

การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ Development of Car's Electric Air Conditioning System Training Kit

ประเทียบ พรหมสินอง¹, สุรนารถ ฉิมภารอส¹ และ ปรีดา เสมา^{1*}
Prataeb Promseenong¹, Suranat Chimparos¹ and Prida Sema^{1*}

(วันรับบทความ : 24 ตุลาคม 2568/วันแก้ไขบทความ : 12 มิถุนายน 2569/วันตอบรับบทความ : 29 มิถุนายน 2569)
(Received Date : October 24, 2025, Revised Date : June 12, 2026, Accepted Date : June 29, 2026)

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนผ่านของอุตสาหกรรมยานยนต์สู่เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าได้ก่อให้เกิดความท้าทายสำคัญต่อการจัดการศึกษาด้านวิศวกรรมและอาชีวศึกษา โดยเฉพาะการพัฒนาสมรรถนะเชิงปฏิบัติของผู้เรียนให้สอดคล้องกับระบบเทคโนโลยีที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาระบบปรับอากาศยานยนต์ยังคงประสบปัญหาการขาดแคลนสื่อฝึกปฏิบัติที่อิงระบบจริง ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถพัฒนาทักษะเชิงปฏิบัติและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ออกแบบและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ (2) ประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกตามเกณฑ์ E_1/E_2 (80/80) (3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการใช้ชุดฝึก และ (4) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 35 คน เครื่องมือวิจัยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.99) และมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดี (Cronbach's alpha = 0.89) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาและการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (paired-samples t-test) ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.42) และเอกสารประกอบการสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย = 4.43) ประสิทธิภาพการเรียนรู้มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 84.64/82.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 อย่างชัดเจน นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนพบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 27.09, p < .001$) และมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก (Cohen's $d = 4.58$) สะท้อนถึงประสิทธิผลของชุดฝึกในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอย่างเด่นชัด อีกทั้งผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.58)

ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ชุดฝึกที่ออกแบบบนพื้นฐานของระบบจริงและบูรณาการการเรียนรู้เชิงประสบการณ์สามารถยกระดับผลลัพธ์การเรียนรู้ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาหลักสูตรและการเตรียมความพร้อมกำลังคนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าในอนาคต

คำสำคัญ : ชุดฝึกปฏิบัติงาน, ระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์, ประสิทธิภาพการเรียนการสอน, ความพึงพอใจของนักศึกษา

¹ สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

¹ Department of Industrial Education and Technology Rajamangala University of Technology Lanna Thailand

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน Tel: 080-515-6341 อีเมล: pridasema@rmutl.ac.th

* Corresponding author Tel: 080-515-6341 e-mail: pridasema@rmutl.ac.th

Doi: [10.14416/j.ftee.2026.08.01](https://doi.org/10.14416/j.ftee.2026.08.01)

Abstract

The transition of the automotive industry toward electric vehicle technology has created significant challenges for engineering and vocational education, particularly in developing students' practical competencies to align with increasingly complex technological systems. However, instruction in automotive air-conditioning systems continues to face limitations due to the lack of practice-based instructional media that accurately reflects real-world systems. As a result, students are often unable to effectively develop practical skills and problem-solving abilities. This research aimed to: (1) design and develop an electric vehicle air-conditioning system training kit, (2) evaluate the instructional efficiency of the training kit based on the E_1/E_2 criterion (80/80), (3) compare students' learning achievement before and after using the training kit, and (4) investigate students' satisfaction with the learning activities. The study employed a Research and Development (R&D) methodology with a sample group consisting of 35 undergraduate students. The research instruments were validated for content validity ($IOC = 0.99$) and demonstrated good reliability (Cronbach's $\alpha = 0.89$). Data were analyzed using descriptive statistics and paired-samples t-test. The findings revealed that the developed training kit was rated at a good quality level (Mean = 4.42), and the instructional documents were also evaluated at a good quality level (Mean = 4.43). The instructional efficiency yielded an E_1/E_2 value of 84.64/82.25, which exceeded the established criterion of 80/80. Furthermore, the post-test scores were significantly higher than the pre-test scores ($t = 27.09$, $p < .001$), with a very large effect size (Cohen's $d = 4.58$), indicating the substantial effectiveness of the training kit in enhancing students' learning achievement. In addition, students reported the highest level of satisfaction with the instructional activities (Mean = 4.58).

The results indicate that the implementation of a training kit designed based on real-world systems and integrated with experiential learning approaches can effectively enhance students' knowledge, practical skills, and attitudes. These findings provide important implications for curriculum development and workforce preparation in the electric vehicle industry.

Keyword : Training kit, Electric automotive air conditioning system, Instructional efficiency, Student satisfaction

บทนำ

ในบริบทของศตวรรษที่ 21 ระบบอุดมศึกษาทั่วโลกกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างอันเกิดจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ และการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจฐานนวัตกรรม ซึ่งส่งผลให้รูปแบบสมรรถนะของกำลังคนในภาคอุตสาหกรรมต้องได้รับการปรับเปลี่ยนอย่างมีนัยสำคัญ [1] โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่กำลังเปลี่ยนผ่านจากระบบเครื่องยนต์สันดาปภายในไปสู่ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicles: EVs) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนและต้องการองค์ความรู้แบบสหวิทยาการ การเปลี่ยนผ่านดังกล่าวก่อให้เกิดความท้าทายสำคัญต่อระบบการจัดการศึกษา โดยเฉพาะในสาขาวิศวกรรมและอาชีวศึกษา ซึ่งจำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่สอดคล้องกับบริบทการทำงานจริง แนวคิดการจัดการศึกษาเชิงสมรรถนะ (Competency-Based Education: CBE) [2] และการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) จึงได้รับการยอมรับว่าเป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ เนื่องจากสามารถเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการปฏิบัติจริง และส่งเสริมการพัฒนาทักษะ เชิงลึกของผู้เรียน [3] อย่างไรก็ตามหลักฐานเชิงประจักษ์จากงานวิจัยด้านการศึกษาวิศวกรรมชี้ให้เห็นว่าสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาทางเทคนิคจำนวนมากยังคงเน้นการบรรยายหรือการสาธิต ซึ่งไม่สามารถสะท้อนกระบวนการทำงานของระบบอุตสาหกรรมที่ซับซ้อนได้อย่างเพียงพอ [2] โดยเฉพาะในบริบทของระบบปรับอากาศในยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งมีบทบาทสำคัญ

ต่อการจัดการความร้อนของแบตเตอรี่ ประสิทธิภาพพลังงาน และเสถียรภาพของระบบขับเคลื่อน [4] ในทางปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนด้านระบบปรับอากาศยานยนต์ในระดับอุดมศึกษายังคงเผชิญข้อจำกัดจากการขาดแคลนชุดฝึกปฏิบัติที่ออกแบบบนพื้นฐานของระบบจริงในยานยนต์ไฟฟ้า ส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ขาดทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหา และไม่สามารถพัฒนาสมรรถนะเชิงปฏิบัติได้อย่างเต็มศักยภาพ [5] แม้ว่าการวิจัยก่อนหน้านี้จะยืนยันว่าการใช้ชุดฝึกปฏิบัติสามารถยกระดับผลลัพธ์การเรียนรู้ทั้งด้านความรู้และทักษะได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังพบช่องว่างสำคัญในด้าน (1) การพัฒนาชุดฝึกที่สอดคล้องกับเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าจริง (2) การประเมินประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานเชิงประจักษ์ เช่น E_1/E_2 และ (3) การวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้แบบบูรณาการทั้งด้านผลสัมฤทธิ์และประสบการณ์ของผู้เรียน [6]-[8] ดังนั้นการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ที่มีการออกแบบอย่างเป็นระบบ อิงกับระบบจริงในอุตสาหกรรม และผ่านการตรวจสอบประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดยสามารถช่วยยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมยานยนต์ เสริมสร้างสมรรถนะของผู้เรียนและตอบสนองต่อความต้องการกำลังคนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าในระดับสากล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกปฏิบัติ
4. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดฝึกปฏิบัติ

การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

1. การจัดการศึกษาเชิงสมรรถนะและการเรียนรู้เชิงประสบการณ์

การจัดการศึกษาเชิงสมรรถนะ (Competency-Based Education: CBE) เป็นแนวทางที่มุ่งเน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สามารถวัดได้อย่างชัดเจน โดยเน้นความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงมากกว่าการสะสมความรู้เชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียว [2] ในขณะเดียวกัน แนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) ของ [3] อธิบายว่าการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดจากกระบวนการหมุนเวียนระหว่างประสบการณ์ตรง (Concrete experience) การสะท้อนคิด (Reflective observation) การสร้างแนวคิด (Abstract conceptualization) และการทดลองปฏิบัติ (Active experimentation) ในบริบทของการศึกษาวิศวกรรมแนวคิดทั้งสองถูกนำมาบูรณาการเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้เชิงลึกและทักษะเชิงปฏิบัติ โดยการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ (Learning by doing) ได้รับการยืนยันว่าช่วยเพิ่มการคงอยู่ของความรู้และการพัฒนาทักษะเชิงวิชาชีพได้ดีกว่าการเรียนรู้แบบบรรยาย [3]

2. บทบาทของสื่อการสอนและชุดฝึกปฏิบัติในวิศวกรรมศึกษา

สื่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ เช่น ชุดฝึก (Training kits) และระบบจำลอง (Simulation-based systems) มีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติจริง โดยช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจโครงสร้างระบบ กระบวนการทำงาน และการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริง [9] งานวิจัยด้านวิศวกรรมศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้ชุดฝึกที่ออกแบบบนพื้นฐานของระบบจริงสามารถ 1) เพิ่มความเข้าใจเชิงแนวคิด (Conceptual understanding) 2) พัฒนาทักษะเชิงปฏิบัติ (procedural skills) และ 3) ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา (Problem-solving skills) [10], [11] อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของชุดฝึกขึ้นอยู่กับ “คุณภาพการออกแบบ” ซึ่งต้องสอดคล้องกับหลักการเรียนรู้และบริบทของอุตสาหกรรม หากขาดการออกแบบเชิงระบบ ชุดฝึกอาจกลายเป็นเพียงเครื่องมือสาธิตที่ไม่สามารถสร้างการเรียนรู้เชิงลึกได้ [9]

3. เทคโนโลยีระบบปรับอากาศในยานยนต์ไฟฟ้า

ระบบปรับอากาศในยานยนต์ไฟฟ้ามีความแตกต่างจากระบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากไม่ได้ใช้กำลังจากเครื่องยนต์แต่ใช้ระบบไฟฟ้าและการควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพพลังงานและการจัดการความร้อนของแบตเตอรี่ [12] นอกจากนี้ ระบบปรับอากาศยังมีบทบาทสำคัญต่อ 1) การรักษาอุณหภูมิของแบตเตอรี่ (battery thermal management) 2) การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน (Energy efficiency) และ 3) ความเสถียรของระบบขับเคลื่อน [13] ดังนั้น การพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านนี้จำเป็นต้องอาศัยการเรียนรู้ผ่านระบบที่สามารถจำลองการทำงานจริงได้อย่างแม่นยำ

จากการสังเคราะห์วรรณกรรมพบช่องว่างสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) ช่องว่างด้านเทคโนโลยี (Technological Gap) ขาดชุดฝึกที่อิงระบบจริงของยานยนต์ไฟฟ้า โดยเฉพาะระบบปรับอากาศไฟฟ้า 2) ช่องว่างด้านการประเมินผล (Evaluation Gap) งานวิจัยจำนวนมากยังไม่ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพเชิงมาตรฐาน เช่น E_1/E_2 หรือการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เข้มงวด และ 3) ช่องว่างด้านการบูรณาการผลลัพธ์ (Integration Gap) ขาดการประเมินแบบองค์รวมที่ครอบคลุมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะเชิงปฏิบัติ และประสบการณ์ของผู้เรียน ช่องว่างดังกล่าวสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาชุดฝึกที่มีการออกแบบเชิงระบบ และมีการตรวจสอบประสิทธิภาพเชิงประจักษ์อย่างครบถ้วน

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

การวิจัยนี้พัฒนากรอบแนวคิดโดยบูรณาการแนวคิด Competency-Based Education, Experiential Learning, และ Instructional Design ภายใต้โมเดล Input-Process-Output (IPO Model) ดังรูปที่ 1

Input	Process	Output
1. เนื้อหาเกี่ยวกับระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ 2. ชุดฝึกปฏิบัติที่ออกแบบบนพื้นฐานระบบจริง 3. เอกสารประกอบการเรียนรู้ 4. หลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์	1. การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Hands-on learning) 2. การทดลองและการวิเคราะห์ระบบ 3. การแก้ปัญหาเชิงเทคนิค 4. การมีส่วนร่วมของผู้เรียน	1. ประสิทธิภาพการเรียนรู้ (E_1/E_2) 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning achievement) 3. ทักษะเชิงปฏิบัติ (Practical skills) 4. ความพึงพอใจของผู้เรียน

รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษาที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลลัพธ์ ในการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์

สมมติฐานการวิจัย

- H_1 : การใช้ชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ
- H_2 : ชุดฝึกที่ออกแบบตามแนวคิด experiential learning สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ตามเกณฑ์ E_1/E_2
- H_3 : การเรียนรู้ผ่านชุดฝึกมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความพึงพอใจของผู้เรียน

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธี การวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ พัฒนา และประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์อย่างเป็นระบบ การออกแบบการวิจัยยึดแนวทาง Design-based research ผสมผสานกับ Experimental evaluation เพื่อให้สามารถตรวจสอบทั้ง “คุณภาพของนวัตกรรม” และ “ผลลัพธ์การเรียนรู้เชิงประจักษ์” กรอบแนวคิดการวิจัยอิงโมเดล Input-Process-Output (IPO Model) โดย

Input ประกอบด้วย ชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ เนื้อหา และสื่อการเรียนรู้

Process ประกอบด้วย การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Hands-on learning)

Output ประกอบด้วย ประสิทธิภาพการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ และความพึงพอใจ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Population and Sample)

1. ประชากร (Population)

ประชากรคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีบัณฑิต (หรือสาขาที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์) ในสถาบันการอาชีวศึกษา จำนวน 17 สถาบัน

2. กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยใช้เกณฑ์คัดเลือก ดังนี้

- 2.1 มีพื้นฐานความรู้ด้านระบบยานยนต์เบื้องต้น
- 2.2 เคยผ่านรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์หรือระบบยานยนต์
- 2.3 มีความพร้อมในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

เครื่องมือวิจัย (Research Instruments) เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย 4 ประเภทหลัก ดังนี้

1. ชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ ออกแบบบนพื้นฐานของระบบจริง ประกอบด้วย

- 1.1 Electric compressor (24V)
- 1.2 Condenser, Evaporator, Expansion valve
- 1.3 ระบบควบคุมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- 1.4 Digital manifold gauge

2. แบบประเมินคุณภาพชุดฝึก ใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ครอบคลุม

- 2.1 ความถูกต้องทางเทคนิค
- 2.2 ความเหมาะสมด้านการเรียนการสอน
- 2.3 ความปลอดภัย
- 2.4 ความทันสมัย

3. แบบประเมินประสิทธิภาพการเรียนรู้ (E_1/E_2) ใช้วัด

- 3.1 E_1 (In-process performance)
- 3.2 E_2 (Post-test performance)

ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนครอบคลุมประเด็น

- 4.1 ประสบการณ์การเรียนรู้
- 4.2 การมีส่วนร่วม
- 4.3 การพัฒนาทักษะ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ (Instrument Validation)

1. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำหน้าที่เป็นผู้ประเมินจากภายนอก ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการศึกษาอาชีวศึกษาและครุศาสตร์อุตสาหกรรม ด้านเทคโนโลยีระบบทำความเย็น และปรับอากาศด้านเทคโนโลยียานยนต์และยานยนต์ไฟฟ้า การพัฒนาสื่อและชุดฝึกเชิงเทคนิค และการวัดและประเมินผลทางการศึกษา โดยมีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 5 ปี ค่าดัชนี IOC (Index of Item–Objective Congruence) = 0.99 อยู่ในระดับ “สูงมาก”

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) ใช้ Cronbach’s alpha α = 0.89 อยู่ในระดับ “ดี”

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (Research Procedure) การวิจัยดำเนินการเป็น 6 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์ความต้องการ (Needs Analysis)

- 1) วิเคราะห์บริบทการเรียนการสอน
- 2) ระบุปัญหาการขาดสื่อฝึกปฏิบัติ
- 3) สำรวจสมรรถนะที่ต้องพัฒนา

ระยะที่ 2 การออกแบบและพัฒนา (Design and Development)

- 1) ออกแบบโครงสร้างชุดฝึก
- 2) สร้างระบบจำลองการทำงานจริง
- 3) บูรณาการหลักการ Experiential learning

ระยะที่ 3 การจัดทำสื่อการเรียนรู้ (Instructional Material Development)

- 1) พัฒนาเอกสารประกอบการสอน
- 2) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้
- 3) จัดลำดับเนื้อหา (Cognitive sequencing)

ระยะที่ 4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ (Validation)

- 1) ประเมิน IOC
- 2) ตรวจสอบ Reliability
- 3) ปรับปรุงเครื่องมือ

ระยะที่ 5 การทดลองใช้และปรับปรุง (Pilot Testing)

- 1) ทดลองใช้กับกลุ่มย่อย
- 2) วิเคราะห์ปัญหาเชิงเทคนิค
- 3) ปรับปรุงระบบ

ระยะที่ 6 การทดลองจริง (Implementation and Evaluation)

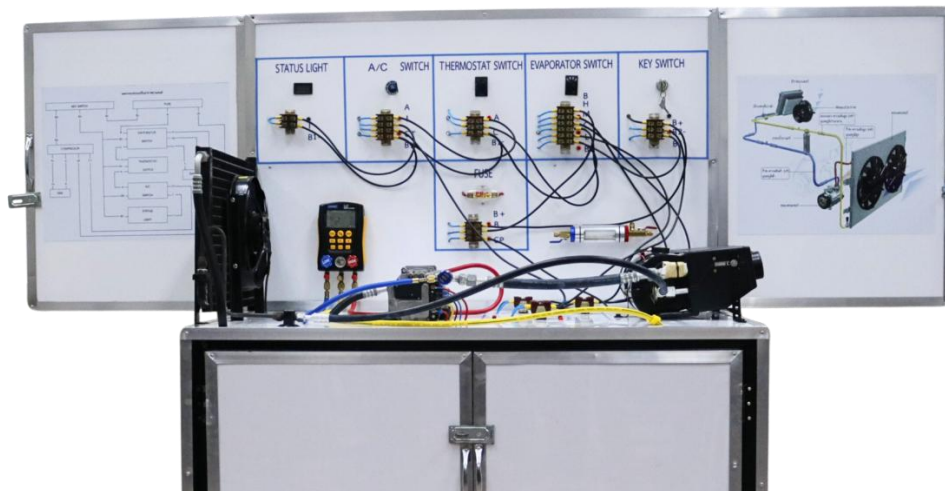
- 1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้เต็มรูปแบบ
- 2) เก็บรวบรวมข้อมูล
 - 2.1 คะแนนระหว่างเรียน (E_1)
 - 2.2 คะแนนหลังเรียน (E_2)
 - 2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ

การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ดำเนินการตามลำดับ

1. Pre-test
2. Learning intervention (ใช้ชุดฝึก)
3. In-process assessment (E_1)
4. Post-test (E_2)
5. Satisfaction survey

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ใช้สถิติดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา
 - 1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)
 - 1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
 - 1.3 ร้อยละ (Percentage)
2. สถิติเชิงอนุมาน
 - Paired-samples t-test เพื่อเปรียบเทียบ Pre-test & Post-test
3. การประเมินประสิทธิภาพ
 - E_1/E_2 เทียบเกณฑ์ 80/80
4. การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ
 - วิเคราะห์ความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้เรียน



รูปที่ 2 ชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์

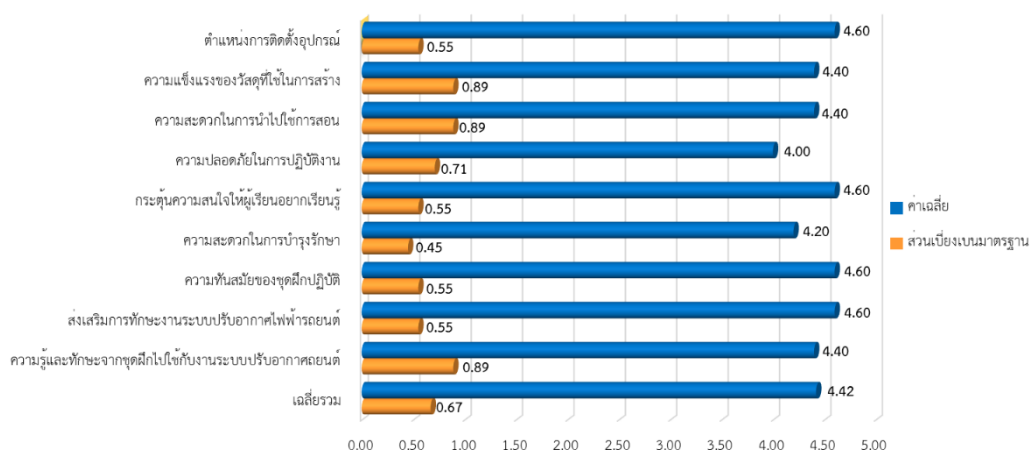
ผลการวิจัย (Results)

ผลการวิจัยเชิงประจักษ์ที่ได้จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ และการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ ที่พัฒนาขึ้น ดังนี้

1. ผลการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์

1.1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดฝึกปฏิบัติงาน

ชุดฝึกปฏิบัติงานที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ในด้านความถูกต้องทางเทคนิค ความเหมาะสมด้านการจัดการเรียนการสอน ความทันสมัย ความปลอดภัย และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

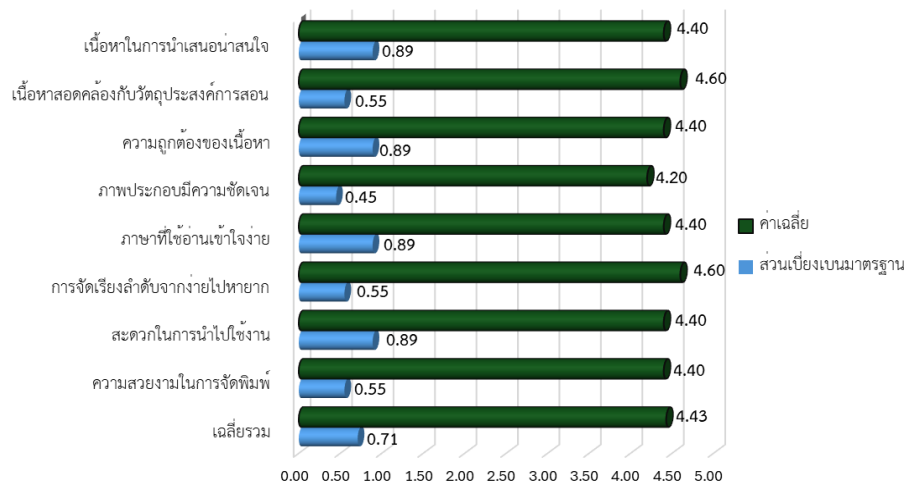


รูปที่ 3 ผลการประเมินระดับคุณภาพชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์

จากรูปที่ 3 ผลการประเมินภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 ซึ่งอยู่ในระดับดี โดยรายการประเมินส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีถึงดีมาก โดยเฉพาะด้านการจัดวางอุปกรณ์ ความสามารถในการกระตุ้นความสนใจ ความทันสมัยของระบบ และการส่งเสริมทักษะการปฏิบัติงานเชิงเทคนิค ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นมีโครงสร้างที่เหมาะสม ทันสมัยและมีศักยภาพสูงในการสนับสนุนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการศึกษาเชิงสมรรถนะ ที่มุ่งเน้นการเรียนรู้จากการปฏิบัติงานจริง

1.2 ผลการประเมินคุณภาพของเอกสารประกอบการสอน

เอกสารประกอบการสอนได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ในด้านความสอดคล้องของเนื้อหา การจัดลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ ความชัดเจน และความเหมาะสมต่อการใช้งาน



รูปที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพของเอกสารประกอบการสอนชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์

จากรูปที่ 4 ผลการประเมินภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 ซึ่งอยู่ในระดับดี โดยรายการที่ได้รับคะแนนสูงเป็นพิเศษ ได้แก่ ความสอดคล้องของเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การเรียนการสอน และการจัดลำดับจากง่ายไปหายาก ผลลัพธ์สะท้อนถึงการออกแบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิด constructivist learning theory และหลักการจัดลำดับ cognitive sequencing approaches ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ได้อย่างเป็นระบบและลดภาระทางปัญญาในการเรียนรู้เนื้อหาทางเทคนิค

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียนการสอนโดยใช้ชุดฝึกปฏิบัติ

ประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนของชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ ประเมินโดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 ซึ่งพิจารณาจากผลการปฏิบัติระหว่างเรียน (Process Efficiency: E_1) และผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (Outcome Efficiency: E_2) ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สมการในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียนการสอน

Efficiency Type	Formula	Result (%)	Criterion	Interpretation
E_1 (Process Efficiency)	$E1 = \frac{\sum X}{N \times A} \times 100$	84.64	80	Above criterion
E_2 (Outcome Efficiency)	$E2 = \frac{\sum Y}{N \times B} \times 100$	82.25	80	Above criterion
E_1/E_2	-	84.64 / 82.25	80/80	Meets standard

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียนการสอน

Assessment Type	N	Maximum Score	Mean Score	Percentage
In-process performance (E ₁)	35	85	71.95	84.64
Post-instruction performance (E ₂)	35	70	57.58	82.25

ผลการวิเคราะห์พบว่านักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน (E₁) เท่ากับร้อยละ 84.64 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (E₂) เท่ากับร้อยละ 82.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 80/80 แสดงให้เห็นว่าชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถส่งเสริมทั้งกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริงช่วยเสริมสร้างสมรรถนะเชิงปฏิบัติและความเข้าใจด้านระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ได้อย่างเหมาะสม โดยสอดคล้องกับแนวทางการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning) และการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง รวมถึงสอดคล้องกับกรอบแนวคิด Input-Process-Output (IPO Model) ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการจัดการเรียนรู้ และผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนอย่างเป็นระบบ

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลัง

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษา ใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (Dependent Samples t-test) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการใช้ชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศรถยนต์ไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 3

$$t = \frac{\bar{D}}{S_D/\sqrt{n}}$$

โดยที่

$\bar{D}$ = ค่าเฉลี่ยของผลต่าง (Post-Pre)

S_D = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง

n = จำนวนตัวอย่าง

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

Test	N	Mean	SD	df	t	p-value
ก่อนเรียน	35	46.80	1.59	34	27.09	0.000*
หลังเรียน	35	57.58	2.29			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

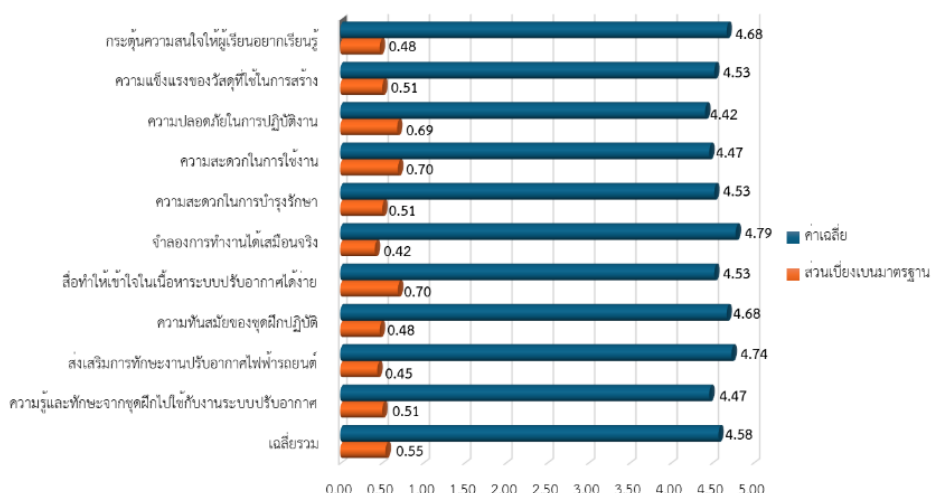
จากตารางที่ 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักศึกษา (M = 57.58, S.D. = 2.29) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน (M = 46.80, SD = 1.59) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t = 27.09, p < .001) แสดงให้เห็นว่าชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพลของผลการทดลองโดยใช้ค่า Cohen's d พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.58 ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงมาก (Very Large Effect Size) สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกดังกล่าวส่งผลต่อการพัฒนาความรู้และทักษะของผู้เรียนอย่างเด่นชัด และมีผลเชิงปฏิบัติในระดับสูงมาก โดยแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดฝึกอย่างชัดเจนและต่อเนื่อง

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-based Learning) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง การแก้ปัญหา และการมีส่วนร่วม ในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งช่วยส่งเสริมความเข้าใจเชิงลึก การประยุกต์ใช้ความรู้ และการคงอยู่ของความรู้ได้ดีกว่า การจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของนวัตกรรมการเรียนรู้ที่สามารถ เชื่อมโยงองค์ความรู้เชิงทฤษฎีกับการปฏิบัติในบริบทวิชาชีพได้อย่างเหมาะสมและเป็นรูปธรรม

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดฝึกปฏิบัติมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.58 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด โดยรายการส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด มีเพียงบางรายการ เช่น ความปลอดภัยในการใช้งาน ความสะดวกในการใช้งาน และการนำทักษะไปประยุกต์ใช้กับงานจริง อยู่ในระดับมากดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษา

จากรูปที่ 5 ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนว่าความสมจริงของระบบ การออกแบบที่สอดคล้องกับงานอุตสาหกรรมจริง และลักษณะการเรียนรู้เชิงปฏิบัติเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจและทัศนคติเชิงบวกของผู้เรียนในสาขา เทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

ผลการวิจัยครั้งนี้ให้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ชัดเจนว่าการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์ ที่ออกแบบบนพื้นฐานของระบบจริง และบูรณาการแนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ สามารถยกระดับผลลัพธ์การเรียนรู้ ของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในมิติของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประสิทธิภาพการเรียนรู้ และ ความพึงพอใจของผู้เรียน

1. การอธิบายเชิงกลไก (Mechanism-Based Explanation)

ผลการที่คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านชุดฝึกที่เน้น การลงมือปฏิบัติ (Hands-on learning) ช่วยกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) โดยผู้เรียนสามารถสร้าง องค์ความรู้ผ่านประสบการณ์ตรง การทดลอง และการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ของ [3] ที่ระบุว่าความรู้เกิดจากการหมุนเวียนของประสบการณ์การสะท้อนคิด และการนำไปใช้ ในเชิงกลไกการใช้ชุดฝึกที่มี องค์ประกอบระบบจริงช่วยให้ผู้เรียนพัฒนา “Procedural knowledge” ควบคู่กับ “Conceptual understanding” ส่งผลให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ที่มีความหมาย (Meaningful learning) มากกว่าการเรียนรู้แบบบรรยาย

2. การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Comparative Discussion)

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่าผลลัพธ์ของการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานของ [7], [8], [6] ที่รายงานว่า การเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้ขยายองค์ความรู้เดิมโดย 1) ใช้บริบทเฉพาะของ ระบบปรับอากาศในยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งมีความซับซ้อนสูง 2) ใช้ชุดฝึกที่อิงระบบจริง (Real-system based training) แทน Simulation เพียงอย่างเดียว 3) ประเมินผลแบบ บูรณาการทั้ง E_1/E_2 ร่วมกับ t-test และ satisfaction นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับ [14] ซึ่งใช้ระบบฝึกในวิศวกรรม ทั่วไป งานวิจัยนี้ให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน แต่มีความโดดเด่นในด้าน “Contextual relevance” ต่ออุตสาหกรรม EV ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่กำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว

3. การวิเคราะห์ขนาดอิทธิพล (Effect Size Interpretation)

จากผลการทดสอบ t-test ที่มีค่า t สูงมาก ($t \approx 27$) สะท้อนถึงขนาดอิทธิพล (Effect size) ที่อยู่ในระดับสูงมาก (Extremely large effect) ตามเกณฑ์ของ Cohen's d ซึ่งบ่งชี้ว่าการใช้ชุดฝึกมีผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้ในเชิงปฏิบัติ อย่างมีนัยสำคัญทางการศึกษา (Educational significance) ไม่ใช่เพียงนัยสำคัญทางสถิติเท่านั้น ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้อง กับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ (Competency-based Learning) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง การแก้ปัญหา และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งช่วยส่งเสริม ความเข้าใจเชิงลึก การประยุกต์ใช้ความรู้ และการคงอยู่ของความรู้ได้ดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของนวัตกรรมการเรียนรู้ที่สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เชิงทฤษฎีกับการปฏิบัติ ในบริบทวิชาชีพได้อย่างเหมาะสมและเป็นรูปธรรม

4. การเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิด (Theoretical Integration)

ผลการวิจัยสนับสนุนกรอบแนวคิด Input–Process–Output (IPO Model) อย่างชัดเจน โดยพบว่า

- 1) **Input** : ชุดฝึกที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับระบบจริง
- 2) **Process** : การเรียนรู้เชิงประสบการณ์และการลงมือปฏิบัติ
- 3) **Output** : ผลสัมฤทธิ์ ทักษะ และความพึงพอใจของผู้เรียน

ความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับ [5] ที่ระบุว่าความสำเร็จของการศึกษาวิศวกรรมขึ้นอยู่กับกระบวนการระหว่าง ทรัพยากรการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ และการประเมินผล

5. คุณูปการของงานวิจัย (Research Contributions)

1) คุณูปการเชิงทฤษฎี (Theoretical Contribution)

งานวิจัยนี้ขยายกรอบแนวคิด Experiential learning ไปสู่บริบทของ EV Engineering education โดยแสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบจริงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้อย่างมีนัยสำคัญ

2) คุณูปการเชิงปฏิบัติ (Practical Contribution)

นำเสนอแนวทางการพัฒนาชุดฝึกที่สามารถนำไปใช้จริงในหลักสูตรวิศวกรรมและอาชีวศึกษา เพื่อยกระดับ สมรรถนะของผู้เรียนให้สอดคล้องกับอุตสาหกรรม

3) คุณูปการเชิงนโยบาย (Policy Contribution)

สนับสนุนการพัฒนาหลักสูตรด้าน EV และการลงทุนในสื่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ เพื่อรองรับความต้องการ แรงงานในอนาคต [1]

6. ข้อจำกัดของการวิจัย (Limitations) แม้ว่างานวิจัยนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน แต่ยังมีข้อจำกัด ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่างจำกัดในสถาบันเดียว จากการที่งานวิจัยนี้ดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างในสถาบันการศึกษาเพียง แห่งเดียว อาจส่งผลให้ผลการวิจัยมีข้อจำกัดด้านความสามารถในการอ้างอิงไปยังบริบทอื่น ควรมีการขยายกลุ่มตัวอย่าง ไปยังหลายสถาบัน ทั้งในระดับอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา รวมถึงสถาบันที่มีบริบทแตกต่างกัน เช่น สถานศึกษาของรัฐ และเอกชน

2) การประเมินผลระยะสั้น การประเมินผลในงานวิจัยนี้เป็น การวัดผลหลังการใช้ชุดฝึกในระยะเวลาอันสั้น ซึ่ง ยังไม่สามารถสะท้อนความคงทนของความรู้และทักษะในระยะยาว ควรมีการติดตามผลในระยะยาวหลังการเรียน

3) ยังไม่ได้วัดการถ่ายโอนทักษะสู่สถานประกอบการจริง ควรมีการศึกษาเชิงติดตามในสถานประกอบการ (Workplace-Based Assessment) เพื่อประเมินการถ่ายโอนทักษะ (Skill Transfer) ของผู้เรียน

สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติงานระบบปรับอากาศไฟฟ้ารถยนต์” แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการออกแบบสื่อการเรียนรู้ที่อิงระบบจริง และบูรณาการแนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ สามารถยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ในสาขาวิศวกรรมยานยนต์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยยืนยันว่า

- 1) ชุดฝึกมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน (80/80)
- 2) ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ
- 3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับสูงมาก

ในเชิงทฤษฎี งานวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิด Experiential learning และ Competency-based education โดยแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านบริบทจริงสามารถพัฒนาทักษะเชิงลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในเชิงปฏิบัติ งานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบการพัฒนาชุดฝึกที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลักสูตรวิศวกรรมและอาชีวศึกษา เพื่อเตรียมความพร้อมของกำลังคนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า

โดยสรุป การบูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ากับการจัดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาทุนมนุษย์ให้สอดคล้องกับความต้องการของเศรษฐกิจในศตวรรษที่ 21

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

จากผลการวิจัยเชิงประจักษ์และคุณูปการของการศึกษารั้งนี้ สามารถเสนอแนะแนวทางเพื่อใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน การออกแบบหลักสูตร และการวิจัยในอนาคตด้านการศึกษาวิศวกรรมยานยนต์ไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะด้านการจัดการเรียนการสอน

สถาบันอุดมศึกษาที่เปิดสอนหลักสูตรด้านยานยนต์และวิศวกรรมควรบูรณาการชุดฝึกปฏิบัติงานที่ออกแบบเฉพาะสำหรับเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าเข้าสู่อการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบย่อยที่มีความซับซ้อน เช่น ระบบปรับอากาศรถยนต์ไฟฟ้าผลการวิจัยยืนยันว่าการใช้ชุดฝึกที่มีองค์ประกอบระบบจริงสามารถยกระดับประสิทธิภาพการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะเชิงปฏิบัติได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ควรถูกบูรณาการอย่างเป็นระบบเพื่อสนับสนุนการจัดการศึกษาเชิงสมรรถนะ

2. ข้อเสนอแนะด้านการพัฒนาหลักสูตร

ผู้ออกแบบหลักสูตรควรปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตรด้านยานยนต์และวิศวกรรมเครื่องกลให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนผ่านทางเทคโนโลยีจากระบบเครื่องยนต์สันดาปภายในไปสู่ระบบยานยนต์ไฟฟ้า โดยควรยกระดับเนื้อหาด้านระบบปรับอากาศรถยนต์ไฟฟ้าให้เป็นขอบเขตการเรียนรู้ที่สำคัญ เนื่องจากมีบทบาทต่อประสิทธิภาพพลังงานและการจัดการความร้อนของแบตเตอรี่ การออกแบบหน่วยการเรียนรู้เชิงปฏิบัติที่สอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรมจะช่วยเตรียมความพร้อมของบัณฑิตต่อความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคต

3. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการจัดสรรทรัพยากรของสถาบัน

สถาบันการศึกษาควรให้ความสำคัญกับการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานและสื่อการเรียนรู้ที่สะท้อนเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันและอนาคต การจัดสรรทรัพยากรเพื่อพัฒนาชุดฝึกที่ผ่านการตรวจสอบเชิงประจักษ์ การปรับปรุงห้องปฏิบัติการ และการพัฒนาศักยภาพอาจารย์ผู้สอนจะช่วยยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษาอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ควรส่งเสริมความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อรักษาความทันสมัยและความสอดคล้องของหลักสูตรกับบริบทการทำงานจริง

4. ข้อเสนอแนะด้านการประเมินผลและการประกันคุณภาพ

การประเมินผลการเรียนรู้ควรมุ่งเน้นการวัดสมรรถนะจากการปฏิบัติงานจริง โดยใช้เครื่องมือประเมินเชิงประสิทธิภาพ เช่น เกณฑ์ E_1/E_2 ซึ่งสามารถสะท้อนทั้งกระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์การเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรมการนำกระบวนการตรวจสอบความตรงและความเชื่อมั่นของเครื่องมือมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของระบบประกันคุณภาพจะช่วยเสริมสร้างความน่าเชื่อถือของการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ควรขยายการศึกษาไปสู่การติดตามผลการคงอยู่ของทักษะในระยะยาว การถ่ายโอนสมรรถนะสู่การปฏิบัติงานจริง ในสถานประกอบการ และการขยายการทดลองไปยังสถาบันการศึกษาที่หลากหลาย นอกจากนี้ควรพัฒนาชุดฝึกให้ครอบคลุมระบบย่อยขั้นสูงของยานยนต์ไฟฟ้า เช่น ระบบจัดการความร้อนของแบตเตอรี่ ระบบวินิจฉัยอัจฉริยะและระบบควบคุมแบบบูรณาการ เพื่อเพิ่มขอบเขตและคุณค่าทางวิชาการของการศึกษาด้าน EV education ในระดับสากล

2. บูรณาการเทคโนโลยีขั้นสูงในการพัฒนาชุดฝึก โดยบูรณาการเทคโนโลยี เช่น ระบบวินิจฉัยความผิดปกติด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI-based Diagnostics) เพื่อยกระดับการเรียนรู้เชิงปฏิบัติให้สอดคล้องกับเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ โดยออกแบบระบบที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์ของระบบปรับอากาศไฟฟ้า และให้ข้อเสนอแนะอัตโนมัติแก่ผู้เรียนแบบเรียลไทม์

เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Q. Ang & B. Domingo., “An innovative and universal teaching model in engineering education to foster Industry 5.0 skills-EPIC principles,” *Education Sciences*, vol. 15, no. 9, pp. 1-15, 2025., doi: 10.3390/educsci15091096.
- [2] A. Poolkrajang, & R. Papanai, “Learning outcomes in electric vehicle technology: Competency-based learning management according to the TVET curriculum,” *Journal of Engineering Education Transformations*, vol. 39, no. 2, pp. 162–175, 2025., doi: 10.16920/jeet/2025/v39i2/25151.
- [3] G. Tembrevilla, A. Phillion, & M. Zeadin, “Experiential learning in engineering education: A systematic literature review,” *Journal of Engineering Education*, vol. 113, no. 1, pp. 195–218, 2023., doi: 10.1002/jee.20575
- [4] S. Chuenchomnakjad, P. Sema, M. Tantrabandit, W. Yingyuen & P. Promseenong, “Teaching and learning development for enhance of electric vehicle technology competency,” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 15, no. 3, pp. 1–9, 2024., [in Thai]
- [5] J. G. Halls, C. Tomás, J. S. Owen, & K. Hawwash, “Mapping out the landscape of literature on assessment in engineering education,” *European Journal of Engineering Education*, vol. 47, no. 3, pp 373–393, 2021., doi: 10.1080/03043797.2021.1990346.
- [6] U. Karakuş & G. Çeviker-Ay, “Hands-on learning in STEM education: Effects on academic achievement, motivation, and engagement—A meta-analysis,” *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 21, no. 8, pp 2367–2392, 2023., doi: 10.1007/s10763-022-10344-4
- [7] S. Freeman, S. L. Eddy, M. McDonough, M. K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt & M. P. Wenderoth, “Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 119, no. 19, 2022., doi: 10.1073/pnas.2119728119

- [8] R. M. Lima, P. H. Andersson & E. Saalman “Active learning in engineering education: A (re)introduction,” *European Journal of Engineering Education*, vol. 47, no. 1, pp. 1–4, 2022., doi: 10.1080/03043797.2021.2010461
- [9] A. Negahban, “Simulation in engineering education: The transition from physical experimentation to digital immersive simulated environments,” *Simulation*, vol. 100, no. 7, pp. 695–708, 2024., doi: 10.1177/00375497231225178
- [10] N Fang & Y. Guo, “Improving student learning of impulse and momentum in particle dynamics through computer simulation and animation,” *Journal of Educational Computing Research*, vol. 60, no. 8, pp. 1969–1990, 2023., doi: 10.1177/07356331221113551
- [11] Calandra, D., De Lorenzis, F., Cannavò, A., & Lamberti, F, “Immersive virtual reality and passive haptic interfaces to improve procedural learning in a formal training course for first responders,” *Virtual Reality*, vol. 27, no. 2, pp. 985–1012, 2023., doi: 10.1007/s10055-022-00649-7.
- [12] Kuo, Y.-C., Walker, A. E., Schroder, K. E. E., & Belland, B. R, “Peer interaction and collaborative learning in online environments: A meta-analysis,” *Computers and Education Open*, 2022, doi: 10.1016/j.caeo.2022.100093.
- [13] R. Satriawan, B. Sudarsono, F. A. Ghazali & W. Pratama, “Development and feasibility evaluation of Electric Vehicle Learning Kit (EV-KIT) based learning media for vocational high school students,” *VANOS Journal of Mechanical Engineering Education*, vol. 10, no. 2, pp. 272–286, 2025., doi: 10.35468/vanos.v10i2.xxxx.
- [14] R. Shadiev & M. Yang, “Review of studies on technology-enhanced language learning and teaching,” *Sustainability*, vol. 15, no. 4, 2023.,

การอ้างอิงบทความนี้

- APA Promseenong, P., Chimparos, S., & Sema, P., (2026). Development of Car's Electric Air Conditioning System Training Kit. *Journal of Technical and Engineering Education*, 17(2), 1-14 Thaijo. <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2026.08.01>
- MLA Promseenong, Prataeb et al. “Development of Car's Electric Air Conditioning System Training Kit” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 17, no. 2, Aug. 2026, pp. 1-14, <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2026.08.01>. Thaijo.
- ISO690 P. Promseenong, S. Chimparos, & P. Sema, “Development of Car's Electric Air Conditioning System Training Kit” *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 17, no. 2, pp. 1-14, Aug. 2026, doi: <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2026.08.01>