

การพัฒนาชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์สันดาปภายในแบบโมดูลสำหรับนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

DEVELOPMENT OF ELECTRICAL SYSTEM TRAINING KIT FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE VEHICLE AIR CONDITIONING FOR VOCATIONAL CERTIFICATE STUDENTS

รณพร รัตนจันทร์¹, ฉัตรชัย แก้วดี^{2*}, วีรพล ปานศรีนวล², วีระยุทธ สุตสมบุญ²
Ronnaporn Rattanachand¹, Chatchai Kaewdee^{2*}, Weeraphol Pansrinual²,
Weerayute Sudsomboon²

¹ นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

² อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

¹ A student in the Master of Technology program, majoring in Industrial Technology Innovation, Faculty of Engineering and
Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University.

² A lecturer in the Doctor of Philosophy program, majoring in Industrial Technology Innovation, Faculty of Engineering and
Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: chatchai_kae.nstru.ac.th

วันที่รับบทความ: 22 กรกฎาคม 2569 ; วันที่ทบทวนบทความ: 7 สิงหาคม 2569 ; วันที่ตอบรับบทความ: 29 สิงหาคม 2569 ;

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 31 สิงหาคม 2569

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์สันดาปภายในแบบโมดูลสำหรับนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2) ประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกที่พัฒนาขึ้น 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชางานปรับอากาศรถยนต์ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยชุดฝึกแบบโมดูลกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีปกติ และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มกลุ่มเรียนด้วยเทคนิคการจับฉลาก เครื่องมือวิจัยมีชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูล 4 ชุด การเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ใบงาน ปฏิบัติงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน และการคำนวณขนาดอิทธิพล ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกและชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.36 นวัตกรรมชุดฝึกมีประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 79.25/82.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 ที่กำหนดไว้ กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 16.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.35 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.42 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบทีเท่ากับ 22.48 (df = 19, p < .001) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า คะแนน

เฉลี่ยผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.10 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.62 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบที่เท่ากับ 9.11 ($df = 38, p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลของโคเฮนอยู่ในระดับสูงมาก Cohen's $d = 2.88, 95\% CI [2.05, 3.71]$ ส่วนความพึงพอใจของกลุ่มทดลองในภาพรวมทุกมิติมุมมองอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 นอกจากนี้การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ครุศาสตร์พบว่าชุดฝึกมีต้นทุนจัดสร้างต่ำเพียง 28,500 บาทต่อชุด ลดต้นทุนงบประมาณครุภัณฑ์ลงร้อยละ 76.25 มีอัตราส่วนต้นทุนประสิทธิผลต่ำเพียง 196.55 บาทต่อคะแนนพัฒนาการ และลดอัตราการขาดเรียนหรือทั้งการเรียนกลางคันเหลือร้อยละ 0.00 ช่วยเพิ่มโอกาสเข้าถึงเครื่องมือฝึกปฏิบัติการและประหยัดงบประมาณเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ชุดฝึกแบบโมดูล, ระบบไฟฟ้าปรับอากาศ, รถยนต์สันดาปภายใน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract: The objectives of this research were to: 1) develop a modular electrical system training kit for internal combustion engine vehicle air conditioning for vocational certificate students; 2) evaluate the appropriateness of the developed training kit; 3) compare student learning achievement in the automotive air conditioning course between the group taught using the modular training kit and the group taught via the conventional method; and 4) study student satisfaction with the learning process. The sample consisted of 40 third-year vocational certificate students from the Auto Mechanics Department at Phetchaburi Technical College during the first semester of the 2025 academic year, divided into an experimental group of 20 students and a control group of 20 students, obtained through cluster sampling via drawing lots. The research instruments comprised the modular electrical system training kit with four learning stations, active learning lesson plans, job sheets, a learning achievement test, and a satisfaction questionnaire. Statistics used for data analysis were percentage, mean, standard deviation, dependent samples t -test, independent samples t -test, and effect size calculation. The results revealed that the developed training kit and instructional packages possessed appropriateness at the highest level as rated by experts (Mean = 4.69, S.D. = 0.36). The training kit achieved an overall efficiency of 79.25/82.00, exceeding the pre-established 75/75 standard threshold. The experimental group obtained a post-test mean score of 16.40 (S.D. = 1.35), which was significantly higher than their pre-test mean score of 9.15 (S.D. = 1.42) at the .05 level ($t = 22.48, df = 19, p < .001$). Furthermore, the between-group comparison demonstrated that the post-test mean achievement score of the experimental group was significantly higher than that of the control group (Mean = 12.10, S.D. = 1.62) at the .05 level ($t = 9.11, df = 38, p < .001$), with a very large effect size (Cohen's $d = 2.88, 95\% CI [2.05, 3.71]$). Overall satisfaction of the experimental group across all dimensions was at the highest level (Mean = 4.74, S.D. = 0.30). Additionally, the educational economic evaluation indicated that the kit required a low fabrication cost of only 28,500 Baht per unit, reducing equipment procurement budget costs by 76.25%, with a cost-effectiveness ratio of 196.55 Baht per score gain, and reducing absenteeism and dropout rates to 0.00%, effectively enhancing access to practical training tools and systematically optimizing budget expenditure.

Keywords: Modular Training Kit, Air Conditioning Electrical System, Internal Combustion Engine Vehicle, Learning Achievement

1. บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์นับเป็นหนึ่งในภาคส่วนที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งและมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วที่สุดในระบบเศรษฐกิจระดับโลก โดยทำหน้าที่เป็นฟันเฟืองหลักในการขับเคลื่อนนวัตกรรมทางเทคโนโลยี การสร้างอัตราการจ้างงานมหาศาล และการขยายตัวของการค้าในระดับสากล [1] ถึงแม้ว่าในปัจจุบันกระแสการพัฒนาเทคโนโลยีไฟฟ้าจะมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดภายใต้ต้นนโยบายการลดมลพิษ แต่จากข้อมูลเชิงสถิติจดทะเบียนยานยนต์สะสมของกรมการขนส่งทางบก (2568) พบว่า ยานยนต์ที่ใช้งานเครื่องยนต์สันดาปภายในยังคงมีสัดส่วนหลักเกินกว่าร้อยละ 85 ของปริมาณรถยนต์ทั้งหมดในประเทศไทย และคาดการณ์ว่าจะยังคงเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญต่อระบบคมนาคมขนส่งและบริการหลังการขายต่อไปอีกหลายทศวรรษ [2] สำหรับประเทศไทยซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นศูนย์กลางการผลิตยานยนต์ระดับภูมิภาค ภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนได้กลายเป็นแหล่งรายได้หลักของประเทศ ส่งผลให้ธุรกิจบริการหลังการขายและการซ่อมบำรุงมีความสำคัญอย่างยิ่งยวด โดยเฉพาะระบบปรับอากาศในยานยนต์ที่ปัจจุบันไม่ได้เป็นเพียงอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสบายเท่านั้น แต่ยังเป็นมาตรฐานความปลอดภัยที่ช่วยลดความเมื่อยล้าสะสมและส่งเสริมสมรรถนะของผู้ขับขี่ในการควบคุมยานพาหนะท่ามกลางสภาพอากาศที่แปรปรวน [3]

ด้วยวิวัฒนาการของเทคโนโลยียานยนต์ที่ก้าวหน้าไปอย่างมาก ระบบปรับอากาศในปัจจุบันได้เปลี่ยนผ่านจากการทำงานเชิงกลเพียงอย่างเดียวไปสู่ระบบที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้าที่สลับซับซ้อน ส่งผลให้อุปสงค์สำหรับช่างเทคนิคยานยนต์ที่มีทักษะขั้นสูงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ระบบเซ็นเซอร์ หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์ขับเคลื่อนทำงานร่วมกันอย่างแม่นยำ [4], [5] อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนในระดับอาชีวศึกษาเพื่อผลิตช่างเทคนิคป้อนสู่ตลาดแรงงานยังคงเผชิญกับข้อจำกัดด้านสื่อการสอนที่ทันสมัย โดยเฉพาะนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่มักประสบปัญหาในการทำความเข้าใจการทำงานของ

กระแสไฟฟ้าและวงจรควบคุมที่เป็นนามธรรมเนื่องจากเป็นลักษณะทางกายภาพที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า การเรียนรู้ผ่านชุดฝึกแบบดั้งเดิมที่เข้าถึงยากหรือไม่สามารถแยกส่วนประกอบเพื่อทำความเข้าใจที่ละขั้นตอนได้นั้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ลดลงอย่างชัดเจน [6]

นอกจากนี้ การทำความเข้าใจโครงข่ายระบบไฟฟ้าปรับอากาศที่มีความซับซ้อนยังสร้างภาระทางปัญญา (Cognitive Load) สูงแก่ผู้เรียน การประยุกต์ใช้ทฤษฎีภาระทางปัญญา (Cognitive Load Theory) โดยการย่อยเนื้อหาและแยกระบบไฟฟ้าออกเป็น 4 ฐานโมดูลย่อยอิสระ จึงทำหน้าที่เป็นนั่งร้านทางปัญญา (Cognitive Scaffolding) ที่ช่วยลดภาระทางปัญญาที่ไม่จำเป็น และช่วยให้ผู้เรียนเกิดการสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) เกี่ยวกับการไหลของกระแสไฟฟ้าได้อย่างชัดเจน

วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรีเป็นสถานศึกษาที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตกำลังคนระดับวิชาชีพเพื่อป้อนเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมในภูมิภาคตะวันตก แต่แผนกวิชาช่างยนต์กลับเผชิญกับข้อจำกัดเชิงบริหารจัดการเนื่องจากมีจำนวนนักเรียนที่เข้าศึกษาต่อเป็นจำนวนมาก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสัดส่วนระหว่างครูและผู้เรียน ทำให้การดูแลและถ่ายทอดทักษะรายบุคคลทำได้ไม่ทั่วถึง ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนในรายวิชางานปรับอากาศรถยนต์พบว่า ด้านสื่อประกอบการเรียนการสอนมีค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำที่สุดคือ 3.50 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลางและสะท้อนให้เห็นว่าสื่อการสอนเดิมที่มีอยู่อาจไม่สามารถตอบสนองความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนได้ดีพอ [7]

แม้ว่าที่ผ่านมาจะมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาชุดฝึกงานปรับอากาศรถยนต์ เช่น งานวิจัยของ ศุภวัฒน์ ธรรมวงศ์ศรี เจริญวิชัย และคณะ [7] ที่พัฒนาชุดฝึกเน้นเฉพาะส่วนคอมเพรสเซอร์แอร์ หรือ พัฒนพงศ์ พูนพงศ์สวัสดิพันธ์ และนราเดชะ คำภู [8] ที่พัฒนาชุดฝึกปรับอากาศรถยนต์แบบรวมระบบ แต่สื่อการสอนส่วนใหญ่ยังคงเป็นชุดฝึกระบบปิดที่ไม่สามารถแยกส่วนประกอบวงจรไฟฟ้าควบคุมออกมาศึกษาที่ละขั้นตอนได้ และยังขาดการติดตั้งระบบจำลอง

ข้อขัดข้องทางไฟฟ้าแบบแผนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกใช้เครื่องมือวัดวิเคราะห์ปัญหาด้วยตนเอง ช่องว่างทางการวิจัยดังกล่าวจึงเป็นเหตุผลความจำเป็นที่ผู้วิจัยมุ่งพัฒนาชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลที่แยกโครงสร้างออกเป็น 4 ฐานอิสระ พร้อมระบบจำลองข้อขัดข้องทางไฟฟ้า เพื่อเป็นนวัตกรรมที่ช่วยยกระดับการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างการจัดวางอุปกรณ์จริงของนวัตกรรมชุดฝึกแบบโมดูลที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ปรากฏรายละเอียดอย่างครบถ้วนดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชุดฝึกระบบไฟฟ้าปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลที่พัฒนาขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูล สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับหลักสูตรและเทคโนโลยีปัจจุบัน

2.2 เพื่อประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลที่พัฒนาขึ้น

2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกแบบโมดูลที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลที่พัฒนาขึ้น

3. ขอบเขตการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยและพัฒนาเพื่อพิสูจน์ประสิทธิผลของนวัตกรรมสื่อการสอนวิชาชีพช่างยนต์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการดำเนินงานครอบคลุมมิติต่าง ๆ เพื่อรักษาความตรงภายในและความเที่ยงตรงของการวิจัยเชิงทดลองอย่างเป็นระบบ [6], [8] โดยมีรายละเอียดจำแนกตามโครงสร้างระบบวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกวิชาช่างยนต์ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชางานปรับอากาศรถยนต์ รหัสวิชา 20101-2105 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ณ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี จำนวนรวมทั้งสิ้น 40 คน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ การสุ่มกลุ่มเรียนด้วยเทคนิคการจับฉลาก (Cluster Sampling) เพื่อจัดสรรสัดส่วนขนาดกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มหลักในการทดลองเชิงเปรียบเทียบ [6] ได้แก่

3.1.2.1 กลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับการลงมือปฏิบัติงานจริงรายบุคคล ผ่านนวัตกรรมชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น [8]

3.1.2.2 กลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบปกติและใช้ชุดฝึกปิดรูปแบบดั้งเดิมที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ [6]

3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยและสร้างชุดฝึกปฏิบัติการ อ้างอิงจากหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์ ในรายวิชางานปรับอากาศรถยนต์ รหัสวิชา 20101-2105 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยผู้วิจัยได้จัดแบ่งโครงสร้างเนื้อหาออกเป็น

หน่วยการเรียนรู้ย่อยตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบโมดูล จำนวน 4 โมดูลหลัก ประกอบด้วย [11]

โมดูลที่ 1 การเรียนรู้วัสดุและอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์ มุ่งเน้นการจำแนกหน้าที่และตรวจสอบสภาพทางกายภาพของแบตเตอรี่ ฟิวส์ รีเลย์ สวิตช์ ควบคุม สวิตช์แรงดัน เทอร์โมสตัท และขดลวดคลัทช์ แม่เหล็ก [11]

โมดูลที่ 2 การเรียนรู้วงจรและการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์ มุ่งเน้นทักษะการอ่านผังวงจรไฟฟ้าและการต่อสายไฟแยกเส้นทางกระแสไฟฟ้าระหว่างวงจรกำลังและวงจรควบคุมผ่านรูเสียบนิรภัย [4]

โมดูลที่ 3 การวิเคราะห์ปัญหาและการตรวจสอบแก้ไขวงจรระบบปรับอากาศรถยนต์ มุ่งเน้นกระบวนการวิเคราะห์วินิจฉัยข้อขัดข้องแบบแฝงเชิงลึกในเงื่อนไขสถานการณ์จำลองวงจรขาด วงจรลัด และแรงดันตกคร่อมในระบบควบคุม [10]

โมดูลที่ 4 การบำรุงรักษาและการตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของระบบไฟฟ้า มุ่งเน้นทักษะการดูแลรักษาระบบไฟฟ้าเชิงป้องกันตามขั้นตอนมาตรฐาน การวัดระดับกระแสไฟฟ้าขณะโหลดทำงานจริง และการประเมินประสิทธิภาพพร้อมหลังซ่อมบำรุง [8]

3.3 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา การกำหนดตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างนวัตกรรมชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นกับผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยจำแนกตัวแปรออกเป็น 2 ประเภทหลัก ดังนี้ [6]

3.3.1 ตัวแปรต้น (Independent Variable) คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูล ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก [6]

3.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครอบคลุมการวัดผลใน 3 มิติหลัก ได้แก่

3.3.2.1 ประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 (E_1/E_2)

3.3.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในรายวิชางานปรับอากาศรถยนต์ พิจารณาจากคะแนนพัฒนาการเฉลี่ยความรู้และทักษะช่างยนต์

3.3.2.3 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูล ครอบคลุมมิติด้านการออกแบบวิศวกรรม มิติด้านครุศาสตร์ และมิติคุณประโยชน์ต่อวิชาชีพ [8]

3.4 ขอบเขตด้านผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบในการคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อทำหน้าที่พิจารณาตรวจสอบและประเมินคุณภาพความเหมาะสมของเครื่องมือวิจัยจำนวนรวมทั้งสิ้น 5 ท่าน โดยจำแนกตามความเชี่ยวชาญเฉพาะทางออกเป็น 2 กลุ่มหลักดังนี้

3.4.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิศวกรรมเครื่องกล จำนวน 3 ท่าน ทำหน้าที่ทวนสอบความถูกต้องของข้อมูลเชิงวิชาการ ผังวงจรไฟฟ้า และระบบการทำงานของชุดฝึกให้สอดคล้องกับเทคโนโลยียานยนต์ในปัจจุบัน

3.4.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 2 ท่าน ทำหน้าที่ตรวจสอบรูปแบบการนำเสนอความเหมาะสมของโครงสร้างโมดูล และความสอดคล้องของคู่มือใบงานปฏิบัติงานอาชีพศึกษา [11]

3.5 ขอบเขตด้านพื้นที่และระยะเวลาดำเนินการ

3.5.1 พื้นที่ดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดพื้นที่ในการดำเนินการสร้างเครื่องมือและทดลองใช้ชุดฝึกปฏิบัติการ ณ แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี ซึ่งเป็นสถานศึกษาที่มีความพร้อมด้านอาคารสถานที่ และห้องปฏิบัติการงานปรับอากาศรถยนต์มาตรฐาน [7]

3.5.2 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดกรอบเวลาในการดำเนินงานวิจัยรวมทั้งสิ้น 6 เดือน โดยเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2568 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2568 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ครอบคลุมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 [7]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลสำหรับนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างระเบียบวิธีดำเนินการวิจัยในลักษณะการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) บูรณาการร่วมกับการทดลองภาคสนามในชั้นเรียนจริงตามแบบแผนการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) ที่มีกลุ่มควบคุมและมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pretest-Posttest Control Group Design) เพื่อมุ่งเน้นการประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมและเปรียบเทียบพัฒนาการความรู้ความสามารถของผู้เรียนอย่างเป็นระบบวิชาการ [6] โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

4.1 แบบแผนการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดแผนผังเชิงสัญลักษณ์ของแบบแผนการวิจัยเพื่อควบคุมตัวแปรและลดความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติไว้ในลักษณะโครงสร้างการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม [6] ซึ่งมีสัญลักษณ์การกระทำทางการศึกษาดังนี้

4.1.1 กลุ่มทดลอง ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (O_1) ให้สิ่งจัดทำทางการศึกษาด้วยการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูล (X) และทำการทดสอบหลังเรียนร่วมกับการประเมินความพึงพอใจ (O_2)

4.1.2 กลุ่มควบคุม ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (O_1) จัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบปกติ (Traditional Instruction) โดยเน้นการบรรยาย สาธิต และใช้ชุดฝึกระบบปิดรูปแบบดั้งเดิมเป็นเวลา 16 ชั่วโมงเท่ากัน โดยครูผู้สอนคนเดียวกัน และทำการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกับก่อนเรียนที่มีการสลับข้อและสลับตัวเลือก (O_2)

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.2.1 ประชากร คือ นักเรียน หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชางานปรับอากาศรถยนต์ รหัสวิชา 2101-2105 ในภาคเรียนที่ 1 ประจำปี การศึกษา 2568 แผนกวิชาช่างยนต์วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จำนวนทั้งสิ้น 40 คน

4.2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างยนต์วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชานี้จำนวนรวมทั้งสิ้น 40 คน ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสุ่มกลุ่มเรียนด้วย

เทคนิคการจับฉลาก (Cluster Sampling) เพื่อจัดสรรนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่มเรียนหลักอย่างเท่าเทียมเชิงสถิติวิจัย แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้จำแนกโครงสร้างของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 2 ประเภทหลัก เพื่อรองรับการจัดกระทำและการเก็บบันทึกข้อมูลเชิงปริมาณอย่างเที่ยงตรง ดังนี้

4.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการจัดกระทำทางการศึกษา ประกอบด้วย

4.3.1.1 นวัตกรรมชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูล ซึ่งจัดแบ่งออกเป็น 4 ฐานการเรียนรู้ย่อย ได้แก่ โมดูลที่ 1 การเรียนรู้วัสดุและอุปกรณ์ (จัดวางชิ้นส่วนจริง เช่น รีเลย์ ฟิวส์ สวิตช์แรงดัน เทอร์โมสตัท คลัตช์ แม่เหล็ก) โมดูลที่ 2 การเรียนรู้วงจรและการเชื่อมต่อ (ติดตั้งขั้วต่อสายไฟนิรภัย Banana Safety Jack แยกวงจรกำลังและวงจรควบคุม) โมดูลที่ 3 การวิเคราะห์ปัญหาและการตรวจสอบ (ติดตั้งบอร์ดสวิตช์จำลองสถานะข้อขัดข้องแบบแฝง เช่น วงจรขาด วงจรลัด ความต้านทานสูง) และโมดูลที่ 4 การบำรุงรักษาและการตรวจสอบสมรรถนะ (ติดตั้งจุดวัดกระแสและแรงดันน้ำยาแอร์)

4.3.1.2 สื่อสิ่งพิมพ์สนับสนุนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เชิงรุกจำนวน 4 แผนการสอน ระยะเวลา รวม 16 ชั่วโมง และคู่มือพร้อมใบงานปฏิบัติงานที่มีโครงสร้าง 8 ส่วนหลัก (ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง วัตถุประสงค์ ทฤษฎีเบื้องต้น เครื่องมืออุปกรณ์ ลำดับขั้นตอนปฏิบัติ ตารางบันทึกผล คำถามทบทวน และสรุปผล)

4.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชางานปรับอากาศรถยนต์ เป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อคำถาม และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อนวัตกรรมชุดฝึก เป็นเครื่องมือวัดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามระเบียบวิธีของลิเคิร์ต จำนวน 15 ข้อคำถาม

4.4 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ กระบวนการสร้างและทวนสอบคุณภาพของนวัตกรรมและเครื่องมือวัดผล

ทางการศึกษา มีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานในลักษณะสี่ระยะ (Four-Phase Research Paradigm) ดังนี้ [6]

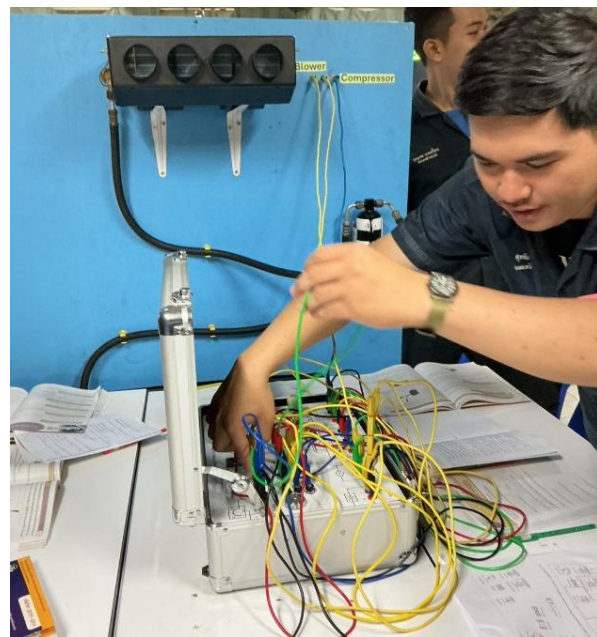
4.4.1 ระยะที่ 1 การศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Research: R1) ดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 และสำรวจความต้องการจำเป็นของสถานประกอบการยานยนต์ เพื่อนำข้อมูลมาสังเคราะห์จัดแบ่งฐานการเรียนรู้ย่อยและออกแบบผังวงจรไฟฟ้าประจำชุดฝึก

4.4.2 ระยะที่ 2 การออกแบบ พัฒนา และจัดสร้าง (Development: D1) ดำเนินการขึ้นรูปแผงสวิตเชิงกายภาพ และจัดทำสื่อสิ่งพิมพ์สนับสนุน จากนั้นนำเครื่องมือทั้งหมดเสนอต่อคณะผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมและตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยคัดเลือกเครื่องมือที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปมาใช้งาน

4.4.3 ระยะที่ 3 การทดลองใช้และเก็บรวบรวมข้อมูล (Research: R2) นำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขไปทำการทดลองใช้ขั้นต้น (Try-out) กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี จำนวน 30 คน (ซึ่งไม่ใช่กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ ซึ่งพบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 0.75 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.35 ถึง 0.70 และมีค่าความเชื่อมั่นรวมทั้งฉบับด้วยสูตร KR-20 เท่ากับ 0.88 ส่วนแบบสอบถามความพึงพอใจมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.92 จากนั้นจึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างในชั้นเรียนเพื่อบันทึกคะแนนระหว่างเรียน (E_1) และคะแนนหลังเรียน (O_2)



ภาพที่ 3 การทดลองฝึกระบบไฟฟ้าควบคุมที่พัฒนาขึ้นของนักศึกษาแต่ละโมดูล



ภาพที่ 4 การฝึกตามใบงานของแต่ละโมดูล

4.4.4 ระยะที่ 4 การวิเคราะห์ประมวลผลสัมฤทธิ์ (Development: D2) นำคลังข้อมูลคะแนนดิบมาประมวลผลทางสถิติด้วย โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 28 เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพนวัตกรรมตามเกณฑ์มาตรฐาน อาชีวศึกษา 75/75 ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้วยสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (Dependent Samples t-test) สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระ

จากกัน (Independent Samples t-test) การคำนวณขนาด

คัมค่าพารามิเตอร์ทางเศรษฐศาสตร์ศาสตร์

อิทธิพลของโคเฮน (Cohen's d) รวมถึงวิเคราะห์มิติความ

ตารางที่ 1 กรอบโครงสร้างการวิเคราะห์และสูตรสถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ประเภทเครื่องมือวิจัย	พารามิเตอร์และมิติที่มุ่งวัดผล	สูตรสถิติที่ประยุกต์ใช้	เกณฑ์การยอมรับคุณภาพเชิงวิชาการ
ชุดฝึกและคู่มือใบงาน ปฏิบัติงาน	ความตรงเชิงเนื้อหาและ สถาปัตยกรรมโครงสร้างวิศวกรรม	$IOC = \frac{\sum R}{N}$	ค่าดัชนีความสอดคล้องรายข้อต้อง $IOC \geq 0.50$
แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ (รายข้อ)	ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจ จำแนกแยกแยะพฤติกรรม	$p = \frac{R_U + R_L}{2n}$ $r = \frac{R_U - R_L}{n}$	ค่าความยากง่าย $0.20 \leq p \leq 0.80$ และ ค่าอำนาจจำแนก $r \geq 0.20$
แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ (ฉบับรวม)	ความคงเส้นคงวภายในและความ เชื่อมั่นของแบบทดสอบ	$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$	ค่าดัชนีสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น รวมทั้งฉบับ $r_{tt} \geq 0.70$
แบบสอบถามความพึง พอใจ	ความสอดคล้องภายในและความ เสถียรของเครื่องมือวัดเจตคติ	$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right]$	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเฉลี่ย รวมทั้งฉบับ $\alpha \geq 0.70$

5. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและสถิติทดสอบจากการดำเนินงานวิจัยและพัฒนาชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์ แบบโมดูลสำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สามารถสรุปข้อค้นพบสำคัญเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

5.1 ผลการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของชุดฝึก การประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลและชุดการสอนโดยคณะผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่ามีระดับคุณภาพความเหมาะสมในภาพรวมทุกมิติมีมุมมองค่านวนได้ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์รวมอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด รายละเอียดข้อมูลความสัมพันธ์แสดงชัดเจนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูลโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมินคุณภาพ นวัตกรรมชุดฝึก	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความ เหมาะสม
1. มิติด้านสถาปัตยกรรม วิศวกรรมไฟฟ้าและ เครื่องกล	4.7	0.38	มากที่สุด
2. มิติด้านศาสตร์และการ จัดการเรียนรู้เชิงรุก	4.7	0.38	มากที่สุด

รายการประเมินคุณภาพ นวัตกรรมชุดฝึก	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความ เหมาะสม
3. มิติด้านมาตรฐานความ ปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	4.67	0.37	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทุกมิติ	4.69	0.36	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระบุว่า คณะผู้เชี่ยวชาญให้การยอมรับและประเมินคุณภาพความเหมาะสมของชุดฝึกโดยรวมเฉลี่ยทุกมิติเท่ากับ 4.69 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด โดยมีมิติด้านการออกแบบเชิงวิศวกรรมและมิติด้านครุศาสตร์ได้รับคะแนนประเมินสูงสุดเนื่องจากโครงสร้างโมดูลย่อยสามารถลดภาระทางปัญญาและช่วยเปลี่ยนผ่านเนื้อหาในระบบไฟฟ้าที่เป็นนามธรรมให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น

5.2 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 การทดสอบภาคสนามเพื่อหาดัชนีประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูลในสภาวะชั้นเรียนจริงกับกลุ่มทดลองจำนวน 20 คน ปรากฏผลการวิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพของกระบวนการระหว่างเรียนและประสิทธิภาพของผลลัพธ์หลังเรียนสรุปตัวเลขแสดงชัดเจนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ดัชนีประสิทธิภาพของชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูลตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75

ดัชนีประสิทธิภาพนวัตกรรม	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละประสิทธิภาพ	เกณฑ์มาตรฐาน	ผลการเปรียบเทียบเกณฑ์
ประสิทธิภาพกระบวนการ (E1)	100	79.25	3.82	79.25	75	สูงกว่าเกณฑ์
ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E2)	20	16.40	6.75%	82.00	75	สูงกว่าเกณฑ์
สรุปดัชนีประสิทธิภาพรวม (E1/E2)	-	-	-	79.25/82.00	75/75	สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า นวัตกรรมชุดฝึกระบบไฟฟ้าควบคุมที่พัฒนาขึ้นมีดัชนีประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 79.25/82.00 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานความสำเร็จทางอาชีวศึกษาระดับ 75/75 ที่ตั้งไว้ในสมมติฐานการวิจัยอย่างเด่นชัด ค่าประสิทธิภาพระหว่างเรียนที่สูงสะท้อนถึงการออกแบบใบงานปฏิบัติงานโครงสร้าง 8 ส่วนหลักที่มีลำดับขั้นตอนเหมาะสมต่อการเรียนรู้เชิงรุก

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผลต่างค่าเฉลี่ย	t	df	p-value
กลุ่มทดลอง	20	20	16.40	1.35	4.30	9.11	38	<0.001
					[3.34, 5.26]			
กลุ่มควบคุม	20	20	12.10	1.62				

จากตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน กลุ่มทดลองเท่ากับ 16.40 คะแนน มีความสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ทำคะแนนได้เพียง 12.10 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสถิติทดสอบ t เท่ากับ 9.11 ($df = 38$, $p < .001$) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าภายในกลุ่มทดลองพบว่าคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ยเพียง 9.15 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน ($t = 22.48$, $df = 19$, $p < .001$) ข้อมูลนี้ยืนยันขีดความสามารถของบอร์ดจำลองสภาวะข้อขัดข้องแบบแฝงในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงวินิจฉัยปัญหาของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

5.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจและการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียน การวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก

5.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชางานปรับอากาศรถยนต์ การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชางานปรับอากาศรถยนต์เพื่อประเมินระดับความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดฝึกแบบโมดูลกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติปรากฏรายละเอียดดังตารางที่ 4

ร่วมกับนวัตกรรมชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ประเมินค่าน้ำหนักความพึงพอใจเชิงพฤติกรรมสะท้อนรายละเอียดข้อมูลจำแนกตามมิติการเรียนรู้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อนวัตกรรมชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูล

รายการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1. มิติด้านสถาปัตยกรรมการออกแบบเชิงวิศวกรรม	4.76	0.32	มากที่สุด
2. มิติด้านการประยุกต์ใช้ทางครุศาสตร์และนวัตกรรม	4.72	0.33	มากที่สุด
3. มิติด้านคุณประโยชน์และความคุ้มค่าต่อวิชาชีพทางเทคนิค	4.75	0.31	มากที่สุด

รายการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
ค่าเฉลี่ยรวมทุกมิติความพึงพอใจ	4.74	0.3	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 ระดับความพึงพอใจในภาพรวมรวมทุกมิติมุมมองของนักเรียน เท่ากับ 4.74 จัดอยู่ในเกณฑ์ระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีมิติด้านการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้รับคะแนนสูงสุดเนื่องจากการติดตั้งระบบชั่วคราวสายไฟนิรภัยและระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าปลอดภัยช่วยลดความกังวลและส่งเสริมความมั่นใจในการปฏิบัติงานช่างเทคนิครายบุคคลส่งผลให้เกิดเจตคติวิชาชีพเชิงบวก และ

ตารางที่ 6 ผลการทดลองเชิงสถิติและดัชนีประสิทธิผลของนวัตกรรมชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูล

ตัวชี้วัดสมรรถนะการเรียนรู้และการยอมรับนวัตกรรม	กลุ่มควบคุม (Mean $\pm$ SD)	กลุ่มทดลอง (Mean $\pm$ SD)	สถิติทดสอบ	ค่า p	เกณฑ์เปรียบเทียบ / ขนาดอิทธิพล
1. คะแนนการประเมินคุณภาพความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ (1-5)	-	4.69 $\pm$ 0.36	-	-	มากที่สุด (ผ่านเกณฑ์ ≥ 3.50)
2. ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียน (E_1)	-	79.25 $\pm$ 3.82	-	-	สูงกว่าเกณฑ์ มาตรฐาน 75
3. ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ทางการศึกษาหลังเรียน (E_2)	-	82.00 $\pm$ 6.75	-	-	สูงกว่าเกณฑ์ มาตรฐาน 75
4. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (0-20 คะแนน)	9.10 $\pm$ 1.52	9.15 $\pm$ 1.42	$t = 0.11$ (df=38)	0.912	มีความเท่าเทียมกัน ก่อนการทดลอง
5. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (0-20 คะแนน)	12.10 $\pm$ 1.62	16.40 $\pm$ 1.35	$t = 9.11$ (df=38)	<0.001	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05 [Cohen's d = 2.88, 95% CI [2.05, 3.71]]
6. พัฒนาการความรู้ที่เพิ่มขึ้นภายในกลุ่มทดลอง (ΔX)	-	7.25 $\pm$ 1.442	$t = 22.48$ (df=19)	<0.001	เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05
7. คะแนนระดับความพึงพอใจและเจตคติต่อการเรียนรู้ (1-5)	-	4.74 $\pm$ 0.30	-	-	มากที่สุด (ผ่านเกณฑ์ ≥ 3.50)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติในตารางที่ 6 สามารถประเมินประสิทธิผลแยกตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

1) ผลการพัฒนาและประเมินคุณภาพนวัตกรรมคณะผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีความคิดเห็นสอดคล้องเป็นเอกฉันท์ว่าชุดฝึกแบบโมดูลมีความเหมาะสมในระดับมาก

ยกระดับการยอมรับเทคโนโลยีของผู้เรียน

5.5 การวิเคราะห์และประเมินผลสัมฤทธิ์เชิงปริมาณและสถิติทดสอบ จากการทดลองใช้งานชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลสำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างยนต์วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 40 คน ได้รับการจัดระเบียบโครงสร้างข้อมูลเชิงตัวเลขเพื่อแสดงผลลัพธ์การเรียนรู้และการยอมรับนวัตกรรมตามแนวทางของวารสารวิชาการอย่างเป็นระบบ โดยมีข้อค้นพบเชิงประจักษ์สรุปจำแนกตามโครงสร้างดัชนีสถิติทดสอบดังแสดงในตารางที่ 6

ที่สุดด้วยคะแนนเฉลี่ยรวม 4.69 โดยเครื่องมือวัดผลทุกฉบับผ่านเกณฑ์ความตรงเชิงเนื้อหาด้วยค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 ถึง 1.00 อย่างสมบูรณ์

2) ผลการหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์อาชีวศึกษาดัชนีประสิทธิภาพรวมของชุดฝึกและชุดการสอนคำนวณค่าได้เท่ากับ 79.25/82.00 ซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ความสำเร็จทางอาชีพศึกษาระดับ 75/75 ที่กำหนดไว้ใน สมมติฐานการวิจัยเชิงระบบ

3) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วย ชุดฝึกแบบโมดูลมีค่าเท่ากับ 16.40 คะแนน สูงกว่ากลุ่ม ควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างชัดเจนเชิงสถิติด้วยค่าสถิติ ทดสอบ t เท่ากับ 9.11 ($df = 38, p < .001$) และมีขนาด อิทธิพลของโคเฮนเท่ากับ 2.88 (Cohen's $d = 2.88, 95\% CI [2.05, 3.71]$) ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงมาก บรรลุตาม สมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้

4) ผลการประเมินเจตคติและความพึงพอใจของ

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและอัตราส่วนต้นทุนประสิทธิผล (Cost-Effectiveness Ratio: CER)

รายการพารามิเตอร์การวิเคราะห์ ทางเศรษฐศาสตร์ครุศาสตร์	ชุดฝึกสำเร็จรูปทางการค้า ในท้องตลาด	ชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบ โมดูลที่พัฒนาขึ้น	ผลต่างการประหยัด / ประสิทธิภาพที่ เกิดขึ้น
1. ต้นทุนงบประมาณการจัดสร้าง/จัดหาต่อ ชุด	120,000 บาท	28,500 บาท	ประหยัดงบประมาณลง 76.25% (91,500 บาท/ชุด)
2. ต้นทุนการจัดหาต่อผู้เรียน 1 คน (N=20)	6,000 บาท/คน	1,425 บาท/คน	ลดต้นทุนการผลิตกำลังคนลง 76.25%
3. พัฒนาการคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ($\Delta X = \text{Post} - \text{Pre}$)	2.95 คะแนน (กลุ่มควบคุม)	7.25 คะแนน (กลุ่มทดลอง)	พัฒนาความรู้เพิ่มขึ้น 145.76%
4. อัตราส่วนต้นทุนประสิทธิผล ($\text{CER} = \text{Cost} / \Delta X$)	2,033.90 บาท/คะแนน	196.55 บาท/คะแนน	ต้นทุนต่อการได้มา 1 คะแนนถูกลง 90.33%
5. อัตราการขาดเรียน/ทิ้งการเรียนกลางคัน ของนักศึกษา	10.00%	0.00%	ลดอัตราการทิ้งการเรียนลงเหลือ 0.00%

จากตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ทาง เศรษฐศาสตร์ครุศาสตร์พบว่า ชุดฝึกระบบไฟฟ้าแบบโมดูล ที่พัฒนาขึ้น มีต้นทุนวัสดุจัดสร้างจริงเพียง 28,500 บาทต่อ ชุด สามารถลดต้นทุนงบประมาณจัดซื้อครุภัณฑ์ลงได้ร้อยละ 76.25 เมื่อเทียบกับชุดฝึกสำเร็จรูปทางการค้า (120,000 บาท) มีอัตราส่วนต้นทุนประสิทธิผล (Cost-Effectiveness Ratio: CER) ต่ำเพียง 196.55 บาทต่อคะแนนพัฒนาการ ความรู้ที่เพิ่มขึ้น 1 คะแนน และสามารถลดอัตราการขาด เรียนหรือทิ้งการเรียนกลางคันของผู้เรียนเหลือร้อยละ 0.00

ผู้เรียนในกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้เชิงรุกร่วมกับชุดฝึกแบบโมดูลในภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุดเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.74 เนื่องจากตัวนวัตกรรมเปิด โอกาสให้ลงมือปฏิบัติงานตรวจสอบได้ด้วยตนเองรายบุคคล อย่างมั่นใจ

5.6 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ ครุศาสตร์ การประเมินความคุ้มค่าเชิงงบประมาณและ ประสิทธิภาพทางการศึกษาของการจัดสร้างนวัตกรรม ชุดฝึกระบบไฟฟ้าปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูล เมื่อ เปรียบเทียบกับชุดฝึกสำเร็จรูปทางการค้าในท้องตลาด ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังแสดงใน ตารางที่ 7

ช่วยเพิ่มโอกาสเข้าถึงเครื่องมือฝึกปฏิบัติการรายบุคคลและ ประหยัดงบประมาณเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

6. สรุปและอภิปรายผล

6.1 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย จากการวิจัยและ พัฒนาชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูล สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สามารถ สรุปผลการดำเนินงานแยกตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

6.1.1 ประสิทธิภาพของการพัฒนาชุดฝึกและการลด ภาระทางปัญญาในการเรียนรู้ การออกแบบและพัฒนา ชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์ แบบโมดูล

4 ฐานการเรียนรู้ย่อย มีคุณภาพความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.69$, S.D. = 0.36) และมีดัชนีประสิทธิภาพรวม (E_1/E_2) เท่ากับ 79.25/82.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ ผลดังกล่าวอธิบายได้ด้วยทฤษฎีภาระทางปัญญา (Cognitive Load Theory) ที่การย่อยระบบออกเป็น 4 ฐานช่วยลดภาระทางปัญญาที่ไม่เกี่ยวข้องลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภวัฒน์ ธรรมวงศ์ ศรีเจริญวิญญู และคณะ [7] และรายงานของ วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน [9] อย่างไรก็ตาม คำอธิบายทางเลือก (Alternative Explanation) ของประสิทธิผลที่สูงอาจไม่ได้เกิดจากสถาปัตยกรรมโมดูลเพียงอย่างเดียว อาจเกิดจากคุณลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์จริงเกรดอุตสาหกรรม ยานยนต์ที่ช่วยกระตุ้นการรับรู้เชิงสัมผัส ตลอดจนข้อต่อสายไฟระบบเสียบนิรภัยที่ช่วยลดความกลัวอุบัติเหตุของผู้เรียน ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียนสูงขึ้น

6.1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ขนาดอิทธิพล และการพัฒนาทักษะทางสติปัญญา นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดฝึกแบบโมดูลมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (16.40) สูงกว่าก่อนเรียน (9.15) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 22.48$, $df = 19$, $p < .001$) และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติ (12.10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 9.11$, $df = 38$, $p < .001$) โดยมีขนาดอิทธิพลของโคเฮนเท่ากับ $d = 2.88$ (95% CI [2.05, 3.71]) ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงมาก ขนาดอิทธิพลที่สูงมากนี้เมื่อพิจารณาคำอธิบายทางเลือก (Alternative Explanation) อย่างตรงไปตรงมา อาจเกิดจาก 1) ความสอดคล้องเชิงเนื้อหาอย่างใกล้ชิดระหว่างใบงานปฏิบัติงาน 8 ส่วนกับข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน 2) ผลกระทบจากการทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันก่อนและหลังเรียน (Testing Effect) และ 3) ความตั้งใจกระตือรือร้นของผู้สอนในการจัดกิจกรรมเชิงรุก ทั้งนี้ข้อสรุปผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในงานวิจัยนี้จำกัดเฉพาะความรู้เชิงประกาศ (Declarative Knowledge) และตรรกะการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่วัดผ่านแบบทดสอบปรนัยและใบงานเท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมไปถึงสมรรถนะทักษะพิสัย

ภาคปฏิบัติจริงในสถานประกอบการซึ่งยังต้องการการวัดผลด้วยเกณฑ์การปฏิบัติเฉพาะเพิ่มเติม สอดคล้องกับงานวิจัยของ โมฮัมหมัด ซาฟิเอก และคณะ [6] พัฒนพงศ์ พูนพงศ์ สวาสดีพันธ์ และ นราเดชะ คำภู [11] และ เครือข่ายวิจัยนักศึกษาอาชีวศึกษา [10]

6.1.3 ความพึงพอใจและประสิทธิผลทางเศรษฐศาสตร์ นักเรียนกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.74$, S.D. = 0.30) ควบคู่กับต้นทุนจัดสร้าง 28,500 บาทต่อชุด และมีอัตราส่วนต้นทุนประสิทธิผล (CER) เท่ากับ 196.55 บาทต่อคะแนนพัฒนาการ ความพึงพอใจที่สูงและอัตราการขาดเรียนที่ลดลงเหลือร้อยละ 0.00 อธิบายได้จากความสะดวกปลอดภัยของระบบข้อต่อ Banana Safety Jack ที่ช่วยให้ผู้เรียนกล้าทดลองต่อวงจร และการลดอัตราส่วนผู้เรียนเหลือ 2-3 คนต่อชุดฝึกที่เปิดโอกาสให้ทุกคนได้ลงมือปฏิบัติจริงรายบุคคล สอดคล้องกับแนวความคิดการจัดสอนเทคโนโลยียานยนต์ของ เอกราช ไชยเพ็ญ และคณะ [8] พรเทพ จัมปานรินทร์ และ อภิสิทธิ์ เกษศรีสม [1] สถาบันพลังงานระหว่างประเทศ [2] SAE International [3] สตีเวน เดลี [4] และ ชลยุทธ ยมดอย [5]

6.1.4 ด้านการศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์สันดาปภายในแบบโมดูลที่พัฒนาขึ้น พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจในภาพรวมทุกมิติมุมมองอยู่ในระดับมากที่สุดค่าเฉลี่ยรวมได้เท่ากับ 4.74 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นเชิงบวกสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีความสอดคล้องภายใน ควบคู่กับการลดอัตราการขาดเรียนหรือทิ้งการเรียนกลางคันของผู้เรียนให้เหลือร้อยละ 0.00 ช่วยเพิ่มโอกาสการเข้าถึงเครื่องมือฝึกปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพเชิงระบบ

6.2 ข้อจำกัดของการวิจัย การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรระบุอย่างตรงไปตรงมาเพื่อประกอบการพิจารณานำผลไปใช้อ้างอิง ได้แก่

6.2.1 การศึกษากระทำในสถานศึกษาแห่งเดียว (วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี) และหน่วยการสุ่มคือระดับกลุ่มเรียน (Cluster Sampling) มีการสุ่มผู้เรียนรายบุคคล

6.2.2 สิ่งจัดทำทางการศึกษาประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักร่วมกัน ได้แก่ ตัวชุดฝึกแบบโมดูล ใบงานปฏิบัติงาน 8 ส่วน และการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ทำให้ไม่สามารถแยกอิทธิพลอิสระเฉพาะของแต่ละองค์ประกอบออกจากกันได้

6.2.3 เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์เน้นการวัดพุทธิพิสัยผ่านแบบทดสอบปรนัย 20 ข้อ และตารางบันทึกผลในใบงานยังไม่ได้วัดสมรรถนะทักษะพิสัยภาคปฏิบัติจริงด้วยเกณฑ์รูปการปฏิบัติ (Performance Rubrics)

6.2.4 การวิจัยไม่ได้ติดตามวัดผลความคงทนในการเรียนรู้ (Learning Retention) ของผู้เรียนในระยะยาวหลังผ่านพ้นระยะการทดลองไปแล้ว

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้

7.1.1 การบริหารจัดการห้องปฏิบัติการและการควบคุมความปลอดภัย แผนปฏิบัติการโมดูลย่อยที่พัฒนาขึ้นทำงานด้วยระบบแรงดันไฟฟ้าปลอดภัย 12 โวลต์ กระแสตรง ร่วมกับชุดขั้วต่อสายไฟนิรภัยแบบมีฉนวนหุ้มมิดชิด สถานศึกษาควรนำไปใช้ปรับสัดส่วนอัตราส่วนผู้เรียนให้เหลือเพียง 2 ถึง 3 คนต่อชุดฝึก เพื่อแก้ปัญหาความแออัดในชั้นเรียนขนาดใหญ่และเพิ่มชั่วโมงลงมือปฏิบัติจริงรายบุคคลอย่างทั่วถึง ทั้งนี้ สำหรับชั้นเรียนขนาดมาตรฐาน 40 คน การจัดเตรียมชุดฝึกให้ได้สัดส่วนดังกล่าวจะต้องใช้ชุดฝึกประมาณ 13 ถึง 20 ชุด คิดเป็นงบประมาณจัดสร้างรวม 370,500 ถึง 570,000 บาท ซึ่งยังคงประหยัดงบประมาณลงได้มากกว่าร้อยละ 76 เมื่อเทียบกับการจัดซื้อชุดฝึกสำเร็จรูปทางการค้าที่มีจำนวนชุดเท่ากัน (ซึ่งต้องใช้งบประมาณสูงถึง 1,560,000 ถึง 2,400,000 บาท) ทำให้ยังคงความคุ้มค่าเชิงงบประมาณของสถานศึกษาอย่างชัดเจน

7.1.2 การใช้งานชุดการสอนอย่างเป็นระบบร่วมกับใบงานปฏิบัติงาน ครูผู้สอนควรนำคู่มือการใช้งาน

เทคนิคควบคู่กับใบงานปฏิบัติงานโครงสร้าง 8 ส่วนหลักมาใช้กำกับกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อทำหน้าที่เป็นนั่งร้านทางปัญญาช่วยลดภาระทางปัญญาในการไล่วงจรไฟฟ้าควบคุมและเพิ่มความแม่นยำในการใช้มัลติมิเตอร์ตรวจวัดแรงดันตกคร่อม

7.1.3 การประเมินสมรรถนะวิชาชีพของผู้เรียน

สถานศึกษาควรนำระบบสวิตช์จำลองสถานะข้อขัดข้องแบบแฟงประจำชุดฝึกมาใช้เป็นเครื่องมือหลักในการทดสอบประเมินสมรรถนะแทนการวัดผลทฤษฎีเพียงอย่างเดียว เพื่อฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์เชิงระบบและการแก้ปัญหาเชิงวินิจฉัยข้อขัดข้องในสถานการณ์วงจรเปิด วงจรลัด หรือความต้านทานสูง อย่างไรก็ตาม การนำระบบสวิตช์จำลองข้อขัดข้องมาใช้เป็นเครื่องมือประเมินสมรรถนะหลักนี้จัดเป็นข้อเสนอแนะเชิงแนวคิดที่ยังต้องการการทดสอบเชิงทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์รองรับเพิ่มเติมในงานวิจัยระยะถัดไป

7.1.4 การนำไปประยุกต์ใช้กับหลักสูตร

อาชีวศึกษา เพื่อให้สถานศึกษาอื่นที่ใช้หลักสูตรเดียวกันสามารถนำผลงานวิจัยและชุดฝึกไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียนได้ทันที ผู้วิจัยได้ทำการจัดทำตารางจับคู่ความสอดคล้องระหว่างโมดูลการเรียนรู้ทั้ง 4 โมดูล กับหน่วยสมรรถนะและจุดประสงค์รายวิชา ในรายวิชางานปรับอากาศรถยนต์ (รหัสวิชา 20101-2105) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การจับคู่โมดูลการเรียนรู้กับหน่วยสมรรถนะและจุดประสงค์รายวิชางานปรับอากาศรถยนต์ (รหัสวิชา 20101-2105) หลักสูตร ปวช. พุทธศักราช 2567

โมดูลการเรียนรู้	หน่วยสมรรถนะรายวิชา (CLOs)	จุดประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรม
โมดูลที่ 1 การเรียนรู้วัสดุและอุปกรณ์	แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและหน้าที่อุปกรณ์ไฟฟ้าแอร์รถยนต์	จำแนกหน้าที่ พิกัดความทนทาน และทดสอบสภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าแอร์ได้ถูกต้อง

โมดูลการเรียนรู้	หน่วยสมรรถนะ รายวิชา (CLOs)	จุดประสงค์การเรียนรู้ เชิงพฤติกรรม
โมดูลที่ 2 การเรียนรู้วงจร และการเชื่อมต่อ	อ่านผังวงจรและต่อ วงจรควบคุมไฟฟ้า แอร์รถยนต์	อ่านผังวงจร (Wiring Diagram) และต่อสายไฟ วงจรกำลังและวงจร ควบคุมได้ถูกต้อง
โมดูลที่ 3 การวิเคราะห์ ปัญหาและตรวจ ซ่อม	ตรวจซ่อมและแก้ไข ข้อขัดข้องระบบ ไฟฟ้าแอร์รถยนต์	ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันตก คร่อมและระบุจุดเสีย จำลอง (ขาด, ลัด, ต้านทานสูง) ได้
โมดูลที่ 4 การบำรุงรักษา และวัดสมรรถนะ	บำรุงรักษาและ ประเมินสมรรถนะ ระบบปรับอากาศ รถยนต์	วัดกระแสโหลด ประเมิน ประสิทธิภาพระบบความ เย็น และบำรุงรักษาเชิง ป้องกันได้

7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต

7.2.1 การพัฒนาและขยายขอบเขตทางเทคโนโลยี

เนื่องจากเทคโนโลยียานยนต์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การศึกษาในระยะต่อไปควรวิจัยและพัฒนาโมดูลเสริมสำหรับระบบปรับอากาศคอมเพรสเซอร์แบบอินเวอร์เตอร์ อุปกรณ์ตรวจรู้แบบดิจิทัล รวมถึงการจำลองวงจรควบคุมไฟฟ้าแรงดันสูงที่ใช้ในงานในกลุ่มยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์ไฮบริด อย่างไรก็ตาม ขอบเขตข้อควรระวังอย่างชัดเจนว่า การขยายผลไปสู่ระบบควบคุมไฟฟ้าแรงดันสูงในยานยนต์ไฟฟ้าและไฮบริด จำเป็นต้องมีมาตรการควบคุมความปลอดภัย มาตรฐานฉนวนกันไฟฟ้าแรงดันสูง และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่แตกต่างไปจากระบบแรงดันไฟฟ้าปลอดภัย 12 โวลต์ กระแสตรงของชุดฝึกเดิมโดยสิ้นเชิง

7.2.2 การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อมัลติมีเดีย ควรศึกษาวิจัยเพื่อติดตั้งระบบรหัสคิวอาร์โค้ดหรือเทคโนโลยีความจริงเสริมลงบนหน้าแผงโมดูลย่อยแต่ละฐาน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้สมาร์ทโฟนสแกนเข้าถึงคลิปวิดีโอที่สนับสนุนขั้นตอนการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันหรือผังวงจรไฟฟ้าควบคุมแบบสามมิติได้ตามศักยภาพรายบุคคล

7.2.3 การติดตามประเมินผลผลลัพธ์ในการเรียนรู้ระยะยาว ควรวางแผนแบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเพื่อ

ติดตามประเมินผลความคงทนในการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง โดยทำการจัดเก็บข้อมูลและทดสอบสมรรถนะซ้ำภายหลังจากสิ้นสุดกระบวนการทดลองไปแล้วเป็นระยะเวลา 6 เดือน ถึง 1 ปี เพื่อยืนยันประสิทธิผลที่แท้จริงในงานอาชีพ

8. กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่สนับสนุนโอกาสทางการศึกษา ตลอดจนผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรชัย แก้วดี ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ประจำหลักสูตรนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้คำปรึกษา แนะนำการวิเคราะห์เชิงตัวเลข และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการจัดโครงสร้างงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณะผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ที่สละเวลาตรวจสอบเครื่องมือวิจัย พิจารณาดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา และตรวจสอบมาตรฐานความปลอดภัยเชิงวิศวกรรมไฟฟ้าควบคุมของแผงชุดฝึกปฏิบัติการ โดยข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นเชิงวิชาการของทุกท่านมีส่วนสำคัญยิ่งในการปรับปรุงนวัตกรรมให้มีความสมบูรณ์รัดกุมพร้อมใช้งาน [cite: 10] ขอขอบพระคุณผู้บริหารและคณาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนเครื่องมือวัดและอุปกรณ์สนับสนุนการวิจัยภาคสนาม ควบคู่กับการขอขอบใจนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างยนต์ ทุกคนที่ตั้งใจร่วมกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกกับชุดฝึกแบบโมดูลรายบุคคล จนทำให้สามารถเก็บบันทึกข้อมูลคะแนนและสถิติทดสอบได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ตามระเบียบวิธีวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดฝึกระบบไฟฟ้าในงานปรับอากาศรถยนต์แบบโมดูลและชุดการสอนย่อยแยกส่วนอิสระฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนสายอาชีพศึกษาช่างยนต์ ช่วยลดภาระการสาธิตซ้ำของ

ครูผู้สอน พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างสมรรถนะฝีมือแรงงานระดับปฏิบัติการป้อนสู่ภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ต่อไป

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Jumpanoi, P. and Kasrisom, A. 2025. "An Analysis of The Economic Interdependencies of The Next – Generation Automotive Industry Under Shaped by Thailand 4.0," *Journal of Business, Innovation and Sustainability (JBIS)*. 20(1). [Online]. Available: <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/BECJournal/article/view/272886>
- [2] Department of Land Transport. 2025. "Registered Motor Vehicle Statistics in Thailand 2025," Bangkok: Ministry of Transport. (in Thai)
- [3] SAE International. 2020. *Safety Standards for Motor Vehicle Refrigerant Vapor Compression Systems*, SAE Standard J639, rev. Dec. 2011. [Online]. Available: https://www.sae.org/standards/content/j639_201112/
- [4] Daly, S. 2011. *Automotive Air-Conditioning and Climate Control Systems*. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann.
- [5] omdoy, C. 2017. "The Development and Sustainability of the Automotive Parts Business in Thailand," Ph.D. dissertation, Dept. of International Graduate Studies, Burapha Univ., Chonburi, Thailand. (in Thai)
- [6] Campbell, D. T. and Stanley, J. C. 1963. *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Chicago: Rand McNally.
- [7] Thammacharoenwit, S., Somphongtham, C. and Srisurin, K. 2021. "The Development of Skill Training Kits Accompanying Project-Based Learning Management in Automotive Air Conditioning Course on Compressor for Vocational Certificate Students," *Journal of MCU Ubon Review*. 6(3): pp. 153–164. (in Thai)
- [8] Poonphongsawasdiplan, P. and Dechakampu, N. 2020. "The Development of Car Air Conditioning Training Kit," *Kurusapha Withayajarn*. 1(1): pp. 84-95. (in Thai) [Online]. Available: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/withayajarnjournal/article/view/240049>
- [9] Chaiphia, E., Juntachum, N. and Warakul, P. 2021. "The Development of Training Course on Modern Automotive Technology for Teachers of Auto Mechanics Department under Vocational Education Commission Office in Northeast of Thailand," *RMU. J.* 15(3): pp. 182–191. (in Thai)
- [10] Bang Sapan Vocational College. 2021. "Development of Teaching Media for the Automotive Driving Course Module," Project report. Prachuap Khiri Khan: Bang Sapan Vocational College. (in Thai)
- [11] Sweller, J. 1988. "Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning," *Cognitive Science*. 12(2): pp. 257-285.
- [12] Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [13] Shafieek, M. S. M., Ismail, A. and Razali, S. S. 2024. "Impact of Digitalization on Automotive Technology Curriculum Concerning Student Psychomotor Achievement," *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*. 37(2): pp. 141–155. [Online]. Available: https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/applied_sciences_eng_tech/article/view/3295