

ต้นแบบเชิงนโยบายการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมฐานสมรรถนะ
เพื่อผลิตกำลังคนคุณภาพสูงรองรับอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ*
A POLICY PROTOTYPE OF COMPETENCY-BASED TRAINING FOR HIGH-SKILLED
WORKFORCE DEVELOPMENT IN NATIONAL TARGET INDUSTRIES

ศิธา ปัญญวัชรวงศ์^{1*}, จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร¹, อภิชาติ เสมศรี², สุรัส ตั้งไพฑูริย์³,
วศิน แผลฤทธิ์⁴, อริยา จิตรกรปัญญา⁵

Sitha Panyavacharawongse^{1*}, Jirasek Trimethasoonthorn¹, Apichit Semsri², Suras Tangphaitoon³,
Wasin Fraerit⁴, Ariya Jittrakonpanya⁵

¹คณะโลจิสติกส์และเทคโนโลยีการบิน มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์บางกอก กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

¹Faculty of Logistics and Aviation Technology, Southeast Bangkok University, Bangkok, Thailand

²คณะเทคโนโลยีดิจิทัลและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเซาท์อีสต์บางกอก กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

²Faculty of Digital Technology and Innovation, Southeast Bangkok University, Bangkok, Thailand

³สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

³Electrical and Electronics Institute, Bangkok, Thailand

⁴บริษัท เวลเนส สมาร์ท เทค จำกัด กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

⁴Wellness Smart Tech Co., Ltd., Bangkok, Thailand

⁵บจก.ซัสเทนเอเบิล อินโนเวทีฟ เทคโนโลยี นนทบุรี ประเทศไทย

⁵Sustainable Innovative Technology Co., Ltd., Nonthaburi, Thailand

*Corresponding author E-mail: chetphanat@gmail.com

*Tel: 097-946-1962

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมระยะสั้น เพื่อเร่งรัดในการผลิตกำลังคนคุณภาพสูงรองรับอุตสาหกรรมเป้าหมายใหม่ ได้แก่ 1) ยานยนต์ไฟฟ้า 2) เซมิคอนดักเตอร์ และ 3) ปัญญาประดิษฐ์ วัตถุประสงค์ของการวิจัย ประกอบด้วย 1) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการสมรรถนะ และช่องว่างทักษะของกำลังคนในอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า เทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ และปัญญาประดิษฐ์ 2) เพื่อพัฒนาและดำเนินการทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมฐานสมรรถนะสำหรับการผลิตกำลังคนคุณภาพสูงรองรับอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ โดยใช้กระบวนการร่วมรังสรรค์ระหว่างสถาบันอุดมศึกษาและภาคอุตสาหกรรม ภายใต้กรอบแนวคิดการวิจัยและพัฒนา และการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการปฏิบัติงานจริง และ 3) เพื่อประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรฝึกอบรมฐานสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น และสังเคราะห์เป็นต้นแบบเชิงนโยบายการพัฒนากำลังคนคุณภาพสูงที่สามารถขยายผลเชิงนโยบายสำหรับอุตสาหกรรม

New S-Curve อย่างยั่งยืน การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ความต้องการ 2) การออกแบบและพัฒนาหลักสูตร และ 3) การทดลองใช้และประเมินผล หลักสูตรฝึกอบรมระยะเวลา 145 ชั่วโมง ทดลองใช้กับผู้เข้าอบรม จำนวน 150 คน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยสมรรถนะเพิ่มขึ้นจาก 61.82 เป็น 84.37 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$, Cohen's $d = 0.88$) แสดงถึงประสิทธิผลของหลักสูตรในระดับสูง ผู้เข้าอบรมสามารถพัฒนาโครงการนวัตกรรมที่แก้ปัญหการผลิตจริง เช่น ระบบตรวจสอบคุณภาพแบตเตอรี่ EV อัตโนมัติ และ AI-based Predictive Maintenance Dashboard ซึ่งถูกนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการประเมินความพึงพอใจต่อสมรรถนะของผู้สำเร็จหลักสูตรในระดับมาก ต้นแบบเชิงนโยบายที่สังเคราะห์ได้ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ โครงสร้างหลักสูตรแบบโมดูล กลไกความร่วมมือมหาวิทยาลัย - อุตสาหกรรม ระบบประเมินสมรรถนะ และกลไกการเทียบโอนหน่วยกิต

คำสำคัญ: ต้นแบบเชิงนโยบาย, ยานยนต์ไฟฟ้า, หลักสูตรฐานสมรรถนะ, การพัฒนาทักษะกำลังคนคุณภาพสูง, การร่วมรังสรรค์

Abstract

This research presents the development of a short-term training curriculum designed to accelerate the production of high-quality human capital to support the country's new target industries, namely Electric Vehicles (EV), Semiconductor Technology, and Artificial Intelligence (AI). The objectives of the study were threefold: 1) Examine and analyze competency requirements and workforce skill gaps in the country's target industries, including the EV, semiconductor, and AI sectors; 2) Develop and implement a competency-based training curriculum to produce high-quality human capital through co-creation process between higher education institutions and industrial partners under the Research and Development (R&D) framework, integrating blended learning with real workplace practice; and 3) Evaluate the effectiveness of the developed competency-based training curriculum and synthesize a policy prototype for sustainable workforce development that can be scaled up to support New S-Curve industries. This study employed a Research and Development (R&D) methodology consisting of three phases: 1) Needs analysis, 2) Curriculum design and development, and 3) Implementation and evaluation. The training curriculum had a total duration of 145 hours and was piloted with 150 participants. The results revealed that the average competency score significantly increased from 61.82 to 84.37 ($p < .05$, Cohen's $d = 0.88$), indicating a high level of curriculum effectiveness. Participants developed innovation projects addressing real industrial production problems, such as an automated EV battery quality inspection system and an AI-based predictive maintenance dashboard, both of which were applied in industrial settings. Employers reported a high level of satisfaction with the competencies of program graduates. The synthesized policy prototype consists of four components: 1) A modular

curriculum structure, 2) A university-industry collaboration mechanism, and 3) A competency assessment system, 4) A credit transfer mechanism to support workforce development in advanced technology industries across multiple national strategic sectors for sustainable, inclusive, and innovation-driven national economic growth and development.

Keywords: Policy Prototype, Electric Vehicle (EV), Competency-Based Curriculum, High-Skilled Workforce Development, Co-Creation

บทนำ

ประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาการขาดแคลนกำลังคนทักษะสูงในอุตสาหกรรมเป้าหมายใหม่ (New S-Curve) โดยเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า (EV) เทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ และปัญญาประดิษฐ์ (AI) แม้ระบบอุดมศึกษาจะผลิตบัณฑิตจำนวนมาก แต่ยังพบช่องว่างด้านสมรรถนะเชิงเทคนิคที่สอดคล้องกับความต้องการจริงของภาคอุตสาหกรรม เช่น การเขียนโปรแกรมควบคุม PLC และระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แรงดันสูงในอุตสาหกรรม EV การวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์และการประมวลผลภาพด้วย AI สำหรับระบบตรวจสอบคุณภาพ และความเข้าใจด้านการออกแบบและทดสอบวงจรรวมในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ช่องว่างดังกล่าวสะท้อนจากผลสำรวจความพึงพอใจของผู้ประกอบการ ที่พบว่า บัณฑิตจบใหม่ในกลุ่มอุตสาหกรรม S-Curve มีสมรรถนะเชิงปฏิบัติไม่ตรงตามความต้องการในระดับที่น่ากังวล โดยเฉพาะทักษะบูรณาการข้ามสาขา และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง (คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ, 2565)

แนวคิดหลักสู่ฐานสมรรถนะและกลไกความร่วมมือระหว่างสถาบันอุดมศึกษาและภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะกระบวนการร่วมรังสรรค์ ได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือเชิงนโยบายที่สามารถลดช่องว่างดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Spady, W. G., 1978); (Ankrah, S. & Al-Tabbaa, O., 2015) อย่างไรก็ตาม โมเดลส่วนใหญ่ มุ่งเน้นการพัฒนาหลักสูตรในระดับสถาบันหรือระดับรายวิชา ยังขาดกรอบเชิงนโยบายที่สามารถขยายผลในระดับระบบ (system-level scaling) งานวิจัยนี้จึงแตกต่างโดยเสนอ “ต้นแบบเชิงนโยบาย” ที่บูรณาการโครงสร้างหลักสูตรแบบโมดูล กลไกความร่วมมือเชิงสถาบัน ระบบประเมินสมรรถนะหลายมิติ และกลไกการเทียบโอน เพื่อสนับสนุนการขยายผลในอุตสาหกรรมอื่นยิ่งไปกว่านั้น เทคโนโลยีทั้ง 3 สาขามีจุดร่วมเชิงระบบ กล่าวคือ ยานยนต์ไฟฟ้าต้องพึ่งพาชิปเซมิคอนดักเตอร์สำหรับระบบควบคุม และใช้ AI ในการประมวลผลข้อมูลและระบบช่วยขับอัตโนมัติ (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2566) ดังนั้น การพัฒนากำลังคนจำเป็นต้องมีกรอบหลักสูตรที่บูรณาการองค์ความรู้ข้ามสาขาอย่างเป็นระบบ ไม่ใช่การพัฒนาแบบแยกส่วน

จากบริบทดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาต้นแบบเชิงนโยบายสำหรับหลักสูตรฝึกอบรมระยะสั้นแบบไม่เน้นปริญญา เพื่อเร่งรัดการยกระดับสมรรถนะเชิงปฏิบัติและลดช่องว่างทักษะเชิงยุทธศาสตร์ของประเทศอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการสมรรถนะและช่องว่างทักษะของกำลังคนในอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ ได้แก่ อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า เทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ และปัญญาประดิษฐ์



2. เพื่อพัฒนาและดำเนินการทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมฐานสมรรถนะสำหรับการผลิตกำลังคนคุณภาพสูงรองรับอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ โดยใช้กระบวนการร่วมรังสรรค์ระหว่างสถาบันอุดมศึกษาและภาคอุตสาหกรรม ภายใต้กรอบแนวคิดการวิจัยและพัฒนา และการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการปฏิบัติงานจริง

3. เพื่อประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรฝึกอบรมฐานสมรรถนะที่พัฒนาขึ้น และสังเคราะห์เป็นต้นแบบเชิงนโยบายการพัฒนาากำลังคนคุณภาพสูงที่สามารถขยายผลเชิงนโยบายสำหรับอุตสาหกรรม New S-Curve อย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (R&D) ประกอบด้วย ขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบและพัฒนาหลักสูตร การทดลองใช้ และการประเมินผลอย่างเป็นระบบ (Creswell, J. W., 2018); (Spady, W. G., 1978) การออกแบบและพัฒนาหลักสูตร (Curriculum Design and Development) การพัฒนาหลักสูตรดำเนินการร่วมกับสมาคมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย (TAPMA) และผู้แทนสถานประกอบการในกลุ่ม EV และอิเล็กทรอนิกส์ขั้นสูง รวม 18 องค์กร กระบวนการร่วมรังสรรค์ดำเนินการผ่านการประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) จำนวน 3 ครั้ง การประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) จำนวน 2 ครั้ง และการตรวจสอบฉันทมติด้วยเทคนิค Delphi แบบ 2 รอบ โดยมีผู้เชี่ยวชาญภาคอุตสาหกรรม 9 คนเข้าร่วม ทั้งนี้ ภาคอุตสาหกรรมมีบทบาทร่วมกำหนดสมรรถนะ ออกแบบโครงการงาน Capstone ร่วมสอนภาคปฏิบัติ และร่วมประเมินผลผู้เข้าอบรม ทำหน้าที่เป็นภาคีหลักในการกำหนดสมรรถนะและตรวจสอบความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน (Ankrah, S. & Al-Tabbaa, O., 2015); (Plewa, C. et al., 2013) กระบวนการพัฒนาหลักสูตรแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น (Needs Analysis) ดำเนินการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานสถานการณ์กำลังคน แนวโน้มตลาดแรงงานในอุตสาหกรรม (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก, 2566); (World Economic Forum, 2023) ควบคู่กับการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญจากภาคอุตสาหกรรม จำนวน 12 คน โดยกำหนดเกณฑ์คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในอุตสาหกรรมไม่น้อยกว่า 5 ปี และดำรงตำแหน่งระดับหัวหน้างานหรือผู้จัดการขึ้นไป ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงธีม (Thematic Analysis) โดยดำเนินการถอดเทปคำสัมภาษณ์ จัดหมวดหมู่รหัส (Coding) ระบุประเด็นหลักและประเด็นย่อยที่สะท้อนช่องว่างสมรรถนะ และตรวจสอบความสอดคล้องของการตีความโดยผู้วิจัยร่วม เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล เพื่อระบุช่องว่างสมรรถนะ (Competency Gap) และกำหนดสมรรถนะเป้าหมายที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานจริง

ระยะที่ 2 การออกแบบโครงสร้างหลักสูตร (Curriculum Design) นำผลการวิเคราะห์มาจัดทำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives) และโครงสร้างหลักสูตรแบบโมดูล (Modular Structure) ออกแบบเป็น 6 โมดูลหลัก ครอบคลุม 12 สมรรถนะหลัก (Core Competencies) แบ่งเป็น 1) สมรรถนะด้านระบบไฟฟ้าแรงดันสูงและการควบคุมมอเตอร์ EV 2) สมรรถนะด้านการวิเคราะห์ข้อมูลและระบบอัตโนมัติ 3) สมรรถนะด้านพื้นฐานเซมิคอนดักเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 4) สมรรถนะด้านการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในสายการผลิต

5) สมรรถนะด้านการบูรณาการระบบ (System Integration) และ 6) สมรรถนะด้านการจัดการโครงการนวัตกรรม โดยกำหนดระดับสมรรถนะเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับพื้นฐาน (Beginner) ระดับปฏิบัติการ (Intermediate) และระดับประยุกต์ขั้นสูง (Advanced) เพื่อสะท้อนความก้าวหน้าทางทักษะตามลำดับขั้นการพัฒนาแต่ละโมดูลกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่วัดได้ (Measurable Learning Outcomes) และเชื่อมโยงกับเกณฑ์การประเมินสมรรถนะเชิงพฤติกรรมอย่างชัดเจน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการปฏิบัติงานจริงในอุตสาหกรรม โดยยึดหลักการออกแบบแบบย้อนกลับ (Backward Design) ที่เน้นผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นตัวตั้ง (Spady, W. G., 1978) พร้อมบูรณาการการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) และการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการปฏิบัติงานจริง (Work-Integrated Learning)

ระยะที่ 3 การพัฒนาสื่อและเครื่องมือประเมิน (Instructional and Assessment Development) พัฒนาคู่มือการฝึกอบรม สื่อการเรียนรู้ออนไลน์ และเกณฑ์การประเมินสมรรถนะ (Rubrics) ให้สอดคล้องกับมาตรฐานอาชีพ โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้ทรงคุณวุฒิ 5 คน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.98 อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 (Lam, K. W. et al., 2018) ข้อคำถามทุกข้อผ่านเกณฑ์ความตรงเชิงเนื้อหา โดยไม่มีข้อใดต่ำกว่าเกณฑ์ 0.80 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามหลักการพัฒนาเครื่องมือวิจัย และสะท้อนความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดอย่างเหมาะสม ซึ่งแสดงถึงความตรงเชิงเนื้อหาที่ดีของเครื่องมือดังกล่าว

การประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรใช้รูปแบบ One-group pretest-posttest โดยเก็บข้อมูลก่อนอบรม (Pre-test) หลังอบรม (Post-test) และประเมินสมรรถนะระหว่างฝึกปฏิบัติด้วย Rubrics รวมถึงประเมินความพึงพอใจของสถานประกอบการหลังจบหลักสูตร ทั้งนี้ การทดลองใช้ดำเนินการภายใต้การจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานและการปฏิบัติงานจริง (WIL) ตลอดระยะเวลา 145 ชั่วโมง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Population and Sample)

ประชากรของการวิจัย ได้แก่ บุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ขั้นสูง และวิศวกรจบใหม่ในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ที่ปฏิบัติงานหรือมีแนวโน้มเข้าสู่สายงานด้านเทคโนโลยีขั้นสูง กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 150 คน ได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกอย่างเป็นรูปธรรมเพื่อลดความลำเอียงจากการสมัครใจเข้าร่วม (Self-selection Bias) ดังนี้ โดยเกณฑ์คัดเลือกเข้า (Inclusion Criteria) ประกอบด้วย 1) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีด้านวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ หรือสาขาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง 2) มีประสบการณ์ทำงานในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 1 ปี หรือเป็นบัณฑิตจบใหม่ไม่เกิน 2 ปีที่มีพื้นฐานด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ หรือการเขียนโปรแกรม 3) ผ่านการทดสอบพื้นฐานทางเทคนิคก่อนเข้าอบรม (Pre-screening Test) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และ 4) สามารถเข้าร่วมการฝึกอบรมได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของระยะเวลาเรียนทั้งหมด ส่วนเกณฑ์คัดออก (Exclusion Criteria) ประกอบด้วย 1) ไม่มีพื้นฐานด้านวิศวกรรมหรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง 2) ไม่ผ่านการทดสอบพื้นฐานตามเกณฑ์ที่กำหนด และ 3) ไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมการฝึกอบรมครบตามเกณฑ์ที่กำหนด แม้ว่าผู้เข้าร่วมจะสมัครใจเข้าร่วมโครงการ แต่การกำหนดเกณฑ์คัดเลือกดังกล่าวช่วยให้กลุ่มตัวอย่างมีคุณลักษณะสอดคล้องกับบริบทอุตสาหกรรมเป้าหมาย และสามารถสะท้อนภาพของกำลังคนในกลุ่มเทคโนโลยีขั้นสูงได้อย่างเหมาะสม

หลักสูตรฝึกอบรมมีระยะเวลา 145 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 1) ภาคทฤษฎี 40 ชั่วโมง 2) ภาคปฏิบัติและการฝึกในสถานประกอบการ (WIL) 75 ชั่วโมง และ 3) โครงการนวัตกรรม (Capstone Project) 30 ชั่วโมง

เครื่องมือวิจัย (Research Instruments)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Pre-test/Post-test) เป็นแบบปรนัย 50 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.87 2) แบบประเมินสมรรถนะทักษะปฏิบัติ ใช้เกณฑ์ Rubrics 4 ระดับ ตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) เท่ากับ 0.91 และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของภาคอุตสาหกรรม เป็นแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ มีค่า Cronbach's alpha เท่ากับ 0.93 ดังนั้น การใช้สถิติ KR-20 และ Cronbach's alpha (Foster, R. C., 2021) ในการประเมินความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัยช่วยให้มั่นใจได้ว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องภายในและสามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง โดยค่าความเชื่อมั่นที่ได้ในแต่ละเครื่องมือดังกล่าวอยู่ในระดับที่ดีและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในงานวิจัยต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการหลังจากการทดลองใช้หลักสูตร โดยเก็บข้อมูลก่อนและหลังการฝึกอบรม เก็บข้อมูลการประเมินสมรรถนะระหว่างการฝึกปฏิบัติ และเก็บข้อมูลความพึงพอใจจากผู้แทนสถานประกอบการ ภายหลังผู้เข้ารับการอบรมสำเร็จหลักสูตร

ข้อมูลเชิงปริมาณวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และสถิติเชิงอนุมานโดยใช้การทดสอบค่าที่แบบกลุ่มสัมพันธ์ (Dependent Samples t-test) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการฝึกอบรม สำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะปลายเปิด ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยจัดหมวดหมู่ข้อมูล สังเคราะห์ประเด็นสำคัญ และตีความความหมายอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ มีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Trustworthiness) ด้วยการให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 2 คน ตรวจสอบความสอดคล้องของการจัดหมวดหมู่ (Inter-rater Reliability) และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความถูกต้องและลดอคติในการตีความข้อมูล

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนา ทดลองใช้ และประเมินประสิทธิผลของหลักสูตรฝึกอบรมระยะสั้นฐานสมรรถนะ ซึ่งดำเนินการตามกรอบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) สามารถสรุปผลการศึกษาได้เป็น 5 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) ผลการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการยกระดับสมรรถนะ 3) ผลลัพธ์ด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรมต้นแบบ 4) ความพึงพอใจของภาคอุตสาหกรรมต่อสมรรถนะของผู้สำเร็จหลักสูตร และ 5) ผลการสังเคราะห์ต้นแบบเชิงนโยบาย มีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น ได้จากการวิเคราะห์รายงานตลาดแรงงานและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 12 คน พบช่องว่างสมรรถนะสำคัญ 4 ด้าน ได้แก่ 1) การบูรณาการข้ามสาขา 2) การแก้ปัญหาในบริบทสายการผลิตจริง 3) การวิเคราะห์ข้อมูลอุตสาหกรรม และ 4) การประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติ และ AI สะท้อนภาวะ Skill Mismatch ระหว่างระบบการศึกษาและความต้องการภาคอุตสาหกรรม

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการยกระดับสมรรถนะ (Learning Achievement and Competency Enhancement) การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 150 คน ดำเนินการโดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนการฝึกอบรม (Pre-test) และหลังการฝึกอบรม (Post-test) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการประเมินผลในระยยะทดลองใช้หลักสูตร ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มสัมพันธ์ (Paired Samples t-test) พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังการฝึกอบรมสูงกว่าก่อนการฝึกอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของหลักสูตรในการยกระดับองค์ความรู้และสมรรถนะของผู้เข้ารับการอบรม

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการฝึกอบรม (n = 150)

| การทดสอบ | คะแนนเต็ม | μ | σ | t | p-value |
|-----------------------|-----------|-------|----------|--------|---------|
| ก่อนเรียน (Pre-test) | 100 | 55.20 | 8.50 | 12.35* | < .001 |
| หลังเรียน (Post-test) | 100 | 82.75 | 7.10 | | |

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินประสิทธิผลของหลักสูตร พบว่า ผู้เข้ารับการอบรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยหลังอบรม ($\mu = 82.75$, $\sigma = 7.10$) สูงกว่าก่อนอบรม ($\mu = 55.20$, $\sigma = 8.50$) เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาจากผู้เข้าอบรมทั้งหมด จำนวน 150 คน ซึ่งถือเป็นประชากรของโครงการ จึงใช้สัญลักษณ์ μ และ σ ในการรายงานค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มสัมพันธ์ (Dependent Samples t-test) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($t = 12.35$, $p \leq .001$) เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพล (Effect Size) โดยคำนวณค่า Cohen's d พบว่า มีค่าเท่ากับ 1.82 ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงมาก สะท้อนว่าหลักสูตรมีพลังในการยกระดับสมรรถนะของผู้เข้าอบรมอย่างชัดเจน มิได้เป็นเพียงความแตกต่างทางสถิติที่เกิดจากขนาดกลุ่มตัวอย่าง ($n = 150$) เท่านั้น แต่เป็นผลกระทบที่มีนัยสำคัญในเชิงปฏิบัติ (Practical Significance) และมีความคุ้มค่าในเชิงการลงทุนด้านนโยบายกำลังคน นอกจากนี้ผู้เข้าอบรมสามารถพัฒนาโครงการนวัตกรรม รวม 15 โครงการ โดยมี 3 โครงการที่ได้รับการประเมินว่ามีศักยภาพสูง และสามารถประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในสายการผลิตจริงได้ ขณะเดียวกัน ภาค อุตสาหกรรมมีความพึงพอใจต่อสมรรถนะของผู้สำเร็จหลักสูตรในระดับมากที่สุด ($\mu = 4.75$, $\sigma = 0.25$) ผลลัพธ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพดังกล่าวสะท้อนว่าหลักสูตรมีประสิทธิผลทั้งในด้านการยกระดับความรู้ ทักษะ และการประยุกต์ใช้จริงในอุตสาหกรรม จึงสามารถสังเคราะห์เป็น “ต้นแบบเชิงนโยบาย” ที่มีศักยภาพในการขยายผล (Scale-up Model) เพื่อผลิตกำลังคนคุณภาพสูงรองรับอุตสาหกรรม New S-Curve ได้อย่างยั่งยืน

3. ผลลัพธ์ด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรมต้นแบบ ในระยะทดลองใช้หลักสูตร ผู้เข้ารับการอบรมได้เข้าร่วมการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการปฏิบัติงานจริง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานฐานอุตสาหกรรมเป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาสมรรถนะ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญของการจัดการศึกษาฐานสมรรถนะ ผลการดำเนินงานพบว่า ผู้เข้าร่วมการอบรมสามารถพัฒนาโครงการนวัตกรรมได้ จำนวนทั้งสิ้น 15 โครงการ โดยเป็นโครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหาจริงในบริบทของภาคการผลิตและอุตสาหกรรมเป้าหมาย จากการประเมินผลงานโดยคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม พบว่า มีจำนวน 3 โครงการที่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นนวัตกรรม

ต้นแบบที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากมีความโดดเด่นในด้านความคิดสร้างสรรค์ ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้เชิงเทคนิค และผลกระทบเชิงการดำเนินงานต่อกระบวนการผลิตจริง ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การเชื่อมโยงโจทย์โครงการกับปัญหาจริงในโรงงานตั้งแต่สัปดาห์แรกของการอบรม เป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ และลดช่องว่างระหว่าง “Prototype ในเชิงวิชาการ” ร่วมกับ “Solution ในเชิงอุตสาหกรรม” และการที่สามารถสร้างนวัตกรรมด้าน AI และ Predictive Analytics ภายใน 145 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Blended Learning) ร่วมกับการให้ Feedback อย่างต่อเนื่องจากวิศวกรภาคสนาม มีบทบาทสำคัญมากกว่า การบรรยายเชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 2 นวัตกรรมต้นแบบที่ได้รับการคัดเลือกจากโครงการฐานอุตสาหกรรม

| ลำดับ | นวัตกรรมต้นแบบ | ปัญหาอุตสาหกรรม | เทคโนโลยีหลัก | ผลกระทบเชิงการดำเนินงาน |
|-------|---|---|-----------------------------------|--|
| 1 | ระบบตรวจสอบคุณภาพ แบตเตอรี่ EV อัตโนมัติ | การตรวจสอบด้วยสายตา ใช้เวลานานและเกิด Human Error | Deep Learning, Computer Vision | ลด Cycle Time จาก 3.5 นาที/ชิ้น เหลือ 2.1 นาที/ชิ้น (ลดลง 40%) และเพิ่มความแม่นยำในการ ตรวจจับข้อบกพร่องจาก 85% เป็น 96% |
| 2 | แพลตฟอร์มบำรุงรักษา ระบบ EV เชิงพยากรณ์ | การหยุดสายการผลิตจาก Breakdown Maintenance | IIoT, Predictive Analytics | ลด Unplanned Downtime ลง 32% และเพิ่มค่า Overall Equipment Effectiveness (OEE) จาก 68% เป็น 79 |
| 3 | หุ่นยนต์ช่วยประกอบชิ้นส่วน ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ | งานประกอบต้องใช้ ความละเอียดสูง | Cobot, Machine Vision | เพิ่ม Throughput ต่อชั่วโมง 28% และลดอัตราความเสียหาย ของชิ้นงานจาก 4.5% เหลือ 1.8% |

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสามารถของผู้เข้ารับการอบรมในการบูรณาการองค์ความรู้และทักษะไปสู่การแก้ปัญหาในบริบทการทำงานจริง ซึ่งเป็นผลลัพธ์สำคัญของการจัดการเรียนรู้ในระยะพัฒนาทดลองตามกรอบการวิจัยและพัฒนา

4. ความพึงพอใจของภาคอุตสาหกรรม (Industrial Satisfaction) การประเมินความพึงพอใจของภาคอุตสาหกรรมต่อสมรรถนะของผู้สำเร็จหลักสูตร เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลในระบอบสุดท้ายของการวิจัยและพัฒนา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินมาตรฐานค่า 5 ระดับ พบว่า ภาคอุตสาหกรรมมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.25 สะท้อนว่าหลักสูตรสามารถผลิตกำลังคนที่มีสมรรถนะตรงตามความต้องการของสถานประกอบการได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหารและวิศวกรอาวุโส ยังพบความเห็นสอดคล้องกันว่า ผู้สำเร็จหลักสูตรมีความพร้อมในการทำงานจริง และสามารถนำความรู้ด้าน EV และ AI ไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว

5. ผลการสังเคราะห์ต้นแบบเชิงนโยบาย จากผลการวิเคราะห์และการทดลองใช้ สามารถสังเคราะห์ต้นแบบเชิงนโยบายได้ 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) โครงสร้างหลักสูตรแบบโมดูลที่ยืดหยุ่น 2) กลไก Co-creation เชิงสถาบัน 3) ระบบประเมินสมรรถนะหลายมิติ และ 4) กลไกขยายผลระดับระบบ เป็นต้นแบบดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ซ้ำในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูงอื่นได้

อภิปรายผล

จากการวิจัยสามารถอภิปรายผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า “ช่องว่างสมรรถนะ” ในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า เซมิคอนดักเตอร์ และปัญญาประดิษฐ์ มิได้เกิดจากการขาดแคลนบุคลากรเชิงปริมาณเท่านั้น แต่เกิดจากความไม่สอดคล้องระหว่างทักษะที่ระบบการศึกษาผลิตกับสมรรถนะที่อุตสาหกรรมต้องการจริง โดยเฉพาะความสามารถด้านระบบควบคุมไฟฟ้าแรงดันสูง การวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์อุตสาหกรรม และการประยุกต์ใช้ AI ในสายการผลิต โดยรายงานของ World Economic Forum ได้รายงานไว้ว่า ทักษะดิจิทัลขั้นสูงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในเศรษฐกิจฐานเทคโนโลยีสมัยใหม่ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนากำลังคนที่มีสมรรถนะด้านเทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อรองรับอุตสาหกรรมแห่งอนาคต (World Economic Forum, 2023) จากบริบทดังกล่าว การพัฒนาและทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมฐานสมรรถนะผ่านกระบวนการร่วมสร้างสรรค์ระหว่างสถาบันอุดมศึกษาและภาคอุตสาหกรรม ภายใต้กรอบแนวคิดการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) และการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการปฏิบัติงานจริง (Work-Integrated Learning: WIL) จึงเป็นแนวทางสำคัญในการยกระดับทักษะกำลังคนให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรม เป้าหมาย Spady, W. G. ได้เสนอแนวคิดการออกแบบหลักสูตรแบบ Backward Design โดยเน้นการกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้เป็นจุดตั้งต้นของการออกแบบหลักสูตร และเชื่อมโยงกิจกรรมการเรียนรู้กับการประเมินผลอย่างเป็นระบบ ซึ่งช่วยให้การพัฒนาหลักสูตรมีความสอดคล้องกับสมรรถนะที่ต้องการในทางปฏิบัติ (Spady, W. G., 1978)

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบ Work-Integrated Learning (WIL) ทำให้ผู้เรียนได้เผชิญสถานการณ์จริงในสายการผลิต ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) มากกว่าการเรียนรู้เชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ผลลัพธ์ดังกล่าว โดย Ankrach, S. & Al-Tabbaa, O. ได้ชี้ให้เห็นว่าความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยกับภาคอุตสาหกรรมมีบทบาทสำคัญในการยกระดับคุณภาพผลลัพธ์การเรียนรู้เชิงปฏิบัติของผู้เรียน โดยช่วยให้กระบวนการเรียนรู้เชื่อมโยงกับบริบทการทำงานจริงและความต้องการของภาคอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น (Ankrach, S. & Al-Tabbaa, O., 2015) จากแนวคิดดังกล่าว การกำหนดเกณฑ์การประเมินผลลัพธ์ด้านนวัตกรรมในงานวิจัยนี้จึงกำหนดเกณฑ์ความสำเร็จไว้ล่วงหน้าว่า อย่างน้อยร้อยละ 60 ของผู้เข้าอบรมต้องสามารถพัฒนาโครงการที่ผ่านเกณฑ์สมรรถนะในระดับ Intermediate ขึ้นไป และอย่างน้อยร้อยละ 10 ต้องสามารถพัฒนาโครงการที่มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้จริงในภาคอุตสาหกรรมในลักษณะ Industry-Ready Prototype ผลการวิจัยพบว่า มีผู้เข้าอบรมร้อยละ 72 ที่สามารถพัฒนาโครงการผ่านเกณฑ์ระดับ Intermediate และร้อยละ 15 ที่สามารถพัฒนานวัตกรรมต้นแบบที่มีศักยภาพเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผู้เข้ารับการอบรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังอบรมสูงกว่าก่อนอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนเฉลี่ยหลังอบรม ($\mu = 82.75, \sigma = 7.10$) สูงกว่าก่อนอบรม ($\mu = 55.20, \sigma = 8.50$) และผลการทดสอบ t-test แบบกลุ่มสัมพันธ์พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($t = 12.35, p < .001$)

สะท้อนว่าหลักสูตรมีประสิทธิผลต่อการยกระดับความรู้/ทักษะอย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ การที่ผู้เรียนสามารถพัฒนาโครงการนวัตกรรม จำนวน 15 โครงการ และมี 3 โครงการที่สร้างผลกระทบเชิงปริมาณในสายการผลิต สะท้อนประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบ Project-based Learning ร่วมกับ Co-design และ Co-assessment ที่ตอบโจทย์ปัญหาจริงในภาคการผลิตได้ พร้อมทั้งภาคอุตสาหกรรมมีความพึงพอใจต่อสมรรถนะของผู้สำเร็จหลักสูตรในระดับมากที่สุด ($\mu = 4.75$, $\sigma = 0.25$) จึงสามารถสังเคราะห์เป็น “ต้นแบบเชิงนโยบาย” ที่มีศักยภาพในการขยายผล (Scale Up) เพื่อผลิตกำลังคนคุณภาพสูงรองรับอุตสาหกรรม New S-Curve ได้อย่างยั่งยืน

อีกทั้ง ในเชิงมหภาค ต้นแบบนี้สะท้อนให้เห็นว่า การสนับสนุนงบประมาณด้านกำลังคนควรปรับจากระบบ Input-based Funding ไปสู่ Outcome-based Funding ที่ผูกกับผลลัพธ์เชิงสมรรถนะและผลกระทบต่อประสิทธิภาพอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น การจัดสรรงบประมาณอาจเชื่อมโยงกับตัวชี้วัดเชิงผลลัพธ์ ได้แก่ 1) อัตราการเพิ่ม Productivity 2) การลด Unplanned Downtime และ 3) จำนวนโครงการที่ถูกนำไปใช้จริงในสายการผลิตโดยต้นแบบดังกล่าวยังสะท้อนความจำเป็นในการปรับกฎระเบียบด้านการเทียบโอนหน่วยกิตและการรับรองสมรรถนะ (Micro-credential Recognition) โดยเฉพาะการกำหนดกรอบมาตรฐานระดับชาติสำหรับ Non-degree Competency Certification เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถยอมรับสมรรถนะได้โดยไม่ต้องอิงวุฒิการศึกษาแบบดั้งเดิม

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยยืนยันว่าการพัฒนาหลักสูตรฐานสมรรถนะผ่านกระบวนการร่วมรังสรรค์สามารถลดช่องว่างสมรรถนะที่ระบุจากการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น และยกระดับความพร้อมเชิงปฏิบัติของผู้เข้าอบรมได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยการสังเคราะห์ผลการวิจัยนำไปสู่กรอบต้นแบบ ที่ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ โครงสร้างหลักสูตรแบบโมดูลที่ยืดหยุ่น กลไกความร่วมมือเชิงสถาบัน ระบบประเมินสมรรถนะหลายมิติ และกลไกขยายผลระดับระบบ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูงอื่น ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ได้แก่ 1) ควรจัดทำกรอบสมรรถนะร่วมระหว่างสถาบันการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นมาตรฐานกลางในการออกแบบหลักสูตรแบบโมดูล การประเมินสมรรถนะ และการรับรองผลลัพธ์ผู้เรียนให้สามารถเทียบเคียงได้ พร้อมทั้งเพิ่มความเข้มข้นของการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสานร่วมกับการปฏิบัติงานจริง โดยเสริมระบบพี่เลี้ยงจากภาคอุตสาหกรรมและกำหนดโจทย์งานจริงอย่างชัดเจน รวมถึงพัฒนาระบบประเมินสมรรถนะหลายมิติที่ผสมผสานการวัดความรู้ การประเมินการปฏิบัติ และการยืนยันผลจากสถานประกอบการ 2) ควรกำหนดให้กระบวนการร่วมรังสรรค์ระหว่างสถาบันการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมเป็นกลไกหลักของการพัฒนาหลักสูตรระยะสั้นแบบไม่เน้นปริญญา พร้อมสนับสนุนระบบการรับรองผลลัพธ์การเรียนรู้ในรูปแบบหน่วยย่อยและการเทียบโอน เพื่อสร้างแรงจูงใจในการพัฒนาทักษะของแรงงานอย่างต่อเนื่อง และควรจัดตั้งระบบติดตามผลลัพธ์หลังการฝึกอบรมในระดับนโยบายเพื่อใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์สำหรับการขยายผลและการตัดสินใจเชิงยุทธศาสตร์ และ 3) การวิจัยในอนาคตควรออกแบบการศึกษาที่มีกลุ่มเปรียบเทียบหรือใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลองเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา รวมถึงติดตามผลในระยะยาวเพื่อประเมินความคงอยู่ของสมรรถนะ และขยายการศึกษาไปสู่อุตสาหกรรมเป้าหมายอื่นในกลุ่ม New S-Curve เพื่อค้นหาปัจจัยความสำเร็จเชิงระบบในการขยายผลในระดับประเทศอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ. (2565). แนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ของประเทศตามนโยบาย 30@30. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก. (2566). รายงานสถานการณ์กำลังคนและแนวโน้มความต้องการแรงงานในอุตสาหกรรมเป้าหมาย เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC). ชลบุรี: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก.
- สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2566). นโยบายและยุทธศาสตร์ด้านการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2566-2570. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ.
- Ankrah, S. & Al-Tabbaa, O. (2015). Universities-industry collaboration: A systematic review. *Scandinavian Journal of Management*, 31(3), 387-408.
- Creswell, J. W. (2018). *RESEARCH DESIGN: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. (5th ed.). Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Foster, R. C. (2021). KR20 and KR21 for Some Nondichotomous Data (It's Not Just Cronbach's Alpha). *National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information*, 81(6), 1172-1202.
- Lam, K. W. et al. (2018). Evaluating the Face and Content Validity of an Instructional Technology Competency Instrument for University Lecturers in Malaysia. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ACADEMIC RESEARCH IN BUSINESS AND SOCIAL SCIENCES*, 8(5), 367-385.
- Plewa, C. et al. (2013). The evolution of university-ndustry linkages-A framework. *Journal of Engineering and Technology Management*, 30(1), 21-44.
- Spady, W. G. (1978). The Concept and Implications of Competency-Based Education. Retrieved February 7, 2026, from https://files.ascd.org/staticfiles/ascd/pdf/journals/ed_lead/el_197810_spady.pdf
- World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. Retrieved February 7, 2026, from <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023/>