การพัฒนาชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W เพื่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ สำหรับผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

The Development of an Embedded Systems and Internet of Things Training Kit using Raspberry Pi Pico W for Practical Learning for Information Technology Students

ธฤต ไชยมงคล[1*]
Tharit Chaimongkhol[1*]

(วันรับบทความ : 30 สิงหาคม 2568/วันแก้ไขบทความ : 5 กุมภาพันธ์ 2569/วันตอบรับบทความ : 9 กุมภาพันธ์ 2569)
(Received Date : August 30, 2025, Revised Date : February 5, 2026, Accepted Date : February 9, 2026)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและประเมินคุณภาพของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W เพื่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติของผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ 2) ทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกตามเกณฑ์มาตรฐาน E1/E2 = 75/75 และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้ชุดฝึก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 ของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จำนวน 24 คน ได้มาโดยการเลือกแบบสะดวก (convenience sampling) ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดฝึก ใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และการทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Samples)

ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดฝึกมีคุณภาพจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63, SD = 0.41) 2) ประสิทธิภาพของชุดฝึก E1/E2 เท่ากับ 75.15/76.63 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และ 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(23) = 15.32$, $p < .001$) โดยมีคะแนนผลต่างเฉลี่ยเท่ากับ 10.45 (95% CI [9.04, 11.86]) และมีขนาดอำนาจผลในระดับใหญ่มาก (Cohen's $d_{(z)} = 3.13$) ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าชุดฝึกที่บูรณาการโมดูลการเรียนรู้ไว้บนแพลตฟอร์มเดียวช่วยลดภาระด้านฮาร์ดแวร์ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถมุ่งเน้นการเขียนโปรแกรมและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้จัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

คำสำคัญ: สมองกลฝังตัว, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, Raspberry Pi Pico W, ชุดฝึก, การจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

1* อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1
1* Lecturer, Information Technology Program, Chiang Mai Technical College, Northern Vocational Education Institute 1
* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 099-6314865 อีเมล: tharitc@gmail.com
* Corresponding Author, Tel. +66996314865 e-mail: tharitc@gmail.com
Doi: 10.14416/j.ftee.2026.04.02

Abstract

The objectives of this research were to 1) develop and evaluate the quality of an Embedded Systems and Internet of Things (IoT) training kit using Raspberry Pi Pico W for practical learning of Information Technology students, 2) test the efficiency of the training kit according to the standard criterion E1/E2 = 75/75, and 3) compare the learning achievement of students before and after using the training kit. The sample group consisted of 24 second-year Higher Vocational Certificate students from an institution under the Office of the Vocational Education Commission, selected via convenience sampling. The research employed a one-group pretest-posttest design. The research instruments included the training kit, worksheets, and a learning achievement test. Data were analyzed using descriptive statistics and a t-test for dependent samples.

The results revealed that 1) The training kit had quality as evaluated by experts at the highest level ($\bar{x}$ = 4.63, SD = 0.41). 2) The efficiency of the training kit (E1/E2) was 75.15/76.63, which was higher than the specified criterion. and 3) The post-learning achievement was significantly higher than the pre-learning achievement at the .05 level ($t(23) = 15.32$, $p < .001$), with a mean difference of 10.45 points (95% CI [9.04, 11.86]) and a very large effect size (Cohen's $d_{(z)} = 3.13$). The research results indicate that the training kit, which integrates learning modules onto a single platform, helps reduce hardware complexity. This results in learners being able to focus on programming and problem-solving more efficiently, making it suitable for practical learning management.

Keywords: Embedded Systems, Internet of Things (IoT), Raspberry Pi Pico W, Training Kit, Vocational Education, Learning Achievement.

บทนำ

ในยุคดิจิทัล เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) และระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) ได้กลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของภาคอุตสาหกรรมและบริการสมัยใหม่ โดยจำนวนอุปกรณ์ IoT ทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง [1] ส่งผลให้ความต้องการบุคลากรที่มีทักษะดิจิทัลขั้นสูงในตลาดแรงงานขยายตัวตามไปด้วย [2] ภายใต้บริบทดังกล่าว สถานศึกษาสายอาชีพจำเป็นต้องมีสื่อการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติได้จริง และเชื่อมโยงการทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ (31901) ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ได้บรรจุรายวิชาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวันไว้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน [3]

อย่างไรก็ตาม จากสภาพการจัดการเรียนการสอนจริงในรายวิชาที่ต้องบูรณาการ ระบบสมองกลฝังตัว และ IoT มักพบอุปสรรคที่สำคัญ ได้แก่ ภาระความซับซ้อนในการต่อวงจรฮาร์ดแวร์ การแก้ปัญหาการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้เวลานานและเวลาที่จำกัดสำหรับการพัฒนาโปรแกรม ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถเข้าถึงแก่นของการคิดเชิงอัลกอริทึมและการแก้ปัญหาได้เท่าที่ควร งานวิจัยภายในประเทศสะท้อนความพยายามในการแก้ปัญหานี้อย่างต่อเนื่องผ่านการพัฒนาชุดฝึกในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ ชุดแบบฝึกหัดไมโครคอนโทรลเลอร์และหุ่นยนต์ [4] ชุดฝึก PLC–Pneumatic [5] สื่อชุดฝึกอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องเสียงในห้องปฏิบัติการ [6] ชุดการสอนควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วย PLC [7] ชุดฝึกเพื่อเกษตรอัจฉริยะ [8] และชุดฝึกด้านทำความเย็นแบบโมดูลาร์ [9] งานเหล่านี้ส่วนใหญ่รายงานผลเชิงบวกเมื่อใช้กระบวนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (hands-on) ควบคู่กับการประเมินคุณภาพสื่อด้วยเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยร่วมสมัย

ที่นำเสนอชุดกิจกรรมออนไลน์ร่วมกับบอร์ดสมองกลฝังตัว ซึ่งสามารถบรรลุเกณฑ์ E1/E2 และช่วยยกระดับทักษะการพัฒนาโปรแกรมได้จริง [10]

ในระดับสากล แนวทางการใช้ชุดการเรียนรู้ (learning kits) เพื่อยกระดับการเรียนรู้ทางด้านระบบสมองกลฝังตัวและ IoT ได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ควบคู่กับความนิยมของแพลตฟอร์ม Raspberry Pi Pico W เนื่องจาก (1) การรองรับภาษา MicroPython ซึ่งลดอุปสรรคในการเริ่มต้นเรียนรู้เมื่อเทียบกับภาษาเชิงระบบแบบดั้งเดิม (2) การมีโมดูล Wi-Fi บนบอร์ด (on-board Wi-Fi) ในรุ่น Pico W ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างต้นแบบ IoT ในชั้นเรียน และ (3) ราคาย่อมเยาและเข้าถึงได้ง่าย จึงเหมาะสมกับบริบทของอาชีวศึกษา [11] – [14] อย่างไรก็ดี ในบริบทของประเทศไทยยังขาดแคลนสื่อการสอนที่รวบรวมโมดูลจำเป็นไว้บนบอร์ดเดียวเพื่อลดภาระด้านฮาร์ดแวร์ และลดข้อผิดพลาดจากการต่อวงจร ซึ่งจะช่วยเปิดโอกาสให้ครูและผู้เรียนสามารถทุ่มเทเวลาไปกับการพัฒนาโปรแกรม การแก้จุดบกพร่องของโปรแกรม (debugging) และการแก้ปัญหาเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากอุปสรรคด้านฮาร์ดแวร์แล้ว ในมิติเชิงนโยบาย การจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ได้มีการปรับเปลี่ยนทิศทางเพื่อมุ่งเน้นสมรรถนะวิชาชีพที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากลโดยเฉพาะในรายวิชา 31901 - 2010 การประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน ที่กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้โดยอ้างอิงมาตรฐานอาชีพของสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) ในสาขาอาชีพนักพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งระดับ 4 (IoT Software Developer Level 4) [3] ซึ่งเน้นทักษะขั้นสูงด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์การเชื่อมต่อ API การจัดทำ UML Modeling และการบริหารจัดการระบบนิเวศ IoT (IoT Ecosystem) มากกว่าเพียงแค่การต่อวงจรพื้นฐาน ทว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบดั้งเดิมที่ใช้แผงทดลอง (Breadboard) กลับกลายเป็นข้อจำกัดสำคัญ (Gap) ที่ทำให้ผู้เรียนสูญเสียเวลาเรียนรู้ไปกับการแก้ไขปัญหาความผิดพลาดทางไฟฟ้า (Hardware Troubleshooting) ส่งผลให้มีเวลาไม่เพียงพอในการฝึกฝนทักษะด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์และการประยุกต์ใช้งานจริงเพื่อให้บรรลุสมรรถนะตามมาตรฐานอาชีพที่กำหนด

ด้วยเหตุผลและความจำเป็นดังกล่าว ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญในการแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้โดยการพัฒนาชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W ให้เป็นสื่อการเรียนรู้ต้นแบบสำหรับผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมุ่งเน้นการออกแบบฮาร์ดแวร์ในรูปแบบแพลตฟอร์มสำเร็จรูปที่ลดความซับซ้อนของการเชื่อมต่อวงจร เพื่อลดอุปสรรคด้านเทคนิคที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เริ่มเรียน และส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ และการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบได้อย่างเต็มศักยภาพ การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีเป้าหมายหลักเพื่อสร้างเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและความต้องการของหลักสูตรในปัจจุบัน

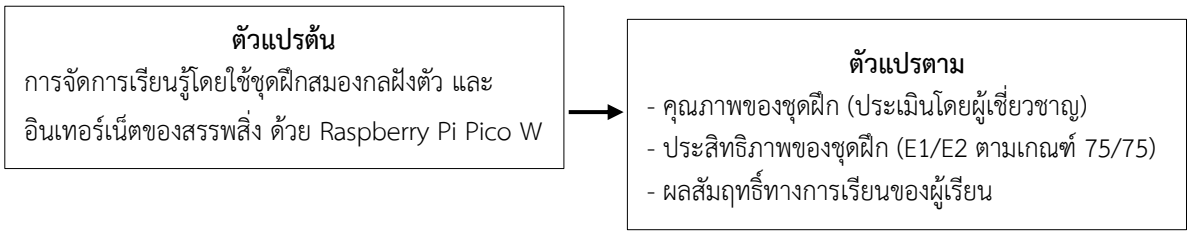
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและประเมินคุณภาพของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W เพื่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติของผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W ตามเกณฑ์มาตรฐาน E1/E2 = 75/75
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W

สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ E1/E2 = 75/75
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนด้วยชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W สูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการใช้ ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W ซึ่งเป็นตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1 ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่

1) คุณภาพของชุดฝึกซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

2) ประสิทธิภาพของชุดฝึกตามเกณฑ์มาตรฐาน E1/E2 (75/75)

3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของนวัตกรรมต่อการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W เพื่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ สำหรับ ผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา 31901 - 2010 การประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 รวม 2 ห้องเรียน จำนวนทั้งสิ้น 49 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จำนวน 24 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเดียวกันในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบสะดวก (convenience sampling) เนื่องจากเป็นชั้นเรียนที่เปิดสอนตามตารางเรียนปกติ มีความพร้อมในการดำเนินกิจกรรมการทดลองตามแผนการวิจัยได้จริง และไม่กระทบต่อโครงสร้างการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษา

อนึ่ง การเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบสะดวก (convenience sampling) นี้ อาจมีข้อจำกัดในด้าน ความเป็นตัวแทนของประชากร (Representativeness) ซึ่งส่งผลต่อการนำผลการวิจัยไปใช้อ้างอิงในเชิงทั่วไป (Generalizability) กับประชากรกลุ่มอื่นที่มีบริบทแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อบริบทของการวิจัยเชิงปฏิบัติในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาและพัฒนาผู้เรียนในสถานการณ์จริงที่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะของผู้เรียนด้านการประยุกต์ใช้ ระบบสมองกลฝังตัว และ IoT โดยใช้ภาษา MicroPython บนบอร์ด Raspberry Pi Pico W และภายใต้กิจกรรมเชิงปฏิบัติรวมประมาณ 60 ชั่วโมง โดยแบ่งกลุ่มเนื้อหาตามสัดส่วนความสำคัญ ดังนี้

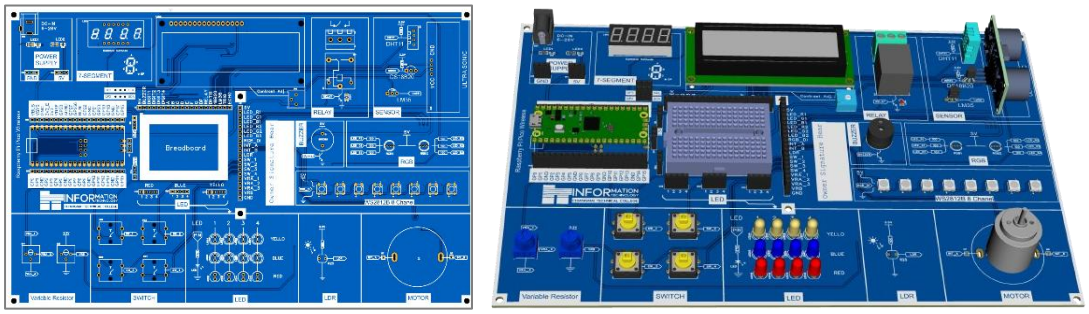
2.1 กลุ่มพื้นฐานอินพุต – เอาต์พุต (Basic I/O) ประมาณ 8 ชั่วโมง ครอบคลุมการเขียนโปรแกรมควบคุมพอร์ตดิจิทัลและอนาล็อก ผ่านอุปกรณ์พื้นฐานบนชุดฝึก ได้แก่ การรับค่าจาก สวิตช์ (Switch) 4 ตัว และ ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Variable Resistor) 3 ตัว การควบคุม LED แสดงสถานะ การสร้างเสียงด้วย Buzzer และการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านรีเลย์ (Relay) เพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐานในการเชื่อมต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์

2.2 กลุ่มการแสดงผลและเซนเซอร์ (Display and Sensors) ประมาณ 20 ชั่วโมง ครอบคลุมการใช้งานจอแสดงผลแบบ 7-Segment 4 หลัก และ จอ LCD เชื่อมต่อแบบ I2C ร่วมกับการอ่านค่า และประมวลผลข้อมูลจากชุดเซนเซอร์ที่หลากหลาย ได้แก่ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT11, DS18B20, LM35) เซนเซอร์วัดแสง (LDR) และเซนเซอร์วัดระยะทาง (HC-SR04) เพื่อฝึกทักษะการนำเข้าข้อมูลสิ่งแวดล้อมมาประมวลผลและแสดงผลอย่างเป็นระบบ

2.3 กลุ่มอุปกรณ์ขับเคลื่อนและอุปกรณ์ที่ระบุตำแหน่งได้ (Actuators and Addressable Devices) ประมาณ 16 ชั่วโมง ครอบคลุมการควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ผ่านไอซีไดรเวอร์ L9110S เพื่อเรียนรู้วิธีการควบคุมทิศทางและความเร็ว และการควบคุม แถบไฟ LED RGB แบบระบุตำแหน่งได้ (WS2812B) เพื่อฝึกเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ขั้นสูงที่มีโปรโตคอลการสื่อสารเฉพาะ

2.4 กลุ่มการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและการส่งข้อมูลสู่แพลตฟอร์ม IoT ประมาณ 16 ชั่วโมง ครอบคลุมการใช้งานโมดูล Wi-Fi บนบอร์ด Raspberry Pi Pico W เพื่อเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การส่งข้อมูลจากเซนเซอร์บนชุดฝึกขึ้นสู่ระบบคลาวด์ (Cloud Platform) และการสั่งงานอุปกรณ์ผ่านเครือข่าย เพื่อประยุกต์ใช้งาน IoT ในชีวิตประจำวันได้อย่างครบวงจร

เนื้อหาทั้งหมดถูกออกแบบให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 และใช้ร่วมกับชุดฝึกแบบบูรณาการบนบอร์ดเดียวที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมีโครงสร้างสถาปัตยกรรมดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อช่วยลดภาระเวลาในการต่อวงจรฮาร์ดแวร์และเพิ่มเวลาให้ผู้เรียนได้มุ่งเน้นการพัฒนาโปรแกรมและการแก้ปัญหาเชิงระบบได้อย่างเต็มที่



รูปที่ 2 สถาปัตยกรรมชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W

3. ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W

3.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

3.2.1 ประสิทธิภาพของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W ที่พัฒนาขึ้น

3.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในรายวิชาการประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน

4. ขอบเขตด้านระยะเวลา ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2568

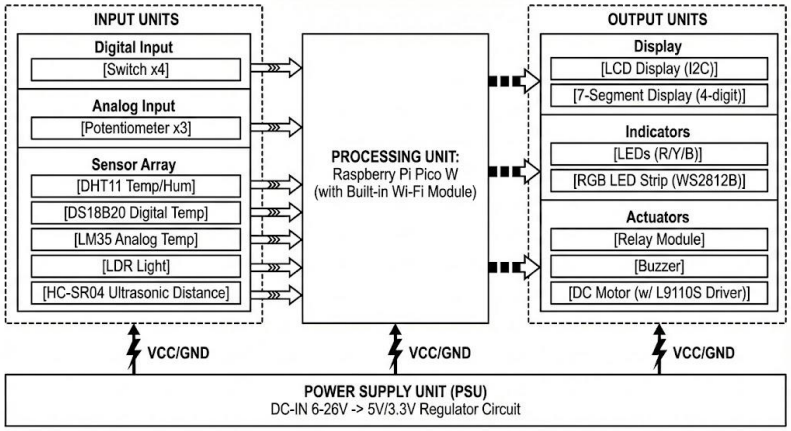
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) โดยใช้รูปแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังเรียน (One-group Pretest–Posttest Design) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W เป็นชุดฝึกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นโดยวิเคราะห์ความสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาและสมรรถนะรายวิชา 31901 - 2010 การประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ชุดฝึกถูกออกแบบให้อยู่ในรูปแบบแพลตฟอร์มแบบบูรณาการบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Integrated PCB-based Platform) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องต่อวงจรเพิ่มเติม ลดความซับซ้อนของฮาร์ดแวร์ และเพิ่มเวลาในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมและการแก้ปัญหาเชิงระบบ

1.1.1 ชุดฝึกประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง Raspberry Pi Pico W เชื่อมต่อกับโมดูลอินพุต เซนเซอร์ และอุปกรณ์เอาต์พุต อย่างเป็นระบบ รายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3 (Block Diagram)



รูปที่ 3 โครงสร้างการทำงานของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W

1.1.2 ส่วนประกอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

1) ส่วนประมวลผลหลักใช้บอร์ด Raspberry Pi Pico W รองรับภาษา MicroPython และโมดูล Wi-Fi (802.11n) เหมาะสำหรับการพัฒนาและทดลองต้นแบบระบบ IoT ในบริบทการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

2) อินพุตพื้นฐาน สวิตช์ 4 ตัว, ตัวต้านทานปรับค่าได้ 3 ตัว สำหรับฝึกทักษะการรับค่าสัญญาณดิจิทัลและอนาล็อกพื้นฐาน

3) ชุดเซนเซอร์ ได้แก่ DHT11, DS18B20, LM35, LDR และ HC-SR04 รองรับการฝึกอ่านค่าและประมวลผลข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย

4) ชุดแสดงผล/บ่งชี้สถานะ จอ LCD (I2C) 7-Segment 4 หลัก LED แสดงสถานะ (แดง/เหลือง/น้ำเงิน) LED RGB และ แถบไฟ WS2812B

5) อุปกรณ์ขับเคลื่อน รีเลย์ Buzzer มอเตอร์กระแสตรงพร้อมไดรเวอร์ L9110S (ติดตั้งใต้ PCB) สำหรับฝึกการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกล

6) ซอฟต์แวร์ ใช้ MicroPython พร้อมไลบรารีตัวอย่างที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มเทคโนโลยีในปัจจุบัน

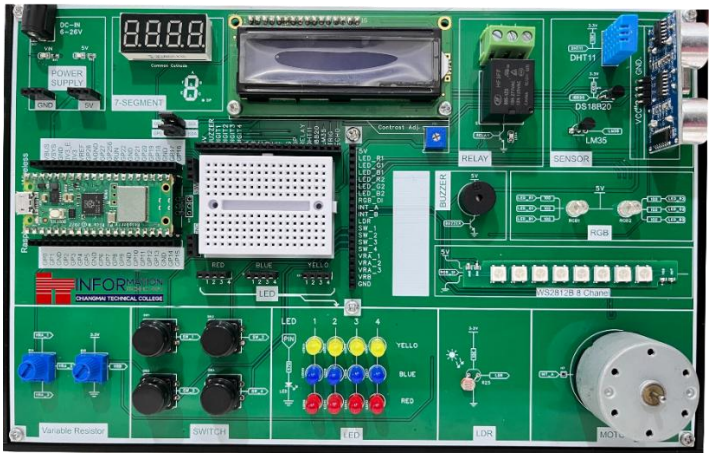
1.1.3 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนา ผู้วิจัยดำเนินการสร้างชุดฝึกตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) การออกแบบ (Design) วงจร PCB และกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับขอบเขตเนื้อหา

2) การประกอบ (Assembly) บัดกรี และติดตั้งอุปกรณ์บน PCB

3) การทดสอบ (Functional Test) ตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตและโปรแกรม

4) การปรับปรุงแก้ไข (Improvement) แก้ไขข้อบกพร่องและจัดทำต้นแบบที่สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชา 31901 - 2010 การประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน ดำเนินการสอนตลอด 15 สัปดาห์ รวม 75 ชั่วโมง (ทฤษฎี 15 ชั่วโมง ปฏิบัติ 60 ชั่วโมง) โดยกำหนดใบงานและกิจกรรมปฏิบัติพร้อมเกณฑ์ให้คะแนน (Scoring Rubrics) ครอบคลุมด้านความถูกต้อง กระบวนการ และจิตพิสัย ใช้เป็นคะแนนระหว่างเรียนตามเกณฑ์ E1 ทั้งนี้ ใบงานประกอบด้วย 10 ชุดกิจกรรมตามลำดับเนื้อหา โดยแต่ละใบงานประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ความถูกต้องของผลลัพธ์ ขั้นตอนการทำงาน และเจตคติในการเรียนรู้ ตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนด เพื่อสะท้อนความก้าวหน้าทางทักษะของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ

1.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวนทั้งหมด 30 ข้อ ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (KR-20) เพื่อนำไปใช้ทดสอบหลังเรียนและนำคะแนนมาคำนวณประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E2

1.4 แบบประเมินคุณภาพของชุดฝึก เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุมด้านเนื้อหา ด้านฮาร์ดแวร์/ซอฟต์แวร์ และด้านความเหมาะสมของการใช้งาน

2. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก

2.1 ขั้นการออกแบบและสร้าง ศึกษาหลักสูตร เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อออกแบบชุดฝึก ใบงาน แผนการสอน และแบบทดสอบ ก่อนสร้างต้นแบบ

2.2 ขั้นการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งคัดเลือกโดยวิธีการเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเกณฑ์ คือ มีคุณวุฒิระดับปริญญาโทขึ้นไป และมีประสบการณ์สอนด้านระบบสมองกลฝังตัว และ IoT หรือด้านหลักสูตรและการสอน ไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสม และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง ผลการประเมินพบว่า ข้อคำถามมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับที่กำหนดไว้ว่าต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จากนั้นนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

2.3 ขั้นการทดลองใช้และหาคุณภาพ นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อและทั้งฉบับ ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.45 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.30 – 0.65 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (Reliability) โดยคำนวณตามสูตร KR-20 เท่ากับ 0.76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้คือ 0.70 ขึ้นไป จึงจัดทำเป็นเครื่องมือฉบับสมบูรณ์สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนและมาตรการควบคุมตัวแปร ดังนี้

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครูผู้สอนจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนด้วยตนเอง เนื่องจากเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ

ในเนื้อหาและเป็นผู้พัฒนาชุดฝึก ทั้งนี้ เพื่อลดอคติของผู้วิจัย (researcher bias) และผลกระทบจากการรับรู้ของผู้เรียนว่าตนเองอยู่ในการทดลอง (Hawthorne effect) ผู้วิจัยได้กำหนดมาตรการดังนี้ 1) ใช้เกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน (scoring rubrics) ในการให้คะแนนใบงาน เพื่อลดการตัดสินใจเชิงอัตวิสัย 2) ใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วเป็นเครื่องมือวัดผลหลังเรียน และ 3) ไม่แจ้งผู้เรียนเกี่ยวกับสมมติฐานการวิจัย เพียงแต่ดำเนินการสอนตามแผนการสอนที่กำหนดไว้ในหลักสูตรปกติ เพื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามธรรมชาติ

3.1 ขั้นก่อนการทดลอง (Pre-test) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บคะแนนก่อนเรียน

3.2 ขั้นดำเนินการทดลอง (Treatment) จัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกเป็นสื่อหลัก 15 สัปดาห์ (75 ชั่วโมง) โดยควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน เช่น การใช้ห้องปฏิบัติการเดิม ผู้สอนคนเดิม และอุปกรณ์ชุดเดียวกันตลอดการทดลอง พร้อมเก็บผลคะแนนใบงานเพื่อคำนวณ E1

ในระหว่างกระบวนการจัดการเรียนการสอน ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเขียนโปรแกรมด้วย MicroPython ทดสอบอุปกรณ์ อินพุต – เอาต์พุต บนชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W และตรวจสอบผลการทำงานของระบบตามใบงานที่ใช้ประเมินทักษะกระบวนการ E1 ดังตัวอย่างในรูปที่ 5

รูปที่ 5 ตัวอย่างกิจกรรมปฏิบัติของผู้เรียนระหว่างขั้นตอน Treatment

ในช่วงท้ายของกระบวนการจัดการเรียนการสอน ผู้เรียนได้นำองค์ความรู้และทักษะปฏิบัติที่ได้รับมาบูรณาการเพื่อพัฒนาต้นแบบระบบ IoT ขนาดเล็ก (Mini Project) โดยอาศัยชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W เป็นฐานในการพัฒนา พร้อมทั้งทำการสาธิตการทำงานเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจที่ถ่องแท้และสมรรถนะในการสร้างสรรค์นวัตกรรมจากกิจกรรมปฏิบัติ ดังตัวอย่างที่ปรากฏในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ตัวอย่างการนำเสนอการประยุกต์ใช้ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W

3.3 ขั้นหลังการทดลอง (Post-test) ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับเดียวกับ Pre-test

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกโดยคำนวณค่าประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ E1/E2 เทียบเกณฑ์ 75/75

4.1.1 E1 คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละที่ได้จากใบงานระหว่างเรียน

4.1.2 E2 คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละที่ได้จากแบบทดสอบหลังเรียน

4.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*-test for Dependent Samples) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน – หลังเรียน พร้อมรายงานค่าสถิติ *t* (*t*-statistic) ค่า *p* (*p*-value) ช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% CI) ของผลต่างคะแนน (Post – Pre) และขนาดอำนาจผล Cohen's $d_{(z)}$

4.3 การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (*p*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (KR-20) ทั้งนี้ ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังกล่าวได้รายงานไว้ในหัวข้อ 2.3 ก่อนนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริง

5. จากการจัดสัมมนา เพื่อวิพากษ์ ตรวจสอบคุณภาพ และ รับรองการใช้งานของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W ตลอดจนคู่มือประกอบการใช้งาน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีคุณวุฒิและประสบการณ์ตรงด้านระบบสมองกลฝังตัว และ IoT และการจัดการเรียนการสอน พบว่า ชุดฝึกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความถูกต้องตามหลักวิชาการ สอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา และสามารถรองรับกิจกรรมการเรียนรู้ เชิงปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องว่า รูปแบบการบูรณาการอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ช่วยลดความซับซ้อนของขั้นตอนฮาร์ดแวร์ และเอื้อต่อการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมและการแก้ปัญหาเชิงตรรกะของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

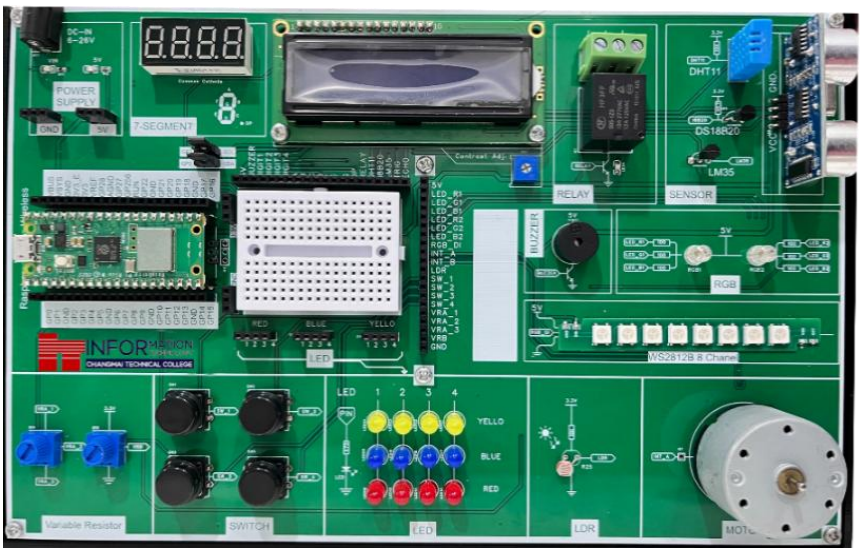
นอกจากนี้ ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญได้ถูกนำไปปรับปรุงแก้ไขก่อนนำชุดฝึกไปใช้จริง ทำให้ ผู้วิจัยมีความเชื่อมั่นในคุณภาพ ความเหมาะสม และความพร้อมของเครื่องมือสำหรับการนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างในขั้นตอนการทดลองต่อไป

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาและหาคุณภาพ ศึกษาประสิทธิภาพ และ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W สำหรับผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการพัฒนาและประเมินคุณภาพของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W

1.1 ผลการพัฒนาชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W จนได้ต้นแบบที่สมบูรณ์ มีลักษณะเป็นแพลตฟอร์มบูรณาการบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Integrated PCB-based Platform) ที่รวมอินพุต เซนเซอร์ และเอาต์พุตที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ไว้บนบอร์ดเดียว เพื่อลดภาระการต่อวงจรและส่งเสริมการฝึกปฏิบัติ ดังปรากฏในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W ที่พัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 6 ชุดฝึกประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ด้าน ได้แก่

1) หน่วยประมวลผลกลาง Raspberry Pi Pico W

2) ส่วนอินพุต เช่น สวิตช์ ตัวต้านทานปรับค่า และเซนเซอร์หลายชนิด (DHT11, DS18B20, LM35, LDR, HC-SR04)

3) ส่วนแสดงผล เช่น LCD I2C, 7-Segment, LED, LED-RGB, RGB WS2812B

4) ส่วนขับเคลื่อน เช่น DC Motor พร้อมไดรเวอร์ L9110S, Relay, Buzzer

1.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ครอบคลุมด้านเนื้อหา การออกแบบ และประสิทธิภาพการใช้งาน ปรากฏดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านเนื้อหา (Content)			
1.1 ความสอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา	4.20	0.45	มาก
1.2 ความถูกต้องและทันสมัยของเนื้อหา	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ยด้านเนื้อหา	4.40	0.50	มาก
2. ด้านการออกแบบ (Design)			
2.1 ความเหมาะสมของการจัดวางอุปกรณ์	4.40	0.55	มาก
2.2 ความสะดวกในการใช้งาน (Usability)	4.80	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ยด้านการออกแบบ	4.60	0.50	มากที่สุด
3. ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน (Performance)			
3.1 ความถูกต้องของการทำงานของวงจร	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 ประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้	4.80	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ยด้านประสิทธิภาพการใช้งาน	4.90	0.22	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.63	0.41	มากที่สุด

หมายเหตุ: เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย (Best, 1981, หน้า 19) [15] ดังนี้ 4.51–5.00 = มากที่สุด, 3.51–4.50 = มาก, 2.51–3.50 = ปานกลาง ,1.51–2.50 = น้อย, 1.00–1.50 = น้อยที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการประเมินคุณภาพ ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63, SD = 0.41) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.90, SD = 0.22) สะท้อนให้เห็นว่าชุดฝึกสามารถทำงานได้ถูกต้อง เสถียร และส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รองลงมา คือ ด้านการออกแบบ ($\bar{x}$ = 4.60, SD = 0.50) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดวางอุปกรณ์และความสะดวกในการใช้งานอยู่ในระดับเหมาะสมต่อการเรียนรู้ ขณะที่ ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.40, SD = 0.50) บ่งชี้ว่าเนื้อหาของชุดฝึกมีความสอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา มีความถูกต้องและทันสมัยตามบริบทของเทคโนโลยีปัจจุบัน โดยค่าความแปรปรวนที่อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางแสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ ผลการประเมินดังกล่าวยืนยันว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากผลการประเมินเชิงปริมาณดังกล่าวแล้ว ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านยังได้ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาชุดฝึกเพิ่มเติม โดยเห็นตรงกันว่า ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W มีความสอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ตามหลักสูตรเป็นอย่างดี การออกแบบบอร์ดมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง สามารถลดความซับซ้อนของขั้นตอนฮาร์ดแวร์และเอื้อต่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Hands-on Learning) ได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะเพิ่มเติมว่า ควรจัดทำคู่มือหรือใบงานที่แนะนำลำดับกิจกรรมการเรียนรู้จากระดับง่ายไปสู่ระดับยาก เพื่อสนับสนุนผู้เรียนที่ยังไม่มีพื้นฐานด้านสมองกลฝังตัวและระบบ IoT ให้สามารถเรียนรู้ได้อย่างเป็นระบบและต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W

ผลการวิเคราะห์ ประสิทธิภาพของชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W พบว่า คะแนนระหว่างเรียนซึ่งใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1, คะแนนเต็ม 100 คะแนน) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 75.15 ส่วนคะแนนหลังเรียนซึ่งใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2, คะแนนเต็ม 30 คะแนน) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 76.63 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 พบว่าชุดฝึกมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ผู้วิจัยได้สรุปค่าประสิทธิภาพจากคะแนนการทำใบงานระหว่างเรียน (E1) จำนวน 10 ใบงาน และแบบทดสอบหลังเรียน (E2) ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W

รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) - คะแนนระหว่างเรียน (ใบงาน)	100	75.15	75.15
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) - คะแนนทดสอบหลังเรียน	30	22.99	76.63

หมายเหตุ E1 = (คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน ÷ 100) × 100, E2 = (คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ÷ 30) × 100

จากตารางที่ 2 พบว่า ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) เท่ากับ 75.15% และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 76.63% โดยค่าเฉลี่ยของ E1 (75.15) มาจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และค่าเฉลี่ยของ E2 (22.99) มาจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน เมื่อแปลงเป็นร้อยละตามสูตร E1/E2 แล้ว พบว่าชุดฝึกมีประสิทธิภาพโดยรวมเท่ากับ 75.15/76.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ที่กำหนดไว้

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W

เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาวิเคราะห์ด้วยสถิติ *t*-test for Dependent Samples ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วย Raspberry Pi Pico W

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	*t*	Sig. (2-tailed)
ก่อนเรียน (Pre-test)	24	30	12.54	2.81		
หลังเรียน (Post-test)	24	30	22.99	2.55		
ผลต่าง (Post-Pre)	24	–	Δ = 10.45	–	15.32	$p < .001$

หมายเหตุ: ผล paired *t*-test แสดงว่า $t(23) = 15.32$, $p<.001$; ผลต่างเฉลี่ย *(Post–Pre)* 10.45 คะแนน, 95% CI [9.04, 11.86], และ Cohen's $d_{(z)} = 3.13$ (ขนาดใหญ่มาก)

จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x}$ = 22.99) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 12.54) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(23) = 15.32$, $p < .001$) โดยมีคะแนนผลต่างเฉลี่ย (Δ) เพิ่มขึ้น 10.45 คะแนน (95% CI [9.04, 11.86])

นอกจากนี้ ขนาดอำนาจผล (Effect Size) แบบ Cohen's $d_{(z)} = 3.13$ จัดอยู่ในระดับ ใหญ่มาก (Very Large Effect Size) ซึ่งสะท้อนถึงแนวโน้มเชิงบวกและศักยภาพของการใช้ชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W ที่พัฒนาขึ้นในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อน – หลัง ผลลัพธ์ที่ได้จึงควรพิจารณาร่วมกับความเป็นไปได้ของอิทธิพลจากผลของการทดสอบซ้ำ (testing effect) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการวิจัย

อภิปรายผล

การวิจัยและพัฒนาชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วย Raspberry Pi Pico W มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ ศึกษาประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ผลการวิจัยสามารถอภิปรายได้ในประเด็นสำคัญ ดังนี้

1. ประเด็นด้านคุณภาพและการลดภาระทางปัญญา ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63, SD = 0.41) สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบชุดฝึกในลักษณะแพลตฟอร์มการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งรวมอินพุต - เอาต์พุตและเซนเซอร์ที่จำเป็นไว้บนบอร์ดเดียว มีส่วนช่วยลดความซับซ้อนด้านฮาร์ดแวร์และลดภาระทางปัญญาที่ไม่จำเป็น (Extraneous Cognitive Load) ตามทฤษฎีภาระทางปัญญา (Cognitive Load Theory) ของ Sweller [16] ซึ่งระบุว่าการลดภาระงานที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาหลักจะช่วยเพิ่มพื้นที่หน่วยความจำปฏิบัติการ (Working Memory) สำหรับการเรียนรู้ที่แท้จริง (Germane Load) ผู้เรียนจึงสามารถมุ่งความสนใจไปที่การเขียนโปรแกรม การวิเคราะห์การทำงานของระบบ และการแก้ปัญหาเชิงตรรกะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Juikumjorn et al. [4] และ Sornla and Weerasin [8] ที่พบว่าการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการสำเร็จรูปช่วยขจัดปัญหาความยุ่งยากและความผิดพลาดในการต่อวงจร (Wiring Errors) ทำให้ผู้เรียนมีสมาธิจดจ่อกับเนื้อหาบทเรียนได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Bajracharya et al. [14] ที่ระบุว่าชุดการเรียนรู้ IoT ที่ออกแบบเฉพาะช่วยส่งเสริมความเข้าใจเชิงระบบทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติได้อย่างชัดเจน

2. ประเด็นด้านประสิทธิภาพและเส้นโค้งการเรียนรู้ ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกมีค่าเท่ากับ 75.15/76.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ทั้งนี้ ชุดฝึกสามารถส่งเสริมประสิทธิภาพได้สูง โดยมีปัจจัยสำคัญจากสถาปัตยกรรมของบอร์ด Raspberry Pi Pico W ที่รองรับภาษา MicroPython ซึ่งมีโครงสร้างภาษาที่เรียบง่ายและเป็นภาษาระดับสูง (High-level Language) ช่วยลดความซับซ้อนในการเขียนคำสั่งควบคุมฮาร์ดแวร์และการเชื่อมต่อเครือข่าย Wi-Fi เมื่อเทียบกับภาษาในแพลตฟอร์มดั้งเดิม ส่งผลให้เส้นโค้งการเรียนรู้ (Learning Curve) ของผู้เรียนลดลง ผู้เรียนจึงใช้เวลาน้อยลงในการแก้ไขข้อผิดพลาดทางไวยากรณ์ (Syntax Error) และมีเวลามากขึ้นในการทำความเข้าใจกระบวนการคิด

เชิงตรรกะและการแก้ปัญหาเชิงระบบ ผลลัพธ์สอดคล้องกับงานวิจัยของ Doropoulou et al. [13] ที่ระบุว่าการเลือกใช้ MicroPython ร่วมกับ Raspberry Pi Pico ช่วยลดอุปสรรคด้านการเขียนโปรแกรมสำหรับผู้เริ่มต้น ทำให้สามารถพัฒนาชิ้นงาน IoT ได้รวดเร็วขึ้น และสอดคล้องกับ Loker [11] ที่รายงานว่า Raspberry Pi Pico เป็นอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้ด้าน IoT ในยุคปัจจุบัน

3. ประเด็นด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเท่าเทียม ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(23) = 15.32$, $p<.001$) และมีขนาดอำนาจผลในระดับใหญ่มาก (Cohen's $d_{(z)} = 3.13$) แสดงให้เห็นว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ การใช้ชุดฝึกมาตรฐานช่วยให้ผู้เรียนทุกคนได้รับโอกาสในการฝึกปฏิบัติจริงอย่างเท่าเทียมกัน ลดความเหลื่อมล้ำด้านอุปกรณ์การเรียนรู้ (Equity Gap) และสอดคล้องกับแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยเฉพาะแนวคิด Constructionism ของ Papert [17] ที่เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อผู้เรียนได้ลงมือสร้างชิ้นงานที่จับต้องได้ (Learning by Making) รวมถึงงานวิจัยของ Nilkong and Manosuttirit [10] และ Loker [12] ที่ยืนยันศักยภาพของแพลตฟอร์มสมองกลฝังตัวและ IoT ในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม ผลการวิจัยนี้สะท้อนถึงศักยภาพของชุดฝึกดังกล่าวในการสนับสนุนการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติด้านสมองกลฝังตัวและ IoT และบ่งชี้ความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชา 31901 - 2010 การประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ได้อย่างเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ควรพิจารณาร่วมกับข้อจำกัดของการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อน – หลัง และควรมีการศึกษาซ้ำในบริบทหรือกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบความทั่วไปของผลการวิจัย

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาในการตีความและนำผลไปใช้ ดังนี้

1. การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (convenience sampling) และการใช้ชั้นเรียนเดิม (intact class) แม้จะเหมาะสมกับบริบทการวิจัยในสถานศึกษาและไม่กระทบต่อโครงสร้างการเรียนการสอน แต่อาจส่งผลต่อความสามารถในการนำผลการวิจัยไปใช้ทั่วไป (generalizability) กับประชากรกลุ่มอื่น ดังนั้น การขยายผลการวิจัยไปยังนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศในสถานศึกษาอื่นควรกระทำด้วยความระมัดระวัง

2. การใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังเรียน (one-group pretest-posttest design) โดยไม่มีกลุ่มควบคุม อาจทำให้ไม่สามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนบางประการได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ผลจากการทดสอบซ้ำ (testing effect) หรือการเรียนรู้ตามธรรมชาติของผู้เรียนตามกาลเวลา (maturation effect) อย่างไรก็ตาม ขนาดอำนาจผลที่สูงมาก (Cohen's $d_{(z)} = 3.13$) บ่งชี้ว่าผลที่ได้รับมีนัยสำคัญเชิงปฏิบัติอย่างแท้จริง

3. ขนาดกลุ่มตัวอย่างค่อนข้างเล็ก (n = 24) แม้จะเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติและให้ผลลัพธ์ที่มีนัยสำคัญ แต่การวิจัยในอนาคตควรขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในผลการวิจัย

4. ผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สอนด้วยตนเองในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งอาจมีอคติของผู้วิจัย (researcher bias) ได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การประเมินที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐาน (scoring rubrics) ในการให้คะแนนใบงาน และใช้แบบทดสอบปรนัยที่มีเฉลยแน่นอนในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด โดยไม่แจ้งผู้เรียนเกี่ยวกับสมมติฐานการวิจัย เพื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามธรรมชาติและลดผลกระทบจากการรับรู้ของผู้เรียนว่าตนเองอยู่ในการทดลอง (Hawthorne effect)

ทั้งนี้ แม้จะมีข้อจำกัดดังกล่าว ผลการวิจัยยังคงมีคุณค่าและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทของการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาอาชีวศึกษาที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้และการวิจัยพัฒนาต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติสำหรับการนำไปใช้ ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมด้านเครื่องคอมพิวเตอร์และติดตั้งซอฟต์แวร์ Thonny IDE ให้พร้อมใช้งาน รวมถึงควรศึกษาคู่มือการใช้งานชุดฝึกอย่างละเอียดเพื่อทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำ (Facilitator) ในช่วงเริ่มต้นของการฝึกปฏิบัติ นอกจากนี้ ชุดฝึกนี้มีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสาขาวิชาอื่น ๆ ภายใต้ประเภทวิชาอุตสาหกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะ สาขาวิชา 31909 เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ในรายวิชาที่เน้นการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Computer Interfacing) และ สาขาวิชา 31906 เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้เป็นฐานในการฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมภาษา Python สำหรับประยุกต์ใช้งานด้านปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับอุปกรณ์ IoT (AIoT) ซึ่งสอดคล้องกับสมรรถนะวิชาชีพในหลักสูตรปัจจุบัน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อยอดควรมีการพัฒนาชุดฝึกให้รองรับการเชื่อมต่อกับเทคโนโลยีสื่อสารระยะไกลในภาคอุตสาหกรรม เช่น LoRaWAN หรือ NB-IoT เพื่อให้สอดคล้องกับแนวโน้มเทคโนโลยี Smart City ในอนาคต นอกจากนี้ ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจระหว่างกลุ่มที่ใช้ชุดฝึกนี้กับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการจำลองการทำงานบนซอฟต์แวร์ (Simulation) เพื่อยืนยันประสิทธิผลของการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Hands-on) ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ผู้บริหารสถานศึกษาและหน่วยงานต้นสังกัดควรมีนโยบายสนับสนุนงบประมาณในการจัดหาสื่อการเรียนรู้ประเภทชุดฝึกปฏิบัติการสำเร็จรูป (Training Kit) ที่มีมาตรฐานให้เพียงพอกับจำนวนผู้เรียน เพื่อลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงอุปกรณ์และสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Active Learning) อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ ควรพิจารณาส่งเสริมให้มีการบูรณาการภาษาโปรแกรมระดับสูง เช่น Python หรือ MicroPython เข้าสู่การเรียนการสอนรายวิชาพื้นฐานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อเตรียมความพร้อมกำลังคนอาชีวศึกษาให้มีทักษะสอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

[1] Statista Research Department, “Number of Internet of Things (IoT) connected devices worldwide from 2019 to 2030,” 2023. [Online]. Available: https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide/ (Accessed: Dec. 6, 2025).

[2] World Economic Forum, *The Future of Jobs Report 2023*, 2023. [Online]. Available: https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023/ (Accessed: Dec. 6, 2025).

[3] Office of the Vocational Education Commission (VEC), *Higher Vocational Certificate Curriculum B.E. 2567: Information Technology (31901)*, BSQ/VEC, 2024. [Online]. Available: https://bsq.vec.go.th/Portals/9/Course/30/2567/31900/31901v7.pdf (Accessed: Dec. 6, 2025).

[4] K. Juikumjorn, S. Angsopa, T. Pikoolthong, and W. Vigromsakulwong, “The Development of Laboratory Exercises for the Fundamentals of Microcontroller Programming and Basic Robotics Control for Students in Academic Collaboration Programs,” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 15, no. 3, pp. 58–69, 2024, doi: 10.14416/j.ftee.2024.12.06 (in Thai)

[5] S. Deewanichsakul, W. Wangworawong, A. Binawaekachaeh, U. Janthontapo, and N. Jeenupong, “The Development of Practical Set for PLC Programming to Control a Pneumatic System,” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 15, no. 1, pp. 49–58, 2024, doi: 10.14416/j.ftee.2024.04.05 (in Thai)

[6] S. Phowong, “The Development of Audio Equipment Competency Training Board SMP 88–96, Audio Equipment Course, code of 20105-2008,” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 15, no. 3, pp. 82–96, 2024, doi: 10.14416/j.ftee.2024.12.08 (in Thai)

[7] S. Kongsintu and N. Suksong, “Construction of Teaching Package on Servo Motor Control with PLC,” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 14, no. 2, pp. 16–29, 2023, doi: 10.14416/j.ftee.2023.08.02 (in Thai)

[8] P. Sornla and W. Weerasin, “Development and Training of User Interface Training Kit for Smart Farm Control System,” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 15, no. 1, pp. 40–48, 2024, doi: 10.14416/j.ftee.2024.04.04 (in Thai)

[9] S. Chuenchomnakjad, P. Promseenong, and P. Sema, “Creation and Efficiency Determination of a Modular Refrigeration and Air Conditioning Practice Set According to the National Skilled Labor Standards,” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 15, no. 1, pp. 29–39, 2024, doi: 10.14416/j.ftee.2024.04.03 (in Thai)

[10] P. Nilkong and A. Manosuttirit, “A Development of Online Activities Package with Embedded System Board to Enhance Coding Skill for Elementary Student,” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 16, no. 3, pp. 25–36, 2025. [Online]. Available: https://so10.tci-thaijo.org/index.php/FTEJournal/article/view/1890 (Accessed: Dec. 6, 2025).

[11] D. R. Loker, “Raspberry Pi Pico as an IoT Device,” in *Proc. ASEE Annu. Conf. & Expo.*, Baltimore, MD, USA, 2023, doi: 10.18260/1-2--44016

[12] D. R. Loker, “Data Acquisition Using the Raspberry Pi Pico W,” in *Proc. ASEE Annu. Conf. & Expo.*, 2024. [Online]. Available: https://peer.asee.org/data-acquisition-using-the-raspberry-pi-pico-w.pdf (Accessed: Dec. 6, 2025).

[13] D. Doropoulou, V. Angelopoulos, P. Amanatidis, T. Lagkas, and D. Karampatzakis, “Teaching Embedded Systems and IoT at the University using MicroPython and Raspberry Pi Pico,” in *Proc. 27th Pan-Hellenic Conf. on Informatics (PCI 2023)*, ACM, 2024, doi: 10.1145/3635059.3635079

[14] B. Bajracharya, V. G. Gondi, and D. Hua, “IoT Education using Learning Kits of IoT Devices,” *Information Systems Education Journal*, vol. 19, no. 6, pp. 40–44, 2021. [Online]. Available: https://isedj.org/2021-19/n6/ISEDJv19n6p40.html (Accessed: Dec. 6, 2025).

[15] J. W. Best, *Research in Education*, 4th ed. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1981.

[16] J. Sweller, "Cognitive load during problem solving: Effects on learning," *Cognitive Science*, vol. 12, no. 2, pp. 257–285, 1988, doi: 10.1207/s15516709cog1202_4

[17] S. Papert, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York, NY, USA: Basic Books, 1980.

การอ้างอิงบทความนี้

APA Chaimongkhol, T., (2026). The Development of an Embedded Systems and Internet of Things Training Kit using Raspberry Pi Pico W for Practical Learning for Information Technology Students. *Journal of Technical and Engineering Education,* 17(1), 18- 3 3 Thaijo. https://doi.org/10.14416/j.ftee.2026.04.02

MLA Chaimongkhol, Tharit. “The Development of an Embedded Systems and Internet of Things Training Kit using Raspberry Pi Pico W for Practical Learning for Information Technology Students” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 17, no. 1, Apr. 2026, pp. 18-33, https://doi.org/10.14416/j.ftee.2026.04.02. Thaijo.

ISO690 T. Chaimongkhol, “The Development of an Embedded Systems and Internet of Things Training Kit using Raspberry Pi Pico W for Practical Learning for Information Technology Students” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 1 7 , no. 1, pp. 18-33, Apr. 2026, doi: https://doi.org/10.14416/j.ftee.2026.04.02