

ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ที่มีต่อความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของ นักศึกษาระดับปริญญาตรี

Effects of Internet of Things (IoT)-Based Learning on Undergraduate Students' Innovation Design Ability

ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว *

ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

*Corresponding Author: Thanarak.s@ru.ac.th

Received 13 March 2026; Received in revised form 16 June 2026; Accepted 20 June 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน ได้มาโดยการเลือกแบบอาสาสมัคร การวิจัยใช้แบบแผนการวิจัยก่อนทดลอง (Pre-experimental Design) แบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จำนวน 8 คาบ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม เป็นข้อสอบอัตนัย 1 ข้อ คะแนนเต็ม 100 คะแนน และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test แบบ Dependent Sample ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาหลังเรียน ($M = 82.63$, $SD = 6.91$) สูงวก่อก่อนเรียน ($M = 54.20$, $SD = 8.75$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t(29) = 15.87$, $p < 0.001$) และมีขนาดอิทธิพลสูงมาก (Cohen's $d = 2.90$) และ 2) นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.64$, $SD = 0.51$) ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถส่งเสริมความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, การออกแบบนวัตกรรม, การคิดเชิงออกแบบ

Abstract

The purposes of this research were to: 1) compare undergraduate students' innovation design ability before and after learning through Internet of Things (IoT)-based learning management, and 2) investigate students' satisfaction toward IoT-based learning management. The sample consisted of 30 undergraduate students Semester 1, academic year 2025 from the Department of Educational Technology, Faculty of Education, Ramkhamhaeng University, selected through volunteer sampling. The study employed a pre-experimental research design using a one-group pretest-posttest design. The research instruments consisted of: 1) eight IoT-



based learning management plans, 2) an innovation design ability test in the form of one essay question with a total score of 100 points, and 3) a student satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, and paired-samples t-test. The results revealed that: 1) students' innovation design ability after the learning intervention ($M = 82.63$, $SD = 6.91$) was significantly higher than before the intervention ($M = 54.20$, $SD = 8.75$), $t(29) = 15.87$, $p < 0.001$, with a very large effect size (Cohen's $d = 2.90$); and 2) students' overall satisfaction toward IoT-based learning management was at the highest level ($M = 4.64$, $SD = 0.51$). The findings indicate that IoT-based learning management effectively enhances undergraduate students' innovation design ability in higher education.

Keywords: Internet of Things (IoT), Innovation Design, Design Thinking

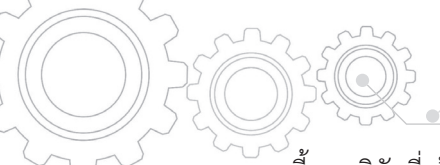
บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลให้ระบบการศึกษาจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนจากการถ่ายทอดความรู้ไปสู่การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิด วิเคราะห์ ออกแบบ แก้ปัญหา และสร้างนวัตกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ผู้เรียนจำเป็นต้องมีทักษะด้านเทคโนโลยี การคิดเชิงระบบ การคิดสร้างสรรค์ และการออกแบบนวัตกรรม เพื่อรองรับบริบทของเศรษฐกิจดิจิทัลและสังคมฐานนวัตกรรม เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ Internet of Things (IoT) เป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงอุปกรณ์ เช่น เซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบเครือข่าย และระบบคลาวด์เข้าด้วยกัน ทำให้อุปกรณ์สามารถเก็บรวบรวม ส่งผ่าน วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ [1] จึงมีศักยภาพสูงในการนำมาใช้เป็นฐานของการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและการพัฒนานวัตกรรม

ในบริบทการศึกษา IoT มิได้เป็นเพียงเครื่องมือดิจิทัลสำหรับอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังเป็นสื่อกลางที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์จริง ผ่านการสังเกตปัญหา การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบระบบ การสร้างต้นแบบ และการทดสอบการทำงานของชิ้นงาน กระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งเน้นให้ผู้เรียน

เข้าใจปัญหา กำหนดปัญหา สร้างแนวคิด พัฒนาต้นแบบ และปรับปรุงผลงานจากผลการทดสอบ [2] ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ IoT จึงมีความเหมาะสมต่อการพัฒนาความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม เพราะผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการแปลงปัญหาให้เป็นแนวคิด ออกแบบแนวทางแก้ปัญหา และสร้างต้นแบบที่สามารถใช้งานได้จริง

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่างานวิจัยด้าน IoT ทางการศึกษาในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและครอบคลุมหลายมิติ เช่น การออกแบบรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ IoT และ Cloud Computing เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ที่มีความหมายของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งพบว่ารูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด และประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ Smart Teaching, Smart Classroom และ Smart Learning [3] งานวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมและปัญหาการใช้อินเทอร์เน็ตในสถานศึกษาในยุค IoT พบว่านักศึกษามีพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตในระดับสูง แต่ยังมีปัญหาด้านอุปกรณ์และระบบเครือข่ายที่ไม่สามารถรองรับการใช้งานได้ครอบคลุม [4] ขณะที่งานวิจัยด้านการบริหารสถานศึกษาพบว่าปัจจัยเชิงสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับและการใช้ IoT ในสถานศึกษามีหลายองค์ประกอบ เช่น ทักษะการบริหาร การรับรู้ความสามารถของตนเอง พฤติกรรมตามแผน และการยอมรับเทคโนโลยี [5]



นอกจากนี้ งานวิจัยที่เน้นการใช้ IoT เพื่อสร้างหรือพัฒนาชิ้นงานนวัตกรรมพบว่า หลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม IoT เพื่อสร้างนวัตกรรมดิจิทัลของผู้เรียนมีองค์ประกอบของหลักสูตรที่เหมาะสม และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรในระดับมากที่สุด [6] งานวิจัยการพัฒนากิจกรรมหุ่นยนต์ IoT ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพบว่าการผสาน IoT กับกิจกรรมเชิงวิศวกรรมช่วยส่งเสริมทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน โดยเฉพาะการระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล และการพัฒนาหุ่นยนต์อย่างเป็นระบบ แต่ยังพบข้อจำกัดด้านการวางแผน การจัดการเวลา การทดสอบซ้ำ และการนำเสนอผลงาน [7] งานวิจัยการจัดการเรียนการสอนวิทยาการคำนวณโดยใช้โครงงานเป็นฐานในเทคโนโลยี IoT พบว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมความเป็นนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนด [8] ส่วนงานวิจัยด้านการพัฒนาต้นแบบระบบถังขยะ IoT และระบบประเมินความพึงพอใจด้วย IoT แสดงให้เห็นว่า IoT สามารถนำไปใช้สร้างระบบต้นแบบที่เก็บข้อมูล แสดงผล และสนับสนุนการตัดสินใจได้จริง [9-10]

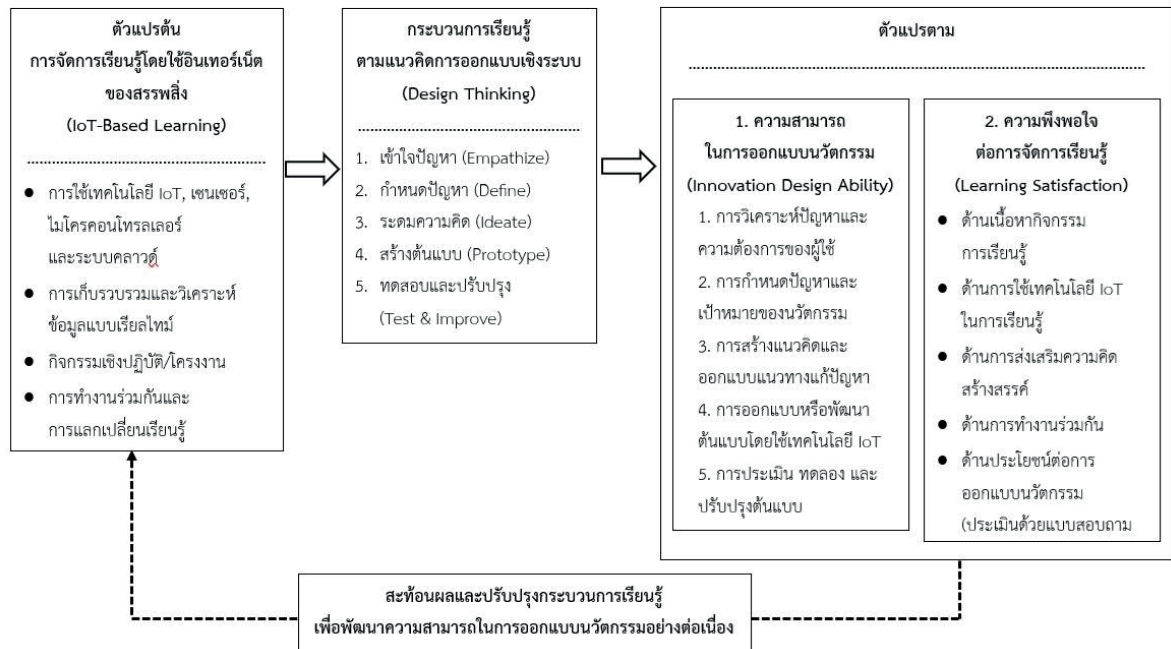
อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณางานวิจัยดังกล่าวในเชิงช่องว่างการวิจัย พบว่า งานวิจัยจำนวนมากมุ่งศึกษาการพัฒนาแบบการเรียนรู้ ความเหมาะสมของหลักสูตร การใช้ IoT เพื่อบริหารจัดการหรือสร้างระบบต้นแบบเฉพาะด้าน ตลอดจนการพัฒนาความเป็นนวัตกรรมหรือทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในระดับโรงเรียน แต่ยังมียงานวิจัยจำนวนน้อยที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ IoT ที่มีต่อ “ความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม” ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยตรง โดยเฉพาะการวัดผลก่อนและหลังเรียนจากภาระงานการออกแบบนวัตกรรมที่ครอบคลุมองค์ประกอบของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ช่องว่างดังกล่าวชี้ให้เห็นความจำเป็นในการวิจัยที่เชื่อมโยง IoT ในฐานะเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงปฏิบัติกับกระบวนการออกแบบนวัตกรรมอย่างเป็นระบบ และประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียนทั้ง

ด้านความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมและความพึงพอใจต่อการเรียนรู้

ในการวิจัยครั้งนี้ ความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถของนักศึกษาในการประยุกต์ใช้ความรู้ เทคโนโลยี IoT และกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เพื่อวิเคราะห์ปัญหา สร้างแนวคิด พัฒนาต้นแบบ และปรับปรุงนวัตกรรมที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยประเมินจาก 5 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ (Empathize) (2) การกำหนดปัญหาและเป้าหมายของนวัตกรรม (Define) (3) การสร้างแนวคิดและออกแบบแนวทางแก้ปัญหา (Ideate) (4) การออกแบบหรือพัฒนาต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยี IoT (Prototype) และ (5) การประเมินทดลอง และปรับปรุงต้นแบบ (Test) ซึ่งสังเคราะห์จากแนวคิด Design Thinking ของ Plattner, Meinel และ Leifer [11-13] นิยามดังกล่าวใช้เป็นฐานในการพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมให้สอดคล้องกับตัวแปรหลักของการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้ ตั้งอยู่บนแนวคิดว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นตัวแปรต้นที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงผ่านอุปกรณ์ IoT เซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และระบบคลาวด์ โดยจัดกิจกรรมตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ได้แก่ การเข้าใจปัญหา การกำหนดปัญหา การระดมความคิด การสร้างต้นแบบ และการทดสอบ (รูปที่ 1) ผลจากกระบวนการดังกล่าวคาดว่าจะส่งผลต่อความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาในด้านการวิเคราะห์ปัญหา การกำหนดแนวคิด การออกแบบต้นแบบ และการปรับปรุงผลงาน นอกจากนี้ ประสพการณ์การเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ การใช้เทคโนโลยีจริง และการสร้างชิ้นงานที่มีความหมายต่อผู้เรียน ย่อมส่งผลต่อความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วย

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ดังนั้น การวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่มีต่อความสามารถในการ ออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี จึง มีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ กล่าวคือ ในเชิงวิชาการ งานวิจัยนี้ช่วยเติมเต็ม ช่องว่างขององค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้ IoT เพื่อพัฒนา ความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของผู้เรียน ระดับอุดมศึกษา ส่วนในเชิงปฏิบัติ ผลการวิจัย สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการ เรียนรู้ที่บูรณาการเทคโนโลยี IoT กับกระบวนการคิด เชิงออกแบบ เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะด้านการ สร้างนวัตกรรมที่สอดคล้องกับความต้องการของสังคม ดิจิทัลและการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการ ออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาก่อนและหลังการ จัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อ การจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

สมมติฐานการวิจัย นักศึกษาที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ IoT มีความสามารถในการออกแบบ

นวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตการวิจัย การวิจัยเรื่องผลการจัดการ เรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ที่มีต่อ ความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี กำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ที่มีต่อความสามารถในการออกแบบ นวัตกรรมของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยการจัด กิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการเทคโนโลยี IoT ร่วมกับ กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจ ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ (Empathize) การ กำหนดปัญหาและเป้าหมายของนวัตกรรม (Define) การสร้างแนวคิดและออกแบบแนวทางแก้ปัญหา (Ideate) การพัฒนาต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยี IoT (Prototype) การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง ต้นแบบ (Test) โดยศึกษาตัวแปรตาม 2 ด้าน ได้แก่

- 1) ความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม ซึ่ง

ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ การกำหนดปัญหาและเป้าหมายของนวัตกรรม การสร้างแนวคิดและออกแบบแนวทางแก้ปัญหา การออกแบบหรือพัฒนาต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยี IoT การประเมิน ทดลอง และปรับปรุงต้นแบบ

2) ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน ได้มาโดยการเลือกแบบอาสาสมัคร (Volunteer Sampling) การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบอาสาสมัครมีความเหมาะสมกับลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยการเข้าร่วมอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการทดลอง การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ IoT รวมทั้งการพัฒนาต้นแบบนวัตกรรมที่ต้องใช้เวลาในการฝึกปฏิบัติ ผู้วิจัยจึงเปิดโอกาสให้นักศึกษาที่มีความสนใจและสามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ครบทุกคาบเรียนเข้าร่วมการวิจัยเพื่อให้การดำเนินการทดลองเป็นไปอย่างต่อเนื่องและลดปัญหาการขาดหายของข้อมูลระหว่างการทดลอง

ขอบเขตด้านพื้นที่ การวิจัยดำเนินการ ณ ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร

ขอบเขตด้านเวลา การวิจัยดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 8 คาบเรียน และดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนพฤษภาคม 2568 - กันยายน 2568

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยก่อนทดลอง (Pre-experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design)

การพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการวิจัย สิทธิในการถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกเมื่อโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลการเรียน และลงนามในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Informed Consent) ก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) จำนวน 8 คาบ คาบละ 2 ชั่วโมง มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

คาบที่ 1 - ขั้นที่ 1 Empathize : การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ ผู้เรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาจริง สำรวจความต้องการของผู้ใช้ และเก็บรวบรวมข้อมูลจากบริบทจริง เพื่อนำไปสู่การกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข

คาบที่ 2 - ขั้นที่ 2 Define : การกำหนดปัญหาและเป้าหมายของนวัตกรรม ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ สังเคราะห์ประเด็นปัญหา กำหนดขอบเขตของปัญหา และกำหนดเป้าหมายของนวัตกรรมที่ต้องการพัฒนา

คาบที่ 3 และ 4 - ขั้นที่ 3 Ideate : การสร้างแนวคิดและออกแบบแนวทางแก้ปัญหา ผู้เรียนศึกษาความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยี IoT ได้แก่ เซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบเครือข่าย และแพลตฟอร์มคลาวด์ จากนั้นระดมความคิดเพื่อสร้างแนวทางแก้ปัญหาและออกแบบนวัตกรรม

คาบที่ 5, 6 และ 7 - ขั้นที่ 4 Prototype : การออกแบบและพัฒนาต้นแบบนวัตกรรม IoT ผู้เรียนออกแบบโครงสร้างระบบ พัฒนาต้นแบบนวัตกรรมโดยใช้อุปกรณ์ IoT เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ และทดสอบการทำงานเบื้องต้นของระบบ

คาบที่ 8 - ขั้นที่ 5 Test : การประเมิน ทดลอง และปรับปรุงต้นแบบ ผู้เรียนทดลองใช้งานต้นแบบ ประเมินประสิทธิภาพ รับข้อเสนอแนะจากผู้ใช้หรือ

เพื่อนร่วมชั้น ปรับปรุงต้นแบบ และนำเสนอผลงาน พร้อมสะท้อนผลการเรียนรู้

จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี IoT ระดับปริญญาเอกและมีประสบการณ์ด้าน IoT ไม่น้อยกว่า 5 ปี ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา ระดับปริญญาเอกและมีประสบการณ์สอนระดับอุดมศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา ระดับปริญญาเอกและมีผลงานวิจัยด้านการพัฒนาเครื่องมือวิจัย ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดผล โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) พบว่ามีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.2 แบบประเมินความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม

ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมในรูปแบบภาระงานเชิงสถานการณ์ (Scenario-Based Innovation Design Performance Task) โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่ต้องการการแก้ไขด้วยเทคโนโลยี IoT และให้ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ทั้งนี้การประเมินใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกเชิงวิเคราะห์ (Analytic Rubric) คะแนนเต็ม 100 คะแนน เกณฑ์การประเมินประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ดังนี้ การวิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ (20 คะแนน) การกำหนดปัญหาและเป้าหมายของนวัตกรรม (20 คะแนน) การสร้างแนวคิดและออกแบบแนวทางแก้ปัญหา (20 คะแนน) การออกแบบหรือพัฒนาต้นแบบโดยใช้เทคโนโลยี IoT (20 คะแนน) การประเมิน ทดลอง และปรับปรุงต้นแบบ (20 คะแนน) แต่ละองค์ประกอบกำหนดระดับคุณภาพ 5 ระดับ (1–5) ตามรายละเอียดของเกณฑ์การประเมิน

ผู้วิจัยนำภาระงานเชิงสถานการณ์สำหรับการออกแบบนวัตกรรม (Scenario-Based Innovation Design Performance Task) พร้อมเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกเชิงวิเคราะห์ (Analytic Rubric) ไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนเต็ม พิจารณาความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม วัตถุประสงค์การวิจัย สถานการณ์ที่กำหนด และเกณฑ์การประเมิน โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) ผลการประเมินพบว่าค่า IOC ของแต่ละองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสามารถใช้วัดความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมได้ตามที่กำหนด นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความครอบคลุมขององค์ประกอบทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การกำหนดปัญหา การสร้างแนวคิด การพัฒนาต้นแบบ และการประเมินปรับปรุงต้นแบบ ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะดังกล่าวมาปรับปรุงสถานการณ์และเกณฑ์การให้คะแนนก่อนนำไปทดลองใช้

จากนั้นนำเครื่องมือไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับปริญญาตรีที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงความชัดเจนของสถานการณ์ เกณฑ์การให้คะแนน และความเหมาะสมของภาระงาน ผู้วิจัยตรวจสอบความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater Reliability) โดยให้ผู้ประเมินอิสระจำนวน 3 คน ประเมินผลงานของผู้เรียนตามเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกเชิงวิเคราะห์ (Analytic Rubric) และวิเคราะห์ความสอดคล้องของคะแนนโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) ผลการวิเคราะห์พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.89 แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินอยู่ในระดับสูง

นอกจากนี้ เพื่อป้องกันผลกระทบจากการใช้เครื่องมือซ้ำ (Testing Effect) ผู้วิจัยได้พัฒนาภาระ

งานเชิงสถานการณ์ก่อนเรียนและหลังเรียนในลักษณะคู่ขนาน (Parallel Performance Tasks) โดยทั้งสองภาระงานวัดองค์ประกอบเดียวกันของความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การกำหนดปัญหา การสร้างแนวคิด การพัฒนาต้นแบบ และการประเมินปรับปรุงต้นแบบ แต่ใช้สถานการณ์ปัญหาคนละบริบท เพื่อให้ผู้เรียนไม่สามารถใช้คำตอบเดิมในการทำแบบประเมินหลังเรียนได้โดยตรง

1.3 แบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียน

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) จำนวน 15 ข้อ แบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 ข้อ ด้านการใช้เทคโนโลยี IoT ในการเรียนรู้ จำนวน 3 ข้อ ด้านการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 3 ข้อ ด้านการทำงานร่วมกัน จำนวน 3 ข้อ และด้านด้านประโยชน์ต่อการออกแบบนวัตกรรม จำนวน 3 ข้อ ผู้วิจัยได้นำแบบวัดความพึงพอใจไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 แสดงว่าแบบวัดความพึงพอใจมีความเชื่อมั่นในระดับสูงและสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยได้อย่างเหมาะสม

2. การทดลองและเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จากนั้น จัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้จนครบ 8 แผน หลังจากนั้น ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

การควบคุมตัวแปรกวน

เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการควบคุมตัวแปรกวนที่อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษา ดังนี้

(1) เก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนก่อนการทดลอง ได้แก่ ผลการเรียนรู้เฉลี่ยสะสม (GPA) ประสบการณ์การใช้เทคโนโลยี IoT และระดับทักษะดิจิทัลพื้นฐาน เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์และอภิปรายผลการวิจัย

(2) กำหนดให้ผู้เรียนทุกคนได้รับเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ ระยะเวลาเรียน อุปกรณ์การเรียนรู้ และการวัดประเมินผลในรูปแบบเดียวกันตลอดการทดลอง เพื่อลดความแตกต่างที่อาจเกิดจากสภาพแวดล้อมการเรียนรู้

(3) ใช้อุปกรณ์ IoT ชุดเดียวกันและกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้เดียวกันสำหรับผู้เรียนทุกคน เพื่อลดผลกระทบจากความแตกต่างของทรัพยากรและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนรู้

(4) ผู้สอนเป็นบุคคลเดียวกันตลอดการทดลอง และใช้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ เพื่อควบคุมความแตกต่างด้านวิธีสอนและปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน

(5) จัดการเรียนรู้ในช่วงเวลาเดียวกันภายใต้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้เดียวกัน เพื่อลดผลกระทบจากปัจจัยด้านเวลาและบริบทการเรียนรู้

การควบคุมปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นการทำงานร่วมกัน ผู้วิจัยจึงดำเนินการควบคุมปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน ดังนี้

(1) แบ่งกลุ่มผู้เรียนให้มีจำนวนสมาชิกใกล้เคียงกัน โดยคำนึงถึงความหลากหลายของประสบการณ์ และทักษะด้านเทคโนโลยี เพื่อให้แต่ละกลุ่มมีลักษณะใกล้เคียงกันมากที่สุด

(2) กำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มอย่างชัดเจน เช่น ผู้วิเคราะห์ปัญหา ผู้ออกแบบระบบ

ผู้พัฒนาต้นแบบ และผู้นำเสนอผลงาน เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

(3) ใช้กิจกรรมการเรียนรู้และภาระงานเดียวกันสำหรับทุกกลุ่ม เพื่อลดความแตกต่างที่เกิดจากลักษณะงานที่ได้รับ

(4) ผู้สอนติดตามและกำกับการทำงานของแต่ละกลุ่มอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันการครอบงำการทำงานของสมาชิกบางคน และส่งเสริมการมีส่วนร่วมอย่างทั่วถึง

(5) กำหนดเกณฑ์การประเมินผลงานและกระบวนการทำงานร่วมกันในรูปแบบเดียวกันทุกกลุ่ม เพื่อให้การประเมินมีความเป็นธรรมและสามารถเปรียบเทียบผลได้

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมก่อนและหลังเรียนโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติ t-test แบบ Dependent Samples วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผน One-Group Pretest-Posttest Design ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อความตรงภายใน ได้แก่ History, Maturation, Testing Effect และ Statistical Regression นอกจากนี้ การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ Volunteer Sampling อาจก่อให้เกิด Selection Bias เนื่องจาก

ผู้เข้าร่วมวิจัยอาจมีแรงจูงใจและความสนใจด้านเทคโนโลยีสูงกว่านักศึกษาทั่วไป ดังนั้น การสรุปอ้างอิงผลการวิจัยไปยังนักศึกษาระดับอุดมศึกษาโดยรวมควรกระทำด้วยความระมัดระวัง และควรมีการศึกษาซ้ำโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างหรือการจัดกลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลายมากขึ้น

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

1. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาก่อนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test แบบ Dependent Sample เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ดังตารางที่ 1 จากตารางที่ 1 พบว่า นักศึกษามีคะแนนความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมหลังเรียน ($M = 82.63$, $SD = 6.92$) สูงวก่อนเรียน ($M = 54.20$, $SD = 8.75$) อย่างชัดเจน โดยมีผลต่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.43 คะแนน

ผลการทดสอบด้วยสถิติ Dependent Samples t-test พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t(29) = 15.87$, $p < 0.001$)

นอกจากนี้ ผลต่างค่าเฉลี่ยมีช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อยู่ระหว่าง 24.77 ถึง 32.09 คะแนน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งส่งผลให้คะแนนความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความแม่นยำในการประมาณค่าอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	N	M	SD	Mean Difference	95% CI of Mean Difference	t	p	Cohen's d
ก่อนเรียน	30	54.20	8.75	28.43	[24.77, 32.09]	15.87	< 0.001*	2.90
หลังเรียน	30	82.63	6.91					

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพล (Effect Size) พบว่ามีค่า Cohen's d เท่ากับ 2.90 ซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก (Very Large Effect Size) ตามเกณฑ์ของ Cohen (1988) สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาในทางปฏิบัติอย่างเด่นชัด มิใช่เพียงมีนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น

2. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งแสดงดังตารางที่ 2 จากตารางที่ 2 พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.64$, $SD = 0.51$)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน

รายการประเมิน	Mean	SD	ระดับ
ด้านเนื้อหากิจกรรมการเรียนรู้			
1. เนื้อหาการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.61	0.55	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	4.65	0.50	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน	4.63	0.49	มากที่สุด
รวม	4.63	0.51	มากที่สุด
ด้านการใช้เทคโนโลยี IoT ในการเรียนรู้			
4. อุปกรณ์และเทคโนโลยี IoT มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.72	0.44	มากที่สุด
5. การใช้ IoT ช่วยให้เกิดความเข้าใจในการออกแบบนวัตกรรม	4.69	0.47	มากที่สุด
6. การใช้งานอุปกรณ์ IoT มีความสะดวกและไม่ซับซ้อน	4.69	0.48	มากที่สุด
รวม	4.70	0.46	มากที่สุด
ด้านการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์			
7. กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้คิดค้นแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหา	4.56	0.55	มากที่สุด
8. การเรียนรู้ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรม	4.61	0.52	มากที่สุด
9. การเรียนรู้ช่วยให้สามารถพัฒนาแนวคิดสู่ต้นแบบนวัตกรรมได้	4.57	0.54	มากที่สุด
รวม	4.58	0.54	มากที่สุด
ด้านการทำงานร่วมกัน			
10. กิจกรรมส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เรียน	4.57	0.57	มากที่สุด
11. ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.53	0.60	มากที่สุด
12. การทำงานกลุ่มช่วยให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน	4.55	0.57	มากที่สุด
รวม	4.55	0.58	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ต่อการออกแบบนวัตกรรม			
13. ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปใช้ในการออกแบบนวัตกรรมได้จริง	4.74	0.46	มากที่สุด
14. การเรียนรู้ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการพัฒนานวัตกรรม	4.70	0.49	มากที่สุด
15. การเรียนรู้ช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการสร้างนวัตกรรม	4.72	0.48	มากที่สุด
รวม	4.72	0.48	มากที่สุด
รวมทั้งหมด	4.64	0.51	มากที่สุด

หมายเหตุ: การแปลผลค่าเฉลี่ยใช้เกณฑ์ 5 ระดับ โดยค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านประโยชน์ต่อการออกแบบนวัตกรรม ($M = 4.72, SD = 0.48$) รองลงมา คือ ด้านการใช้เทคโนโลยี IoT ในการเรียนรู้ ($M = 4.70, SD = 0.46$) ด้านเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ ($M = 4.63, SD = 0.51$) ด้านการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ($M = 4.58, SD = 0.54$) และด้านการทำงานร่วมกัน ($M = 4.55, SD = 0.58$) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ “ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปใช้ในการออกแบบนวัตกรรมได้จริง” ($M = 4.74, SD = 0.46$) รองลงมา คือ “อุปกรณ์และเทคโนโลยี IoT มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้” ($M = 4.72, SD = 0.44$) และ “การเรียนรู้ช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการสร้างนวัตกรรม” ($M = 4.72, SD = 0.48$)

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ทั้งในด้านเนื้อหา กระบวนการเรียนรู้ การใช้เทคโนโลยี การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกัน และการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อการออกแบบนวัตกรรม

สรุปผลการวิจัย

นักศึกษามีความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($t(29) = 15.87, p < 0.001$) โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 54.20 คะแนน ($SD = 8.75$) และหลังเรียนเท่ากับ 82.63 คะแนน ($SD = 6.91$) มีผลต่างค่าเฉลี่ยเท่ากับ 28.43 คะแนน (95% $CI = 24.77-32.09$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's $d = 2.90$)

นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.64, SD = 0.51$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านประโยชน์ต่อการออกแบบนวัตกรรมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($M = 4.72, SD = 0.48$) รองลงมา คือ ด้านการใช้เทคโนโลยี IoT ในการเรียนรู้ ($M = 4.70, SD = 0.46$) ด้านเนื้อหาและกิจกรรมการ

เรียนรู้ ($M = 4.63, SD = 0.51$) ด้านการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ($M = 4.58, SD = 0.54$) และด้านการทำงานร่วมกัน ($M = 4.55, SD = 0.58$) ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยพัฒนาความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษา

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's $d = 2.90$) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสามารถส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากกรอบแนวคิด Design Thinking ของ Brown [11] และ Plattner et al. [12] ซึ่งเสนอว่าการสร้างนวัตกรรมเกิดจากกระบวนการที่เริ่มจากการทำความเข้าใจปัญหาและความต้องการของผู้ใช้ (Empathize) การกำหนดปัญหา (Define) การสร้างแนวคิด (Ideate) การพัฒนาต้นแบบ (Prototype) และการทดสอบปรับปรุง (Test) โดยกิจกรรมการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบให้ผู้เรียนได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้กับการปฏิบัติจริงและพัฒนานวัตกรรมได้เป็นระบบมากขึ้น

นอกจากนี้ เทคโนโลยี IoT มีลักษณะสำคัญที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสถานการณ์จริงผ่านการเก็บข้อมูล การเชื่อมต่ออุปกรณ์ และการสร้างต้นแบบที่สามารถใช้งานได้จริง ทำให้ผู้เรียนเห็นผลลัพธ์ของการออกแบบได้ทันที ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึกและการแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Smart Learning Environment ที่เน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงและการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ [13-14]

ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Samok and Jeerungsuwan [3] ที่พบว่าในการบูรณาการ IoT และ Cloud Computing สามารถสนับสนุนการเรียนรู้ที่มีความหมายในระดับอุดมศึกษาได้ เนื่องจากผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลและทรัพยากรการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง รวมทั้งยังสอดคล้องกับ Paliktzoglou และ Vlachopoulou [15] ที่สรุปจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบว่า IoT ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) การเรียนรู้แบบผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

นอกจากนี้ ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสอดคล้องกับ Kaewta et al. [6] ที่พบว่าการใช้แพลตฟอร์ม IoT สามารถพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนในการสร้างนวัตกรรมดิจิทัล และสอดคล้องกับ Buachoom [7] ที่พบว่ากิจกรรมหุ่นยนต์ IoT ตามแนวทางสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของผู้เรียน รวมถึงสอดคล้องกับ Sriwanna [8] ที่รายงานว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยี IoT สามารถพัฒนาความเป็นนวัตกรรมของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตาม ขนาดอิทธิพลที่พบในงานวิจัยครั้งนี้มีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยทางการศึกษาทั่วไป จึงอาจสะท้อนลักษณะเฉพาะของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ซึ่งอาจมีแรงจูงใจด้านเทคโนโลยีสูงกว่านักศึกษาทั่วไป รวมทั้งอาจได้รับอิทธิพลจากการใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลองที่ไม่มีกลุ่มควบคุม ดังนั้นควรตีความผลด้วยความระมัดระวัง และควรมีการศึกษาซ้ำโดยใช้การออกแบบการวิจัยที่เข้มแข็งมากขึ้นในอนาคต

2. นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเรียนรู้ด้วย IoT เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ

จริง มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์จริง และสามารถสร้างผลงานที่เป็นรูปธรรมได้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาทางทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง ส่งผลให้เกิดแรงจูงใจและความรู้สึกมีคุณค่าในการเรียนรู้

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Ghashim และ Arshad [1] ที่ระบุว่า IoT ช่วยเปลี่ยนบทบาทของผู้เรียนจากผู้รับสารไปเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ และสอดคล้องกับ Hsiao et al. [2] ที่พบว่าการใช้เครื่องมือการเรียนรู้ที่พัฒนาบนพื้นฐาน IoT ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านประโยชน์ต่อการออกแบบนวัตกรรมมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($M = 4.72$) อาจเนื่องจากผู้เรียนสามารถนำความรู้และทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบนวัตกรรมได้จริง ผู้เรียนจึงรับรู้ถึงคุณค่าของกิจกรรมการเรียนรู้ในเชิงวิชาชีพและการนำไปใช้ในอนาคต สอดคล้องกับแนวคิด Education 2030 ของ OECD [16] ที่เน้นว่าการศึกษาควรพัฒนาความสามารถในการสร้างคุณค่าใหม่ (Creating New Value) และการแก้ปัญหาในโลกจริง

ในทางตรงกันข้าม ด้านการทำงานร่วมกันมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด แม้ยังอยู่ในระดับมากที่สุดก็ตาม ($M = 4.55$) ซึ่งอาจสะท้อนให้เห็นว่า การพัฒนานวัตกรรม IoT จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางเทคนิคและการแบ่งบทบาทการทำงานที่ชัดเจน ผู้เรียนบางส่วนอาจยังขาดประสบการณ์ในการทำงานเป็นทีม หรือมีความแตกต่างด้านความรู้พื้นฐานและทักษะดิจิทัล ส่งผลให้การทำงานร่วมกันมีความท้าทายมากกว่าด้านอื่น ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Buachoom [7] ที่รายงานว่าผู้เรียนมักประสบปัญหาในการประสานงาน การวางแผน และการจัดการเวลาระหว่างการพัฒนาชิ้นงาน IoT

นอกจากนี้ ผลการวิจัยครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งไม่เพียงส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ด้านการออกแบบนวัตกรรมเท่านั้น แต่ยังช่วยสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่

ผู้เรียนรับรู้ว่ามีคุณค่าและสามารถนำไปใช้ได้จริง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงออกแบบที่มุ่งให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ผลงานและการแก้ปัญหาในบริบทจริง

อย่างไรก็ดี แม้ว่าการวิจัยครั้งนี้จะพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งส่งผลเชิงบวกต่อความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลการศึกษาดังกล่าวไม่ได้สอดคล้องกับข้อค้นพบบางส่วนของงานวิจัยก่อนหน้านี้ ซึ่งรายงานว่า การนำ IoT มาใช้ในการศึกษายังเผชิญข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน ความแตกต่างของทักษะดิจิทัลของผู้เรียน ปัญหาด้านเทคนิค และความพร้อมของผู้สอน [1, 4, 15] ความแตกต่างของผลการวิจัยอาจเกิดจากบริบทของการจัดการเรียนรู้ในงานวิจัยครั้งนี้ที่มีการออกแบบกิจกรรมตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบอย่างเป็นระบบ มีการจัดเตรียมอุปกรณ์ IoT ให้เพียงพอ และให้คำแนะนำระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการสร้างต้นแบบนวัตกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าบริบทที่ผู้เรียนต้องเผชิญข้อจำกัดด้านเทคนิคหรือทรัพยากรการเรียนรู้ นอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างนี้เป็นนักศึกษาที่สมัครใจเข้าร่วมการทดลอง ซึ่งอาจมีแรงจูงใจและความสนใจด้านเทคโนโลยีสูงกว่าผู้เรียนทั่วไป จึงอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ผลวิจัยแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้

3. ผลกระทบของตัวแปรกวนต่อผลการวิจัย

แม้ว่าผลการวิจัยจะพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งส่งผลให้ความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของนักศึกษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's $d = 2.90$) แต่ผลการวิจัยอาจได้รับอิทธิพลจากตัวแปรกวนบางประการที่ไม่สามารถควบคุมได้อย่างสมบูรณ์

ประการแรก ผู้เรียนอาจมีความแตกต่างกันในด้านประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับเทคโนโลยี IoT และทักษะดิจิทัลพื้นฐาน แม้ว่าผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลดังกล่าว

ไว้ประกอบการวิเคราะห์แล้วก็ตาม ผู้เรียนที่มีพื้นฐานด้านเทคโนโลยีมากกว่าอาจสามารถเรียนรู้และพัฒนาต้นแบบนวัตกรรมได้รวดเร็วกว่าผู้เรียนที่มีประสบการณ์น้อย

ประการที่สอง ความแตกต่างด้านผลการเรียนเฉลี่ยสะสมและศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนอาจส่งผลต่อความสามารถในการทำความเข้าใจเนื้อหาและการประยุกต์ใช้ความรู้ในการออกแบบนวัตกรรม ซึ่งอาจมีส่วนทำให้ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนแตกต่างกัน

ประการที่สาม การจัดกิจกรรมในลักษณะการทำงานกลุ่มอาจทำให้เกิดอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน เช่น การแลกเปลี่ยนความรู้ การช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม หรือภาวะผู้นำของสมาชิกบางคน ซึ่งอาจส่งผลต่อระดับการเรียนรู้และการพัฒนาความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมของผู้เรียนแต่ละคนแตกต่างกัน

นอกจากนี้ การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากภัยคุกคามต่อความตรงภายใน เช่น ผลของการทดสอบก่อนเรียน (Testing Effect) การเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของผู้เรียน (Maturation Effect) และเหตุการณ์ภายนอกที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง (History Effect) ดังนั้น แม้ว่าผลการวิจัยจะสะท้อนแนวโน้มเชิงบวกของการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง แต่ควรตีความผลด้วยความระมัดระวัง และควรมีการศึกษาซ้ำโดยใช้รูปแบบการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุมเพื่อยืนยันผลการวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. อาจารย์ผู้สอนในระดับอุดมศึกษาสามารถนำแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ร่วมกับกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบนวัตกรรม การคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาเชิงระบบของผู้เรียน

2. สถาบันการศึกษาควรสนับสนุนการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนา



นวัตกรรม เช่น การจัดหาอุปกรณ์ IoT เซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบเครือข่าย และแพลตฟอร์มคลาวด์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติและพัฒนาต้นแบบนวัตกรรมจากสถานการณ์จริง

3. ผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ดำเนินการตามกระบวนการ Design Thinking อย่างครบถ้วน ตั้งแต่การศึกษาปัญหา การกำหนดปัญหา การสร้างแนวคิด การพัฒนาต้นแบบ และการทดสอบปรับปรุง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึกและสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้สู่การสร้างนวัตกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม

4. เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าด้านการทำงานร่วมกันมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น แม้จะอยู่ในระดับมากที่สุดก็ตาม ผู้สอนจึงควรส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้แบบทีม การกำหนดบทบาทหน้าที่ในกลุ่ม และการใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันให้มากขึ้น

5. ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาหลักสูตรหรือรายวิชาที่มุ่งพัฒนาทักษะด้านนวัตกรรม เทคโนโลยีดิจิทัล และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 สำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษา

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งโดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองที่มีกลุ่มควบคุม (True Experimental Design หรือ Quasi-Experimental Design) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยและลดภัยคุกคามต่อความตรงภายใน

2. ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังนักศึกษาในสาขาวิชาอื่นหรือมหาวิทยาลัยอื่น เพื่อศึกษาความสามารถในการประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้ในบริบทที่หลากหลาย และเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยังประชากรในวงกว้าง

3. ควรศึกษาตัวแปรอื่นที่อาจได้รับอิทธิพลจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานร่วมกัน สมรรถนะดิจิทัล และความเป็นผู้ประกอบการนวัตกรรม

4. ควรดำเนินการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเพิ่มเติมจากการสัมภาษณ์ การสังเกต หรือการวิเคราะห์ชิ้นงาน เพื่ออธิบายกลไกและกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมได้ดียิ่งขึ้น

5. ควรศึกษาผลของการใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับเทคโนโลยีดิจิทัลอื่น เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics) หรือความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้และการพัฒนานวัตกรรมของผู้เรียน

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งเป็นการวิจัยก่อนทดลอง (Pre-experimental Design) จึงอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งหมด เช่น เหตุการณ์ภายนอกระหว่างการทดลอง (History Effect) การเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของผู้เรียน (Maturation Effect) และผลจากการทดสอบก่อนเรียน (Testing Effect)

2. กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกแบบอาสาสมัคร (Volunteer Sampling) ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยอาจมีความสนใจหรือแรงจูงใจด้านเทคโนโลยีสูงกว่านักศึกษาทั่วไป ส่งผลให้การอ้างอิงผลการวิจัยไปยังประชากรทั้งหมดควรดำเนินการด้วยความระมัดระวัง

3. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหงเพียงแห่งเดียว จึงอาจมีข้อจำกัดด้านความสามารถในการสรุปอ้างอิงผลไปยังผู้เรียนในบริบทอื่น

4. แม้ว่าผู้วิจัยจะพยายามควบคุมสภาพการเรียนรู้ให้เหมือนกันทุกกลุ่ม แต่ผู้เรียนอาจมีความแตกต่างกันในด้านประสบการณ์การใช้เทคโนโลยี IoT ทักษะดิจิทัลพื้นฐาน และประสบการณ์การพัฒนาวัตกรรม ซึ่งอาจส่งผลต่อผลลัพธ์ของการวิจัย

5. การประเมินความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมเป็นการวัดผลในช่วงเวลาหลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทันที ซึ่งยังไม่สามารถสะท้อนความคงทนของความรู้และทักษะในระยะยาวได้ ดังนั้นควรมีการศึกษาติดตามผลในระยะยาวเพิ่มเติมในอนาคต (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ IoT

เอกสารอ้างอิง

[1] Ghashim, I. A. and Arshad, M. (2023). IoT-based teaching and learning: Modern trends and open challenges. *Sustainability*, vol. 15(21), p.15656.

[2] Hsiao, H. C., Shieh, M. D., Wu, C. H., Hsiao, Y. T., and Chang, J. F. (2025). Innovative design of Internet of things-based intelligent teaching tools using quality function deployment. *Engineering Proceedings*, vol. 108, p. 17.

[3] Sarnok, K. and Jeerungsuwan, N. (2019). Design of learning styles using Internet of Thing (IoT) and cloud computing to support meaningful learning for higher education students. *Journal of Southern Technology*, vol. 12(1), pp. 92-102.

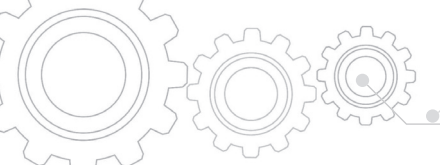
[4] Imwilaiwan, A. (2020). Behavior and problems of internet accessing in educational Institution in Internet of Things (IoT). *Mahachula Academic Journal*, vol. 7(3), pp. 186-97.

[5] Aiempjinda, J., Punngam, A., and Phumphongkhochasorn, P. (2024). Causal factors and guidelines for using Internet of Things (IoT) technology in school administration: The secondary educational service area lower central region 1. *Journal of Multidisciplinary in Humanities and Social Sciences*, vol. 7(4), pp. 2431-2446.

[6] Kaewta, C., Makdee, D., Inthasaen, K., Makdee, T. and Wannathong, A. (2020). The development of training courses on the application of IoT platforms to create learners' digital innovations. *Journal of humanities and social sciences surin rajabhat university*. vol. 22(2), pp. 39-52.

[7] Buachoom, E. (2024). Development of integrated IoT robotics activities based on STEAM education to enhance engineering design process skills for students in the digital age. *Journal of Inclusive and Innovative Education*, vol. 8(3), pp. 137-151.

[8] Sriwanna, S. (2024). Development of a project-based computational science teaching model in develop IoT technology to enhance computational performance and innovation for high school students with



different skill levels. *CRMA Journal*, vol. 22, pp. 47-57.

[9] Uttamasiriseni, C. and Tanyaporn hirun, N. (2021). The development of IoT smart trash system model for online solid waste management at the primary school: The development of IOT smart trash system model for online solid waste management at the primary school. *Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal*, vol. 7(1), pp. 54-63.

[10] Pangerd, S. and Duangmeun, W. (2022). IoT prototype for post-test's satisfaction of students' kindergarten. *Engineering Journal Chiang Mai University*, vol. 29(2), pp. 40-46.

[11] Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, vol. 86(6), pp. 84-92.

[12] Plattner, H., Meinel, C. and Leifer, L. (2011). *Design thinking: Understand, improve, apply*. Springer.

[13] Institute of Design at Stanford. (2018). *An introduction to design thinking process guide*. Hasso Plattner Institute of Design at Stanford University.

[14] Jayousi, S., Lucattini, P., Petti, L., Bruni, F. and Mucchi, L. (2025). Smart learning by design: A framework for IoT-driven adaptive classrooms. *Education Sciences*, vol. 15(10), p. 1338.

[15] Paliktzoglou, V. and Vlachopoulou, O. (2024). Exploring the educational transformations: A systematic literature review on the influence of the Internet of Things in higher education. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, vol. 11(1), pp. 1-9.

[16] OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing.