Journal of Information and Learning, (2023), 34(2), 1-15
Journal homepage: https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jil

Research Article

Synthesis of a Virtual Learning Environment Model With Engineering Design Process to Enhance Students' Creative Thinking Skills
การสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

Phongampai Thammaariyasakun[1], Wichai Napapongs[1], Jirawat Tansakul[2], and Chamaiporn Inkaew[1*]
ผ่องอำไพ ธรรมอริยสกุล[1], วิชัย นภาพงศ์[1], จิระวัฒน์ ตันสกุล[2], และ ชไมพร อินทร์แก้ว[1*]

[1]*Educational Technology and Communications, Faculty of Education, Prince of Songkla University*
[1]*สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

[2]*Educational Research and Evaluation, Faculty of Education, Prince of Songkla University*
[2]*สาขาวิชาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

[*]Corresponding author: chaimaiporn.i@psu.ac.th

Received December 25, 2022 ▮ Revised March 27, 2023 ▮ Accepted April 26, 2023 ▮ Published August 24, 2023

Abstract

Learning is no longer limited to the classroom, as it can occur beyond the classroom environment. The use of technology and the internet allows teachers to create a learning environment that enables both students and teachers to learn collaboratively, regardless of time and location, as if they were in a traditional classroom. This research, thus, aimed to present the results of synthesizing a virtual learning environment model with engineering design process to enhance students' creative thinking skills. The research instrument was an appropriate assessment form of the virtual learning environment model with engineering design process. The data were analyzed by descriptive statistics: mean and standard deviation.

The results of the research were as follows. A virtual learning environment with engineering design process had two core components: a virtual learning environment and an engineering design process. Each section contained details of sub-elements as follows. The virtual learning environment had five components: communication, collaboration, resource sharing, creative reflection, and learner support. The engineering design process had five steps: problem definition, design, development, evaluation, and presentation. An overall evaluation of the appropriateness of the virtual learning environment model with engineering design process to enhance creative thinking skills was at a high level.

Keywords: virtual learning environment, engineering design process, creative thinking skills

บทคัดย่อ

การเรียนรู้ในปัจจุบันไม่ได้จำกัดอยู่แค่ในห้องเรียนเท่านั้น แต่สามารถเกิดขึ้นได้นอกห้องเรียน โดยการนำเทคโนโลยีและเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผสานข้อมูลและเครื่องมือออนไลน์มาใช้ในการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนและครูสามารถเรียนรู้ร่วมกันได้ทุกที่ ทุกเวลา เสมือนอยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมในชีวิตจริงได้อย่างดียิ่ง การวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมมี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งแต่ละส่วนมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) การติดต่อสื่อสาร (Communication) (2) การทำงานร่วมกัน (Collaboration) (3) การแบ่งปันทรัพยากร (Resource sharing) (4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative reflection) และ (5) การสนับสนุนผู้เรียน (Learner support) และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem definition) (2) ขั้นการออกแบบ (Design) (3) ขั้นการพัฒนา (Development) (4) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) และ (5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation) โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนภาพรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน, กระบวนการออกแบบวิศวกรรม, ทักษะความคิดสร้างสรรค์

บทนำ (Introduction)

การเปลี่ยนแปลงในโลกศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเข้ามามีบทบาทสำคัญในการจัดการศึกษามากยิ่งขึ้น การเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทักษะที่จำเป็นในโลกแห่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะทำให้ผู้เรียนสามารถเติบโตไปพร้อมกับความรู้ที่จะสามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ ทั้งนี้องค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน คือ การจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีและเหมาะสมให้กับผู้เรียน เนื่องด้วยการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ (Learning environment) ในปัจจุบัน นอกจากสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ทางกายภาพ (Physical learning environment) เช่น การเรียนรู้ในชั้นเรียนปกติหรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวผู้เรียนจะมีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนแล้ว การจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน (Virtual learning environment) ที่ใช้เทคโนโลยีและเครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อีกด้วย ผู้สอนจึงควรพิจารณานำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้ เช่น อุปกรณ์พกพาและห้องเรียนเสมือนจริง 3 มิติ และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ทันสมัยและส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Khlaisang & Songkram, 2019; Chaiyarak et al., 2021; Rungrangtanapol & Khlaisang, 2021) สอดรับกับมาตรฐานเทคโนโลยีทางการศึกษาที่กำหนดโดยสมาคมสื่อสารและเทคโนโลยีการศึกษาแห่งสหรัฐอเมริกา ระบุไว้ในมาตรฐานที่ 3 ว่าด้วยการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เป็นปัจจัยสำคัญเพื่อให้เกิดสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากสถานที่แบบเผชิญหน้าหรือสิ่งแวดล้อมแบบเสมือน ผู้สอนจึงต้องปรับเปลี่ยนบทบาทของตนเองไปเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอน และมุ่งให้ความสนใจในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (Association for Education Communications and Technology [AECT], 2012) ดังที่ Khammanee (2019) ได้กล่าวไว้ว่า การมีสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีทางเลือกหลากหลาย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ สร้างแรงจูงใจในการคิด ลงมือทำ มีความเป็นมิตร จะเอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรมีการวางแผน ออกแบบพัฒนาการเรียนการสอนและเพิ่มขีดความสามารถของผู้เรียนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นอย่างทันท่วงที

การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันครูผู้สอนต้องมีการพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนอย่างหลากหลาย สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนเป็นเครื่องมือการเรียนรู้หนึ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการเรียนรู้ของผู้เรียนในยุคดิจิทัลที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนได้กลายเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่จำเป็น เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้และช่วยให้นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้พร้อม ๆ กัน ตลอดจนสร้างความรู้ของตนเองโดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ (Chaiyarak et al., 2021) สามารถบูรณาการเครื่องมือเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสาร การทำงานร่วมกัน และแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ของผู้เรียนได้ทั้งในรูปแบบประสานเวลาและไม่ประสานเวลา (Santosa et al., 2022) ซึ่งการเรียนรู้เหล่านี้เกิดขึ้นได้ภายในสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน สอดคล้องกับ Tang et al. (2022) ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือเทคโนโลยีได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสอนแบบดั้งเดิม โดยทำให้เกิดการเรียนรู้ผ่านอุปกรณ์เทคโนโลยีแบบพกพา การแสดงผลป้อนกลับแบบทันที การเชื่อมต่อที่ราบรื่นเกิดขึ้นได้จริงและส่งผลเชิงบวกต่อผู้เรียน ได้แก่ แรงจูงใจ ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถและทักษะที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนที่เอื้อต่อความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนอีกด้วย

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ครูผู้สอนจึงต้องมุ่งส่งเสริมในการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นต่อการประสบความสำเร็จในโลกมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนานวัตกรรมเทคโนโลยีสมัยใหม่อยู่เสมอ ทักษะที่จำเป็น ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะจึงไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะในห้องเรียนเท่านั้น ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทกับการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ และด้วยการพัฒนาด้านเครือข่ายสังคมออนไลน์และการใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีที่แผ่ขยายมากขึ้น ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานที่ท้าทายได้มากขึ้น และได้รับข้อมูลย้อนกลับได้อย่างทันท่วงที แต่ผลลัพธ์การศึกษาไทยในยุคปัจจุบันยังมีปัญหาด้านคุณภาพในการจัดการศึกษาที่ขาดคุณภาพและมาตรฐาน คุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ของเยาวชนไทยอยู่ในระดับต่ำ ปัญหาเหล่านี้เกิดจากระบบการเรียนการสอนที่เน้นการสอนเนื้อหาและความจำมากกว่าการพัฒนาทักษะการคิด ส่งผลให้ผู้เรียนขาดความคิดสร้างสรรค์ (Office of the Education Council [ONEC], 2017, p. 97) ดังนั้น ครูผู้สอนต้องมีการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่เอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีให้ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเรียนรู้อย่างแท้จริง (Abdulloh & Niemted, 2020)

การจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม (Precharattana et al., 2023) ที่เป็นวงจรการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ไข

ปัญหาภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด วิเคราะห์สถานการณ์และผลกระทบ นำไปสู่การออกแบบแนวทางแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งผู้เรียนสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการออกแบบได้อย่างต่อเนื่องผ่านการทดสอบ วิเคราะห์และออกแบบใหม่ซ้ำแล้วซ้ำอีกจนกระทั่งได้แนวคิดที่เหมาะสมที่สุด โดยแนวคิดที่เกิดจากการดำเนินการตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรมแต่ละขั้นเป็นส่วนหนึ่งที่แสดงให้เห็นทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนแต่ละบุคคล ซึ่งสอดคล้องกับ Aini and Aini (2023) พบว่า ผู้เรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นได้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม มีขั้นตอนที่สำคัญที่สุด คือ การสร้างต้นแบบ โดยนักเรียนสร้างต้นแบบที่มีวิธีแก้ปัญหาและนำเสนอผลงานต้นแบบ นอกจากนี้ ยังเลือกต้นแบบเพื่อพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้ กิจกรรมนี้จึงสามารถพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ และสอดคล้องกับ Arık and Topçu (2020) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบวิศวกรรมมีโครงสร้างการทำงานแบบวนซ้ำในขั้นตอนการออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และสามารถย้อนกลับไปออกแบบใหม่ได้ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดสร้างสรรค์ด้วยการทำซ้ำ เนื่องด้วยการทำซ้ำในการเรียนรู้สามารถเปลี่ยนร่างทักษะหรือความรู้จากจิตสำนึกไปสู่จิตใต้สำนึก ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้ฝึกฝนในห้องเรียนนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างรู้เท่าทันและประสบความสำเร็จ

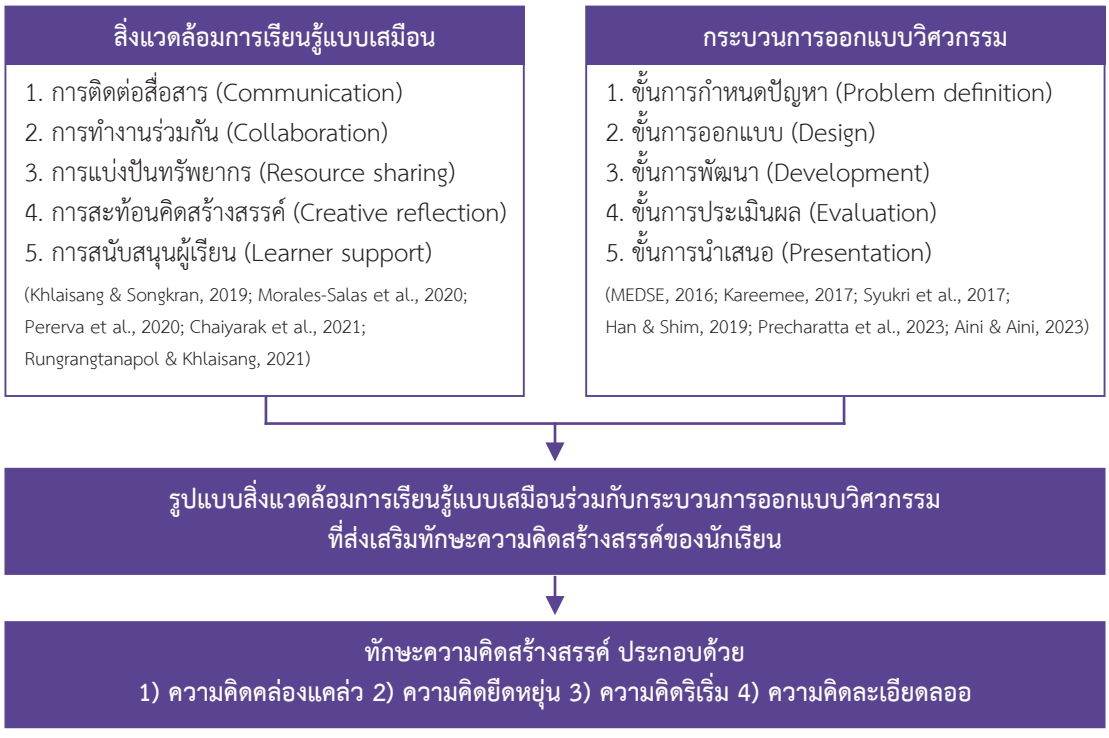
จากประเด็นสำคัญข้างต้นผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถและทักษะเพื่อให้พร้อมที่จะเติบโตเป็นกำลังสำคัญของประเทศชาติ ด้วยการฝึกฝนพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในโลกที่ไม่หยุดนิ่ง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ดังนั้น การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวทั้งทางร่างกายและจิตใจให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง เป็นบุคคลที่พร้อมใช้ชีวิตในสังคมแห่งอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objective)

เพื่อสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

Figure 1
Conceptual Framework
กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนและกระบวนการออกแบบวิศวกรรมจากฐานข้อมูลได้แก่ Springer, International Journal of Educational Research and Innovation, acnsci.org, IEEE Xplore, International Journal of Interactive Mobile Technologies เนื่องจากฐานข้อมูลเหล่านี้รวมรายการเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาที่ครอบคลุมและหลากหลาย ซึ่งเป็นข้อมูลระหว่างปี 2016-2023

2. สังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนและขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม จึงได้ผลการสังเคราะห์ 2 ตาราง ได้แก่ ตารางสังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และตารางสังเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

3. ร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

4. สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยแบบประเมินเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน 2) ด้านองค์ประกอบในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน 3) ด้านขั้นตอนการออกแบบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม 4) ด้านเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 5) ด้านประโยชน์ของการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน นำแบบประเมินที่ได้จากการออกแบบนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาแล้วปรับปรุงตามคำแนะนำ จากนั้นวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบประเมินโดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลและประเมินผลการศึกษา ด้านวิจัยและพัฒนาหลักสูตร พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 แสดงว่าเป็นข้อคำถามที่สอดคล้องสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้

5. นำร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ด้านวัดผลและประเมินผลการศึกษา และด้านวิชาการศึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ จึงได้ร่างรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งเผยแพร่เป็นเอกสารหรือเผยแพร่ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โดยครอบคลุมองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ด้านวัดผลและประเมินผลการศึกษา และด้านวิชาการศึกษา ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ให้คะแนนและเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) และสังเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และกระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยทำแบบบันทึกรายการเชิงสังเคราะห์เป็นตารางการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนและขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

2. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ที่ใช้ในการประเมินเครื่องมือวิจัยและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัยจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย (Results)

ผลการวิจัยการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ตามวัตถุประสงค์การวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. ผลการสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

1.1 การสังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การติดต่อสื่อสาร การทำงานร่วมกัน การแบ่งปันทรัพยากร การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ และการสนับสนุนผู้เรียน ดังแสดงใน Table 1

Table 1

Synthesis of Components of Virtual Learning Environment
ตารางสังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

สังเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	องค์ประกอบที่ 4	องค์ประกอบที่ 5
Khlaisang and Songkran (2019)	การสื่อสาร (Communication)	การทำงานร่วมกัน (Collaboration)	เนื้อหาการเรียนรู้ (Open content)	การประเมิน การนำเสนองาน	-
Morales-Salas et al. (2020)	พื้นที่ปฏิสัมพันธ์ (Mediation/Interaction space)		พื้นที่ออกแบบการเรียนการสอน (Instructional design space)	พื้นที่นิทรรศการ (Exhibition space)	พื้นที่ข้อมูล (Information space)
Pererva et al. (2020)	องค์ประกอบที่ใช้การติดต่อสื่อสาร (Communication-based component)	องค์ประกอบการจัดการและการชี้แนะ (Management and guiding component) โครงสร้างการทำงานกลุ่ม (Organization of group work)	องค์ประกอบตามข้อมูล (Data-based component) สิ่งแวดล้อมเสมือน (Virtual environments)	การประเมินความรู้ของนักเรียนช่วงปลายภาค (Final students' knowledge assessment)	การตรวจสอบกระบวนการศึกษา (Educational process monitoring)
Chaiyarak et al. (2021)	การปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนเสมือน (Virtual learner's interaction)	กิจกรรมการเรียนรู้เสมือน (Virtual learning activities)	เนื้อหาการเรียนรู้เสมือน (Virtual learning content) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ (Virtual media and resources)	การประเมินเสมือน (Virtual assessment)	-
Rungrangtanapol and Khlaisang (2021)	การสื่อสาร การปฏิสัมพันธ์ (Communication, interaction) การประสานเวลา ไม่ประสานเวลา (Synchronous, asynchronous)	สถานการณ์จำลองหรือบริบท (Simulation, context)	-	-	-
สรุปองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	การติดต่อสื่อสาร (Communication)	การทำงานร่วมกัน (Collaboration)	การแบ่งปันทรัพยากร (Resource sharing)	การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative reflection)	การสนับสนุนผู้เรียน (Learner support)

Table 2

Synthesis of Tools of Virtual Learning Environment

ตารางสังเคราะห์เครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน

สังเคราะห์เครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	การติดต่อสื่อสาร	การทำงานร่วมกัน	การแบ่งปันทรัพยากร	การสะท้อนคิดสร้างสรรค์	การสนับสนุนผู้เรียน
Pererva et al. (2020)	Video conference, Webinars, Chat, Forums, Social networks	-	HEI's website, e-textbooks, e-learning, LMS, Moodle, virtual labs, virtual tours, electronic collections, encyclopedia	-	-
Alina (2022)	-	Jamboard, Twiddla Popplet, Padlet, Mentimeter, Groupboard, NoteBookCast, Openboard, Educreations, Linoit, Rizzoma, Realtimeboard, Bitpaper, IDroo, AWWApp, Miro, Whiteboard Fox, Whiteboard.Chat, Classroomscreen, Ziteboard, Limnu, Milanote, Scribblar, Drawchat, Drawnote, Drawonte, FlockDraw, CoSketch	Wikiwall, Glogster, Canva Education, Scrumblr, Conceptboard	-	Miro, Canva Education, Whiteboard.Chat
Santosa et al. (2022)	Telegram, Wechat, Discord, Whatsapp, Email, Messenger, Phone calls, Zoom, Google Meet, Google Groups, Groups.io, Groups on Facebook, Slido, Mentimeter	Canva, Genially, MindMeister, Coggle, Jamboard, Teaming.vercel.app	Google Docs, Wakelet, Evernote, Mix	Talk and Comment and Mote Chrome Adds on, Vocaroo, Voice Thread, Fripgrid, Zoom, Youtube, Padlet, Screencast-o-Matric, Quizzes Screencastify	Miro, Gather Town, Wonder
ELSayary and Meda (2022)	Zoom, Adobe Connect, MS Teams	iCloud, Google Docs, Canva, Miro, Padlet, Kahoot, Wordwall, Near pod	-	-	-

Table 2
(continued)

สังเคราะห์เครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	การติดต่อสื่อสาร	การทำงานร่วมกัน	การแบ่งปันทรัพยากร	การสะท้อนคิดสร้างสรรค์	การสนับสนุนผู้เรียน
Cárdenas and Estrada (2022)	MS Teams, Openboard	Jamboard, Mindmeister, Picktochart	Drive, Didactalia Liveworksheets, Phet Colorado, Genially, Padlet	Google forms, Quizzes, Plickers, Thatquizz, Kahoot	-
Fusic et al. (2023)	Discord, Zoom, Google Meet	Jamboard, Morphological	-	PowerPoint Presentation	-
Firmannandya (2023)	Zoom, Google Meet, Skype	-	Artsteps, YouTube, WhatsApp, Facebook, Instragram, Google Drive, Dropbox, Microsoft 365, e-journals, e-book	-	-
สรุปเครื่องมือของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	Google Meet, Discord, Mentimeter	Miro, Canva Education	Miro, Canva Education, Padlet, Artsteps	Padlet	Miro, Canva Education

1.2 การสังเคราะห์กระบวนการออกแบบวิศวกรรมจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การออกแบบ การพัฒนา การประเมินผล และการนำเสนอ ดังแสดงใน Table 3

Table 3
Synthesis of Steps of the Engineering Design Process
ตารางสังเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

สังเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	ขั้นตอนที่ 1	ขั้นตอนที่ 2	ขั้นตอนที่ 3	ขั้นตอนที่ 4	ขั้นตอนที่ 5
MEDSE (2016)	ระบุความต้องการและข้อจำกัด	วิจัย ออกแบบ	สร้างต้นแบบ ทดสอบ	ประเมินผล ข้อเสนอแนะ	สื่อสาร อธิบาย แบ่งปัน
Kareemee (2017)	ระบุปัญหา	รวบรวมแนวคิด ออกแบบวิธีแก้ปัญหา วางแผน	พัฒนา ทดสอบ	ประเมินผลและปรับปรุง	นำเสนอ
Syukri et al. (2017)	ตั้งคำถาม	จินตนาการ วางแผน	สร้าง	ปรับปรุงแก้ไข	-
Han and Shim (2019)	กำหนดปัญหา	รวบรวมข้อมูล สร้างแนวทางแก้ปัญหา	ดำเนินการแก้ปัญหา	ประเมินผล	สะท้อนคิด ออกแบบใหม่

Table 3

(continued)

สังเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	ขั้นตอนที่ 1	ขั้นตอนที่ 2	ขั้นตอนที่ 3	ขั้นตอนที่ 4	ขั้นตอนที่ 5
Precharattana et al. (2023)	ระบุปัญหาและความต้องการ กำหนดวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้	ออกแบบวิธีแก้ปัญหา	ร่างแบบ พัฒนาต้นแบบ ทดสอบ	ประเมินผล	นำเสนอชิ้นงาน
Aini and Aini (2023)	ระบุความต้องการหรือปัญหา	วิจัยความต้องการหรือปัญหา	วาด/ร่างแนวคิดหรือแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ เลือกแนวทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ออกแบบและสร้างตัวต้นแบบ	ทดสอบและประเมินผล	นำเสนอแนวทางแก้ปัญหา
สรุปขั้นตอนของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การกำหนดปัญหา (Problem Definition)	การออกแบบ (Design)	การพัฒนา (Development)	การประเมินผล (Evaluation)	การนำเสนอ (Presentation)

Table 4

Synthesis of Tools of the Engineering Design Process
ตารางสังเคราะห์เครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม

สังเคราะห์เครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การกำหนดปัญหา	การออกแบบ	การพัฒนา	การประเมินผล	การนำเสนอ
Bower and Torrington (2020)	Google Maps, Scribblemaps, Google Tours, Pearltrees, Miro, Padlet, Lino Stormboard, Conceptboard	Gliffy, Lucidchart, Draw.io, Creately, Cacoo	Sketchpad, Slimber, Flockdraw, awwapp.com, Google Drawing, Board888, CoSketch, Twiddla, Autodraw	Evernote, Google Keep, MS Word online, Google Docs, Zoho, Canva	YouTube, Vimeo, Teachertube, Prezi, MS PowerPointOnline, Google Slides, Spark Haikudeck, Photopeach, Photosnack, Vcasmo, Slideshare, Authorstream
Pishchukhina and Watson (2021)	Simulator game on Steam	Miro, Trello, Jira, Kanban board	-	-	-
Madariaga et al. (2021)	WhatsApp, Zoom, Discord, Google Drive, MS Teams, Google Meet, Canva, Google Hangouts, Miro	Canva, MS PowerPoint, Google Drive, Google Slides, Word, Miro, Google Docs, Adobe Illustrator, Google Sheets, Google Chrome,	Autodesk Inventor, Autodesk 3ds Max, Autodesk Fusion 360, Figma, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Adobe XD,		

Table 4
(continued)

สังเคราะห์เครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	การกำหนดปัญหา	การออกแบบ	การพัฒนา	การประเมินผล	การนำเสนอ
		Excel, Figma, Zoom, Pinterest, Google Scholar, Adobe Photoshop, Jamboard, Paint, WhatsApp, MS Whiteboard, Autodesk, SketchBook, Procreate, Goodnotes Apple	Autodesk SketchBook, Shapr3D, Canva, PowerPoint, Procreate	-	Canva, PowerPoint, Google Drive
Horvat et al. (2021)	Miro, MS Word, draw.io	Miro, MS Visio, Google Spreadsheet, MS Word, Trello, Handmade, Email, Whatsapp, YouTube, OwnCloud, WIPO, MS Excel, Doodle, Google Calendar, Grapple, Moodle, Google Patents, Patentscope, Espacenet, Google Scholar, Science Direct, ResearhGate, Productionspiration, Internet search, Meeting minutes, Asknature.org, TRIZ, Autodesk fusion 360, GrabCAD, Onshape, MS OneDrive	Miro, MS Power-Point, Handmade, MS Visio, Paint, GIMP, AutoCAD, Adobe Illustrator, Figma, Solidworks, Siemens NX, Autodesk fusion 360, Autodesk Inventor, Onshape, 3DExperience, Catia	WhatsApp, Miro Trello, MS PowerPoint, MS Word	MS PowerPoint, Google Presenta-tion, Solidworks, Autodesk fusion 360, Adobe Pre-miere, Blender
Uotinen et al. (2022)	Pearltrees, Diigo, Google Forms	Monday.com, MS Teams, Nextcloud	Evernote, Miro, MS PowerPoint, WordPress	-	Nearpod, Canva, ThingLink, Kahoot, Slido
Cárdenas and Estrada (2022)	-	MindMeister, Picktochart	Jamboard, Openboard	Classroom	Artsteps, App Book-creator, FotoJet,
Rasmussen (2022)	Voting, Sticky notes	Trello, Miro, Sticky notes, Digital scrum board	-	-	-
สรุปเครื่องมือของกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	Google Maps, Miro (Sticky Notes, Voting)	Miro (Sticky Notes, Kanban board)	Canva Education, Miro	Canva Education, Miro	Canva Education, Artsteps

2. ผลการพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ส่วนที่ 1 สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่

2.1.1 การติดต่อสื่อสาร (Communication) เป็นการส่งผ่านและสื่อความหมายจากผู้สอนไปยังผู้เรียน หรือผู้เรียนไปยังผู้สอน เพื่อให้เข้าใจความหมายตามเจตนาที่ต้องการ ผ่านเครื่องมือการติดต่อสื่อสาร (Online communication tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Google Meet, Discord และ Mentimeter

2.1.2 การทำงานร่วมกัน (Collaboration) เป็นการทำงานแบบร่วมแรงร่วมใจให้สอดคล้องกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มกับผู้สอน เพื่อให้เป้าหมายหลักร่วมกันของกลุ่มสำเร็จผ่านเครื่องมือการทำงานร่วมกัน (Online collaboration tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Miro และ Canva Education

2.1.3 การแบ่งปันทรัพยากร (Resource sharing) เป็นการถ่ายทอดแนวคิดผ่านการนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเป็นการเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้รับรู้อย่างกว้างขวาง โดยใช้เครื่องมือการแบ่งปันทรัพยากร (Online sharing tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Miro, Canva Education, Padlet และ Artsteps

2.1.4 การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative Reflection) เป็นการใช้กระบวนการคิดเพื่อพิจารณาไตร่ตรองผลงานของตนเองและผู้อื่น เพื่อปรับปรุงพัฒนาผลงานให้บรรลุเป้าหมายและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้เครื่องมือการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Online creative reflection tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Padlet

2.1.5 การสนับสนุนผู้เรียน (Learner support) เป็นการรับข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับการเรียนรู้จากผู้สอนเพื่อให้เห็นจุดอ่อนและจุดแข็งของผู้เรียน และแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพ โดยใช้เครื่องมือการสนับสนุนผู้เรียน (Online support tools) โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Miro และ Canva Education

2.2 ส่วนที่ 2 กระบวนการออกแบบวิศวกรรม มี 5 ขั้นตอน ได้แก่

2.2.1 ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem definition) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความต้องการที่เกิดขึ้นในชุมชน รวมถึงปัญหาของการประกอบอาชีพในชุมชน โดยมีการสำรวจและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อช่วยให้เข้าใจเงื่อนไขและกรอบของปัญหาอย่างชัดเจน โดยใช้เครื่องมือการกำหนดปัญหา (Online problem definition tools) ได้แก่ โปรแกรม Google Maps และโปรแกรม Miro ซึ่งโปรแกรม Miro มีเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ กระดาษบันทึกย่อ (Sticky Notes) และการลงมติ (Voting)

2.2.2 ขั้นการออกแบบ (Design) เป็นการรวมแนวคิดจากการระดมความคิด การรวบรวมข้อมูล หลักการ ทฤษฎีจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ จากนั้นสรุปรายการปัญหาที่เกิดขึ้น จัดเรียงลำดับความสำคัญ เลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไข และระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข นำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เครื่องมือการออกแบบ (Online design tools) คือ โปรแกรม Miro เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ กระดาษบันทึกย่อ (Sticky Notes) และกระดานคัมบัง (Kanban board)

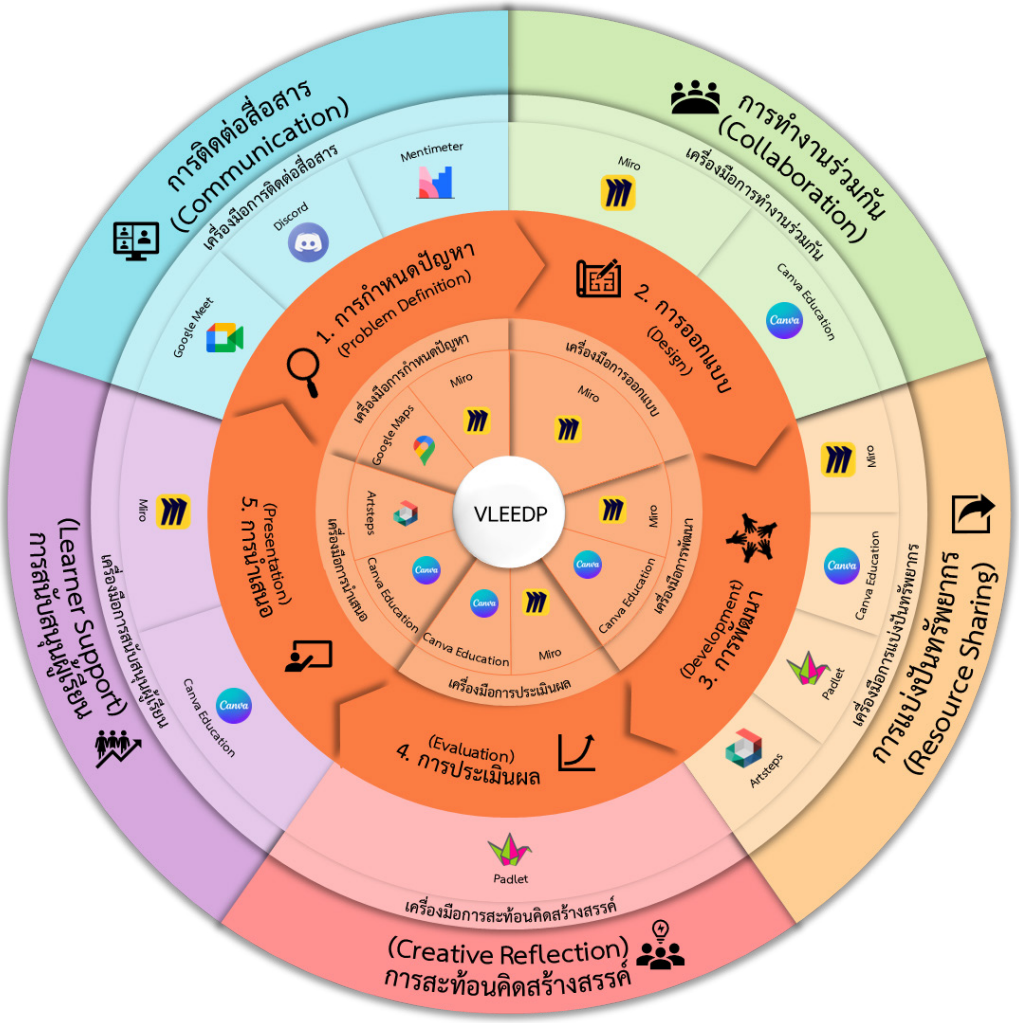
2.2.3 ขั้นการพัฒนา (Development) เป็นการร่าง (Sketch) การสร้างตัวต้นแบบ (Prototype) และการทดสอบ (Test) ว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์หรือไม่ โดยใช้เครื่องมือการพัฒนา (Online development tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และ Miro

2.2.4 ขั้นการประเมินผล (Evaluation) เป็นการหาข้อบกพร่องและดำเนินการปรับปรุงโดยอาจทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เครื่องมือการประเมินผล (Online evaluation tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และ Miro มีเครื่องมือที่ใช้ คือ ข้อคิดเห็น (Comment Box)

2.2.5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation) เป็นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงาน ชิ้นงาน หรือวิธีการที่ได้ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำโปสเตอร์นำเสนอผลงาน การจัดนิทรรศการเสมือน การนำเสนอผ่านสื่อออนไลน์ โดยใช้เครื่องมือการนำเสนอ (Online presentation tools) ได้แก่ โปรแกรม Canva Education และโปรแกรม Artsteps จึงได้ออกมาเป็นรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ ดังแสดงใน Figure 2

Figure 2

Model of Virtual Learning Environment with Engineering Design Process to Enhance Creative Thinking Skills
รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์



3. ผลการประเมินรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน แบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (Rating scale) แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ซึ่งต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.00 ขึ้นไป นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้ 1) ด้านขั้นตอนการออกแบบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ควรปรับชื่อของขั้นตอนกระบวนการออกแบบวิศวกรรมภาษาอังกฤษให้ตรงกับภาษาไทย 2) ด้านการใช้งานรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน อาจมีการเรียนแบบผสมผสานในบางกิจกรรมจะส่งผลดียิ่งขึ้น 3) ควรให้ความสำคัญกับกระบวนการส่งเสริมการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่เป็นนวัตกรรม 4) ควรให้ความสำคัญกับกระบวนการพัฒนาการเป็น Reflective practitioner ที่ชัดเจน และ 5) ควรให้ความสำคัญกับกระบวนการ Collaborative learning ตามแนวทฤษฎี Constructivist สรุปได้ว่า รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($M = 4.28, SD = 0.53$) สามารถนำไปใช้ในการทดลองได้ ดังแสดงใน Table 5

Table 5

The Evaluation Results of the Appropriateness of Virtual Learning Environment Model with Engineering Design Process to Enhance Student's Creative Thinking Skills

ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		แปลผล
	M	*SD*	
1. ด้านรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	4.13	.35	เหมาะสมมาก
2. ด้านองค์ประกอบในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	4.38	.49	เหมาะสมมาก
3. ด้านขั้นตอนการออกแบบการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรม	4.20	.63	เหมาะสมมาก
4. ด้านเครื่องมือที่ใช้ในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	4.40	.49	เหมาะสมมาก
5. ด้านประโยชน์ของการใช้รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน	4.00	.00	เหมาะสมมาก
ผลรวมค่าเฉลี่ยทั้งหมด	4.28	.53	เหมาะสมมาก

สรุปและอภิปรายผล (Conclusions and Discussions)

การวิจัยเรื่อง การสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน สรุปได้ว่ารูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม ซึ่งแต่ละส่วนมีองค์ประกอบย่อย ดังนี้ สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนมี 5 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) การติดต่อสื่อสาร (Communication) (2) การทำงานร่วมกัน (Collaboration) (3) การแบ่งปันทรัพยากร (Resource sharing) (4) การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ (Creative reflection) และ (5) การสนับสนุนผู้เรียน (Learner support) และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรมมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นการกำหนดปัญหา (Problem definition) (2) ขั้นการออกแบบ (Design) (3) ขั้นการพัฒนา (Development) (4) ขั้นการประเมินผล (Evaluation) และ (5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation) โดยผลการประเมินรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก

จากการสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ผู้วิจัยขอนำเสนอการอภิปรายผลการวิจัยใน 2 ส่วน ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา ด้านหลักสูตรและการสอน และด้านวิชาการศึกษา พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยได้สังเคราะห์รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมอย่างมีระบบและเป็นลำดับขั้นตอน มีการศึกษาแนวคิดทฤษฎี มาตรฐานเทคโนโลยีทางการศึกษาโดยสมาคมสื่อสารและเทคโนโลยีการศึกษาแห่งสหรัฐอเมริกา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน กระบวนการออกแบบวิศวกรรมในการส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยองค์ประกอบของรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนมี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือน และ 2) กระบวนการออกแบบวิศวกรรม หากต้องการนำรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะขาดองค์ประกอบใดไปไม่ได้เพราะองค์ประกอบที่กล่าวมามีความสำคัญและทำหน้าที่แตกต่างกันไป โดยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนแต่ละองค์ประกอบสามารถอภิปรายได้ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การติดต่อสื่อสาร เป็นส่วนของการส่งผ่านเนื้อหาบทเรียนกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อความหมายระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับผู้สอนให้เข้าใจตรงกัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเนื่องจากการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นยุคของเครื่องมือการติดต่อสื่อสาร (Communication tools: CT) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในชีวิตมนุษย์ และถูกนำมาใช้

เพื่อสนับสนุนการสอนและการเรียนรู้เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการประเมิน วิเคราะห์ รักษา และแบ่งปันข้อมูลของผู้ใช้ สำหรับการพัฒนาพลังของการให้เหตุผลและการแสดงออก โดยมีส่วนร่วมในการสนทนา การมีปฏิสัมพันธ์โดยการอภิปรายอย่างดุเดือดในกระดานสนทนา หรือการแสดงความคิดเห็นที่โพสต์ภายใต้เนื้อหาการเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมผู้สอนและผู้เรียนในการริเริ่มและสำรวจการร่วมสร้างสรรค์และการทำงานร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Alawamleh et al. (2022) ชี้ให้เห็นว่า การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนผ่านช่องทางที่ไม่เป็นทางการ เช่น กลุ่มแชตออนไลน์ด้วยข้อความโต้ตอบแบบทันที การโทรด้วยเสียง การสนทนาทางวิดีโอส่วนตัว ควบคู่กับช่องการที่เป็นทางการ เช่น อีเมล จะช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้และการสอนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับผู้เรียน

องค์ประกอบที่ 2 การทำงานร่วมกัน เป็นการทำงานแบบร่วมแรงร่วมใจให้สอดคล้องกันทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มกับผู้สอน เพื่อให้เป้าหมายหลักร่วมกันของกลุ่มสำเร็จ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเพราะการทำงานร่วมกันในกลุ่มเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แบ่งปันแนวคิด ประสบการณ์ แหล่งข้อมูล มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนร่วมงาน และมีส่วนร่วมกับผู้สอนในการเรียนรู้ในฐานะชุมชนแห่งการเรียนรู้ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนเป็นอย่างยิ่ง (Tanis, 2020) โดยใช้เครื่องมือสำหรับการทำงานร่วมกัน เช่น Miro และ Canva Education ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Brandao et al. (2021) พบว่า การใช้กระดานไวท์บอร์ดออนไลน์ Miro เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ สามารถส่งเสริมกระบวนการทำงานร่วมกันของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานวิจัยของ Aho (2022) พบว่า การเรียนรู้ร่วมกันให้ประสบความสำเร็จต้องใช้เครื่องมือในการทำงานร่วมกัน โดยระบบการทำงานของ Canva Education ทำให้ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงานร่วมกันได้ง่ายขึ้น สร้างสรรค์ชิ้นงานได้มากขึ้น มีความสะดวกต่อการค้นหาสื่อวัสดุต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาชิ้นงาน ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางความคิดสร้างสรรค์และการทำงานร่วมกันของผู้เรียน

องค์ประกอบที่ 3 การแบ่งปันทรัพยากร เป็นการถ่ายทอดแนวคิดร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนผ่านการนำเสนอผลงาน การเผยแพร่ในรูปแบบต่าง ๆ ให้ผู้อื่นได้รับรู้อย่างกว้างขวาง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการแบ่งปันผลที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นจะต้องมีการเลือกวิธีการนำเสนอผลงานที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ โดยใช้เครื่องมือสำหรับการแบ่งปันทรัพยากร เช่น Artsteps เป็นสิ่งแวดล้อมบนเว็บที่ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองนิทรรศการเสมือนจริงในพื้นที่ 3 มิติ สามารถแทรกวัตถุสองมิติ เช่น ผลงานโปสเตอร์ วิดีโอลงในพื้นที่การจัดแสดงได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Moon et al. (2021) พบว่า ผลของการนำเสนอผลงานในรูปแบบการเสนอนิทรรศการเสมือนจริงส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนได้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากผู้เรียนสามารถแบ่งปันทรัพยากรให้ผู้อื่นบนโลกออนไลน์ได้

องค์ประกอบที่ 4 การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ เป็นการใช้กระบวนการคิดเพื่อพิจารณาไตร่ตรองผลงานของตนเองและผู้อื่น เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาผลงานให้บรรลุเป้าหมายและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการวัดความเติบโตทางการเรียนรู้หลังจากผ่านประสบการณ์ของผู้เรียนผ่านการสังเกตวิวัฒนาการของความคิด อารมณ์ ความรู้สึก เพราะเมื่อผู้เรียนและผู้สอนมองย้อนกลับไปและทบทวนสิ่งที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ทำ เช่น การเขียน การร่างภาพ หรือการตั้งคำถาม ผู้เรียนและผู้สอนก็จะร่วมกันค้นหาว่าจะแก้ไขปัญหาที่ท้าทายอย่างสร้างสรรค์ได้อย่างไร (Chang, 2019) โดยใช้เครื่องมือสำหรับการสะท้อนคิดสร้างสรรค์ เช่น Padlet ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Leslie and Johnson (2022) พบว่า การใช้ Padlet เป็นเครื่องมือฝึกสะท้อนความคิดของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนได้ไตร่ตรองการเรียนรู้ ก่อให้เกิดการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้นและผู้เรียนเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในการอภิปรายในชั้นเรียนเป็นประจำ การสะท้อนคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนสามารถนำไปสู่การปรับปรุงการเรียนการสอนและสร้างสิ่งแวดล้อมแห่งชุมชนการเรียนรู้

องค์ประกอบที่ 5 การสนับสนุนผู้เรียน เป็นส่วนของการให้ผลสะท้อนกลับในการเรียนจากผู้สอน ผู้เรียน และเพื่อนในกลุ่ม เพื่อให้เห็นจุดอ่อนและจุดแข็งของผู้เรียนและแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ได้เต็มศักยภาพ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนได้ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานของกลุ่มเพื่อปรับปรุงและตรวจสอบผลสำเร็จของการทำงานว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับ Adarkwah (2021) พบว่าการให้ผลสะท้อนกลับในเชิงบวกช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อผู้เรียนมากขึ้น คำติชมจากเพื่อนมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน อีกทั้งการสะท้อนกลับทั้งทางตรงและทางอ้อมจากผู้สอนสามารถช่วยปรับปรุงผลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดีขึ้นได้

2. กระบวนการออกแบบวิศวกรรมมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา ขั้นที่ 2 การออกแบบ ขั้นที่ 3 การพัฒนา ขั้นที่ 4 การประเมินผล และขั้นที่ 5 การนำเสนอ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hartog et al. (2020) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกุญแจสำคัญในการแก้ไขปัญหาที่ท้าทายและแปลกใหม่ กระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาเหล่านี้ คือ กระบวนการออกแบบวิศวกรรมที่แต่ละขั้นตอนเป็นกระบวนการวนซ้ำและอาจทำซ้ำขั้นตอนเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด และยังสอดคล้องกับ Pusca and Nothwood (2018)

กล่าวว่า กระบวนการออกแบบวิศวกรรมสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาให้สำเร็จ ซึ่งผู้สอนสามารถปลูกฝัง สนับสนุน และส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ ทำได้โดยการสร้างสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้เชิงรุกที่เป็นปัจจัยเอื้อต่อความคิดสร้างสรรค์ การจัดหาเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และการกระตุ้นการเรียนรู้ให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นในการหาทางแก้ไขปัญหาปลายเปิดและปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งในชีวิตจริงมีวิธีแก้ไขปัญหามากมาย ไม่มีวิธีแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องเพียงวิธีเดียวกระบวนการสร้างวิธีแก้ไขปัญหาที่สามารถเป็นไปได้ให้เกิดขึ้นจริงเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องพัฒนาวิธีแก้ไขปัญหาโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเอง (Dym et al., 2005) ถึงแม้ว่ากระบวนการออกแบบวิศวกรรมจะมีกลุ่มความคิดที่แตกต่างกันหลายกลุ่ม รวมทั้งวิธีการและเทคนิคเฉพาะต่าง ๆ แต่สิ่งที่เหมือนกันคือวงจรของขั้นตอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับปรุงการออกแบบได้อย่างต่อเนื่องซ้ำแล้วซ้ำอีก โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหา สังเคราะห์ จนสามารถนำไปสู่การพัฒนาเป็นความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ (Arık & Topçu, 2020) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยฝึกผู้เรียนให้มีทักษะความคิดสร้างสรรค์ สามารถต่อยอดความรู้ที่มีอยู่เดิมให้ขยายกว้างออกไป มีมุมมองในการแก้ไขปัญหาได้อย่างครอบคลุมและเหมาะสมที่สุด ซึ่งการฝึกฝนให้ผู้เรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 ให้ประสบความสำเร็จในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การนำรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรม ที่ส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนไปใช้ ผู้สอนและผู้เรียนควรมีการเตรียมความพร้อมด้านทักษะพื้นฐานการใช้เทคโนโลยีด้านอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์สมาร์ทโฟน และด้านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีความเร็ว 5-40 Mbps ขึ้นไป เพื่อให้การจัดการเรียนรู้และการทำกิจกรรมตามขั้นตอนการเรียนรู้ที่กำหนดให้ใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องมือส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. ควรมีการปฐมนิเทศก่อนการเรียนการสอน จัดทำคู่มือสาธิตวิธีการใช้งานเครื่องมือในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนแบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมผ่านสื่อสมัยใหม่ในปัจจุบัน ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบวิศวกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติใช้งานจนเกิดความเข้าใจในการใช้งานก่อนการใช้จริง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

3. เนื่องจากการเรียนการสอนตามรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนแบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมต้องใช้เครื่องมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกันเป็นกลุ่ม ผู้สอนควรกำหนดแนวทางการเรียนการสอน เช่น รูปแบบ 40/60 50/50 Hyflex Learning หรือ Blended Learning คอยควบคุมชั้นเรียนออนไลน์ คอยให้คำแนะนำการใช้เครื่องมืออย่างใกล้ชิดและอำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรม อีกทั้งช่วยเสริมสร้างบรรยากาศเพื่อให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่นนำไปสู่ผลสำเร็จของงานตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรมีการนำรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาหรือเนื้อหาสาระอื่น ๆ

2. ควรมีการนำรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสมือนร่วมกับกระบวนการออกแบบวิศวกรรมไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง (References)

Abdulloh, W., & Niemted, W. (2020). Arrangement of learning environment to promote learning skills in the 21st century “Concept Theory and Practice”. *Princess of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Sciences, 7*(2), 227-246.

Adarkwah, M. A. (2021). The power of assessment feedback in teaching and learning: a narrative review and synthesis of the literature. *SN Social Sciences, 1*(3), 1-44. https://doi.org/10.1007/s43545-021-00086-w

Aho, M. (2022). *How to empower higher education collaborative learning with cloud-based graphic design tools* [Conference session]. The 14th International Conference on Education and New Learning Technologies, Palma, Spain. https://doi.org/10.21125/edulearn.2022.0327

Aini, M., & Aini, M. (2023). Enhancing creative thinking and communication skills through engineering design process (EDP) learning model: A case study. *BIOEDUKASI, 21*(1), 21-27.

Alawamleh, M., Al-Twait, L. M., & Al-Saht, G. R. (2022). The effect of online learning on communication between instructors and students during Covid-19 pandemic. *Asian Education and Development Studies, 11*(2), 380-400. https://doi.org/10.1108/AEDS-06-2020-0131

Alina, K. R. U. K. (2022). The benefits of virtual learning environment (VLE) in teaching ESP. *Humanities Science Current Issues, 2*(52), 171-175. https://doi.org/10.24919/2308-4863/52-2-26

Arık, M., & Topçu, S. M. (2020). Implementation of engineering design process in the K-10 science classrooms: Trend and issues. *Research in Science Education, 52*(21), 1-43. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09912-x

Association for Educational Communications and Technology, (2012). *AECT standards 2012 version.* https://www.aect.org/docs/AECTstandards2012.pdf

Bower, M., & Torrington, J. (2020). Typology of free web-based learning technologies (2020). *EDUCAUSE digital library,* 1-14. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11064.16647

Brandao, E., Adelfio, M., Hagy, S., & Thuvander, L. (2021). *Collaborative pedagogy for co-creation and community outreach: An experience from architectural education in social inclusion using the miro tool* [Conference session]. The AHFE 2021 Virtual Conference on Human Dynamics for the Development of Contemporary Societies, USA. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80415-2_15

Cárdenas, M. Á. L., & Estrada, C. C. P. (2022). Instructional design and technological resources in the improvement of teachers’ digital competencias. *Apertura, 14*(2), 40-61.

Chaiyarak, S., Nilsook, P., & Wannapiroon, P. (2021, September 1-3). *An empirical study of intelligent virtual universal learning platforms* [Conference session]. The 2021 Research, Invention, and Innovation Congress: Innovation Electricals and Electronics (RI2C), Bangkok, Thailand. https://doi.org/10.1109/RI2C51727.2021.9559785

Chang, B. (2019). Reflection in learning. *Online Learning Journal, 23*(1), 95-110. https://doi.org/10.24059/olj.v23i1.1447

Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education, 94*(1), 103-120. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x

ELSayary, A., & Meda, L. (2022). *Establishing social, cognitive and teacher presences to develop students' digital competencies through their engagements in online learning* [Conference session]. The 13th International Conference on Society and Information Technologies (ICSIT 2022), Virtual Conference. https://doi.org/10.54808/ICSIT2022.01.84

Firmannandya, A. (2023). Developing global collaboration skills In the era of unlimited learning. *Widyagogik: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sekolah Dasar, 10*(2), 457-477.

Fusic, J., Rajalakshmi, R., & Sugumari, T. (2023). Digital transformation of Industrial Automation Course in virtual learning environment during COVID-19 Pandemic. *Journal of Engineering Education Transformations, 36*(2), 81-92. https://doi.org/10.16920/jeet/2023/v36is2/23012

Han, H. J., & Shim, K. C. (2019). Development of an engineering design process-based teaching and learning model for scientifically gifted students at the Science Education Institute for the Gifted in South Korea. *Asia-Pacific Science Education, 5*(1), 1-18.

Hartog, T., Marshall, M., Alhashim, G. M., Ahad, T., & Siddique, Z. (2020). *WIP: Using neuro-responses to understand creativity, the engineering design process, and concept generation* [Conference session]. 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual Online. https://doi.org/10.18260/1-2--35701

Horvat, N., Becattini, N., & Škec, S. (2021, August 16-20). *Use of information and communication technology tools in distributed product design student teams* [Conference session]. The International Conference on Engineering Design (ICED21), Gothenburg, Sweden. http://dx.doi.org/10.1017/pds.2021.594

Kareemee, S. (2017). Kānchai krabūankān ʻōk bǣp chœ̄ng witsawakam phūa sœ̄msāng khwāmkhit sāngsan læ thaksa kān kǣ panhā [Using the engineering design process to foster creativity and problem-solving skills]. *IPST Magazine, 46*(209), 23-27.

Khammanee, T. (2019). *Sāt kānsǭn ʻongkhwāmrū phūa kānčhat krabūankān rīanrū thī mī prasitthiphāp* [Teaching Sciences Knowledge for Effectiveness Learning]. Chulalongkorn University.

Khlaisang, J., & Songkram, N. (2019). Designing a virtual learning environment system for teaching twenty-first century skills to higher education students in ASEAN. *Technology, Knowledge and Learning, 24*, 41-63.

Leslie, S. H., & Johnson, N. (2022). Covid-19 made me do it while swimming upstream with Padlet: using student feedback to improve teaching and learning business communication-learning into reflective practice!. *Institute for Global Business Research Conference Proceedings, 6*(1), 37-39.

Madariaga, L., Burgos, N., Jachura, C., López, G., & Troncoso, R. (2021, July 19-23). *Conceptual design in the cloud: technology use and teamwork under Covid-19* [Conference session]. The 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, Virtual Edition. http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.50

Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education [MDESE]. (2016). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education.

Moon, J. H., Shanghai, N., Hargis, J., & Lu, H. (2021). Differences, limitations and Advantages of Effective Online and Face-to-Face Teaching Methods for A Media Arts Course. *The Online Journal of New Horizons in Education, 11*(1). 15-32. https://tojned.net/journals/tojned/articles/v11i01/v11i01-02.pdf

Morales-Salas, R. E., Infante-Moro, J. C., & Gallardo-Pérez, J. (2020). Evaluation of virtual learning environments. A management to improve. *International Journal of Educational Research and Innovation, 13*, 126-142. https://doi.org/10.46661/ijeri.4593

Office of the Education Council: ONEC. (2017). *National education plan 2017-2036*. Prikwarn Graphic.

Pererva, V., Lavrentieva, O., Lakomova, O., Zavalniuk, O., & Tolmachev, S. (2020). The technique of the use of virtual learning environment in the process of organizing the future teachers' terminological work by specialty. *Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education, 2643*, 321-346. http://ceur-ws.org/Vol-2643/paper19.pdf

Pishchukhina, O., & Watson, E. M. (2021, September). *Tools and techniques to stimulate higher order thinking in online learning* [Conference session]. The 30th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE), Prague, Czech Republic. https://doi.org/10.1109/EAEEIE50507.2021.9530851

Precharattana, M., Sanium, S., Pongsanon, K., Ritthipravat, P., Chuechote, S., & Kusakunniran, W. (2023). Blended engineering design process learning activities for secondary school students during COVID-19 epidemic: Students' learning activities and perception. *Education Sciences, 13*(2), 159-176.

Pusca, D., & Northwood, O. D. (2018). Curiosity, creativity and engineering education. *Global Journal of Engineering Education, 20*(3), 152-158.

Rasmussen, K. (2022). You don't have to be a rocket scientist. *The Science Teacher, 89*(5), 50-55.

Rungrangtanapol, N., & Khlaisang, J. (2021). Development of a teaching model in virtual learning environment to enhance computational competencies in the 21st century. *International Journal of Interactive Mobile Technologies, 15*(13), 93-107.

Santosa, M. H., Ivone, F. M., Jacobs, G. M., & Flores, J. C. (2022). Student-to-Student cooperation in virtual learning without breakout rooms. *Beyond Words, 10*(1), 70-82.

Sivakamar, A., & Singaravelu, G. (2016). Role of communication tools in education. *Edutracks, 16*(1), 14-16.

Syukri, M., Halim, L., & Mohtar., L. E. (2017). Engineering design process: Cultivating creativity skills through development of science technical product. *Jurnal Fizik Malaysia, 38*(1), 55-65. https://www.researchgate.net/publication/320726631_Engineering_Design_Process_Cultivating_Creativity_Skills_through_Development_of_Science_Technical_Product

Tang, C., Mao, S., Xing, Z., & Naumann, S. (2022). Improving student creativity through digital technology products: A literature review. *Thinking Skills and Creativity, 44*, 101032. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101032

Tanis, C. J. (2020). The seven principles of online learning: Feedback from faculty and alumni on its importance for teaching and learning. *Research in Learning Technology, 28*(2319), 1-25. https://doi.org/10.25304/rlt.v28.2319

Uotinen, V., Kananen, P., Hamill, C., & Kelly, K. (2022). *Virtual toolkit.* The ONE Meeting Project.