การพัฒนาชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงานของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

Development of an Application-Integrated Competency-Based Training Package for LCD Television Power-Supply Work, Model RUS 02-03: Learning Achievement and Practical Competency Outcomes of Vocational Certificate Students

รุ่งโรจน์ อุตมาตร[1*]
Roongroj Utamartra[1*]

(วันรับบทความ : 30 เมษายน 2569/วันแก้ไขบทความ : 13 ตุลาคม 2569/วันตอบรับบทความ : 9 พฤศจิกายน 2569)
(Received Date : April 30, 2026, Revised Date : October 13, 2026, Accepted Date : November 9, 2026)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 และตรวจสอบคุณภาพ และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น 3) ประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงานหลังเรียนของผู้เรียนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น การวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลองชนิดกลุ่มควบคุมที่ไม่สมมูล วัดผลก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ปีการศึกษา 2566 จำนวน 30 คน (กลุ่มทดลอง 19 คน และกลุ่มควบคุม 11 คน) และมีผู้เรียนต่างรุ่นปีการศึกษา 2568 จำนวน 12 คน เป็นข้อมูลสนับสนุน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงาน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประสิทธิภาพ E1/E2 การทดสอบที และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดฝึกมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.61, SD = 0.49) และมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 82.76/82.63 ผ่านเกณฑ์ 80/80 2) กลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียน ($\bar{X}$ = 33.05) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 20.63) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(18) = 17.48$, $p < .001$, $d_z = 4.01$) และเมื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียนแล้ว กลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนที่ปรับแล้วสูงกว่ากลุ่มควบคุม 5.20 คะแนน (95% CI [2.95, 7.46]; $F(1, 27) = 22.35$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .453$) ส่วนผู้เรียนต่างรุ่นมีผลในทิศทางเดียวกัน (E1/E2 = 90.00/89.38; $t(11) = 17.59$, $p < .001$) 3) ผู้เรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์สมรรถนะการปฏิบัติงานที่กำหนด (17 จาก 19 คน หรือร้อยละ 89.47) โดยมีคะแนนเฉลี่ย 17.42 จาก 20 คะแนน (SD = 1.43) สูงกว่าเกณฑ์ 16 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(18) = 4.33$, $p < .001$) ทั้งนี้ สมรรถนะการปฏิบัติงานวัดเฉพาะหลังเรียนในกลุ่มทดลอง และ 4) ผู้เรียนมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, SD = 0.34) สรุปได้ว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์สมรรถนะการปฏิบัติงานที่กำหนด ผลการวิจัยจึงสนับสนุนการใช้ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นในการจัดการเรียนรู้งานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD ภายใต้บริบทที่ศึกษา

คำสำคัญ : ชุดฝึกสมรรถนะ, ภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03, แอปพลิเคชัน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, สมรรถนะการปฏิบัติงาน

1* แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร
1* Electronics Department, Minburi Technical College, Institute of Vocational Education: Bangkok
* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 081-7773317 อีเมล: roongroj@minburi.ac.th
* Corresponding Author, Tel. +66817773317 e-mail: roongroj@minburi.ac.th

Doi: 10.14416/j.ftee.2026.08.03

Abstract

This study aimed to 1) develop an application-integrated competency-based training package for LCD television power-supply work, Model RUS 02-03, and to evaluate its quality and determine its efficiency against the 80/80 criterion; 2) examine the learning achievement of students who learned with the package; 3) assess the students' post-instruction practical competency against a predetermined criterion; and 4) examine their satisfaction with the package. A quasi-experimental nonequivalent control-group pretest–posttest design was employed. The participants were 30 vocational certificate electronics students (19 in the experimental group and 11 in the control group), and a subsequent cohort of 12 students provided supporting evidence. The instruments were the training package, a quality evaluation form, a learning achievement test, a practical competency rubric, and a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, E1/E2 efficiency indices, t-tests, and analysis of covariance (ANCOVA). The results showed that 1) the package was rated at the highest quality level ($\bar{x}$ = 4.61, SD = 0.49) and achieved an E1/E2 efficiency of 82.76/82.63, meeting the 80/80 criterion; 2) the experimental group's posttest scores ($\bar{x}$ = 33.05) were significantly higher than its pretest scores ($\bar{x}$ = 20.63) ($t(18) = 17.48$, $p < .001$, $d_z = 4.01$), and after controlling for pretest scores, its adjusted posttest mean was 5.20 points higher than that of the control group (95% CI [2.95, 7.46]; $F(1, 27) = 22.35$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .453$); the subsequent cohort showed results in the same direction (E1/E2 = 90.00/89.38; $t(11) = 17.59$, $p < .001$); 3) most students in the experimental group met the predetermined practical competency criterion (17 of 19 students, 89.47%), with a mean score of 17.42 out of 20 (SD = 1.43), significantly above the 16-point criterion ($t(18) = 4.33$, $p < .001$); practical competency was assessed only after instruction in the experimental group; and 4) overall satisfaction was at the highest level ($\bar{x}$ = 4.52, SD = 0.34). In conclusion, students in the experimental group showed higher learning achievement, and most of them met the predetermined practical competency criterion. The findings support the use of the training package for teaching LCD television power-supply work within the context studied.

Keywords: Competency-Based Training Package, LCD Television Receiver Power Supply Model RUS 02-03, Application, Learning Achievement, Practical Competency

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัล ระบบอัตโนมัติ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ส่งผลให้ลักษณะงานของช่างเทคนิคมีความซับซ้อนมากขึ้น โดยเฉพาะงานตรวจวิเคราะห์และซ่อมบำรุงระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องบูรณาการความรู้ทางทฤษฎี ทักษะการใช้เครื่องมือวัด ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล และการตัดสินใจแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์จริง การจัดการอาชีวศึกษาจึงต้องปรับกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีและความต้องการของโลกการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไป [1] ทั้งนี้ องค์การยูเนสโกเสนอว่าการจัดการศึกษาและการฝึกอบรมทางเทคนิคและอาชีวศึกษา (Technical and Vocational Education and Training: TVET) ควรให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การพัฒนาทักษะที่นำไปใช้ในการทำงานได้จริง และการสร้างความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต [2]

แนวคิดการจัดการศึกษาแบบฐานสมรรถนะ (Competency-Based Education: CBE) ให้ความสำคัญกับผลลัพธ์การเรียนรู้ที่แสดงผ่านความสามารถในการปฏิบัติงาน โดยบูรณาการความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะที่จำเป็นต่อภาระงาน รวมทั้งประเมินจากหลักฐานการปฏิบัติจริงมากกว่าการวัดความสามารถด้านการจดจำเนื้อหาเพียงอย่างเดียว [1], [3] การนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้ในการจัดการอาชีวศึกษาจำเป็นต้องออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติจากสถานการณ์

ที่สอดคล้องกับงานวิชาชีพ มีเครื่องมือและสื่อสนับสนุนที่เหมาะสม และมีเกณฑ์ประเมินที่สะท้อนคุณภาพของการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ฐานสมรรถนะในบริบทการศึกษาของประเทศไทยยังมีความท้าทายด้านการตีความสมรรถนะ การออกแบบกิจกรรม การจัดเตรียมสื่อฝึกปฏิบัติ และการประเมินผลให้สอดคล้องกับความสามารถที่ต้องการพัฒนา [4]

รายวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ รหัสวิชา 20105-2011 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 (ปรับปรุง พ.ศ. 2565) กำหนดให้ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการทำงาน ใช้เครื่องมือวัด วิเคราะห์วงจร และตรวจซ่อมข้อขัดข้องของเครื่องรับโทรทัศน์ได้ [5] งานภาคจ่ายไฟของเครื่องรับโทรทัศน์ LCD เป็นงานหนึ่งที่มีความซับซ้อน เนื่องจากผู้เรียนต้องเชื่อมโยงแผนผังวงจร ตำแหน่งจุดตรวจวัด ค่าแรงดันไฟฟ้า และอาการเสียเข้าด้วยกัน ตั้งแต่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขาเข้า 220 V AC แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงในภาคแปลงกำลังประมาณ 300–400 V DC ตลอดจนแรงดันและสัญญาณควบคุม เช่น Standby, Power On, Driver On, 12 V, 24 V และ LED Backlight นอกจากการเลือกใช้เครื่องมือและตรวจวัดอย่างถูกต้องแล้ว ผู้เรียนยังต้องสามารถเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้กับข้อมูลอ้างอิง วิเคราะห์สาเหตุของความผิดปกติ และสรุปแนวทางแก้ไข โดยคำนึงถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับวงจรแรงดันสูง

การพัฒนาความสามารถดังกล่าวต้องอาศัยการฝึกปฏิบัติอย่างเป็นลำดับ และการเผชิญสถานการณ์เสียที่หลากหลาย การจัดการเรียนรู้ด้วยการบรรยายหรือการสาธิตเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ เนื่องจากผู้เรียนมีโอกาสจำกัดในการเลือกจุดตรวจวัด บันทึก และเปรียบเทียบข้อมูล วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางไฟฟ้ากับอาการเสีย และตัดสินใจแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง งานวิจัยที่ผ่านมาได้พัฒนาชุดฝึกเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติในหลายสาขา เช่น ชุดฝึกงานเครื่องเสียง [6] ชุดการสอนควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ด้วย PLC [7] ชุดฝึกส่วนต่อประสานสำหรับระบบเกษตรอัจฉริยะ [8] ชุดฝึกระบบทำความเย็นตามมาตรฐานฝีมือแรงงาน [9] และชุดฝึกสมองกลฝังตัวและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง [10] ผลการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการนำชุดฝึกมาใช้สนับสนุนกิจกรรมปฏิบัติและการเรียนรู้ในรายวิชาช่าง อย่างไรก็ตาม ชุดฝึกส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นระบบหรืออุปกรณ์เฉพาะด้าน และมีการบูรณาการอุปกรณ์จริง การจำลองอาการเสีย จุดตรวจวัด ค่าอ้างอิงทางเทคนิค แอปพลิเคชัน ภาระงานฝึกปฏิบัติ และการประเมินสมรรถนะไว้ในกระบวนการเดียวค่อนข้างจำกัด

การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในระบบ TVET ควรเชื่อมโยงกับภาระงานและกระบวนการเรียนรู้ ไม่ใช่เพิ่มเทคโนโลยีเข้ามาโดยปราศจากบทบาทที่ชัดเจน [11] ด้วยเหตุนี้ แอปพลิเคชันที่ใช้ร่วมกับชุดฝึกในการวิจัยครั้งนี้จึงได้รับการออกแบบให้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการวิเคราะห์ โดยแสดงตำแหน่งจุดตรวจวัด ลำดับขั้นตอนการตรวจสอบ ค่าแรงดันอ้างอิง และความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ตรวจวัดกับอาการเสีย แอปพลิเคชันไม่ได้ทำหน้าที่ตอบคำถามหรือวิเคราะห์สาเหตุแทนผู้เรียน แต่ให้ข้อมูลสำหรับตรวจสอบและเปรียบเทียบกับผลการวัดจริง ขณะเดียวกัน ชุดฝึกฮาร์ดแวร์ วงจรจำลองอาการเสีย ใบงาน และเกณฑ์ประเมินสมรรถนะได้รับการออกแบบให้เชื่อมโยงกันตามลำดับภาระงาน การประเมินครอบคลุมคุณภาพและประสิทธิภาพ E1/E2 ตามแนวคิดการทดสอบประสิทธิภาพของสื่อและชุดการสอน [12] การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มโดยใช้คะแนนก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ ANCOVA [13] การรายงานขนาดอิทธิพลควบคู่กับค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ [14] และการนำชุดฝึกไปใช้กับผู้เรียนต่างรุ่นเพื่อพิจารณาว่าผลการเรียนรู้ปรากฏในทิศทางเดียวกันภายใต้บริบทที่ใกล้เคียงกัน โดยไม่ตีความว่าเป็นการทดลองซ้ำโดยสมบูรณ์หรือเป็นหลักฐานยืนยันความเท่าเทียมของผลระหว่างรุ่น [15]

โดยสรุปปัญหาการวิจัย คือ ผู้เรียนต้องบูรณาการความรู้ทางวงจรไฟฟ้า การตรวจวัด และการวิเคราะห์อาการเสียเพื่อปฏิบัติงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD แต่การจัดการเรียนรู้ที่ใช้อยู่ยังให้โอกาสฝึกวินิจฉัยข้อขัดข้องจากหลักฐานการวัดจริงค่อนข้างจำกัด ช่องว่างของการวิจัย คือ งานพัฒนาชุดฝึกที่ผ่านมามุ่งเน้นการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกในระบบเฉพาะด้าน [6]–[10] ขณะที่การจัดแนวอุปกรณ์จริง การจำลองอาการเสีย แอปพลิเคชัน ภาระงาน และการประเมินสมรรถนะไว้ในกระบวนการเดียว พร้อมตรวจสอบผลด้วยการควบคุมคะแนนพื้นฐานและการประเมินสมรรถนะจากการปฏิบัติจริงยังพบได้น้อย ผู้วิจัยจึงกำหนดวัตถุประสงค์การวิจัย 4 ข้อ ได้แก่ พัฒนาชุดฝึกและตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงานเทียบกับเกณฑ์ และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน ความแปลกใหม่ของงานวิจัยนี้มิได้อยู่ที่ส่วนประกอบใดส่วนประกอบหนึ่ง แต่อยู่ที่แนวทางการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะที่บูรณาการฮาร์ดแวร์ การจำลองอาการเสีย แอปพลิเคชันสนับสนุนการวิเคราะห์ ภาระงานฝึกปฏิบัติ และการ

ประเมินสมรรถนะไว้เป็นระบบเดียว ส่วนคุณค่าเชิงองค์ความรู้คือกรอบการออกแบบที่ตรวจสอบได้ด้วยหลักฐานหลายด้าน และสามารถนำไปปรับใช้กับงานช่างที่มีลักษณะการตรวจวัดและวินิจฉัยข้อขัดข้องใกล้เคียงกันได้ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 และตรวจสอบคุณภาพ และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยชุดฝึกสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงานหลังเรียนของผู้เรียนด้วยชุดฝึกสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดฝึกสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลการประเมินด้านคุณภาพของชุดฝึกสมรรถนะที่พัฒนาขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับสูง คือ ระดับมากขึ้นไป ($\bar{x}$ ≥ 3.51) และชุดฝึกมีประสิทธิภาพ (E1/E2) ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยชุดฝึกสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น เป็นดังนี้

   (1) ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

   (2) เมื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียนแล้ว ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของกลุ่มทดลอง (เรียนโดยใช้ชุดฝึกสมรรถนะ) สูงกว่ากลุ่มควบคุม (เรียนปกติ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

   (3) ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของผู้เรียนต่างรุ่นปีการศึกษา 2568 ที่มีพื้นฐานสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ข้อมูลสนับสนุน)
3. สมรรถนะการปฏิบัติงานหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ 16 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ความพึงพอใจของผู้เรียนกลุ่มทดลองต่อชุดฝึกสมรรถนะโดยรวมอยู่ในระดับสูง คือ ระดับมากขึ้นไป ($\bar{x}$ ≥ 3.51)

ทั้งนี้ สมรรถนะการปฏิบัติงานประเมินเฉพาะหลังเรียนในกลุ่มทดลอง สมมติฐานข้อที่ 3 จึงทดสอบโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด มิใช่การเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียน

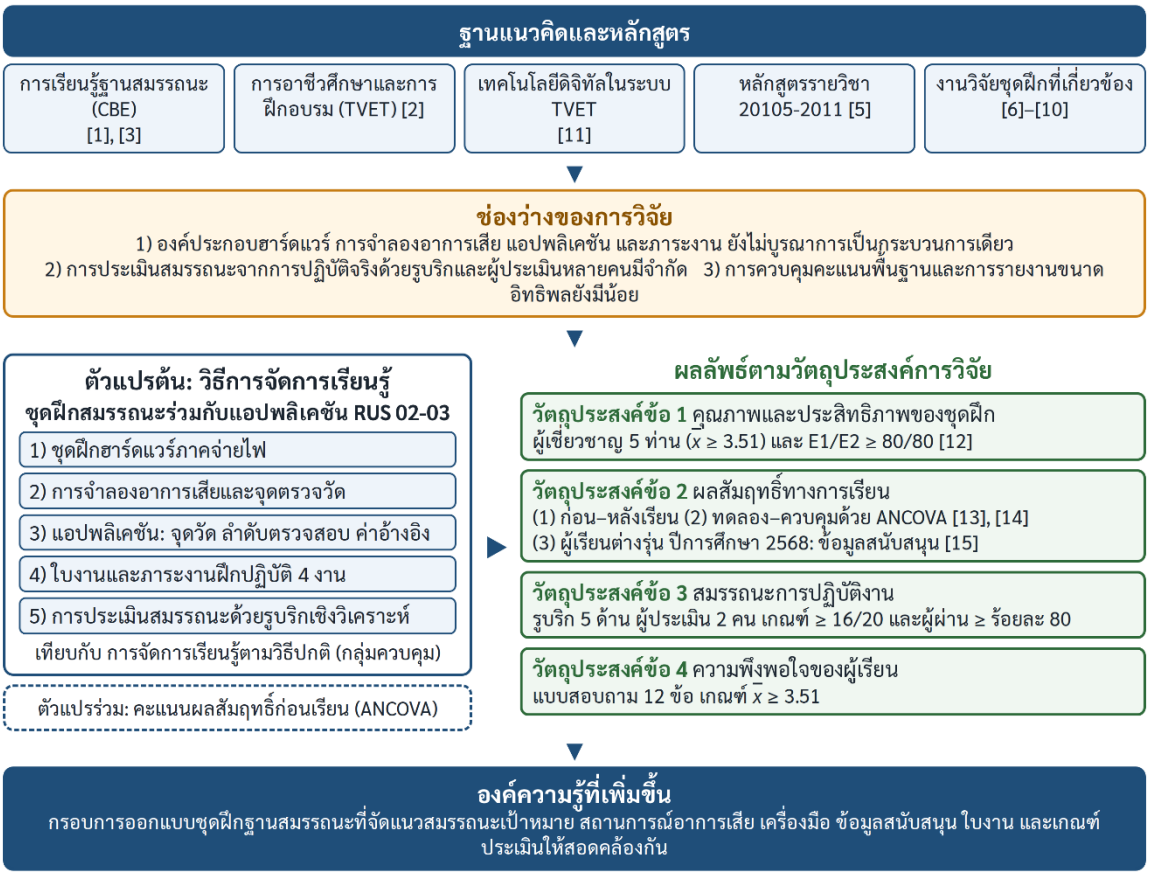
กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้ประยุกต์แนวคิดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ ซึ่งบูรณาการความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ พร้อมประเมินจากหลักฐานการปฏิบัติจริง [1], [3] ร่วมกับการอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมที่เชื่อมโยงการเรียนรู้กับภาระงานวิชาชีพ [2] และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในระบบ TVET [11] โดยวิเคราะห์หลักสูตร สมรรถนะรายวิชา เนื้อหา และภาระงานด้านวงจรภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD [5] จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [6]–[10] พบช่องว่างสำคัญ ได้แก่ 1) องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ การจำลองอาการเสีย แอปพลิเคชัน และภาระงานยังขาดการบูรณาการเป็นกระบวนการเดียว 2) การประเมินสมรรถนะจากการปฏิบัติจริงด้วยเกณฑ์แบบวิเคราะห์และการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินยังมีจำกัด และ 3) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์โดยควบคุมคะแนนพื้นฐาน การรายงานขนาดอิทธิพล และการพิจารณาผลกับผู้เรียนต่างรุ่นยังไม่ปรากฏร่วมกันอย่างชัดเจน

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยเดิม งานวิจัยนี้แตกต่างและต่อยอดองค์ความรู้ใน 3 ด้าน ด้านแรก งานเดิมใช้ชุดฝึกเป็นอุปกรณ์สำหรับฝึกปฏิบัติในระบบเฉพาะด้านเป็นหลัก [6]–[10] ขณะที่งานวิจัยนี้ออกแบบชุดฝึกจากภาระงานวินิจฉัยข้อขัดข้อง (Fault-Diagnosis Task) ซึ่งผู้เรียนต้องตรวจวัด บันทึก เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง และอธิบายเหตุผลก่อนตัดสินใจ อันเป็นการแปลงหลักการเรียนรู้ฐานสมรรถนะที่เน้นหลักฐานการปฏิบัติ [1], [3] ให้เป็นกิจกรรมที่ใช้ได้จริงในรายวิชา ด้านที่สอง แอปพลิเคชันได้รับการกำหนดบทบาทเป็นเครื่องมือสนับสนุนข้อมูลและกระบวนการคิดที่ผูกกับภาระงาน มิใช่การเพิ่มเทคโนโลยีเข้ามาโดยไม่มีหน้าที่ทางการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอเรื่องการบูรณาการเทคโนโลยีการศึกษาในหลักสูตร TVET [11] ด้านที่สาม การประเมินผลขยายจากการหาประสิทธิภาพ E1/E2 [12] ไปสู่หลักฐานหลายชั้น ได้แก่ การเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมด้วย ANCOVA และขนาดอิทธิพล [13], [14] การประเมินสมรรถนะด้วยเกณฑ์แบบวิเคราะห์และความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินและข้อมูลจากผู้เรียนต่างรุ่น [15] คุณค่าของการบูรณาการดังกล่าวต่อการจัดการเรียนรู้ คือ

ทำให้ผลลัพธ์การเรียนรู้ กิจกรรมฝึก และหลักฐานการประเมินสอดคล้องเป็นแนวเดียวกัน ผู้สอนจึงระบุได้ว่าผู้เรียนบกพร่องที่ขั้นตอนใดของกระบวนการวินิจฉัย และใช้ข้อมูลนั้นปรับการสอนได้ตรงจุด งานวิจัยนี้จึงต่อยอดแนวทางการพัฒนาชุดฝึกจากการสร้างอุปกรณ์ฝึกไปสู่การออกแบบระบบการเรียนรู้และการประเมินฐานสมรรถนะ

ผู้วิจัยจึงพัฒนาชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 โดยบูรณาการ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ชุดฝึกฮาร์ดแวร์ 2) ระบบจำลองอาการเสียและจุดตรวจวัด 3) แอปพลิเคชันแสดงจุดวัด ลำดับตรวจสอบ และค่าอ้างอิง 4) ใบงานและภาระงานฝึกปฏิบัติ และ 5) การประเมินสมรรถนะด้วยเกณฑ์แบบวิเคราะห์ ทั้งนี้ แอปพลิเคชันทำหน้าที่สนับสนุนการคิดและตัดสินใจ มิได้วิเคราะห์หรือให้คำตอบแทนผู้เรียน ตัวแปรต้นของการวิจัย คือ วิธีการจัดการเรียนรู้ (ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันเทียบกับวิธีปกติ) และมีคะแนนก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วม ส่วนผลลัพธ์ที่ศึกษาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ 4 ข้อ ได้แก่ 1) คุณภาพจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและประสิทธิภาพ E1/E2 ตามเกณฑ์ 80/80 [12] 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเปรียบเทียบก่อนและหลังเรียน และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วย ANCOVA พร้อมรายงานขนาดอิทธิพล [13], [14] โดยใช้ผลของผู้เรียนต่างรุ่นเป็นข้อมูลสนับสนุนทิศทางของผล [15] 3) สมรรถนะการปฏิบัติงาน ซึ่งประเมินหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด [1], [3] และ 4) ความพึงพอใจของผู้เรียน ทั้งนี้ ผลด้านสมรรถนะและความพึงพอใจใช้อธิบายผลภายใต้บริบทที่ศึกษาโดยไม่สรุปเชิงสาเหตุ ส่วนผลของผู้เรียนต่างรุ่นมิใช่หลักฐานยืนยันความเท่าเทียมของผลหรือการทดลองซ้ำโดยสมบูรณ์ ความสัมพันธ์ระหว่างฐานแนวคิด ช่องว่างของการวิจัย ตัวแปร และผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ทั้ง 4 ข้อ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. ขอบเขตด้านผู้เข้าร่วมวิจัย

1.1 ผู้เชี่ยวชาญสำหรับประเมินคุณภาพของชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ การจัดการเรียนรู้อาชีวศึกษา การพัฒนาสื่อหรือชุดฝึก และการวัดและประเมินผล โดยเลือกแบบเจาะจงตามคุณสมบัติที่กำหนด

1.2 ผู้เข้าร่วมการศึกษาหลัก ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ รหัสวิชา 20105-2011 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 30 คน จากชั้นเรียนเดิม แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 19 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 11 คน โดยไม่มีการสุ่มผู้เรียนเป็นรายบุคคลเข้าสู่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.3 ผู้เรียนต่างรุ่น ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 12 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน ข้อมูลของผู้เรียนกลุ่มนี้วิเคราะห์แยกจากกลุ่มศึกษาหลัก และใช้เป็นหลักฐานประกอบการพิจารณาความสอดคล้องของผลในผู้เรียนต่างรุ่น

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครอบคลุมงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 ตามจุดประสงค์และสมรรถนะของรายวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ รหัสวิชา 20105-2011 ประกอบด้วย

2.1 หลักการทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD

2.2 การอ่านและวิเคราะห์แผนผังวงจรภาคจ่ายไฟ

2.3 การระบุจุดทดสอบและการเลือกใช้เครื่องมือวัด

2.4 การตรวจวัดและบันทึกค่าแรงดันและสัญญาณไฟฟ้า

2.5 การเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้กับข้อมูลอ้างอิง

2.6 การวิเคราะห์อาการเสียและสาเหตุของความผิดปกติ

2.7 การสรุปแนวทางตรวจสอบและแก้ไขปัญหา

2.8 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับวงจรไฟฟ้าแรงดันสูง

กิจกรรมระหว่างเรียนประกอบด้วยใบงานฝึกปฏิบัติจำนวน 4 งาน รวมคะแนนเต็ม 80 คะแนน ส่วนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคะแนนเต็ม 40 คะแนน

3. ขอบเขตด้านชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น

ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 ประกอบด้วย

3.1 ชุดฝึกฮาร์ดแวร์และวงจรจำลองอาการเสีย

3.2 จุดตรวจวัดแรงดันและสัญญาณไฟฟ้า

3.3 แอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้ สำหรับแสดงค่าแรงดันอ้างอิงและตรวจสอบข้อมูลอ้างอิง

3.4 ใบงานและกิจกรรมฝึกปฏิบัติ

3.5 คู่มือการใช้ชุดฝึกและคู่มือการจัดการเรียนรู้

3.6 การประเมินผลตามแนวทางการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ

การวิจัยประเมินผลของชุดฝึกและแอปพลิเคชันในลักษณะชุดฝึกแบบบูรณาการทั้งระบบ จึงไม่ได้แยกวิเคราะห์ผลของแอปพลิเคชันออกจากผลของฮาร์ดแวร์ ใบงาน และกระบวนการจัดการเรียนรู้

4. ขอบเขตด้านตัวแปรและตัวชี้วัด

4.1 ตัวแปรต้น

วิธีการจัดการเรียนรู้แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

4.1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน

4.1.2 การจัดการเรียนรู้ตามวิธีปกติของรายวิชา

4.2 ตัวแปรร่วม

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน ซึ่งใช้เป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

4.3 ตัวแปรตามหลัก

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์จำนวน 40 ข้อ

4.4 ผลลัพธ์ประกอบ

4.4.1 สมรรถนะการปฏิบัติงานด้านภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD วัดด้วยแบบประเมินชนิดวิเคราะห์ 5 ด้าน คะแนนเต็ม 20 คะแนน

4.4.2 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน วัดด้วยแบบสอบถามมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 12 ข้อ

4.5 ตัวชี้วัดการประเมินชุดฝึก ได้แก่

4.5.1 คุณภาพของชุดฝึกจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ

4.5.2 ประสิทธิภาพของชุดฝึกตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 80/80

4.5.3 ผู้เรียนผ่านเกณฑ์สมรรถนะไม่น้อยกว่า 16 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน

4.5.4 ผู้เรียนผ่านเกณฑ์สมรรถนะไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของผู้เรียนทั้งหมด

4.5.5 ความพึงพอใจโดยรวมมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป หรืออยู่ในระดับมากขึ้นไป

5. ขอบเขตด้านระยะเวลาและสถานที่

การศึกษาหลักดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 สถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้รวม 20 ชั่วโมง ส่วนการนำชุดฝึกไปใช้กับผู้เรียนต่างรุ่นดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ภายใต้เนื้อหา เครื่องมือ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใกล้เคียงกับกลุ่มศึกษาหลัก

6. ขอบเขตการตีความผล

ผลการศึกษาหลักจำกัดอยู่ในบริบทของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จากสถานศึกษาที่ศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาและการใช้ชั้นเรียนเดิม การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มจึงตีความเป็นความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ที่ปรับด้วยคะแนนก่อนเรียนภายใต้บริบทดังกล่าว และยังไม่สามารถแยกอิทธิพลของชุดฝึกออกจากอิทธิพลเฉพาะชั้นเรียนได้อย่างสมบูรณ์

ผลจากผู้เรียนต่างรุ่นในปีการศึกษา 2568 ใช้เป็นหลักฐานประกอบว่าผลการเรียนรู้ปรากฏในทิศทางเดียวกันภายใต้บริบทที่ใกล้เคียงกัน ไม่ใช้เป็นหลักฐานยืนยันความเท่าเทียมของผลระหว่างรุ่น ความคงทนของการเรียนรู้ หรือการทดลองซ้ำโดยสมบูรณ์

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนกลุ่มควบคุมที่ไม่สมมูลวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (Nonequivalent Control-Group Pretest–Posttest Design) เนื่องจากผู้วิจัยใช้ชั้นเรียนเดิมที่สถานศึกษาจัดไว้ และไม่สามารถสุ่มผู้เรียนเป็นรายบุคคลเข้าสู่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้

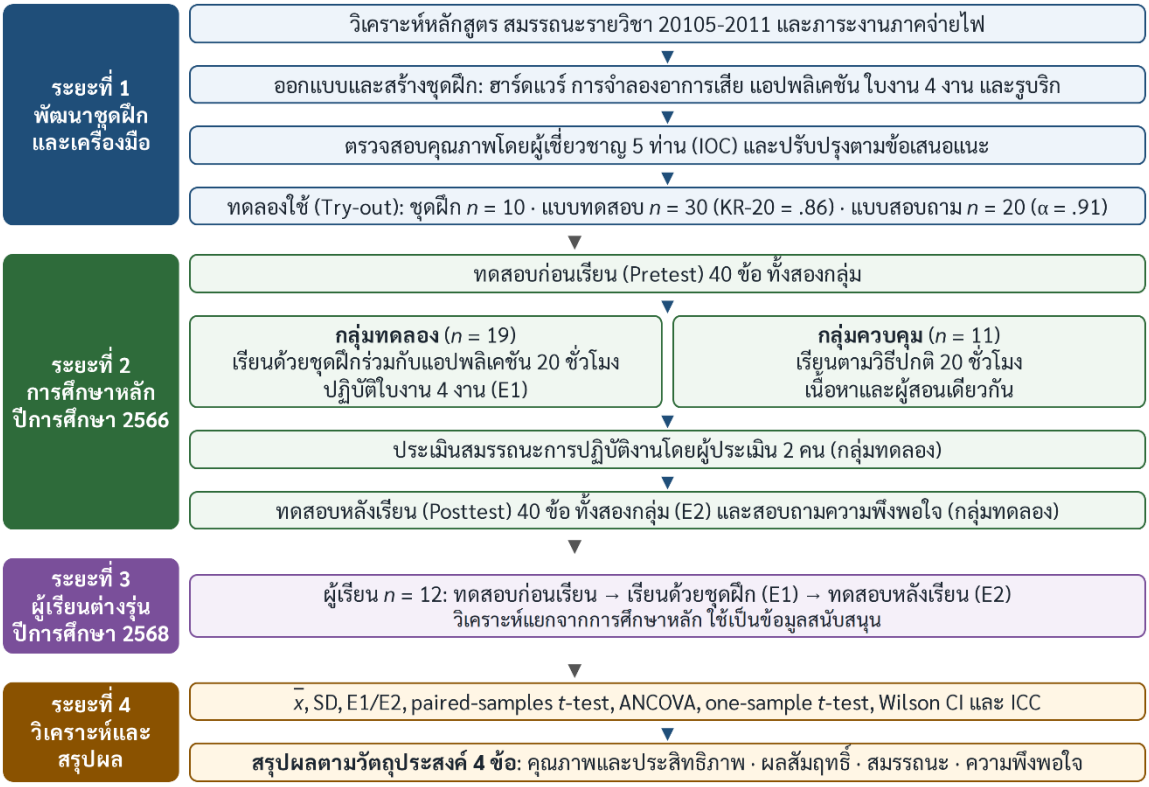
การศึกษาประกอบด้วย 2 ระยะ ได้แก่ 1) การศึกษาหลักในปีการศึกษา 2566 ซึ่งเปรียบเทียบกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม และ 2) การนำชุดฝึกไปใช้กับผู้เรียนต่างรุ่นในปีการศึกษา 2568 ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลแยกจากการศึกษาหลัก โดยไม่เปรียบเทียบผลระหว่างรุ่นโดยตรง แบบแผนการวิจัยแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนเรียน	การจัดการเรียนรู้	หลังเรียน
กลุ่มควบคุม ปีการศึกษา 2566	O1	C	O2
กลุ่มทดลอง ปีการศึกษา 2566	O3	X	O4
ผู้เรียนต่างรุ่น ปีการศึกษา 2568	O5	X	O6

เมื่อ O1, O3 และ O5 หมายถึง การทดสอบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน O2, O4 และ O6 หมายถึง การทดสอบผลสัมฤทธิ์หลังเรียน X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน และ C หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามวิธีปกติของรายวิชา

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยสรุป ตั้งแต่การพัฒนาชุดฝึก การตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ การทดลองใช้เครื่องมือ (Try-out) การทดลองกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม การนำไปใช้กับผู้เรียนต่างรุ่น ไปจนถึงการวิเคราะห์และสรุปผลตามวัตถุประสงค์ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

2. ผู้เข้าร่วมวิจัย

ประชากรเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียนรายวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ รหัสวิชา 20105-2011 ในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ประชากรที่เข้าถึงได้สำหรับการศึกษาหลัก ได้แก่ นักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาดังกล่าวในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 สถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จำนวน 30 คน จากชั้นเรียนเดิมจำนวน 2 ห้อง ผู้วิจัยรับผู้เรียนที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ทั้งหมดเข้าร่วมการวิจัย แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 19 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 11 คน การเลือกสถานศึกษาและชั้นเรียนใช้วิธีเลือกแบบสะดวก ส่วนการกำหนดชั้นเรียนเข้าสู่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมดำเนินการโดยพิจารณาจากตารางเรียน โดยไม่มีการสุ่มผู้เรียนเป็นรายบุคคล และไม่มีการย้ายผู้เรียนระหว่างชั้นเรียน เนื่องจากอาจกระทบต่อการจัดตารางเรียน และการบริหารจัดการชั้นเรียนตามปกติของสถานศึกษา การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) และการใช้ชั้นเรียนเดิม (Intact Class) แม้จะเหมาะสมกับบริบทการวิจัยในสถานศึกษาและไม่กระทบต่อโครงสร้างการเรียนการสอน แต่อาจส่งผลต่อความสามารถในการนำผลการวิจัยไปใช้ทั่วไป (Generalizability) กับประชากรกลุ่มอื่น

เกณฑ์การคัดเข้าประกอบด้วย 1) เป็นผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา 20105-2011 ในภาคเรียนที่ดำเนินการวิจัย 2) สามารถเข้าร่วมกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนด และ 3) สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ เข้าร่วมกิจกรรมน้อยกว่าร้อยละ 80 และขอถอนตัว

สำหรับผู้เรียนต่างรุ่นในปีการศึกษา 2568 ผู้เข้าร่วม ได้แก่ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาเดียวกัน จำนวน 12 คน ผู้เรียนกลุ่มนี้ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันภายใต้ขั้นตอนที่ใกล้เคียงกับกลุ่มทดลองหลัก แต่จัดเก็บและวิเคราะห์เป็นข้อมูลอีกชุดหนึ่ง ไม่นำมารวมกับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในปีการศึกษา 2566

3. การพัฒนาชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะรายวิชา และภาระงานตามหลักสูตร [5] เพื่อกำหนดเนื้อหาและกิจกรรม ได้แก่ การวิเคราะห์วงจรภาคจ่ายไฟ การระบุจุดทดสอบ การเลือกใช้เครื่องมือ การตรวจวัดและบันทึกค่าแรงดันและสัญญาณไฟฟ้า การเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้กับข้อมูลอ้างอิง การวิเคราะห์อาการเสีย และการสรุปแนวทางแก้ไขปัญหา

ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 1) ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ บอร์ดวงจรภาคจ่ายไฟ จุดตรวจวัด สวิตช์จำลองอาการเสีย จุดเชื่อมต่อเครื่องมือวัด ฟิวส์ และอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน 2) แอปพลิเคชัน LCD TV สำหรับแสดงแผนผังจุดวัด ค่าแรงดันอ้างอิง ลำดับการตรวจสอบ และความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันกับอาการเสีย และ 3) สื่อการเรียนรู้ ได้แก่ คู่มือผู้สอน คู่มือผู้เรียน แผนการจัดการเรียนรู้ ใบงานภาคปฏิบัติจำนวน 4 งาน สื่อวิดีทัศน์ แบบบันทึกผล และเกณฑ์ประเมินสมรรถนะชนิดวิเคราะห์

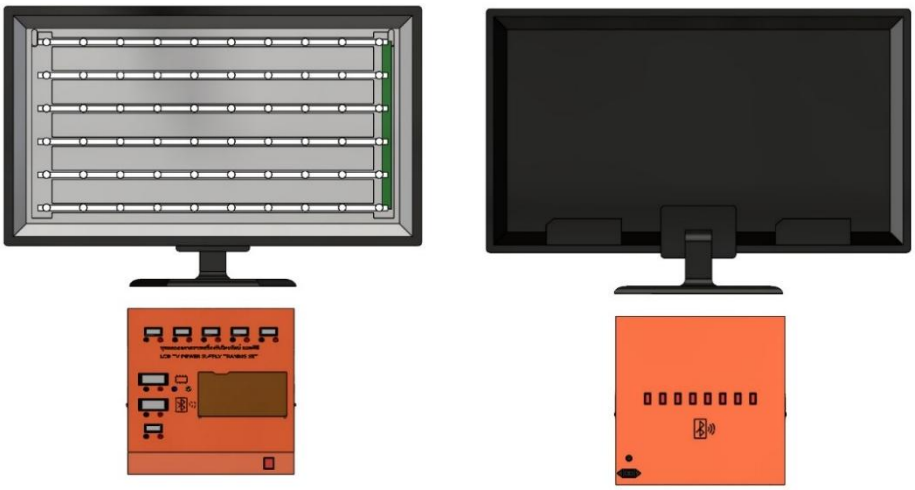
ผู้วิจัยนำชุดฝึกเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องทางเทคนิค ความปลอดภัย และความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ และทดลองนำร่องกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 3 จำนวน 10 คน ซึ่งไม่ใช่ผู้เข้าร่วมการศึกษาหลัก เพื่อตรวจสอบความชัดเจนของใบงาน ระยะเวลาการปฏิบัติ ความพร้อมของอุปกรณ์ การทำงานของแอปพลิเคชัน และความปลอดภัยก่อนนำไปใช้จริง

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 5 รายการ ดังนี้

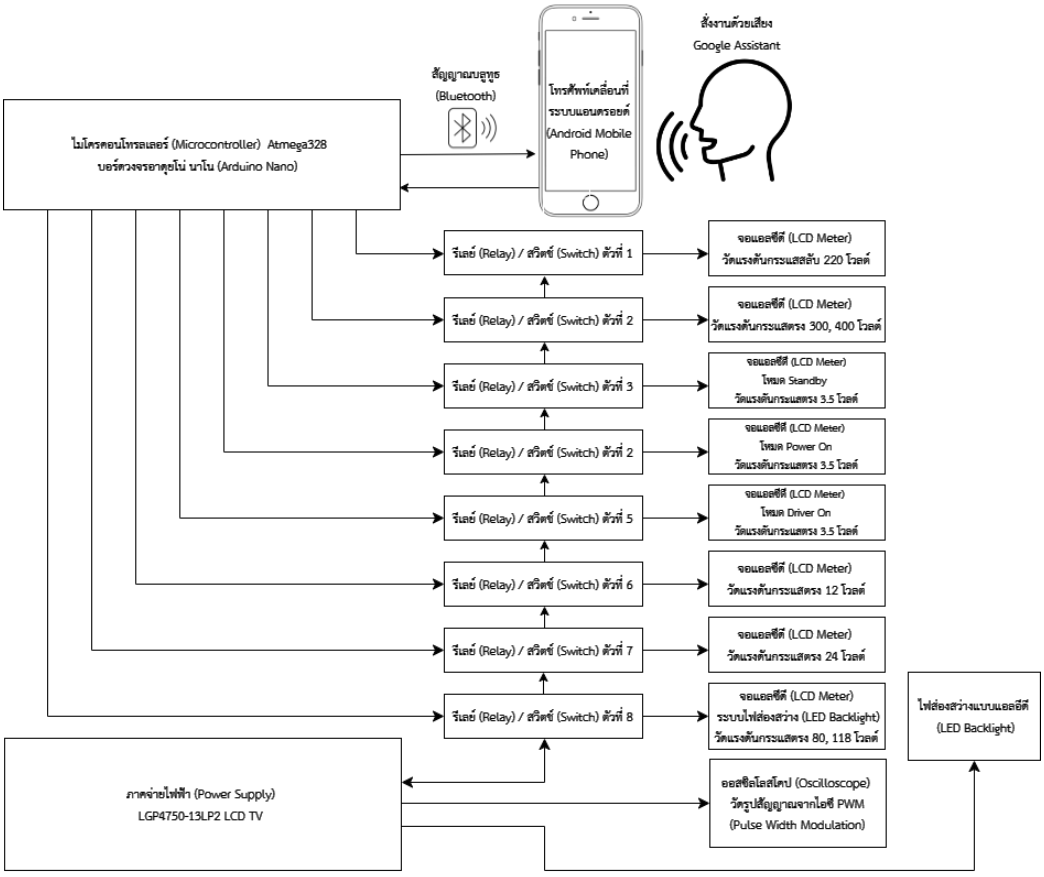
4.1 ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน

ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยมีลักษณะเป็นสื่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Hands-on Learning) ที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ทั้งในด้านการวิเคราะห์วงจร การตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า และการแก้ไขอาการเสียของภาคจ่ายไฟ ชุดฝึกสมรรถนะดังกล่าวได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับสมรรถนะของรายวิชาเครื่องรับโทรทัศน์และสนับสนุนการเรียนรู้แบบยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ โครงสร้างสถาปัตยกรรมของชุดฝึกสมรรถนะดังปรากฏในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03

ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 ประกอบด้วย แผงควบคุมหลอดไฟส่องสว่างแบบแอลอีดี (LED Backlight) ภาคจ่ายไฟฟ้า (Power Supply) เอซีดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ (AC Digital Volt Meter) สำหรับวัดและแสดงค่าแรงดันไฟกระแสสลับขาเข้า ดีซีดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ (DC Digital Volt Meter) สำหรับวัดและแสดงค่าแรงดัน โดยมีสวิตช์ปิด-เปิดจอดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ (Digital Volt Meter) รีเลย์ปิด-เปิดจอดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ (Digital Volt Meter) จุดวัดทดสอบแรงดันไฟฟ้า จุดวัดทดสอบสัญญาณพัลส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) แผงวงจรอาดุยโน่ นาโน (Arduino Nano) วงจรรับส่งสัญญาณบลูทูธที่เชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือสำหรับสั่งงานด้วยเสียงผ่านทางโทรศัพท์มือถือ โครงสร้างการทำงานและการเชื่อมโยงแรงดันไฟฟ้า ดังปรากฏในรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างการทำงานของชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03

4.2 แบบประเมินคุณภาพชุดฝึก

เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมการประเมิน 4 ด้าน ได้แก่ ความถูกต้องทางเทคนิค ความปลอดภัย ความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ และการใช้งานฮาร์ดแวร์และแอปพลิเคชัน เครื่องมือนี้ได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านวงจรโทรทัศน์และอิเล็กทรอนิกส์ 2 ท่าน ด้านการจัดการเรียนการสอนอาชีวศึกษา 2 ท่าน และด้านสื่อและแอปพลิเคชัน 1 ท่าน) ผลการตรวจสอบพบว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของทุกรายการประเมินมีค่าระหว่าง .80–1.00 ซึ่งแสดงถึงความตรงเชิงเนื้อหาที่ยอมรับได้

4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 50 ข้อ และคัดเลือกเพื่อนำไปใช้จริง จำนวน 40 ข้อ (คะแนนเต็ม 40 คะแนน) โดยเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โครงสร้างของข้อสอบครอบคลุมเนื้อหา 4 ส่วน ได้แก่ หลักการทำงาน (10 ข้อ) การวิเคราะห์วงจร (12 ข้อ) การเลือกและวัดแรงดันไฟฟ้า (8 ข้อ) และการวิเคราะห์อาการเสีย (10 ข้อ) แบบทดสอบผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจาก

ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ข้อที่คัดเลือกมีค่า IOC ระหว่าง .60–1.00 (เกณฑ์ ≥ .50) จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่าข้อสอบมีระดับความยากง่าย (*p*) ระหว่าง .27–.73 ค่าอำนาจจำแนก (*r*) ระหว่าง .25–.68 (เกณฑ์ ≥ .20) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (KR-20) เท่ากับ .86

4.4 แบบประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงาน

เป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytic Rubric) แบ่งระดับคุณภาพเป็น 4 ระดับ ครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่ ความปลอดภัยและการเตรียมเครื่องมือ การระบุจุดวัดและวิเคราะห์วงจร การวัดและบันทึกแรงดันและสัญญาณไฟฟ้า การวิเคราะห์อาการเสีย และการสรุปแนวทางแก้ไขปัญหา คะแนนเต็ม 20 คะแนน โดยกำหนดเกณฑ์ผ่านรายบุคคลไม่น้อยกว่า 16 คะแนน เครื่องมือผ่านการตรวจสอบความตรงจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ในขั้นตอนการประเมินจริง ดำเนินการโดยผู้ประเมิน 2 ท่าน ที่ให้คะแนนอย่างอิสระต่อกัน ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นแบบสองทางชนิดสุ่ม ความตรงกันโดยสมบูรณ์ของคะแนนเฉลี่ยผู้ประเมิน 2 คน ได้ค่า ICC(2, 2) = .88, 95% CI [.69, .95] ผู้วิจัยจึงใช้คะแนนเฉลี่ยจากผู้ประเมินทั้งสองคนเป็นคะแนนสมรรถนะสุดท้าย

4.5 แบบสอบถามความพึงพอใจ

เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 12 ข้อ แบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหาและใบงาน 4 ข้อ ด้านการใช้งานชุดฝึกและแอปพลิเคชัน 4 ข้อ และด้านการสนับสนุนการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน 4 ข้อ เครื่องมือผ่านการตรวจสอบความตรงจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่ามีค่า IOC ระหว่าง .80–1.00 เมื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 20 คน พบว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่น (Cronbach’s alpha) เท่ากับ .91

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ก่อนดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยขออนุญาตจากผู้บริหารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน ประโยชน์ ความเสี่ยง การรักษาความลับ ก่อนเก็บข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยปฏิบัติตามมาตรฐานการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลอย่างเคร่งครัด และใช้ข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการในงานวิจัยชิ้นนี้เท่านั้น (รายละเอียดดูหัวข้อจริยธรรมการวิจัย) การเก็บรวบรวมข้อมูลมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

5.1 ผู้เรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบก่อนเรียนจำนวน 40 ข้อ ภายใต้ระยะเวลาและเงื่อนไขเดียวกัน

5.2 กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้ตามวิธีปกติ ทั้งสองกลุ่มเรียนเนื้อหาเดียวกัน มีผลลัพธ์การเรียนรู้เดียวกัน และใช้เวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 ชั่วโมง รวม 20 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนทั้งสองกลุ่ม

5.3 ระหว่างเรียน กลุ่มทดลองปฏิบัติใบงานจำนวน 4 งาน งานละ 20 คะแนน รวม 80 คะแนน คะแนนดังกล่าวใช้คำนวณประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ หรือ E1

5.4 เมื่อสิ้นสุดกิจกรรม ผู้เรียนกลุ่มทดลองได้รับการประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงานโดยผู้ประเมิน 2 คน

5.5 ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบหลังเรียนจำนวน 40 ข้อ คะแนนหลังเรียนของกลุ่มทดลองใช้คำนวณประสิทธิภาพผลลัพธ์ หรือ E2

5.6 ผู้เรียนกลุ่มทดลองตอบแบบสอบถามความพึงพอใจภายหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมและการประเมินทั้งหมด

5.7 การเก็บข้อมูลของผู้เรียนต่างรุ่นปีการศึกษา 2568 ดำเนินการตามขั้นตอนเดียวกับกลุ่มทดลองหลัก โดยเก็บคะแนนก่อนเรียน คะแนนใบงาน คะแนนหลังเรียน และวิเคราะห์เป็นข้อมูลอีกชุดหนึ่ง

เนื่องจากกิจกรรมเกี่ยวข้องกับแรงดันไฟฟ้า 220 V AC และแรงดันกระแสตรงประมาณ 300–400 V DC ผู้วิจัยดำเนินมาตรการความปลอดภัย เช่น ฟิวส์ อุปกรณ์ตัดไฟรั่ว ฉนวนป้องกัน จุดครอบส่วนแรงดันสูง การคายประจุ การตัดแหล่งจ่ายก่อนเปลี่ยนวงจร และการควบคุมโดยผู้สอน กิจกรรมปฏิบัติของผู้เรียนด้วยชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 ดังปรากฏในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตัวอย่างกิจกรรมปฏิบัติของผู้เรียนโดยใช้ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล ข้อมูลสูญหาย ค่าผิดปกติ และความถูกต้องของการลงรหัสก่อนวิเคราะห์ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และใช้การทดสอบแบบสองทาง การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการ ดังนี้

6.1 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 (สมมติฐานข้อที่ 1) วิเคราะห์คุณภาพของชุดฝึกด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคำนวณประสิทธิภาพ E1/E2 ตามเกณฑ์ 80/80 โดย E1 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละจากใบงานระหว่างเรียน และ E2 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละจากแบบทดสอบหลังเรียน [12]

6.2 วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 (สมมติฐานข้อที่ 2 (1)) เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองด้วย Paired-Samples t-test พร้อมรายงานผลต่างเฉลี่ย ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ Cohen's d_z

6.3 วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 (สมมติฐานข้อที่ 2 (2)) เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมด้วย ANCOVA โดยกำหนดคะแนนหลังเรียนเป็นตัวแปรตาม วิธีการจัดการเรียนรู้เป็นตัวแปรอิสระ และคะแนนก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วม [13] รายงานค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ผลต่างของค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่า F, ค่า p และ partial η^2 [14]

6.4 ก่อนวิเคราะห์ ANCOVA ผู้วิจัยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น 4 ข้อ ได้แก่ (1) ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรร่วมกับตัวแปรตาม (Linearity) ด้วยสหสัมพันธ์เพียร์สันรายกลุ่มและการทดสอบพจน์กำลังสองของคะแนนก่อนเรียนในแบบจำลอง (2) ความเท่าเทียมกันของความชันของเส้นถดถอยระหว่างกลุ่ม (Homogeneity of Regression Slopes) จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับคะแนนก่อนเรียน (Group × Pretest) (3) ความเป็นปกติของค่าคลาดเคลื่อน (Normality of Residuals) ด้วย Shapiro–Wilk test และ (4) ความเท่าเทียมกันของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Homogeneity of Variance) ด้วย Levene's test ของค่าคลาดเคลื่อน โดยถือว่าเป็นไปตามข้อตกลงเมื่อ $p > .05$ นอกจากนี้ ตรวจสอบค่าผิดปกติและค่าที่มีอิทธิพลด้วย Externally Studentized Residual ($|r| > 3$) และ Cook's distance ($> 4/n$) และวิเคราะห์ความไวของผล (Sensitivity Analysis) โดยวิเคราะห์ซ้ำเมื่อตัดข้อมูลที่มีอิทธิพลออก

6.5 วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 (สมมติฐานข้อที่ 2 (3)) วิเคราะห์ข้อมูลของผู้เรียนต่างรุ่นปีการศึกษา 2568 แยกจากการศึกษาหลัก โดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนด้วย Paired-Samples t-test พร้อมรายงานช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ Cohen's d_z และคำนวณ E1/E2 เป็นข้อมูลประกอบ โดยไม่มีการทดสอบเปรียบเทียบข้ามรุ่น

6.6 วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 (สมมติฐานข้อที่ 3) วิเคราะห์สมรรถนะการปฏิบัติงานด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนและร้อยละของผู้ผ่านเกณฑ์ และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของสัดส่วนผู้ผ่านด้วยวิธี Wilson ทดสอบค่าเฉลี่ยคะแนนสมรรถนะเทียบกับเกณฑ์ผ่าน 16 คะแนน ด้วย One-Sample t-test โดยกำหนดเกณฑ์ผ่านรายบุคคลไม่น้อยกว่า 16 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และเกณฑ์ระดับกลุ่มให้มีผู้ผ่านไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินด้วย ICC(2, 2)

6.7 วัตถุประสงค์ข้อที่ 4 (สมมติฐานข้อที่ 4) วิเคราะห์ความพึงพอใจด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวมตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ซึ่งเป็นการประเมินตามเกณฑ์เชิงพรรณนา

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับวัตถุประสงค์การวิจัยทั้ง 4 ข้อ ได้แก่ 1) คุณภาพและประสิทธิภาพของชุดฝึก 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) สมรรถนะการปฏิบัติงาน และ 4) ความพึงพอใจของผู้เรียน ดังนี้

1. ผลการพัฒนา คุณภาพ และประสิทธิภาพของชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน

ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03 ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 1) ชุดฝึกฮาร์ดแวร์ 2) แอปพลิเคชันสนับสนุนการเรียนรู้ 3) คู่มือผู้สอนและคู่มือผู้เรียน 4) แผนการจัดการเรียนรู้ 5) ใบงานภาคปฏิบัติจำนวน 4 งาน และ 6) แบบประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดฝึกสมรรถนะ ประกอบด้วย กล่องอุปกรณ์ทดลองสำหรับติดตั้งและรองรับอุปกรณ์วงจรทดลองทั้งหมด ได้แก่ ภาคจ่ายไฟฟ้า แผงควบคุมหลอดไฟส่องสว่างแบบแอลอีดีที่มีหลอดแอลอีดีต่ออนุกรมกันพร้อมปุ่มกดเปิดการทำงาน สายปลั๊กไฟฟ้า แรงดันกระแสสลับ ฟิวส์ป้องกันกระแสเกิน และสวิตช์เปิด-ปิดการทำงานหลัก โดยด้านบนของกล่องอุปกรณ์ทดลอง ประกอบด้วย จุดวัดทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าตัวเมียแบบปลั๊กกล้วย (Banana Plug) และจุดวัดทดสอบสัญญาณพัลส์สำหรับวัดด้วยออสซิลโลสโคป ซึ่งเชื่อมต่อกับจอเอชีดิจิทัลโวลต์มิเตอร์และจอดีซีดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ เพื่อแสดงผลการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรงในจุดต่าง ๆ และมีระบบควบคุมการแสดงผลของจอดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ ที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดหน้าจอได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การควบคุมแบบใช้มือผ่านสวิตช์ จำนวน 8 ตัว ที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังกล่องอุปกรณ์ทดลอง และการควบคุมผ่านรีเลย์ที่สั่งการโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับวงจรรับส่งสัญญาณแบบบลูทูธ ซึ่งทำให้สามารถรองรับการสั่งงานแบบไร้สายผ่านโทรศัพท์มือถือ เพื่อเปิด-ปิดการเฉลยค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละจุดได้อย่างครบถ้วน ดังปรากฏในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันสำหรับงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD รุ่น RUS 02-03

ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	จำนวนข้อ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
ความถูกต้องทางเทคนิค	5	4.72	0.46	มากที่สุด
ความปลอดภัย	4	4.65	0.49	มากที่สุด
ความเหมาะสมต่อการเรียนรู้	6	4.57	0.50	มากที่สุด
การใช้งานฮาร์ดแวร์และแอปพลิเคชัน	5	4.52	0.51	มากที่สุด
รวม	**20**	**4.61**	**0.49**	**มากที่สุด**

หมายเหตุ: เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย [16] 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 2 พบว่า ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันมีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.61, SD = 0.49) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ทุกด้านมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านความถูกต้องทางเทคนิคมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.72, SD = 0.46) รองลงมา ได้แก่ ด้านความปลอดภัย ($\bar{x}$ = 4.65, SD = 0.49) ด้านความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ ($\bar{x}$= 4.57, SD = 0.50) และด้านการใช้งานฮาร์ดแวร์และแอปพลิเคชัน ($\bar{x}$ = 4.52, SD = 0.51) ตามลำดับ ผลดังกล่าวแสดงว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นผ่านเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกในกลุ่มทดลองปีการศึกษา 2566 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันในกลุ่มทดลองปีการศึกษา 2566

รายการประเมิน	*n*	คะแนนเต็มต่อคน	ผลรวมคะแนน	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	เกณฑ์	ผลการประเมิน
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)	19	80	1,258	82.76	80	ผ่าน
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)	19	40	628	82.63	80	ผ่าน

หมายเหตุ: E1 คำนวณจากคะแนนใบงานระหว่างเรียนจำนวน 4 งาน รวม 80 คะแนน และ E2 คำนวณจากคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน คะแนนเต็ม 40 คะแนน

จากตารางที่ 3 พบว่า ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 82.76/82.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ทั้งประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการประเมินคุณภาพในตารางที่ 2 ผลการวิจัยจึงสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1

2. ผลของการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนกลุ่มทดลองจำนวน 19 คน ใช้การทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

การทดสอบ	*n*	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	ผลต่างเฉลี่ย	95% CI ของผลต่าง	*t*	*df*	*p*	d_z
ก่อนเรียน	19	40	20.63	3.45						
หลังเรียน	19	40	33.05	5.18	12.42	[10.93, 13.91]	17.48	18	< .001	4.01

หมายเหตุ: ผลต่างเฉลี่ยคำนวณจากคะแนนหลังเรียนลบด้วยคะแนนก่อนเรียน; CI หมายถึงช่วงความเชื่อมั่น และ d_z หมายถึงขนาดอิทธิพลของ Cohen สำหรับข้อมูลสองชุดที่สัมพันธ์กัน

จากตารางที่ 4 พบว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ย 33.05 คะแนน (SD = 5.18) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียนซึ่งมีค่าเฉลี่ย 20.63 คะแนน (SD = 3.45) โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 12.42 คะแนน และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของผลต่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.93 ถึง 13.91 คะแนน

ผลการทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(18) = 17.48$, $p < .001$, $d_z = 4.01$) ผลการวิเคราะห์จึงสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 (1)

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ข้อมูลเบื้องต้นของคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน จำแนกตามกลุ่มผู้เรียน

กลุ่มผู้เรียน	*n*	ก่อนเรียน $\bar{x}$ (SD)	หลังเรียน $\bar{x}$ (SD)	ผลต่าง $\bar{x}$ (SD)
กลุ่มควบคุม	11	20.27 (3.23)	27.45 (3.56)	7.18 (2.40)
กลุ่มทดลอง	19	20.63 (3.45)	33.05 (5.18)	12.42 (3.10)

จากตารางที่ 5 พบว่า ก่อนเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียง (20.27 และ 20.63 คะแนน ตามลำดับ) และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(28) = 0.28$, $p = .781$) ภายหลังการจัดการเรียนรู้กลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย 33.05 คะแนน (SD = 5.18) ขณะที่กลุ่มควบคุมมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย 27.45 คะแนน (SD = 3.56) ทั้งนี้ กลุ่มควบคุมมีคะแนนเพิ่มขึ้นเช่นกัน (เฉลี่ย 7.18 คะแนน) ซึ่งสะท้อนผลของการเรียนตามปกติ การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มจึงพิจารณาจากคะแนนหลังเรียนที่ปรับด้วยคะแนนก่อนเรียน ก่อนวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ผู้วิจัยตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของ ANCOVA ทั้ง 4 ข้อ ผลแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

ข้อตกลงเบื้องต้น	วิธีตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ	สรุปผล
1) ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linearity)	สหสัมพันธ์เพียร์สันรายกลุ่มและพจน์กำลังสองในแบบจำลอง	กลุ่มควบคุม $r = .75$, $p = .007$; กลุ่มทดลอง $r = .82$, $p < .001$; พจน์กำลังสอง $p = .117$	เป็นไปตามข้อตกลง
2) ความเท่าเทียมกันของความชันของเส้นถดถอย (Homogeneity of Regression Slopes)	ปฏิสัมพันธ์ Group × Pretest	$F(1, 26) = 1.29$, $p = .266$	เป็นไปตามข้อตกลง
3) ความเป็นปกติของค่าคลาดเคลื่อน (Normality of Residuals)	Shapiro–Wilk test	$W = .96$, $p = .297$	เป็นไปตามข้อตกลง
4) ความเท่าเทียมกันของความแปรปรวน (Homogeneity of Variance)	Levene's test ของค่าคลาดเคลื่อน	$F(1, 28) = 0.20$, $p = .662$	เป็นไปตามข้อตกลง

หมายเหตุ: เกณฑ์ตัดสิน คือ $p > .05$; การตรวจสอบรายกลุ่มพบแนวโน้มความโค้งเล็กน้อยในกลุ่มทดลอง ($p = .021$) แต่พจน์กำลังสองในแบบจำลองรวมไม่มีนัยสำคัญ; พบข้อมูลที่มีอิทธิพล 1 ราย (Externally Studentized Residual = 3.11, Cook's distance = .14) เมื่อวิเคราะห์ซ้ำโดยตัดข้อมูลดังกล่าวออก ผลยังคงมีทิศทางและนัยสำคัญเช่นเดิม (ผลต่างของค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว = 4.77, 95% CI [2.79, 6.76], $F(1, 26) = 24.34$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .484$)

จากตารางที่ 6 ข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติของ ANCOVA ทั้ง 4 ข้อ เป็นไปตามเงื่อนไขและผลการวิเคราะห์ความไวแสดงว่าผลการเปรียบเทียบไม่ได้ขึ้นอยู่กับข้อมูลรายใดรายหนึ่ง จึงสามารถใช้ ANCOVA กับข้อมูลชุดนี้ได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการวิจัยใช้ห้องเรียนเดิมกลุ่มละหนึ่งห้อง ข้อมูลของผู้เรียนภายในห้องเดียวกันอาจไม่เป็นอิสระต่อกันอย่างสมบูรณ์ และไม่สามารถแยกผลของชุดฝึกออกจากลักษณะเฉพาะของห้องเรียนได้ ผล ANCOVA จึงตีความเป็นความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้วระหว่างสองห้องเรียนภายใต้บริบทที่ศึกษา มิใช่หลักฐานเชิงเหตุผลโดยสมบูรณ์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนที่ปรับด้วยคะแนนก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

(ก) ค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนที่ปรับแล้ว

กลุ่มผู้เรียน	*n*	คะแนนหลังเรียนที่ปรับแล้ว	SE	95% CI
กลุ่มควบคุม	11	27.70	0.88	[25.91, 29.50]
กลุ่มทดลอง	19	32.91	0.67	[31.54, 34.28]

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนที่ปรับด้วยคะแนนก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (ต่อ)

(ข) ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

ผลต่างของค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว	95% CI ของผลต่าง	*F*	*df*	*p*	partial η^2
5.20	[2.95, 7.46]	22.35	(1, 27)	< .001	.453

หมายเหตุ: ผลต่างคำนวณจากค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้วของกลุ่มทดลองลบด้วยกลุ่มควบคุม ค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้วประเมินที่ค่าเฉลี่ยรวมของคะแนนก่อนเรียน (20.50 คะแนน)

จากตารางที่ 7 เมื่อควบคุมอิทธิพลของคะแนนก่อนเรียนแล้ว พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนที่ปรับแล้วเฉลี่ย 32.91 คะแนน (SE = 0.67, 95% CI [31.54, 34.28]) ขณะที่กลุ่มควบคุมมีคะแนนหลังเรียนที่ปรับแล้วเฉลี่ย 27.70 คะแนน (SE = 0.88, 95% CI [25.91, 29.50]) โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนที่ปรับแล้วสูงกว่ากลุ่มควบคุมเฉลี่ย 5.20 คะแนน (95% CI [2.95, 7.46]) และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F(1, 27) = 22.35$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .453$) ผลการวิเคราะห์จึงสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 (2)

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสิทธิภาพของชุดฝึกในผู้เรียนต่างรุ่นปีการศึกษา 2568 (ข้อมูลสนับสนุน)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกเมื่อนำไปใช้กับผู้เรียนต่างรุ่นจำนวน 12 คน แสดงดังตารางที่ 8 และผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนด้วยการทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กันแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพของชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันในผู้เรียนต่างรุ่นปีการศึกษา 2568

รายการประเมิน	*n*	คะแนนเต็มต่อคน	ผลรวมคะแนน	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	เกณฑ์	ผลการประเมิน
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)	12	80	864	90.00	80	ผ่าน
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)	12	40	429	89.38	80	ผ่าน

ตารางที่ 9 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของผู้เรียนต่างรุ่นปีการศึกษา 2568

การทดสอบ	*n*	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	ผลต่างเฉลี่ย	95% CI ของผลต่าง	*t*	*df*	*p*	d_z
ก่อนเรียน	12	40	21.58	3.06						
หลังเรียน	12	40	35.75	3.28	14.17	[12.39, 15.94]	17.59	11	< .001	5.08

จากตารางที่ 8 และ 9 พบว่า ชุดฝึกมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 90.00/89.38 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และผู้เรียนต่างรุ่นมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย 35.75 คะแนน (SD = 3.28) สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน (เฉลี่ย 21.58 คะแนน, SD = 3.06) โดยเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 14.17 คะแนน (95% CI [12.39, 15.94]) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(11) = 17.59$, $p < .001$, $d_z = 5.08$) ผลการวิเคราะห์จึงสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 (3) อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนภายใต้บริบทของผู้เรียนต่างรุ่นที่ศึกษาเท่านั้น ไม่ใช่หลักฐานการทดลองซ้ำหรือหลักฐานยืนยันความเท่าเทียมของผลระหว่างรุ่น

3. ผลการประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงานของผู้เรียน

ผู้เรียนกลุ่มทดลองได้รับการประเมินสมรรถนะโดยผู้ประเมิน 2 คน ซึ่งให้คะแนนอย่างเป็นอิสระจากกัน และใช้คะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินทั้งสองคนเป็นคะแนนสุดท้าย ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการประเมินสมรรถนะการปฏิบัติงานของผู้เรียนกลุ่มทดลอง

ด้านที่ประเมิน	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ผ่านรายด้าน	$\bar{x}$	SD	จำนวนผู้ผ่าน	ร้อยละผ่าน
ความปลอดภัยและการเตรียมเครื่องมือ	4	≥3	3.74	0.45	19	100.00
การระบุจุดวัดและวิเคราะห์วงจร	4	≥3	3.47	0.70	17	89.47
การวัดและบันทึกแรงดันและสัญญาณไฟฟ้า	4	≥3	3.58	0.61	18	94.74
การวิเคราะห์อาการเสีย	4	≥3	3.32	0.75	16	84.21
การสรุปแนวทางแก้ไข	4	≥3	3.32	0.75	16	84.21
สมรรถนะโดยรวม	**20**	**≥16**	**17.42**	**1.43**	**17**	**89.47**

หมายเหตุ: n = 19, กำหนดเกณฑ์ผ่านรายบุคคลไม่น้อยกว่า 16 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน, เกณฑ์ผ่านรายด้านอย่างน้อย 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน และเกณฑ์ระดับกลุ่มให้มีผู้ผ่านไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ค่าเฉลี่ยสมรรถนะโดยรวมคำนวณจากคะแนนรวมรายบุคคล จึงอาจต่างจากผลบวกของค่าเฉลี่ยรายด้านที่ปัดเศษแล้วเล็กน้อย

จากตารางที่ 9 พบว่า ผู้เรียนกลุ่มทดลองมีผู้ผ่านเกณฑ์สมรรถนะ 17 คน จาก 19 คน คิดเป็นร้อยละ 89.47 โดยมีช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของสัดส่วนผู้ผ่านตามวิธี Wilson เท่ากับ [68.61, 97.06] เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์เชิงพรรณนา สัดส่วนผู้ผ่านที่สังเกตได้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ที่กำหนดไว้

เมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยคะแนนสมรรถนะโดยรวมเทียบกับเกณฑ์ผ่าน 16 คะแนน ด้วย One-Sample t-test พบว่า คะแนนเฉลี่ย 17.42 คะแนน (SD = 1.43) สูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(18) = 4.33$, $p < .001$, $d = 0.99$) โดยมีผลต่างเฉลี่ย 1.42 คะแนน (95% CI [0.73, 2.11]) ผลการวิเคราะห์จึงสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 อย่างไรก็ตาม ขอบล่างของช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนผู้ผ่าน (ร้อยละ 68.61) ต่ำกว่าร้อยละ 80 จึงยังไม่อาจยืนยันเชิงสถิติได้ว่าสัดส่วนผู้ผ่านเกณฑ์สูงกว่าเกณฑ์ระดับกลุ่มที่กำหนด

เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านความปลอดภัยและการเตรียมเครื่องมือมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 3.74, SD = 0.45) และมีผู้ผ่านเกณฑ์ทุกคนรองลงมา ได้แก่ ด้านการวัดและบันทึกแรงดันและสัญญาณไฟฟ้า ($\bar{x}$ = 3.58, SD = 0.61) และด้านการระบุจุดวัดและวิเคราะห์วงจร ($\bar{x}$ = 3.47, SD = 0.70) ส่วนด้านการวิเคราะห์อาการเสียและด้านการสรุปแนวทางแก้ไขมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ($\bar{x}$ = 3.32, SD = 0.75)

คะแนนของผู้ประเมินทั้งสองคนมีความสอดคล้องกันในระดับสูง (ICC(2, 2) = .88, 95% CI [.69, .95]) แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยจากผู้ประเมินทั้งสองคนมีความเชื่อมั่นเพียงพอสำหรับใช้เป็นคะแนนสมรรถนะสุดท้าย

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน

ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนกลุ่มทดลองจำนวน 19 คน แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชัน

ด้านที่ประเมิน	จำนวนข้อ	$\bar{x}$	SD	95% CI	ระดับความพึงพอใจ
เนื้อหาและใบงาน	4	4.47	0.39	[4.29, 4.66]	มาก
การใช้งานชุดฝึกและแอปพลิเคชัน	4	4.58	0.36	[4.40, 4.75]	มากที่สุด
การสนับสนุนการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน	4	4.51	0.41	[4.31, 4.71]	มากที่สุด
รวม	**12**	**4.52**	**0.34**	**[4.36, 4.68]**	**มากที่สุด**

หมายเหตุ: เกณฑ์การแปลผลเป็นไปตามหมายเหตุของตารางที่ 2

จากตารางที่ 11 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.52, SD = 0.34, 95% CI [4.36, 4.68]) สูงกว่าเกณฑ์ 3.51 ที่กำหนดไว้ เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านการใช้งานชุดฝึกและแอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{x}$ = 4.58, SD = 0.36) รองลงมา ได้แก่ ด้านการสนับสนุนการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน ($\bar{x}$ = 4.51, SD = 0.41) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ส่วนด้านเนื้อหาและใบงานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.47, SD = 0.39) ผลดังกล่าวสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 4

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ ดังนี้

1. ชุดฝึกสมรรถนะร่วมกับแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ชุดฝึกฮาร์ดแวร์ แอปพลิเคชัน คู่มือ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบงาน 4 งาน และแบบประเมินสมรรถนะ มีคุณภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.61, SD = 0.49) และมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 82.76/82.63 ผ่านเกณฑ์ 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1
2. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียน ($\bar{x}$ = 33.05) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 20.63) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) เมื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียนแล้ว กลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนที่ปรับแล้วสูงกว่ากลุ่มควบคุม 5.20 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และผู้เรียนต่างรุ่นมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 (1) – (3)
3. ด้านสมรรถนะการปฏิบัติงาน ผู้เรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์สมรรถนะการปฏิบัติงานที่กำหนด (17 จาก 19 คน หรือร้อยละ 89.47) และมีคะแนนเฉลี่ย 17.42 จาก 20 คะแนน สูงกว่าเกณฑ์ 16 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้ เป็นผลการประเมินหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ มิใช่การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะ
4. ด้านความพึงพอใจ ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.52, SD = 0.34) สูงกว่าเกณฑ์ 3.51 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผล

ส่วนนี้อภิปรายเหตุผลที่อาจอธิบายผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ทั้ง 4 ข้อ โดยเชื่อมโยงกับแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. คุณภาพและประสิทธิภาพของชุดฝึก

ชุดฝึกได้รับการประเมินคุณภาพในระดับมากที่สุดและผ่านเกณฑ์ 80/80 เหตุผลสำคัญน่าจะมาจากกระบวนการพัฒนาที่เริ่มจากการวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชาและภาระงานจริง [5] แล้วจึงกำหนดอาการเสียจำลอง จุดตรวจวัด ใบงาน และเกณฑ์ประเมินให้ยึดผลลัพธ์การเรียนรู้เดียวกัน ตามหลักการเรียนรู้ฐานสมรรถนะที่ให้ผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นตัวกำหนดกิจกรรมและหลักฐานการประเมิน [1], [3] ผู้เชี่ยวชาญจึงเห็นความเชื่อมโยงระหว่างความถูกต้องทางเทคนิคกับความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ได้ชัดเจน ประกอบกับการทดลองนำร่องก่อนใช้จริงช่วยปรับความชัดเจนของใบงาน ระยะเวลา และความพร้อมของอุปกรณ์ ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และของผลลัพธ์ (E2) มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งชี้ว่ากิจกรรมระหว่างเรียนกับผลลัพธ์ปลายทางมีความสอดคล้องกัน ตามแนวคิดการทดสอบประสิทธิภาพของชุดการสอน [12] ผลนี้มีทิศทางเดียวกับงานพัฒนาชุดฝึกสมรรถนะงานเครื่องกลไฟฟ้า แผงฝึก EM 09–11 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 80/80 [17] อย่างไรก็ตาม เนื้อหา กลุ่มผู้เรียน และเครื่องมือวิจัยของงานดังกล่าวแตกต่างกัน และค่า E1/E2 ขึ้นอยู่กับกิจกรรมและแบบทดสอบที่ผู้วิจัยกำหนด จึงไม่ใช่หลักฐานเชิงเหตุผลโดยลำพัง

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่กลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนที่ปรับแล้วสูงกว่ากลุ่มควบคุม ความแตกต่างที่พบอาจอธิบายได้ด้วยกลไก 3 ประการ ประการแรก การจำลองอาการเสียที่ควบคุมและทำซ้ำได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกวินิจฉัยหลายสถานการณ์ภายในเวลาเท่ากัน ซึ่งการเรียนตามปกติที่อาศัยการบรรยายและการสาธิตทำได้จำกัด ประการที่สอง แอปพลิเคชันที่แสดงตำแหน่งจุดวัด ลำดับการตรวจสอบ และค่าอ้างอิง ทำหน้าที่เป็นข้อมูลป้อนกลับเมื่อผู้เรียนเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าอ้างอิง ผู้เรียนจึงมีโอกาสเชื่อมโยงความรู้ทางวงจรกับข้อมูลการวัดอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับ

ข้อเสนอว่าเทคโนโลยีดิจิทัลในระบบ TVET จะมีคุณค่าเมื่อผูกกับภาระงานและกระบวนการเรียนรู้ [11] ประการที่สาม ใบงานที่กำหนดให้ตรวจวัด บันทึก เปรียบเทียบ และอธิบายเหตุผล เป็นการฝึกปฏิบัติควบคู่กับการสะท้อนคิดตามแนวทางการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ [1], [3] ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาของแบบทดสอบที่เน้นการวิเคราะห์วงจรและการวิเคราะห์อาการเสีย ผลที่พบมีทิศทางสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า ผู้เรียนที่ใช้ชุดฝึกสมรรถนะมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนแบบปกติ [17] การใช้ ANCOVA และการรายงานขนาดอิทธิพลช่วยให้เห็นขนาดของความแตกต่างหลังควบคุมคะแนนพื้นฐาน [13], [14] และการวิเคราะห์ความไวแสดงว่าผลไม่ได้ขึ้นอยู่กับข้อมูลรายใดรายหนึ่ง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเป็นการวิจัยกึ่งทดลองที่ใช้ชั้นเรียนเดิมกลุ่มละหนึ่งห้องและผู้วิจัยเป็นผู้สอนทั้งสองกลุ่ม จึงควรสรุปว่า พบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มภายใต้บริบทที่ศึกษา มากกว่าสรุปว่าความแตกต่างเกิดจากชุดฝึกเพียงอย่างเดียว

สำหรับผู้เรียนต่างรุ่นปีการศึกษา 2568 ผลสัมฤทธิ์ปรากฏในทิศทางเดียวกับการศึกษาหลัก อาจเนื่องจากชุดฝึกมีลำดับกิจกรรม ใบงาน และข้อมูลอ้างอิงที่นำกลับมาใช้ได้ในบริบทใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนกลุ่มนี้มีจำนวนน้อย ไม่มีกลุ่มควบคุม และศึกษาในช่วงเวลาต่างกัน ผลจึงเป็นเพียงข้อมูลสนับสนุนความสอดคล้องของทิศทาง ไม่ใช่หลักฐานการทดลองซ้ำ หรือหลักฐานว่าผลระหว่างรุ่นเท่าเทียมกัน [15]

3. สมรรถนะการปฏิบัติงาน

ผู้เรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์สมรรถนะการปฏิบัติงานที่กำหนด ผลที่พบอาจสัมพันธ์กับการที่เกณฑ์ประเมินทั้ง 5 ด้าน ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับขั้นตอนในใบงาน ผู้เรียนจึงได้ฝึกพฤติกรรมเดียวกับที่ถูกประเมินมาก่อน ซึ่งเป็นหลักการจัดแนวกิจกรรมกับการประเมินในการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ [1], [3] ด้านความปลอดภัยและการเตรียมเครื่องมือมีผลสูงที่สุด อาจเนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีลำดับชัดเจน ได้ฝึกซ้ำในทุกใบงาน และอยู่ภายใต้การกำกับของผู้สอนอย่างใกล้ชิด ส่วนด้านการวิเคราะห์อาการเสีย และการสรุปแนวทางแก้ไขมีผลต่ำกว่าด้านอื่น เพราะเป็นทักษะการคิดขั้นสูงที่ต้องสังเคราะห์ข้อมูลจากหลายจุดตรวจวัด และอาศัยประสบการณ์ในการตัดสินใจ จึงควรเพิ่มสถานการณ์อาการเสียที่หลากหลาย และให้ผู้เรียนอธิบายเหตุผลประกอบการวินิจฉัย

อย่างไรก็ตาม สมรรถนะการปฏิบัติงานวัดเฉพาะหลังเรียนในกลุ่มทดลอง ไม่มีการวัดก่อนเรียนและไม่มีกลุ่มควบคุมสำหรับตัวแปรนี้ ผลจึงอธิบายได้เพียงระดับสมรรถนะที่สังเกตได้ภายหลังการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ ไม่สามารถสรุปว่าสมรรถนะเพิ่มขึ้นหรือเกิดจากชุดฝึกโดยตรง นอกจากนี้ ขอบล่างของช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนผู้ผ่านยังต่ำกว่าร้อยละ 80 ส่วนความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินช่วยสนับสนุนความน่าเชื่อถือของคะแนน แต่ไม่ได้ยืนยันว่าเครื่องมือครอบคลุมสมรรถนะทุกด้าน

4. ความพึงพอใจของผู้เรียน

ผู้เรียนมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยด้านการใช้งานชุดฝึกและแอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด อาจเนื่องจากแอปพลิเคชันช่วยให้เข้าถึงจุดวัด ลำดับการตรวจสอบ และค่าอ้างอิงได้สะดวกขณะปฏิบัติงาน ขณะที่ด้านเนื้อหาและใบงานมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น จึงควรปรับความชัดเจนและความหลากหลายของใบงานเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม ความพึงพอใจใช้เป็นข้อมูลด้านการยอมรับชุดฝึก ไม่ควรใช้ยืนยันประสิทธิผลด้านผลสัมฤทธิ์หรือสมรรถนะโดยลำพัง

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้มีข้อจำกัด ได้แก่ 1) ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กจากสถานศึกษาแห่งเดียว เลือกแบบสะดวก ใช้ชั้นเรียนเดิมกลุ่มละหนึ่งห้อง และไม่มีการสุ่มรายบุคคล จึงไม่สามารถแยกผลของชุดฝึกออกจากลักษณะเฉพาะของห้องเรียนได้ 2) ผู้วิจัยเป็นผู้สอนทั้งสองกลุ่ม ซึ่งอาจมีอิทธิพลจากความคาดหวังของผู้สอน 3) สมรรถนะการปฏิบัติงานและความพึงพอใจวัดเฉพาะหลังเรียนในกลุ่มทดลอง 4) การศึกษากับผู้เรียนต่างรุ่นไม่มีกลุ่มควบคุมและไม่มีการติดตามความคงทนของผล และ 5) การประเมินชุดฝึกเป็นการประเมินทั้งระบบ จึงไม่สามารถแยกผลขององค์ประกอบแต่ละส่วนได้

เงื่อนไขในการนำผลไปใช้ ผลการวิจัยนี้ควรนำไปใช้ในบริบทที่ใกล้เคียงกับการศึกษา ได้แก่ 1) ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่มีพื้นฐานวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการใช้เครื่องมือวัด 2) มีเวลาจัดการเรียนรู้ประมาณ 20 ชั่วโมงสำหรับเนื้อหาภาคจ่ายไฟ 3) มีชุดฝึก แอปพลิเคชัน และอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยพร้อมใช้งาน และ 4) มีผู้สอนกำกับการปฏิบัติงานกับวงจรแรงดันสูงอย่างใกล้ชิด หากบริบทแตกต่างจากนี้ ควรตรวจสอบคุณภาพและผลลัพธ์ซ้ำก่อนสรุปผล

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ผู้สอนควรประเมินพื้นฐานผู้เรียนและปรับความยากของอาการเสีย ใบงาน และระยะเวลาฝึกให้เหมาะสม รวมทั้งตรวจสอบชุดฝึก แอปพลิเคชัน และเครื่องมือก่อนใช้งาน

1.2 ต้องกำหนดมาตรการความปลอดภัยสำหรับวงจรแรงดันสูง ตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกัน และกำกับผู้เรียนตลอดการปฏิบัติงาน

1.3 ควรใช้แอปพลิเคชันเป็นข้อมูลสนับสนุน ไม่ใช่เครื่องมือให้คำตอบ โดยให้ผู้เรียนบันทึกค่าที่วัด อธิบายเหตุผล และใช้หลักฐานประกอบการวินิจฉัย

1.4 การประเมินสมรรถนะควรใช้เกณฑ์แบบวิเคราะห์ที่ชัดเจน และผู้ประเมินอย่างน้อย 2 คน โดยต้องพัฒนาเกณฑ์ใหม่หากนำไปใช้กับงานช่างสาขาอื่น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษากับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จากหลายชั้นเรียนหรือหลายสถานศึกษา และใช้การสุ่มระดับชั้นเรียนหรือการจับคู่กลุ่มเมื่อทำได้ รวมทั้งใช้ผู้สอนและผู้ประเมินที่ไม่ใช่ผู้วิจัย

2.2 ควรวัดสมรรถนะก่อน–หลังในทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม รวมทั้งติดตามความคงทนและทดสอบกับภาระงานใหม่

2.3 ควรศึกษาบทบาทขององค์ประกอบแต่ละส่วนและข้อมูลระหว่างกระบวนการ เพื่ออธิบายกลไกที่สัมพันธ์กับผลการเรียนรู้

2.4 ควรทดลองนำกรอบทั้ง 5 องค์ประกอบ ไปพัฒนาชุดฝึกในงานช่างสาขาอื่น แล้วตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ สมรรถนะ ความปลอดภัย และการถ่ายโอนการเรียนรู้ในบริบทนั้นโดยตรง

องค์ความรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการวิจัย

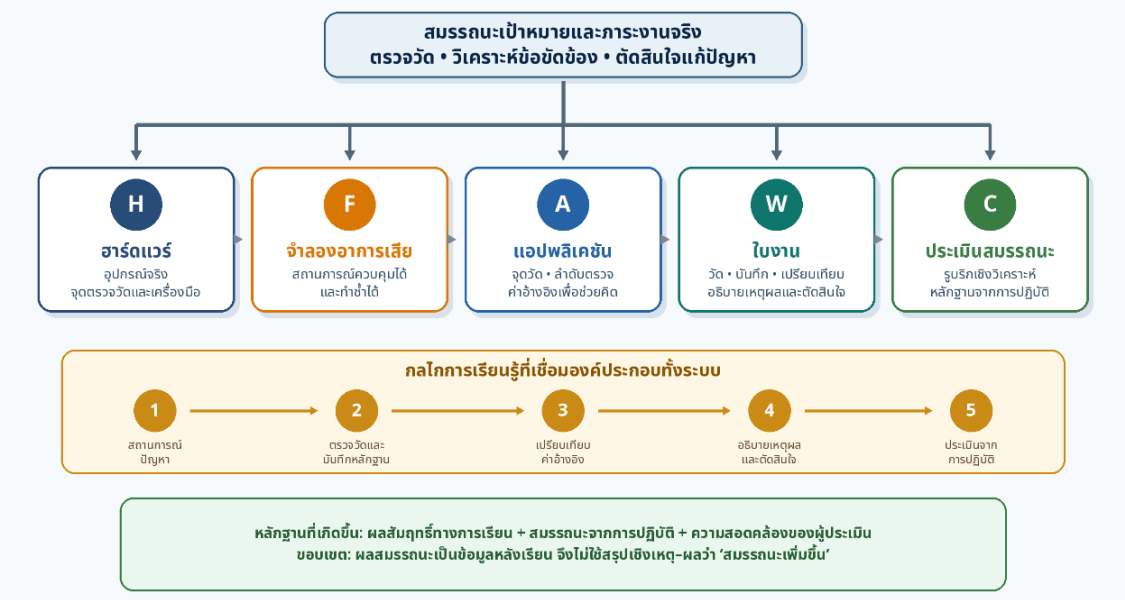
Contribution ของงานวิจัยนี้มิใช่เพียงการสร้างชุดฝึก แต่เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะที่บูรณาการ Hardware + Fault Simulation + Application + Practice Tasks + Competency Assessment เข้าเป็นระบบเดียว ทั้งนี้ องค์ความรู้ที่ได้อยู่ในระดับแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีหลักฐานรองรับภายใต้บริบทที่ศึกษา มิใช่การกล่าวอ้างความใหม่ในระดับกว้าง สรุปได้ 3 ประเด็น ดังนี้

1. กรอบการออกแบบชุดฝึกฐานสมรรถนะแบบบูรณาการ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ฮาร์ดแวร์และจุดตรวจวัดจริง การจำลองอาการเสียที่ควบคุมและทำซ้ำได้ แอปพลิเคชันแสดงจุดวัด ลำดับการตรวจสอบ และค่าอ้างอิง ใบงานที่กำกับให้ตรวจวัด บันทึก เปรียบเทียบ และอธิบายเหตุผล และการประเมินด้วยรูบริกเชิงวิเคราะห์ ซึ่งมีหลักฐานรองรับจากผลการประเมินคุณภาพระดับมากที่สุดและประสิทธิภาพที่ผ่านเกณฑ์ 80/80

2. บทบาทของแอปพลิเคชันในฐานะเครื่องมือสนับสนุนข้อมูลและกระบวนการคิด มิใช่เครื่องมือให้คำตอบ เมื่อใช้ร่วมกับการตรวจวัดจริงภายในกรอบดังกล่าว ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมเมื่อควบคุมคะแนนก่อนเรียน และมีผลในทิศทางเดียวกันในผู้เรียนต่างรุ่น ทั้งนี้ ผลที่ได้เป็นผลของชุดฝึกทั้งระบบ ไม่สามารถแยกผลของแอปพลิเคชันออกจากองค์ประกอบอื่นได้

3. แนวทางประเมินสมรรถนะจากหลักฐานการปฏิบัติงานด้วยรูบริกเชิงวิเคราะห์ 5 ด้าน และผู้ประเมิน 2 คน ซึ่งมีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินสูง และชี้จุดที่ควรพัฒนาได้ชัดเจน ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์อาการเสียและการสรุปแนวทางแก้ไข ทั้งนี้ สมรรถนะประเมินเฉพาะหลังเรียน จึงใช้อธิบายระดับสมรรถนะที่สังเกตได้ ไม่ใช่การสรุปว่าสมรรถนะเพิ่มขึ้น

กลไกการเรียนรู้ของกรอบดังกล่าวดำเนินจากสถานการณ์ปัญหา ไปสู่การตรวจวัดและบันทึกหลักฐาน การเปรียบเทียบข้อมูลกับค่าอ้างอิง การอธิบายเหตุผลและตัดสินใจ และการประเมินจากการปฏิบัติจริงตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 กรอบองค์ความรู้และแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากการวิจัย

นอกจากนี้ ผู้วิจัยและผู้เรียนได้นำชุดฝึกไปใช้เป็นสื่อประกอบการถ่ายทอดความรู้แก่ตัวแทนชุมชนคลองสามวา กรุงเทพมหานคร จำนวน 18 คน ภายใต้หลักสูตรซ่อมแซมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือน ดังรูปที่ 8 กิจกรรมดังกล่าวแสดงความเป็นไปได้ในการนำองค์ประกอบของชุดฝึกไปปรับใช้ในการสาธิตและฝึกปฏิบัติสำหรับบุคคลภายนอกสถานศึกษา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่มีการวัดผลสัมฤทธิ์หรือประเมินสมรรถนะของผู้เข้าร่วมก่อนและหลังการถ่ายทอด จึงเป็นเพียงหลักฐานการดำเนินกิจกรรมและการเผยแพร่ ไม่ควรใช้สรุปว่าชุดฝึกช่วยเพิ่มความรู้หรือสมรรถนะของตัวแทนชุมชน ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การใช้ชุดฝึกเป็นสื่อประกอบการถ่ายทอดความรู้แก่ตัวแทนชุมชนคลองสามวา กรุงเทพมหานคร

การประยุกต์ใช้กับงานช่างสาขาอื่น

กรอบองค์ความรู้ในรูปที่ 7 สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาชุดฝึกหรือการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะในงานช่างสาขาอื่นที่ต้องอาศัยการตรวจวัด การวิเคราะห์ข้อขัดข้อง และการตัดสินใจจากหลักฐาน โดยคงโครงสร้างการบูรณาการ 5 องค์ประกอบไว้ แต่ปรับรายละเอียดให้สอดคล้องกับสมรรถนะและภาระงานของแต่ละสาขา เช่น งานระบบไฟฟ้ายานยนต์อาจจำลองข้อขัดข้องของระบบสตาร์ตและระบบประจุไฟ งานทำความเย็นและปรับอากาศอาจจำลองความผิดปกติของความดัน อุณหภูมิ และกระแสไฟฟ้า งานควบคุมด้วย PLC อาจจำลองข้อขัดข้องของเซนเซอร์ อุปกรณ์ขับ และสัญญาณอินพุต–เอาต์พุต ส่วนงานติดตั้งไฟฟ้าอาจจำลองวงจรขาด การลัดวงจร และการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า การพัฒนาในแต่ละ

สาขาควรเริ่มจากการกำหนดสมรรถนะเป้าหมายและภาระงานจริง จากนั้นออกแบบสถานการณ์ข้อขัดข้อง จุดตรวจวัด ค่าอ้างอิง เครื่องมือและมาตรการความปลอดภัย แอปพลิเคชันสนับสนุนข้อมูล ใบงาน และเกณฑ์ประเมินสมรรถนะที่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง

เงื่อนไขของการประยุกต์ใช้ ได้แก่ 1) ภาระงานเป้าหมายต้องมีจุดตรวจวัดที่ระบุได้และมีค่าอ้างอิงที่ชัดเจน 2) อาการเสียต้องจำลองได้อย่างปลอดภัย ควบคุมได้ และทำซ้ำได้ 3) ต้องพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์ประเมินใหม่ตามสมรรถนะของสาขา รวมทั้งตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 4) ต้องมีมาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมกับลักษณะพลังงานของงาน และ 5) ต้องกำหนดบทบาทของแอปพลิเคชันเป็นข้อมูลสนับสนุน มิใช่เฉลยคำตอบ ส่วนขอบเขตของการประยุกต์ใช้กรอบนี้เหมาะกับงานที่เน้นการตรวจวัดและวินิจฉัยข้อขัดข้อง และอาจไม่เหมาะกับงานที่หลักฐานสมรรถนะเป็นคุณภาพของชิ้นงานหรือทักษะกลไกเป็นหลัก เช่น งานเชื่อมโลหะหรืองานไม้ นอกจากนี้ ผลการวิจัยครั้งนี้ทดสอบเฉพาะงานภาคจ่ายไฟเครื่องรับโทรทัศน์ LCD การนำกรอบไปใช้กับสาขาอื่นจึงเป็นข้อเสนอเชิงการออกแบบ ที่ต้องตรวจสอบคุณภาพ ความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และผลลัพธ์การเรียนรู้ในบริบทของแต่ละสาขาก่อนสรุปว่าใช้ได้ผล

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยได้รับอนุญาตจากผู้บริหารสถานศึกษา ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน ประโยชน์ ความเสี่ยง และการรักษาความลับแก่ผู้เข้าร่วมก่อนเก็บข้อมูล การเข้าร่วมเป็นไปโดยสมัครใจ และผู้เรียนสามารถขอถอนตัวได้ ข้อมูลรายบุคคลบันทึกด้วยรหัสนักศึกษา และนำเสนอผลในภาพรวมโดยไม่ระบุตัวบุคคล และใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น สำหรับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวงจรแรงดันสูง ผู้วิจัยใช้มาตรการความปลอดภัยตามที่ระบุในหัวข้อการเก็บรวบรวมข้อมูลและกำกับการปฏิบัติงานตลอดกิจกรรม

เอกสารอ้างอิง

[1] S. McGrath, M. Mulder, J. Papier, and R. Suart, Eds., *Handbook of Vocational Education and Training: Developments in the Changing World of Work*. Cham, Switzerland: Springer, 2019. [Online]. doi: 10.1007/978-3-319-94532-3

[2] UNESCO Office Bangkok and Regional Bureau for Education in Asia and the Pacific, *Learner-Centred Teaching in Technical and Vocational Education and Training: Perspectives and Reviews of Six Asia-Pacific Countries*. Paris, France, and Bangkok, Thailand: UNESCO, 2023. [Online]. Available: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384610 (Accessed: Aug. 20, 2026).

[3] M. Mulder, Ed., *Competence-Based Vocational and Professional Education: Bridging the Worlds of Work and Education*. Cham, Switzerland: Springer, 2017. [Online]. doi: 10.1007/978-3-319-41713-4

[4] J. Sangwanglao, “Competency-Based Education Reform of Thailand’s Basic Education System: A Policy Review,” *ECNU Review of Education*, OnlineFirst, Apr. 9, 2024, doi: 10.1177/20965311241240486.

[5] Office of the Vocational Education Commission, *Vocational Certificate Curriculum B.E. 2562 (Revised B.E. 2565): Industrial Trades, Electronics Program*. Bangkok, Thailand: Ministry of Education, 2022. [Online]. Available: https://bsq.vec.go.th/wp-content/uploads/sites/13/2026/05/20105v2.pdf (Accessed: Aug. 20, 2026) (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, Dec. 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, Aug. 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, Apr. 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, Apr. 2024, doi: 10.14416/j.ftee.2024.04.03 (in Thai)

[10] 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. 17, no. 1, pp. 18–33, Apr. 2026, doi: 10.14416/j.ftee.2026.04.02 (in Thai)

[11] L. Pan and A. Filippova, “A critical examination on EdTech integration in TVET curriculum: Insights from a Chinese TVET institution,” *Vocation, Technology & Education*, vol. 1, no. 2, Jun. 2024, Article no. e12, doi: 10.54844/vte.2024.0593.

[12] C. Brahmawong, “Developmental testing of media and instructional package,” *Silpakorn Educational Research Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 7–20, Jan.–Jun. 2013. (in Thai)

[13] A. J. Vickers and D. G. Altman, “Analysing controlled trials with baseline and follow up measurements,” *BMJ*, vol. 323, no. 7321, pp. 1123–1124, Nov. 2001, doi: 10.1136/bmj.323.7321.1123.

[14] D. Lakens, “Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs,” *Frontiers in Psychology*, vol. 4, Nov. 2013, Article no. 863, doi: 10.3389/fpsyg.2013.00863.

[15] B. A. Nosek and T. M. Errington, “What is replication?” *PLOS Biology*, vol. 18, no. 3, Mar. 2020, Article no. e3000691, doi: 10.1371/journal.pbio.3000691.

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

[17] P. Thongmee, “The development of the EM 09–11 electrical machinery competency training set for vocational education,” *Journal of Applied Education*, vol. 3, no. 5, pp. 59–74, Oct. 2025. (in Thai)

การอ้างอิงบทความนี้

APA Utamartra, R., (2026). Development of an Application-Integrated Competency-Based Training Package for LCD Television Power-Supply Work, Model RUS 02-03: Learning Achievement and Practical Competency Outcomes of Vocational Certificate Students. Journal of Technical and Engineering Education, 17(2), 35-57 Thaijo. https://doi.org/10.14416/j.ftee.2026.08.03

MLA Utamartra, Roongroj. "Development of an Application-Integrated Competency-Based Training Package for LCD Television Power-Supply Work, Model RUS 02-03: Learning Achievement and Practical Competency Outcomes of Vocational Certificate Students" Journal of Technical and Engineering Education, vol. 17, no. 2, Aug. 2026, pp. 35-57, https://doi.org/10.14416/j.ftee.2026.08.03. Thaijo.

ISO690 R. Utamartra, "Development of an Application-Integrated Competency-Based Training Package for LCD Television Power-Supply Work, Model RUS 02-03: Learning Achievement and Practical Competency Outcomes of Vocational Certificate Students" Journal of Technical and Engineering Education, vol. 17, no. 2, pp. 35-57, Aug. 2026, doi: https://doi.org/10.14416/j.ftee.2026.08.03