 คน จาก 4 ห้องเรียน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนจำนวน 90 คน จาก 3 ห้องเรียน (ห้องละ 30 คน) ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ในแต่ละห้องเรียนแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 5 คน โดยมอบหมายโจทย์วิจัยที่เชื่อมโยงกับบริบทของดีเมืองสกลนคร 6 ชิ้น ได้แก่ หนองหาร หมากเม่า ผ้าย้อมครามสกลนคร โคขุนโพนยางคำ หม้อดินเผาเชียงเครือ และปราสาทผึ้ง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบ Cross-Community Learning ผ่านการแลกเปลี่ยนผลงานระหว่างกลุ่ม นอกจากนี้ยังมีผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ จำนวน 5 ท่าน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้น 1 ชั่วโมง ที่ประยุกต์ใช้ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม 4 ประเภทและนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้น ตัวแปรตาม ได้แก่ (1) ทักษะนวัตกรรมดิจิทัล 5 องค์ประกอบ (2) คุณภาพผลงานดิจิทัล และ (3) หลักฐานเชิงประจักษ์จาก Padlet

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 4 ชุด ได้แก่ (1) รูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้น 1 ชั่วโมง ที่ประยุกต์ใช้ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัล 4 ประเภทและนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้น (2) แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสำหรับผู้เชี่ยวชาญ (3) แบบทดสอบทักษะนวัตกรรมดิจิทัลก่อน-หลังเรียน และ (4) แบบสังเกตพฤติกรรม แบบบันทึกหลักฐานเชิงประจักษ์จาก Padlet และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เครื่องมือทุกชุดมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.87–1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ที่ 0.50 (Best & Kahn, 2006)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 รวม 6 สัปดาห์ สัปดาห์ที่ 1 ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน สัปดาห์ที่ 2–5 จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ 3 ครั้ง ครั้งละ 60 นาที ภายใต้บริบทของดีเมืองสกลนคร 6 ชิ้น โดยในแต่ละครั้งนักเรียนทั้ง 6 กลุ่มทำงานกับโจทย์ที่แตกต่างกันพร้อมกัน จากนั้น Showcase แลกเปลี่ยนผลงานระหว่างกลุ่มเพื่อเกิด Cross-Community Learning ระหว่างการจัดกิจกรรมผู้วิจัยบันทึกหลักฐานเชิงประจักษ์จาก Padlet และสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ สัปดาห์ที่ 6 ดำเนินการทดสอบหลังเรียนและสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างนักเรียนตัวแทนห้องละ 10 คน รวม 30 คน

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้นโดยประยุกต์ใช้ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม

จากการสังเคราะห์แนวคิด CBI Model ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้น 60 นาที ที่บูรณาการ 4 องค์ประกอบและ 5 ขั้นตอน โดยใช้เครื่องมือดิจิทัล 4 ประเภทร่วมกับนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้นที่พัฒนาขึ้นใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงสร้างรูปแบบการเรียนรู้ 1 ชั่วโมง บูรณาการเครื่องมือดิจิทัล 4 ประเภท

ขั้นตอน	เวลา	องค์ประกอบ CBI	กิจกรรมหลัก	เครื่องมือดิจิทัลและนวัตกรรม	หลักฐานเชิงประจักษ์
1. เชื่อมโยงบริบท (Connector)	10 นาที	Connector	• ครูเปิดวิดีโอของดีสกลนคร • ถาม Q1–Q3 กระตุ้นคิด • เชื่อมโยง Scientific Keywords	• Padlet: โพสต์ความเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์ • แผนที่ความเชื่อมโยง (Connection Map) • ใบกิจกรรม 1.1	• โพสต์ Padlet ≥ 80% ตอบ Q1–Q3 • แผนที่ความเชื่อมโยง
2. วิเคราะห์ปัญหา (Community Collaborator)	15 นาที	Community Collaborator	• แบ่ง 6 กลุ่ม 6 ของดี • กรอก Concept Canvas 8 ช่อง • วิเคราะห์ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์	• Padlet: โพสต์ Concept Canvas • Surprise Data กระตุ้นแรงจูงใจ • ใบกิจกรรม 1.2	• Canvas 8 ช่องครบ • ระบุปัญหา ≥ 3 ข้อ • เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์
3. ออกแบบนวัตกรรม (Construct–Contextualize–Create)	20 นาที	Construct/ Contextualize/ Create	ส่วน A: Gemini AI ออกแบบนวัตกรรม ส่วน B: NotebookLM สร้างอินโฟกราฟิก Feedback วนซ้ำ 3 รอบ On-the-spot Coaching	• Gemini AI: ออกแบบด้วย BRACE Prompt • Prompt Reference Card • Prompt Engineering Ladder • NotebookLM: สังเคราะห์งานวิจัย • Canva/Google Slides: อินโฟกราฟิก • Padlet: โพสต์ผลงาน 3 รอบ	• Prompt รอบ 1 และรอบ 2 บันทึก • อินโฟกราฟิก 5 องค์ประกอบ • บันทึก Feedback จากครู • คะแนน 3 รอบพัฒนาขึ้น
4. นำเสนอและแลกเปลี่ยน (Communicate/ Showcase)	10 นาที	Communicate	• นำเสนอกลุ่มละ 1 นาที • Peer Feedback 4 เกณฑ์ • Cross-Community Learning	• Padlet: Market Place of Ideas • Like & Comment แบบเรียลไทม์ • Peer Feedback: จุดเด่น / ข้อเสนอแนะ / วิทยาศาสตร์ / ประโยชน์ชุมชน	• Peer Feedback 4 เกณฑ์ครบ • บันทึก Feedback ที่ได้รับ • Market Place of Ideas

ขั้นตอน	เวลา	องค์ประกอบ CBI	กิจกรรมหลัก	เครื่องมือดิจิทัลและนวัตกรรม	หลักฐานเชิงประจักษ์
5. สะท้อนคิด (Reflection & SDL)	5 นาที	Construct (Reflection)	• สะท้อนคิด Q1–Q3 • ประเมินตนเอง 8 รายการ • วางแผน SDL • คำมั่นสัญญาต่อชุมชน	• Padlet: SDL Commitment Board • SMART Goal Setting • Social Accountability • ใบกิจกรรม 1.5	• โพสต์ Commitment ครบ 4 ประเด็น • แผน SDL เลือก ≥ 2 แนวทาง • คำมั่นสัญญาระบุ Who/What/When

1.1 นวัตกรรมการสอน 3 ชิ้นที่พัฒนาขึ้นใหม่

นอกเหนือจากโครงสร้างรูปแบบการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนข้างต้น ผู้วิจัยได้คิดค้นนวัตกรรมการสอนเพิ่มเติม 3 ชิ้น เพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้และทักษะดิจิทัลของผู้เรียน ดังนี้

นวัตกรรมที่ 1 Prompt Reference Card คือบัตรนั่งร้านทางความคิด (Cognitive Scaffolding) สำหรับการสั่งการ AI ที่ออกแบบเฉพาะสำหรับของดีเมืองสกลนครแต่ละชิ้น วางบนโต๊ะกลุ่มล่วงหน้าตั้งแต่ต้นชั่วโมง เพื่อให้ผู้เรียนทุกระดับสามารถเริ่มต้นสั่งการ Gemini AI ได้อย่างมีทิศทางทันที โดยไม่ต้องรอให้ครูอธิบาย สอดคล้องกับแนวคิด Scaffolding ของ Vygotsky (1978) ที่เน้นการสนับสนุนผู้เรียนข้ามเขต Zone of Proximal Development อย่างเหมาะสม

นวัตกรรมที่ 2 BRACE Prompt Technique คือเทคนิคการเขียนคำสั่ง AI แบบมีโครงสร้าง 5 องค์ประกอบ ได้แก่ Background (บริบทของปัญหา) Role (บทบาทที่ต้องการให้ AI แสดง) Action (การกระทำที่ต้องการ) Context (บริบทชุมชนเฉพาะเจาะจง) และ Example (ตัวอย่างที่ต้องการ) เทคนิคนี้ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการสังเกตว่าผู้เรียนมักสั่ง AI แบบกว้างเกินไป ส่งผลให้ผลลัพธ์ไม่สอดคล้องกับบริบทชุมชน การใช้ BRACE Prompt ช่วยให้ผลงานในรอบที่ 2 มีคุณภาพสูงกว่ารอบที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับ Responsive Teaching ของ Wiliam (2011)

นวัตกรรมที่ 3 Prompt Engineering Ladder คือกรอบพัฒนาทักษะการสั่งการ AI แบบเป็นลำดับขั้น เริ่มจากการฝึก Prompt ทั่วไปในรอบที่ 1 จากนั้นยกระดับสู่ BRACE Prompt ในรอบที่ 2 และพัฒนาต่อยอดอย่างสร้างสรรค์ในรอบที่ 3 กลไกนี้ทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะดิจิทัลได้อย่างเป็นระบบโดยไม่รู้สึกท่วมท้น สอดคล้องกับ Spiral Learning ของ Bruner (1960) ที่เน้นการกลับมาพัฒนาแนวคิดเดิมในระดับที่ลึกและซับซ้อนยิ่งขึ้น

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ที่ประยุกต์ใช้ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม

ผลการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.76, SD = 0.23) โดยด้านความเหมาะสมของการบูรณาการเครื่องมือดิจิทัลได้คะแนนสูงสุด ($\bar{X}$ = 4.84, SD = 0.18) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบโดยผู้เชี่ยวชาญ (n = 5)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	ระดับ
1. ความสอดคล้องกับ CBI Model 4 องค์ประกอบ	4.80	0.20	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของขั้นตอนและการจัดสรรเวลา 5 ขั้น	4.72	0.25	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของการบูรณาการเครื่องมือดิจิทัล 4 ประเภท	4.84	0.18	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมของนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้น (Prompt Reference Card, BRACE, Ladder)	4.80	0.20	มากที่สุด
5. ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในห้องเรียน	4.76	0.22	มากที่สุด
6. ความสอดคล้องกับตัวชี้วัดผลลัพธ์ทักษะนวัตกรรมดิจิทัล	4.68	0.28	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.76	0.23	มากที่สุด

3. ผลการศึกษาทักษะนวัตกรรมดิจิทัลและหลักฐานเชิงประจักษ์

3.1 ผลการพัฒนาทักษะนวัตกรรมดิจิทัล

ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ด้วย Paired Sample t-test ผู้วิจัยตรวจสอบการแจกแจงปกติของคะแนนผลต่างระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่าผ่านการทดสอบ Shapiro-Wilk (W = 0.97, p = .312) แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังการใช้รูปแบบ (n = 90) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบทักษะนวัตกรรมดิจิทัลก่อนและหลังการทดลอง (n = 90 รวม 3 ห้องเรียน)

องค์ประกอบทักษะ	ก่อน		หลัง		t	p	d
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD			
1. ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ	12.35	2.24	19.15	1.92	17.28*	p < .001	3.30
2. การคิดเชิงออกแบบ	11.65	2.38	18.45	2.08	15.94*	p < .001	3.04
3. ทักษะดิจิทัล (Gemini AI + NotebookLM)	13.40	2.35	19.20	1.95	14.52*	p < .001	2.69
4. การแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม	12.05	2.32	18.25	2.15	14.87*	p < .001	2.76
5. การทำงานร่วมกันและการสื่อสาร	14.35	2.18	19.85	1.88	15.63*	p < .001	2.69
คะแนนรวม (100 คะแนน)	63.80	9.72	94.90	7.85	18.45*	p < .001	3.37

*p < .05

จากตารางที่ 3 พบว่าคะแนนทักษะนวัตกรรมดิจิทัลโดยรวมของนักเรียนหลังการทดลอง ($\bar{X}$ = 94.90, SD = 7.85) สูงกว่าก่อนการทดลอง ($\bar{X}$ = 63.80, SD = 9.72) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 18.45, p < .001) โดยมีขนาดอิทธิพลในระดับสูงมาก (Cohen's d = 3.37) ที่น่าสังเกตคือองค์ประกอบด้านทักษะดิจิทัล (Gemini AI + NotebookLM) มีพัฒนาการในระดับสูงมาก สะท้อนว่าการบูรณาการ Prompt Engineering Ladder ที่พัฒนาขึ้นใหม่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการสั่งการ AI ได้อย่างมีระบบ

3.2 ผลการประเมินคุณภาพผลงานดิจิทัล

ผลงานดิจิทัลของนักเรียนในขั้นที่ 3 ประกอบด้วย 2 ชิ้นงานคู่ขนาน ได้แก่ ชิ้นงานนวัตกรรม Gemini AI (Canva/Google Slides) และอินโฟกราฟิก NotebookLM ซึ่งผ่านการปรับปรุง 3 รอบตามกระบวนการ Feedback Loop พบว่าคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 3.82, SD = 0.34) โดยด้านการนำเสนอและสื่อสารได้คะแนนสูงสุด ($\bar{X}$ = 3.93) สะท้อนว่าการฝึกใช้เครื่องมือดิจิทัลหลากหลายประเภทช่วยพัฒนาทักษะการนำเสนอของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิผล

3.3 ผลการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมบน Padlet

ผลการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน 90 คน จาก 3 ห้องเรียน ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลการมีส่วนร่วมจาก Padlet แสดงให้เห็นภาพรวมที่สอดคล้องกันในทุกขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์การมีส่วนร่วมบน Padlet (n = 90, 3 ห้องเรียน, 3 ครั้ง)

ประเภทการมีส่วนร่วม	รวม 3 ห้อง	เฉลี่ย/ห้อง	เฉลี่ย/คน	ต่ำสุด	สูงสุด	SD
โพสต์ทั้งหมด	2,535	845	28.17	24	35	2.85
ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงบริบท (Connection Map)	450	150	5.00	4	7	0.82
ขั้นที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา (Concept Canvas 6 กลุ่ม)	540	180	6.00	5	8	0.91
ขั้นที่ 3 ออกแบบนวัตกรรม (Gemini + NotebookLM, 3 รอบ)	825	275	9.17	7	12	1.34
ขั้นที่ 4 นำเสนอ (Market Place of Ideas)	450	150	5.00	4	7	0.88
ขั้นที่ 5 สะท้อนคิด (SDL Commitment Board)	270	90	3.00	2	4	0.64
Feedback ทั้งหมด (ครู + Peer)	1,395	465	15.50	12	20	2.18

พบว่านักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุดทุกขั้นตอน ขั้นที่มีโพสต์มากที่สุดคือขั้นที่ 3 ออกแบบนวัตกรรม (9.17 โพสต์/คน) เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยน Feedback 3 รอบผ่าน Prompt Engineering Ladder การกระจายของการมีส่วนร่วมมีความสม่ำเสมอ (SD = 2.85) แสดงว่าไม่มีนักเรียนคนใดถูกทิ้งไว้ข้างหลัง ซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของ Prompt Reference Card ในการลด Learning Curve การเข้าถึง AI นอกจากนี้ SDL Commitment Board บน Padlet (ขั้นที่ 5) ทำให้ผู้เรียน 100%

สามารถโพสต์คำมั่นสัญญาที่มีความชัดเจนและวัดผลได้จริงก่อนจบชั่วโมง สะท้อนกลไก Social Accountability ที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบ Self-Directed Learning

3.4 การวิเคราะห์วิวัฒนาการผลงานผ่าน Prompt Engineering Ladder

ผู้วิจัยติดตามการพัฒนาผลงานผ่าน 3 รอบของ Prompt Engineering Ladder พบว่าในรอบที่ 1 ผู้เรียนใช้ Prompt ทั่วไปโดยไม่มีโครงสร้าง ส่งผลให้ผลงาน AI กว้างเกินไปและขาดความเชื่อมโยงกับบริบทชุมชน เมื่อครูแนะนำ BRACE Prompt Technique (Background–Role–Action–Context–Example) ในรอบที่ 2 คุณภาพผลงานพัฒนาขึ้นอย่างชัดเจน และรอบที่ 3 ผู้เรียนสามารถต่อยอดนวัตกรรมให้มีความสมบูรณ์และสร้างสรรค์สูงสุด โดยรวมคะแนนเฉลี่ยพัฒนาจากรอบที่ 1 ($\overline{X}$ = 2.43) สู่รอบที่ 3 ($\overline{X}$ = 3.78) คิดเป็นพัฒนาการรวม 55.6% ภายใน 20 นาที

3.5 การวิเคราะห์การสะท้อนคิดและ SDL Commitment

ผู้วิจัยวิเคราะห์การสะท้อนคิดจาก SDL Commitment Board บน Padlet โดยใช้ Thematic Analysis พบ 5 ธีมหลัก ได้แก่ (1) การเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับชีวิตจริง (100%) (2) การพัฒนาทักษะดิจิทัลผ่านเครื่องมือ AI (93.3%) (3) ความมั่นใจในการแสดงความคิดผ่านช่องทางดิจิทัล (83.3%) (4) การเห็นคุณค่าของ Feedback 4 เกณฑ์ (100%) และ (5) แรงบันดาลใจต่อยอดสู่การพัฒนาชุมชนจริง (73.3%) ที่สำคัญ นักเรียนทุกคน (100%) สามารถปรับ SDL Commitment จากเป้าหมายนามธรรม เช่น “จะเรียนรู้เพิ่มเติม” มาเป็นเป้าหมายที่ระบุ Who/What/When ชัดเจน เช่น “จะนำแนวคิดแอปพลิเคชันหมากเม่าไปนำเสนอต่อวิสาหกิจชุมชนในวันเสาร์หน้า” สะท้อนกลไก SMART Goal Setting และ Social Accountability ที่ทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิผล

การวิเคราะห์ Prompt Log พบพัฒนาการที่ชัดเจน 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 นักเรียนใช้คำสั่งกว้าง เช่น “บอกเกี่ยวกับหนองหาร” ระยะที่ 2 หลังนำ BRACE Prompt คำสั่งมีโครงสร้าง เช่น “ในฐานะนักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ขอให้วิเคราะห์ปัญหาน้ำเสียในหนองหารและเสนอนวัตกรรมดิจิทัลที่ชุมชนท้องถิ่นสามารถนำไปใช้ได้จริง” และระยะที่ 3 นักเรียนสามารถต่อยอดผลลัพธ์จาก AI เพื่อออกแบบนวัตกรรมเฉพาะบริบทได้อย่างสร้างสรรค์ สะท้อนพัฒนาการของ Higher-Order Prompting Skills ที่เกิดขึ้นภายใน 20 นาที

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้ระยะสั้นที่พัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้ CBI Model ร่วมกับเครื่องมือดิจิทัลแบบมีส่วนร่วม 4 ประเภทและนวัตกรรมการสอน 3 ชิ้นใหม่ สามารถส่งเสริมทักษะนวัตกรรมดิจิทัลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's d = 3.37)

ประเด็นสำคัญประการแรก คือ การบูรณาการของดีเมืองสกลนคร 6 ชิ้นเป็นโจทย์วิจัยในห้องเรียนเดียวกันพร้อมกันทั้ง 6 กลุ่ม ก่อให้เกิด Cross-Community Learning ที่มีคุณค่าเฉพาะตัว กล่าวคือ ในขั้น Showcase แต่ละกลุ่มได้รับรู้วิทยาศาสตร์และนวัตกรรมที่เชื่อมโยงกับทรัพยากรชุมชนชนิดอื่นที่ตนไม่ได้รับผิดชอบ ทำให้ผู้เรียนได้ภาพรวมของสกลนครในฐานะ “ห้องปฏิบัติการธรรมชาติ” ที่สมบูรณ์ สอดคล้องกับแนวคิด Place-Based Education ของ Sobel (2004) ที่เน้นการใช้ชุมชนเป็นฐานการเรียนรู้ที่มีความหมาย

ประเด็นสำคัญประการที่สอง คือ Prompt Reference Card ทำหน้าที่เป็น Cognitive Scaffolding ที่ลด Learning Curve การเข้าถึง Gemini AI ได้อย่างมีประสิทธิผล สะท้อนให้เห็นว่านวัตกรรมเชิงปฏิบัติที่ออกแบบให้สอดคล้องกับบริบทเฉพาะ (Context-Specific Scaffolding) มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้ Scaffolding ทั่วไป สอดคล้องกับแนวคิด Zone of Proximal Development ของ Vygotsky (1978) ที่ยืนยันผ่านหลักฐานเชิงประจักษ์ว่า Feedback แบบเรียลไทม์ที่ทันท่วงทีทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางความคิด ช่วยให้ผู้เรียนก้าวข้าม ZPD ได้ภายในเวลาจำกัด เมื่อเปรียบเทียบกับ CBI Model ในรูปแบบดั้งเดิมที่ใช้เวลา 4–6 สัปดาห์ในการดำเนินกระบวนการครบวงจร การบูรณาการเครื่องมือดิจิทัล 4 ประเภทในการวิจัยครั้งนี้ช่วยให้เกิดการย่อกระบวนการที่มีประสิทธิภาพอย่างน้อยใน 3 มิติ ได้แก่ (1) Gemini AI และ NotebookLM ลดเวลาการสืบค้นและสังเคราะห์ข้อมูลจากหลายชั่วโมงเหลือไม่เกิน 10 นาที (2) Padlet ทำให้การแลกเปลี่ยนและรวบรวมหลักฐานเกิดขึ้นแบบเรียลไทม์โดยไม่ต้องใช้เวลาหลังเรียน และ (3) Prompt Engineering Ladder ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะดิจิทัลแบบเป็นขั้นตอนภายในชั่วโมงเดียว สอดคล้องกับหลักการ Time-on-Task ของ Hattie (2009) ที่ยืนยันว่าคุณภาพของเวลาเรียนสำคัญกว่าปริมาณ

ประเด็นสำคัญประการที่สาม คือ SDL Commitment Board สร้างกลไก Social Accountability ที่เปลี่ยนการวางแผน SDL จากการเขียนในสมุดส่วนตัวสู่การประกาศต่อสาธารณะในชั้นเรียน ทำให้คำมั่นสัญญามีน้ำหนักและความเป็นรูปธรรมมากขึ้น นักเรียน 73.3% มีแรงบันดาลใจที่จะนำนวัตกรรมไปพัฒนาชุมชนจริง สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทัศนคติในระดับที่ลึกซึ้ง สอดคล้องกับ Transformative Learning ของ Mezirow (1991)

อย่างไรก็ตาม ขนาดอิทธิพลที่อยู่ในระดับสูงมากควรพิจารณาอย่างระมัดระวัง โดยอาจได้รับอิทธิพลจากลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่มีความเข้มข้นในระยะสั้น การใช้เครื่องมือที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง และการขาดกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยด้านการเรียนรู้เชิงรุกที่มักรายงานผลลัพธ์เชิงบวกในระดับสูง การวิจัยในอนาคตควรใช้รูปแบบที่มีกลุ่มควบคุมเพื่อยืนยันผลในบริบทที่หลากหลาย

องค์ความรู้จากการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สร้างองค์ความรู้ใหม่ใน 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 องค์ความรู้เชิงทฤษฎี: ยืนยันแนวคิด Zone of Proximal Development ผ่านกลไก Feedback แบบเรียลไทม์ Spiral Learning ผ่าน Prompt Engineering Ladder ใน 20 นาที และ Transformative Learning ผ่าน SDL Commitment Board ระดับที่ 2 องค์ความรู้เชิงรูปแบบ: พิสูจน์ว่า CBI Model 4 องค์ประกอบสามารถย่อกระบวนการเป็น 60 นาทีโดยไม่สูญเสียประสิทธิผล และการออกแบบ Feedback วนซ้ำ 3 รอบบูรณาการกับ Prompt Engineering Ladder 3 ระดับ เป็นกลไกกลางที่ขับเคลื่อนคุณภาพผลงาน พัฒนาการความคิด และการมีส่วนร่วมพร้อมกัน ระดับที่ 3 องค์ความรู้เชิงประจักษ์: แสดงเป็นครั้งแรกว่าการบูรณาการเครื่องมือดิจิทัล 4 ประเภทพร้อม Prompt Reference Card, BRACE Prompt และ Prompt Engineering Ladder สามารถสร้างระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล (Digital Learning Ecosystem) ที่พัฒนาทักษะนวัตกรรมและทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ได้พร้อมกัน สอดคล้องกับ Visible Learning ของ Hattie (2009)

เมื่อวิเคราะห์บทบาทของเครื่องมือดิจิทัลแต่ละประเภทพบว่า Gemini AI ช่วยส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และการคิดเชิงออกแบบเป็นพิเศษ เนื่องจากผู้เรียนต้องตัดสินใจเลือก ปรับ และประเมินผลลัพธ์ที่ AI สร้างขึ้น ซึ่งกระตุ้น Higher-Order Thinking โดยตรง ส่วน NotebookLM ช่วยลดภาระทางปัญญา (Cognitive Load) ในการค้นหาและกลั่นกรองข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนสามารถทุ่มเทพลังงานทางความคิดไปที่การออกแบบนวัตกรรมมากกว่าการค้นหาข้อมูลพื้นฐาน สอดคล้องกับแนวคิด Cognitive Load Theory ของ Sweller (1988)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 สำหรับครูผู้สอน ควรศึกษา CBI Model 4 องค์ประกอบให้เข้าใจก่อนนำไปใช้ โดยเฉพาะการออกแบบ Prompt Reference Card ที่สอดคล้องกับบริบทชุมชนเฉพาะถิ่น การออกแบบ BRACE Prompt Technique ให้เหมาะกับหัวข้อที่ผู้เรียนศึกษา และการจัดเตรียม NotebookLM Notebook สำเร็จรูปล่วงหน้าอย่างน้อย 1 วันก่อนสอน เพื่อลดเวลา Learning Curve การอัปโหลด Source ซึ่งอาจกินเวลา 5–10 นาทีในชั่วโมงเรียน

1.2 สำหรับการเลือกบริบทการเรียนรู้ ควรเลือกทรัพยากรชุมชนที่มีความหลากหลายครอบคลุมสาขาวิทยาศาสตร์หลายด้าน เพื่อให้แต่ละกลุ่มได้วิเคราะห์ชุมชนจากมุมมองวิทยาศาสตร์ที่ต่างกัน และเมื่อ Showcase แลกเปลี่ยนกันจะเกิด Cross-Community Learning ที่มีคุณค่า ตัวอย่างในการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าของดีสกลนคร 6 ชิ้นครอบคลุมชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ วัสดุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมได้อย่างครบถ้วน

1.3 สำหรับสถานศึกษา ควรสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานด้านอินเทอร์เน็ตที่มีเสถียรภาพเพียงพอสำหรับการใช้ Gemini AI และ NotebookLM พร้อมกัน 30 คน รวมทั้งจัดอบรมครูให้สามารถพัฒนา Prompt Reference Card ของตนเองตามบริบทท้องถิ่น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ด้านการออกแบบการวิจัย ควรใช้รูปแบบการทดลองที่มีกลุ่มควบคุม (Quasi-experimental Design) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือ และควรออกแบบการศึกษาติดตามผลระยะยาว 6–12 เดือน เพื่อตรวจสอบว่า SDL Commitment ที่ผู้เรียนประกาศไว้บน Padlet ได้รับการนำไปปฏิบัติจริงในชุมชนหรือไม่

2.2 ด้านการพัฒนานวัตกรรมการสอน ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนา AI-Powered Prompt Reference Card ที่ปรับเนื้อหาตามระดับทักษะของผู้เรียนแบบ Adaptive Scaffolding และศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของ BRACE Prompt Technique กับเทคนิค Prompting อื่น เช่น Chain-of-Thought หรือ Role Prompting เพื่อพัฒนากรอบ Prompt Engineering ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบริบทการเรียนรู้ฐานชุมชน

2.3 ด้านการขยายกลุ่มตัวอย่างและบริบท ควรขยายไปยังโรงเรียนและภูมิภาคที่หลากหลาย เพื่อทดสอบ Replicability ของรูปแบบและตรวจสอบว่า Cross-Community Learning จากของดีท้องถิ่นชนิดอื่นสามารถสร้างผลลัพธ์ที่เทียบเคียงได้หรือไม่

เอกสารอ้างอิง

Ausubel, D. P. (1968). **Educational psychology: A cognitive view**. Holt, Rinehart and Winston.

Billig, S. H., & Waterman, A. S. (Eds.). (2014). **Studying service-learning: Innovations in education research methodology**. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315760438 [2025, August 21].

Borg, W. R., & Gall, M. D. (1989). **Educational research: An introduction** (5th ed.). Longman.

Branch, R. M. (2009). **Instructional design: The ADDIE approach**. Springer.

Bringle, R. G., & Hatcher, J. A. (2009). Innovative practices in service-learning and curricular engagement. **New Directions for Higher Education**, (147), 37–46. https://doi.org/10.1002/he.356 [2025, August 21].

Brown, T. (2009). **Change by design**. Harper Business.

Bruner, J. S. (1960). **The process of education**. Harvard University Press.

Deesongkram, M. (2026). Community-based integrated instructional model for teaching science projects to develop digital innovation and creativity skills among secondary school students. **Journal of Education and Learning Reviews**, **3**(1), e2596. https://doi.org/10.60027/jelr.2026.e2596 [2025, August 21].

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. **American Psychologist**, **34**(10), 906– 911.

Hattie, J. (2009). **Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement**. Routledge.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. **Review of Educational Research**, **77**(1), 81–112.

Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. **Improving Schools**, **19**(3), 267–277.

Kolb, D. A. (1984). **Experiential learning**. Prentice Hall.

Krajcik, J. S., & Shin, N. (2022). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), **The Cambridge handbook of the learning sciences** (3rd ed., pp. 275–297). Cambridge University Press.

Laoha, R., Deesongkram, M., & Rudto, N. (2025). Gamification-based engineering design process instructional model. **Journal of Education and Learning**, **15**(1), 319–331.

Mezirow, J. (1991). **Transformative dimensions of adult learning**. Jossey-Bass.

OECD. (2019). **OECD learning compass 2030**. OECD Publishing.

Partnership for 21st Century Skills. (2019). **Framework for 21st century learning definitions**. Battelle for Kids.

Piaget, J. (1972). **The psychology of the child**. Basic Books.

Smith, G. A., & Sobel, D. (2010). **Place- and community-based education in schools**. Routledge.

Sobel, D. (2004). **Place-based education: Connecting classrooms and communities**. The Orion Society.

Stehle, S. M., & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. **International Journal of STEM Education**, **6**(1), Article 39.

Topping, K. J. (1996). The effectiveness of peer tutoring. **Higher Education**, **32**(3), 321–345.

Vygotsky, L. S. (1978). **Mind in society**. Harvard University Press.

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). **Understanding by design** (2nd ed.). ASCD.

Wiliam, D. (2011). **Embedded formative assessment**. Solution Tree Press.