การพัฒนาหลักสูตรสำหรับช่างอากาศยานเพื่อยกระดับมาตรฐานการซ่อมบำรุงในประเทศไทย

Development of a Curriculum for Aircraft Mechanics to Improve Maintenance Standards in Thailand

ปภาพร มนตรีเจริญ[1]* ญาณวุฒิ คัมภีรภาพ[1] วรฑา กุลเกียรติประวัติ[1] และณัฐกร ไตรรัตนวนานนท์[1]

Papaporn Montreecharoen[1]*, Yanawoot Khampeerapap[1], Vorrata Kulkeitpravat[1] and Nuttakorn Trirattanawananon[1]

[1]สาขาวิชาวิทยาการการบิน วิชาโทการบำรุงรักษาอากาศยาน สถาบันการบินพลเรือน

[1]Department of Aviation Science, Minor in Aircraft Maintenance, Civil Aviation Training Center

*Corresponding author: papaporn@catc.or.th

Received: July 11, 2023

Revised: December 17, 2025

Accepted: December 23, 2025

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการพัฒนาช่างอากาศยาน (2) วิเคราะห์ช่องว่างระหว่างสมรรถนะของช่างอากาศยานในปัจจุบันกับมาตรฐาน TCAR และ (3) พัฒนาหลักสูตรสำหรับช่างอากาศยาน การวิจัยใช้ระเบียบวิธีแบบผสมผสาน โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบด้วยผู้บริหารสายการบิน ช่างอากาศยาน ผู้ปฏิบัติงานด้านซ่อมบำรุง และผู้เชี่ยวชาญด้านการบิน รวมทั้งสิ้น 280 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์เชิงลึก การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า แม้การฝึกอบรมในปัจจุบันจะสอดคล้องกับมาตรฐาน TCAR ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.01 จาก 5) แต่ยังมีช่องว่างในด้านความรู้เทคนิคสมัยใหม่ ทักษะการใช้เทคโนโลยี และการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานสากล (ค่าเฉลี่ย 3.23 จาก 5) ผลการพัฒนาหลักสูตร โดยใช้โมเดล ADDIE และการประเมินตามแนวคิดของ Kirkpatrick พบว่า หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นสามารถยกระดับสมรรถนะด้านความรู้ (จากค่าเฉลี่ย 3.15 เป็น 4.35) ทักษะ (จากค่าเฉลี่ย 3.00 เป็น 4.45) และเจตคติ (จากค่าเฉลี่ย 3.40 เป็น 4.60) ของช่างอากาศยานได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.05$) สรุปการวิจัยนี้เสนอให้บูรณาการเทคโนโลยีการฝึกอบรมสมัยใหม่ เช่น VR/AR พัฒนาระบบประเมินสมรรถนะ และสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับสถาบันฝึกอบรม เพื่อยกระดับบุคลากรด้านการบินของไทยให้ทัดเทียมมาตรฐานสากลอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: หลักสูตรฝึกอบรม ช่างอากาศยาน มาตรฐาน TCAR การพัฒนาสมรรถนะ การบำรุงรักษาอากาศยาน

Abstract

This research aimed to: (1) investigate the current conditions and development needs of aircraft technicians; (2) analyze competency gaps between existing technician capabilities and the Thailand Civil Aviation Regulations: TCAR standards; and (3) develop a training curriculum aligned with international standards. A mixed-methods research design was employed. The sample comprised 280 participants, including airline executives, aircraft technicians, maintenance personnel, and aviation experts. Research instruments included structured questionnaires and in-depth interviews. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, while qualitative data were examined through content analysis. The findings indicated that, although existing training programs complied with TCAR standards, they lacked sufficient coverage of modern technical knowledge, advanced tool-handling competencies, and international aviation safety standards. The developed training curriculum, designed based on the ADDIE instructional model and evaluated using Kirkpatrick's four-level evaluation framework, significantly enhanced participants' competencies. Mean scores increased from 3.15 to 4.35 in knowledge, from 3.00 to 4.45 in skills, and from 3.40 to 4.60 in attitudes. In conclusion, the study recommends integrating advanced training technologies, strengthening competency-based assessment systems, and fostering collaboration with leading international aviation training institutions. These measures are essential for sustainably enhancing the quality of Thailand's aviation workforce and ensuring alignment with global aviation standards.

Keywords: training curriculum, aircraft technician, TCAR Standards, competency development, aircraft maintenance

บทนำ

แนวโน้มการพัฒนาอุตสาหกรรมการบินของประเทศไทยในยุคปัจจุบันได้กลายเป็นกลไกหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของชาติ ทั้งในมิติของการขนส่ง การเชื่อมโยงระหว่างประเทศ และการสร้างงานในภาคส่วนต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมนี้จำเป็นต้องอาศัยระบบซ่อมบำรุงอากาศยานที่มีมาตรฐานและบุคลากรที่มีสมรรถนะสูง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการรองรับข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและประสิทธิภาพของงานซ่อมบำรุงในระดับสากล (International Civil Aviation Organization (ICAO), 2020) เพื่อยกระดับมาตรฐานดังกล่าว องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศจึงได้เสนอแนวทางการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ผ่านหลักสูตรแบบมุ่งสมรรถนะ (CBTA) โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถในการปฏิบัติงานจริง ทั้งด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่เหมาะสม ซึ่งประเทศไทย โดยเฉพาะสถาบันการบินพลเรือน (สบพ.) ได้นำแนวคิดนี้มาใช้ในการปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานให้สอดคล้องกับข้อกำหนดตาม TCAR Part-66 (Civil Aviation Training Center, 2022)

ในด้านการศึกษาในประเทศไทย พบว่า หลักสูตรฝึกอบรมเดิม มีลักษณะเป็นหลักสูตรแบบเดิม (traditional training) ที่เน้นการถ่ายทอดความรู้เชิงทฤษฎี (theory-based) เป็นหลักและการประเมินผลมักวัดจากความจำมากกว่าความสามารถในการปฏิบัติงานจริง แนวทางการจัดการฝึกอบรมยังขาดการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ไม่สามารถกำหนดเป้าหมายการพัฒนาได้อย่างชัดเจน Gunes et al. (2026) พบว่าหลักสูตรยังไม่ตอบโจทย์สถานประกอบการเนื่องจากเนื้อหาไม่ทันสมัยและไม่มีการประเมินผลตามสถานการณ์จริง ซึ่งสอดคล้องกับ Gibbs et al. (2017) ที่ชี้ว่า CBTA ที่ออกแบบดีและสอดคล้องกับงานจริงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการ

ปฏิบัติงานของบุคลากรและความพึงพอใจของผู้รับบริการได้อย่างมีนัยสำคัญ ปัญหาหลักของหลักสูตรเดิม ประกอบด้วย (1) เนื้อหาล้าสมัย ไม่ครอบคลุมเทคโนโลยีการบินยุคใหม่ เช่น ระบบอัตโนมัติและการวิเคราะห์ข้อมูลเซ็นเซอร์ (2) ขาดการฝึกปฏิบัติกับสถานการณ์จำลองที่ใกล้เคียงความเป็นจริง และ (3) ไม่ได้บูรณาการทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อย่างเต็มที่ เช่น ทักษะดิจิทัล ทักษะการสื่อสาร และทักษะภาษาอังกฤษสำหรับการทำงานในบริบทสากล นอกจากนี้ ยังย้ำถึงแนวโน้มของการออกแบบหลักสูตรในยุคใหม่ที่มุ่งผลลัพธ์ของผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและเชื่อมโยงกับการประเมินแบบสมรรถนะ

จากงานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้อง Numpa and Siraphatthada (2021) ได้พัฒนาแบบจำลองสมรรถนะของนักบินซึ่งเชื่อมโยงองค์ประกอบของประสบการณ์และนวัตกรรมกับประสิทธิผลในการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ในการออกแบบหลักสูตรช่างอากาศยาน Mesomkorn et al. (2023) เน้นการพัฒนาภาวะผู้นำของช่างอากาศยานในบริบทดิจิทัล เพื่อเตรียมความพร้อมสู่บทบาทหัวหน้างาน ขณะที่ Kungwola et al. (2025) พบว่า สมรรถนะ ความผูกพันกับองค์กร และความพึงพอใจในงานมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของบุคลากรบริการภาคพื้น ซึ่งข้อค้นพบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาหลักสูตรควรบูรณาการทั้งสมรรถนะทางเทคนิค ทักษะอาชีพ และทักษะดิจิทัลอย่างครบถ้วน

กล่าวโดยสรุปการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานตามแนวคิด CBTA ที่เชื่อมโยงกับมาตรฐาน TCAR Part-66 และบริบทสมัยใหม่ ถือเป็นภารกิจสำคัญและมีความจำเป็นเร่งด่วน เนื่องจากช่องว่างของสมรรถนะที่เกิดขึ้นส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยและขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมการบินไทย การใช้เอกสาร PANS-TRG ของ ICAO (2020) เป็นแนวทางการออกแบบหลักสูตรจะช่วยให้การฝึกอบรมมีความชัดเจนด้านภารกิจ ทักษะการตัดสินใจ และทัศนคติที่ส่งเสริมความปลอดภัย ลดช่องว่างระหว่างสมรรถนะที่คาดหวังกับสมรรถนะจริง และเพิ่มประสิทธิภาพของหลักสูตรอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการของบริษัทสายการบินในเรื่องการพัฒนาช่างอากาศยาน
2. เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างคุณสมบัติของช่างอากาศยานในปัจจุบันกับมาตรฐาน TCAR
3. เพื่อการพัฒนาหลักสูตรสำหรับช่างอากาศยานเพื่อยกระดับมาตรฐานการซ่อมบำรุงในประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) แบบผสมผสาน (mixed methods) โดยมีขั้นตอนหลัก 3 ระยะ ได้แก่ (1) การศึกษาความต้องการของสายการบินและหน่วยงานซ่อมบำรุงอากาศยาน (2) การวิเคราะห์ช่องว่างสมรรถนะของช่างอากาศยานกับมาตรฐาน TCAR-66 และ (3) การออกแบบและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมตามแนวคิด Competency-Based Training and Assessment: CBTA ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้หลักสูตรที่มีคุณภาพและตอบสนองต่อความต้องการของอุตสาหกรรมการบินไทยอย่างแท้จริง

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) โดยใช้แนวทางแบบผสมผสาน (mixed methods) ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้หลักสูตรฝึกอบรมที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมการบินไทยอย่างแท้จริง การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ มาตรฐานสากล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะเอกสารขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ที่กำหนดแนวทางการฝึกอบรมตามสมรรถนะ (Competency-Based Training and Assessment: CBTA) และมาตรฐาน TCAR Part-66 ของสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (CAAT) ซึ่งเป็นกรอบหลักในการรับรองคุณสมบัติของช่างอากาศยาน นอกจากนี้ยังศึกษาทฤษฎีและแนวคิดทางการพัฒนาหลักสูตร (curriculum development theory) รวมถึงโมเดลการออกแบบการเรียนรู้ เช่น โมเดล ADDIE (analysis design development implementation evaluation) และแนวทางการพัฒนาสมรรถนะบุคลากร (competency framework) เพื่อนำมาใช้เป็นพื้นฐานทางทฤษฎีในการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมที่ตอบสนองต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมการบินในยุคดิจิทัล

จากการศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยได้เห็นภาพรวมของแนวทางการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมในระดับสากลและระดับประเทศ โดยเฉพาะกรอบแนวคิดของ ICAO (2020) และ CAAT (2022) ที่เน้นให้การฝึกอบรมบุคลากรด้านการบินมุ่งสู่การสร้าง “สมรรถนะ” (competency) มากกว่าการถ่ายทอดความรู้เชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียว แนวทางนี้สอดคล้องกับหลักการของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และเจตคติอย่างสอดคล้องกับสถานการณ์จริงในงานอาชีพการบิน ดังนั้น การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานจึงควรอยู่บนพื้นฐานของมาตรฐานสากล เช่น CBTA Framework ของ ICAO และข้อกำหนดเฉพาะของ TCAR Part-66 ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการรับรองวิชาชีพช่างอากาศยานในประเทศไทย เพื่อให้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องทั้งในด้านเนื้อหาสมรรถนะ และระบบการประเมินผล

แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยาน

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมสำหรับช่างอากาศยานจำเป็นต้องมีพื้นฐานจากมาตรฐานสากลและข้อกำหนดท้องถิ่นอย่าง TCAR Part-66 ของสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย ซึ่งกำหนดคุณสมบัติด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่ชัดเจน โดยเฉพาะในประเด็นความปลอดภัยในการบิน (Civil Aviation Authority of Thailand, 2022) แนวทางการพัฒนาหลักสูตรไม่ควรจำกัดอยู่เพียงการถ่ายทอดเนื้อหาเท่านั้น แต่ต้องมุ่งสร้างสมรรถนะที่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริง ตามแนวทางการฝึกอบรมตามสมรรถนะ (Competency-Based Training and Assessment: CBTA) ที่องค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศแนะนำไว้ (ICAO, 2020) และมีการนำมาใช้ในประเทศไทยผ่านสถาบันการบินพลเรือน

ทฤษฎีและแนวทางการฝึกอบรมตามสมรรถนะ

งานวิจัยของ Ziakkas et al. (2023) ชี้ให้เห็นประสิทธิภาพของ Competency-Based Training and Assessment: CBTA ในการยกระดับการฝึกอบรมด้านการบิน โดยเน้นการบูรณาการสมรรถนะหลักกับทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gibbs et al. (2017) ที่พบว่า CBTA สามารถเพิ่มประสิทธิภาพพนักงานต้อนรับบนเครื่องบินและส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้โดยสารได้อย่างมีนัยสำคัญ ในทำนองเดียวกัน Çinar and Tuncal (2024) ศึกษาพบว่าการฝึกอบรมที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การประเมินผลในระบบการฝึกอบรมตามสมรรถนะ

สำหรับการประเมินผล CBTA นั้น Kesedžić et al. (2020) เสนอให้ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การสแกนสมอง เพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานในสถานการณ์จริง ซึ่งอาจประยุกต์ใช้กับช่างอากาศยานโดยเฉพาะในสถานการณ์ฉุกเฉิน ในประเทศไทย ศูนย์ฝึกอบรมการบินพลเรือน CATC Thailand (2024) เน้นความสำคัญของการกำหนดสมรรถนะที่ชัดเจน ทั้งด้านเทคนิค การคิดเชิงระบบ และทัศนคติในการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่เสนอให้ฝึกอบรมโดยอิงกับภารกิจจริงในภาคสนาม

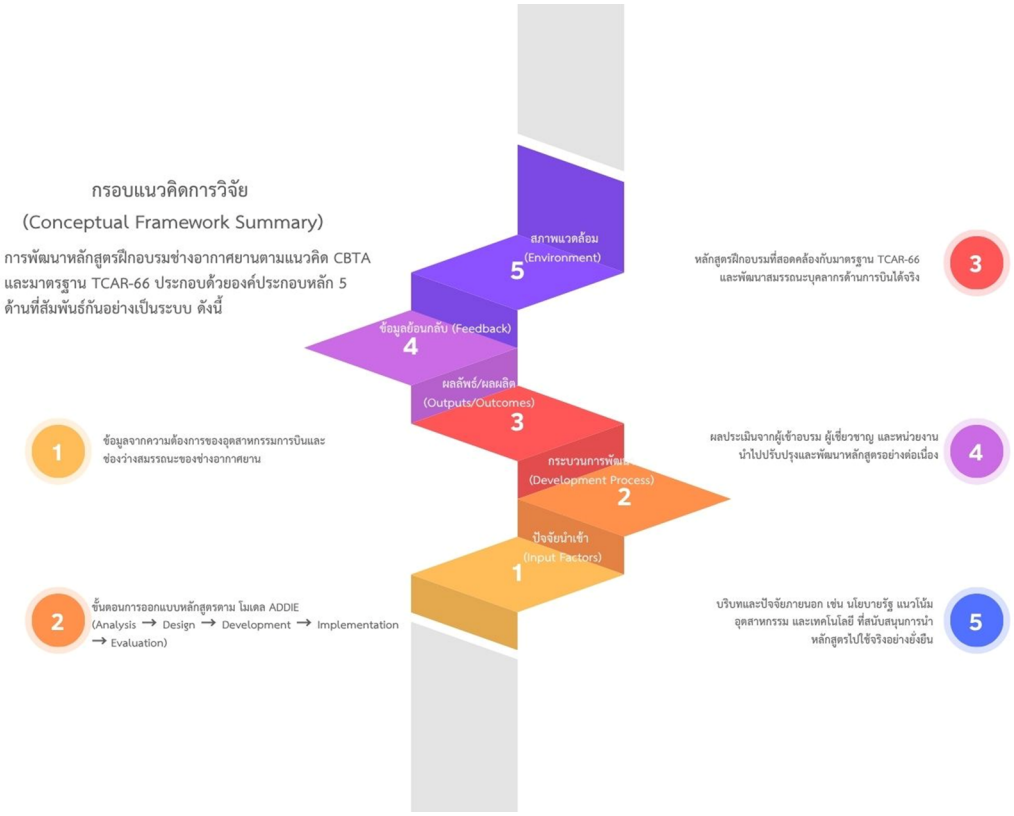
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านการบิน

งานของ Mesomkorn et al. (2023) เน้นการพัฒนาศักยภาพของช่างอากาศยานสู่การเป็นหัวหน้างานในยุคดิจิทัล ผ่านการบูรณาการเทคโนโลยีและการบริหารจัดการ ขณะที่ Gunes et al. (2025); Chaihawong et al. (2023) ที่เน้นว่าการฝึกอบรมตามสมรรถนะควรบูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่และการประเมินผลในสถานการณ์จำลอง เพื่อพัฒนาความสามารถเชิงปฏิบัติอย่างแท้จริง ส่วน Gunes et al. (2026) ยืนยันถึงความสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรให้สอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการ เพื่อยกระดับคุณภาพการผลิตบุคลากรด้านการบิน

สรุปแนวทางและองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยาน

จากหลักฐานเชิงประจักษ์ดังกล่าว สรุปได้ว่าการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานที่มีประสิทธิภาพต้องมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ความต้องการจากภาคสนามอย่างเป็นระบบ (2) การออกแบบเนื้อหาที่สอดคล้องกับสมรรถนะจำเป็นทั้งด้านเทคนิคและไม่ใช่เทคนิค และ (3) ระบบประเมินผลที่เชื่อมโยงกับผลการปฏิบัติงานจริง แนวทางนี้จะช่วยยกระดับความปลอดภัยและขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมการบินไทยอย่างยั่งยืน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยนี้พัฒนาขึ้นเพื่อออกแบบหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานตามมาตรฐาน TCAR โดยใช้โมเดล ADDIE ผสานปัจจัยนำเข้า เช่น ปัญหาช่องว่างสมรรถนะ และสภาพแวดล้อม พร้อมการประเมินผลและข้อมูลย้อนกลับ เพื่อยกระดับบุคลากรและอุตสาหกรรมการบินไทยอย่างยั่งยืน

2. กำหนดขอบเขตและวางแผนการดำเนินงาน

หลังจากการศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กำหนด ขอบเขตของการวิจัย ให้ครอบคลุมทั้งภาครัฐและเอกชนในอุตสาหกรรมการบิน รวมถึงสถาบันการศึกษาด้านการบินที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งเน้นการพัฒนาใน 3 มิติ ได้แก่ (1) สมรรถนะด้านเทคนิค (technical competency) (2) สมรรถนะด้านอาชีพ (professional competency) และ (3) สมรรถนะด้านดิจิทัล (digital competency) พร้อมทั้งจัดทำแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนจากทุกภาคส่วนของอุตสาหกรรมการบิน นอกจากนี้ ได้จัดทำแผนปฏิบัติการวิจัย (research action plan) ระบุระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการขออนุญาตใช้เครื่องมือวิจัยอย่างเป็นทางการ เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปตามมาตรฐานจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

3. ออกแบบเครื่องมือและเตรียมการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือวิจัยให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ได้แก่

• แบบสอบถาม (questionnaire) เพื่อสำรวจสภาพปัญหาและความต้องการจำเป็น (needs assessment) ในการพัฒนาช่างอากาศยาน เครื่องมือผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ระหว่าง 0.80-1.00 และมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.89 (Cohen et al., 2018) ซึ่งอยู่ในระดับสูงตามเกณฑ์ของงานวิจัยเชิงการศึกษา

• แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) สำหรับเก็บข้อมูลเชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญด้านการบิน ผู้บริหารสายการบิน และผู้ฝึกอบรม แบบสัมภาษณ์ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องของการให้ข้อมูล (kappa) เท่ากับ 0.82 (Landis & Koch, 1977) ซึ่งอยู่ในระดับสูง

• ตารางเทียบสมรรถนะ (competency mapping table) เพื่อเปรียบเทียบช่องว่างระหว่างสมรรถนะปัจจุบันของบุคลากรกับมาตรฐาน TCAR Part-66 เครื่องมือนี้มีค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) เท่ากับ 0.93 (Lynn, 1986)

เครื่องมือทั้งหมดผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และมีค่าความเชื่อมั่น (reliability) ที่อยู่ในระดับสูงตามเกณฑ์ของงานวิจัยเชิงการศึกษา

4. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลดำเนินการในลักษณะ แบบผสมผสาน (concurrent mixed design) โดยใช้ทั้งแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึกควบคู่กัน เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงกว้างและเชิงลึกที่สอดคล้องกัน

• ข้อมูลเชิงปริมาณ: แจกแบบสอบถามให้กับบุคลากรในสายการบิน ช่างอากาศยาน ศูนย์ซ่อมบำรุงอากาศยาน และสถาบันการฝึกอบรมที่เกี่ยวข้อง รวมจำนวน 280 ชุด

• ข้อมูลเชิงคุณภาพ: ดำเนินการสัมภาษณ์ผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญด้านการฝึกอบรม 15 ราย เพื่อรับฟังความคิดเห็นเกี่ยวกับสมรรถนะที่จำเป็นและทิศทางการพัฒนาหลักสูตรในอนาคต

การเก็บข้อมูลภาคสนามใช้เวลารวมประมาณ 3 เดือน โดยผู้วิจัยจัดเก็บข้อมูลตามมาตรฐานการรักษาความลับและความถูกต้องของข้อมูล

5. วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพดังนี้

• เชิงปริมาณ: ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และร้อยละ (percentage) รวมทั้งใช้สถิติอ้างอิง เช่น t-test และ ANOVA เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

• เชิงคุณภาพ: ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) เพื่อหาประเด็นสำคัญและแนวโน้มของข้อมูล จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยเทคนิคการตรวจสอบแบบสามเส้า (data triangulation) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ทั้งสองส่วนถูกนำมาสังเคราะห์ร่วมกัน เพื่อสร้าง “โปรไฟล์สมรรถนะเป้าหมายของช่างอากาศยาน” (target competency profile) ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม

6. ออกแบบและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมต้นแบบ

ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์ความต้องการและช่องว่างสมรรถนะมาพัฒนาเป็นหลักสูตรต้นแบบ โดยใช้กระบวนการตาม โมเดล ADDIE ซึ่งประกอบด้วย

1) Analysis (การวิเคราะห์ความต้องการ)

2) Design (การออกแบบหลักสูตรและกิจกรรมการเรียนรู้)

3) Development (การจัดทำสื่อและเครื่องมือการฝึกอบรม)

4) Implementation (การนำไปทดลองใช้) และ

5) Evaluation (การประเมินผลและปรับปรุง)

เนื้อหาหลักสูตรมุ่งเน้นการฝึกอบรมแบบบูรณาการระหว่างทฤษฎีและปฏิบัติ (blended learning) โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลอง (simulation-based learning) เพื่อเสริมสร้างทักษะที่ใช้จริงในงานซ่อมบำรุงอากาศยาน

7. ประเมินและปรับปรุงหลักสูตร

หลังจากพัฒนาหลักสูตรต้นแบบแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ทดลองใช้ (pilot test) กับกลุ่มช่างอากาศยานจำนวน 30 คน จากสายการบินตัวแทน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรในด้าน

• ความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรม

• ความเข้าใจของผู้เรียน

• การเปลี่ยนแปลงด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ

ผลการประเมินใช้ทั้งแบบสอบถามความพึงพอใจและการทดสอบก่อน–หลังอบรม (pre–post test) พร้อมวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพตามสมการ (1) เพื่อคำนวณร้อยละของการพัฒนา (effectiveness index) จากนั้นผู้วิจัยนำผลการประเมินมาปรับปรุงเนื้อหาหลักสูตรให้สมบูรณ์ก่อนนำเสนอใช้จริงกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมายประกอบด้วยบุคลากรในอุตสาหกรรมการบินและการซ่อมบำรุงอากาศยานทั้งภาครัฐ เอกชน และการศึกษา การคัดเลือกใช้วิธี การเลือกแบบมีจุดมุ่งหมาย (purposive sampling) และ การสุ่มแบบลูกโซ่ (snowball sampling) ตามแนวทางของ Patton (2015)

กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. ผู้บริหารและผู้จัดการสายการบิน 10 คน (นโยบายและกลยุทธ์)

2. ช่างอากาศยานและผู้ปฏิบัติงานด้านซ่อมบำรุง 230 คน (ปัญหาและความต้องการจริง)

3. ผู้เชี่ยวชาญและนักวิเคราะห์ด้านการบิน 40 คน (ข้อมูลเชิงเทคนิคและแนวโน้มอุตสาหกรรม)

ข้อมูลช่องว่างสมรรถนะได้มาจากการวิเคราะห์แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง 280 คน การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้บริหาร 15 คน และการทำ Competency Mapping เทียบกับมาตรฐาน TCAR-66 อย่างเป็นระบบ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม สำหรับสำรวจความต้องการและสภาพปัญหาในการพัฒนาช่างอากาศยาน ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ และมีค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.89 (Cohen et al., 2018)

แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เพื่อเก็บข้อมูลเชิงลึกจากผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าความสอดคล้องของการให้ข้อมูล (kappa) เท่ากับ 0.82 (Landis & Koch, 1977)

ตารางเปรียบเทียบสมรรถนะกับมาตรฐาน TCAR-66 เพื่อวิเคราะห์ช่องว่างสมรรถนะ มีค่า CVI เท่ากับ 0.93 (Lynn, 1986)

แบบประเมินความเหมาะสมของหลักสูตร จากการประชุมเชิงปฏิบัติการ มีค่า agreement เท่ากับ 0.87 (Fleiss, 1981)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติอ้างอิง (t-test, ANOVA) เพื่อทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

ข้อมูลเชิงคุณภาพ วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) โดยใช้โปรแกรม NVivo และตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า (triangulation) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลวิจัย

สมการที่ใช้ในการคำนวณผลสัมฤทธิ์ของการอบรม

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหลักสูตร (effectiveness index) ใช้สมการที่ (1)

$$E = \frac{Xpost - Xpre}{Xpre} \times 100 \qquad (1)$$

โดยที่

E = ค่าร้อยละของการพัฒนาผลสัมฤทธิ์

X_{post} = ค่าเฉลี่ยหลังการอบรม

X_{pre} = ค่าเฉลี่ยก่อนการอบรม

หน่วยทั้งหมดเป็นร้อยละ (%)

การนำเสนอผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์จะนำเสนอในรูปแบบตารางและกราฟเปรียบเทียบ โดยระบุค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลการทดสอบสมมติฐาน พร้อมอภิปรายผลเชิงลึกตามกรอบแนวคิดการวิจัย เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐาน TCAR-66 และผลการพัฒนาสมรรถนะของช่างอากาศยาน

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานของบริษัทสายการบินในประเทศไทย

จากตาราง 1 สรุปผลการศึกษาสภาพปัจจุบันและความต้องการพัฒนาช่างอากาศยานตามมาตรฐาน TCAR ผลการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการพัฒนาช่างอากาศยานของบริษัทสายการบินไทยพบว่า แม้ปัจจุบันมีการจัดฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องและได้รับการประเมินอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย 4.01 จาก 5) แต่ยังคงมีช่องว่างสำคัญด้านสมรรถนะเมื่อเทียบกับมาตรฐานสากล โดยเฉพาะในประเด็นความสอดคล้องกับมาตรฐานระหว่างประเทศที่อยู่ในระดับปานกลางเพียง 3.23 จาก 5 เท่านั้น สถานการณ์นี้สะท้อนถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมให้ทันสมัยและครอบคลุมทักษะเฉพาะทางมากขึ้น การวิเคราะห์เชิงลึกพบว่า ปัญหาหลักประกอบด้วยสามด้านสำคัญ ได้แก่ การขาดทักษะเฉพาะทาง (45%) ความรู้ทางเทคนิคที่ล้าสมัย (30%) และหลักสูตรฝึกอบรมที่ไม่ครอบคลุมความต้องการทั้งหมด (25%) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของบริษัทสายการบินที่ต้องการพัฒนาหลักสูตรใหม่ตามมาตรฐาน TCAR ในระดับสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.37) โดยเน้นการเสริมสร้างทักษะปฏิบัติและการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายควรดำเนินการในสามระดับ ได้แก่ ระดับเร่งด่วนที่ต้องปรับปรุงหลักสูตรพื้นฐานภายใน 1 ปี ระดับกลางที่ต้องพัฒนาทักษะเฉพาะทางใน 2-3 ปี และระดับยาวที่ต้องยกระดับสู่มาตรฐานสากลใน 3-5 ปี ทั้งนี้ความสำเร็จของการพัฒนาขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญสี่ประการ ได้แก่ ความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง การจัดสรรงบประมาณที่เพียงพอ การมีส่วนร่วมของบุคลากร และระบบติดตามประเมินผลที่มีประสิทธิภาพ การพัฒนาช่างอากาศยานให้ได้มาตรฐานสากลจำเป็นต้องอาศัยแนวทางบูรณาการที่ผสมผสานระหว่างการปรับปรุงเนื้อหาหลักสูตร การนำเทคโนโลยีการฝึกอบรมสมัยใหม่มาใช้ เช่น VR/AR และการสร้างระบบประเมินสมรรถนะตามมาตรฐาน ICAO ซึ่งจะช่วยยกระดับคุณภาพการซ่อมบำรุงอากาศยานและเพิ่มความปลอดภัยในการบินของประเทศไทยในระยะยาว

2. ผลการศึกษาการวิเคราะห์ช่องว่างระหว่างคุณสมบัติของช่างอากาศยานในประเทศไทยกับมาตรฐาน TCAR: Thailand Civil Aviation Regulations

จากตาราง 2 แสดงการวิเคราะห์ช่องว่างสมรรถนะช่างอากาศยานตามมาตรฐาน TCAR พบว่า ยังมีข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างสภาพความสามารถปัจจุบันกับมาตรฐานที่ต้องการในหลายด้าน ด้านความรู้พื้นฐานด้านการบิน ช่างอากาศยานยังขาดความเข้าใจเชิงลึกในหลักการบินขั้นสูง โดยเฉพาะฟิสิกส์การบินและการวิเคราะห์ข้อมูลการบิน ซึ่งจำเป็นต่อการทำงานกับระบบการบินสมัยใหม่ที่ซับซ้อน ข้อมูลช่องว่างนี้ได้มาจากการวิเคราะห์แบบสอบถาม 280 คน ซึ่งให้คะแนนตนเองด้านความรู้ขั้นสูงเฉลี่ยเพียง 2.89/5 การพัฒนาควรมุ่งเน้นการจัดหลักสูตรอบรมที่ทันสมัยและมีการปรับปรุงเนื้อหาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป สำหรับทักษะการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ นั้น ปัจจุบันช่างอากาศยานยังขาดความชำนาญในการใช้ระบบการบินอัตโนมัติและการวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในอุตสาหกรรมการบินยุคดิจิทัล จากการสัมภาษณ์ผู้บริหาร 15 ท่าน ยืนยันว่าช่างยังไม่คุ้นเคยกับเครื่องมือไดแอกโนสติกส์ดิจิทัล ข้อเสนอแนะคือ ควรจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงและการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนทักษะเหล่านี้ในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยก่อนนำไปปฏิบัติงานจริง ในด้านการปฏิบัติตามข้อกำหนดความปลอดภัย พบว่าช่างอากาศยานยังมีข้อจำกัดในการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉินและการประเมินความเสี่ยง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความปลอดภัยในการบิน การทำ Competency Mapping เทียบกับ TCAR Part-66 ชี้ให้เห็นว่าหลักสูตรเดิมไม่ครอบคลุมโปรโตคอลฉุกเฉินบางสถานการณ์ การแก้ไขปัญหานี้จำเป็นต้องจัดโปรแกรมฝึกอบรมเฉพาะทางที่เน้นการสร้างความเข้าใจในมาตรฐานความปลอดภัยสากล พร้อมทั้งฝึกทักษะการตัดสินใจภายใต้ความกดดัน นอกจากนี้ ยังพบประเด็นสำคัญด้านทัศนคติและจรรยาบรรณวิชาชีพที่ต้องได้รับการพัฒนา โดยเฉพาะการสร้างทัศนคติเชิงรุกและการตระหนักถึงความสำคัญของจรรยาบรรณ รวมถึงทักษะภาษาอังกฤษสำหรับการอ่านคู่มือซ่อมบำรุงสากล ซึ่งสามารถทำได้ผ่านการอบรมเชิงจิตวิทยาและการเรียนรู้จากกรณีศึกษา โดยสรุป การลดช่องว่างสมรรถนะช่างอากาศยานตามมาตรฐาน TCAR จำเป็นต้องอาศัยแนวทางพัฒนาที่ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และทัศนคติ พร้อมทั้งปรับกระบวนการฝึกอบรมให้ทันสมัยและสอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมการบินที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ตาราง 1

ผลการศึกษาสภาพ ปัญหา และความต้องการพัฒนาช่างอากาศยานของบริษัทสายการบินไทย

หัวข้อ	สรุปผลการวิเคราะห์	ข้อเสนอแนะหลัก
สภาพปัจจุบัน	การฝึกอบรมปัจจุบันมีคุณภาพระดับดี สอดคล้องกับ TCAR ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.01) แต่ยังไม่ถึงมาตรฐานสากล (ค่าเฉลี่ย 3.23) เนื่องจากหลักสูตรล้าสมัย ยังเน้นทฤษฎีแบบเดิม ขาดเนื้อหาเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูลเซ็นเซอร์ (IoT) และการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉินตามมาตรฐานสากล	ปรับปรุงหลักสูตรให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลมากขึ้น
ปัญหาที่พบ	ขาดทักษะเฉพาะทาง ความรู้ล้าสมัย และเนื้อหาหลักสูตรไม่ครอบคลุม	พัฒนาทักษะเฉพาะ อัปเดตเนื้อหาเทคนิคอย่างต่อเนื่อง เพิ่ม วิชาใหม่ เช่น ระบบอัตโนมัติทางการบิน (Aircraft Automation), การวิเคราะห์ข้อมูลเซ็นเซอร์ (Sensor Data Analysis), การตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉิน (Emergency Response)
ความต้องการพัฒนา	มีความต้องการหลักสูตรใหม่ที่ตอบโจทย์ TCAR และการพัฒนาทักษะใหม่	ออกแบบหลักสูตรใหม่และจัดอบรมเสริมด้านเฉพาะทาง
แนวทางการพัฒนา	ปรับหลักสูตรตามมาตรฐานสากล เพิ่มทักษะ ใช้เทคโนโลยี และประเมินผลต่อเนื่อง	จัดทำแผนพัฒนาร่วมกับ ICAO และศูนย์ฝึก VR/AR
ผลลัพธ์ที่คาดหวัง	ช่างมีสมรรถนะตามมาตรฐาน เพิ่มประสิทธิภาพซ่อมบำรุง และยกระดับความปลอดภัยการบิน	มีตัวชี้วัดผลสำเร็จและระบบติดตามผลชัดเจน
ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	บริษัทสายการบิน หน่วยงานรัฐ สถาบันฝึกอบรม และช่างอากาศยาน	สร้างความร่วมมือและทำ MOU ร่วมพัฒนาบุคลากร
กรอบเวลาดำเนินการ	1 ปีแรกปรับหลักสูตรพื้นฐาน 2–3 ปีพัฒนาทักษะเฉพาะ 3–5 ปียกระดับสู่สากล	จัดทำแผนปฏิบัติการรายปี พร้อมทบทวนทุก 6 เดือน
ปัจจัยความสำเร็จ	ความร่วมมือทุกฝ่าย งบประมาณเพียงพอ การมีส่วนร่วมของบุคลากร ระบบติดตามประสิทธิภาพ	สร้างระบบติดตามแบบ Real-time และคณะกรรมการกำกับ

3. ผลการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมช่างอากาศยานให้สอดคล้องกับมาตรฐาน TCAR และมาตรฐานสากล

จากตาราง 3-4 แสดงผลการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานเพื่อยกระดับมาตรฐานการซ่อมบำรุง พบว่า โครงสร้างหลักสูตรประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ ระบบโครงสร้างและมาตรฐานอากาศยาน ทักษะเทคนิคการซ่อมบำรุง และการสื่อสารและความปลอดภัย รวมเวลา 24 ชั่วโมง โดยเน้นการบูรณาการความรู้กับการปฏิบัติจริง โดยได้เพิ่มเนื้อหาใหม่ตามผลการวิเคราะห์ช่องว่าง ได้แก่ ระบบอัตโนมัติและข้อมูลเซ็นเซอร์ ในหน่วยที่ 2 และการสื่อสารภาษาอังกฤษเทคนิคและการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉิน ในหน่วยที่ 3 ผลการประเมินก่อนและหลังอบรมโดยใช้แบบประเมินตามกรอบ TCAR Part-66 พบว่า สมรรถนะในด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะด้านทักษะและเจตคติที่มีพัฒนาการชัดเจน ($p<.05$) แสดงถึงผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตรในการเสริมสร้างความพร้อมของผู้เข้าอบรมในเชิงปฏิบัติและทัศนคติด้านความปลอดภัย นอกจากนี้ การสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนยังสะท้อนว่า ผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก โดยเฉพาะในด้านวิธีการเรียนรู้และความครอบคลุมของเนื้อหาหลักสูตร แสดงให้เห็นว่าหลักสูตรนี้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมและผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีศักยภาพในการนำไปใช้ต่อยอดเพื่อพัฒนาและอบรมซ้ำในวงกว้างได้ต่อไป

ตาราง 2

การวิเคราะห์ช่องว่างสมรรถนะช่างอากาศยานตามมาตรฐาน TCAR

สมรรถนะหลัก	ช่องว่างที่พบ	ข้อเสนอแนะในการพัฒนา
ความรู้พื้นฐานด้านการบิน	ขาดความรู้ด้านการบินขั้นสูง	จัดอบรมเนื้อหาการบินขั้นสูงและเทคโนโลยีใหม่
ทักษะการใช้เทคโนโลยีใหม่	ขาดทักษะระบบอัตโนมัติและการวิเคราะห์เซ็นเซอร์	ฝึกอบรมด้วยเทคโนโลยี VR และการจำลองสถานการณ์
การปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัย	ขาดความรู้ด้านการจัดการฉุกเฉินและการประเมินความเสี่ยง	จัดฝึกอบรมความปลอดภัยและสถานการณ์จำลองฉุกเฉิน
ทัศนคติและจรรยาบรรณในการทำงาน	ขาดความตระหนักเชิงจรรยาบรรณและทัศนคติเชิงรุก	อบรมด้านจิตวิทยาและส่งเสริมจรรยาบรรณผ่านกิจกรรมเชิงปฏิบัติ

ตาราง 3

โครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานเพื่อยกระดับมาตรฐานการซ่อมบำรุง

หน่วยการเรียนรู้	สาระสำคัญ	วิธีการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1. ระบบโครงสร้างและมาตรฐานอากาศยาน	TCAR Part-66 คู่มือซ่อม การตรวจสอบความปลอดภัย	บรรยาย+วิเคราะห์เอกสาร	6
2. ทักษะเทคนิคการซ่อมบำรุง	การใช้เครื่องมือ การอ่านแบบแปลน การวิเคราะห์ปัญหา ระบบอัตโนมัติและข้อมูลเซ็นเซอร์	ฝึกปฏิบัติในเวิร์กชอป และการใช้ Simulation	12
3. การสื่อสารและความปลอดภัย	การทำงานเป็นทีม เจตคติด้านความปลอดภัย การประเมินความเสี่ยง การสื่อสารภาษาอังกฤษเทคนิค และการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉิน	การจำลองสถานการณ์ + อภิปรายกลุ่ม	6
รวมเวลาอบรมทั้งหมด			**24**

ตาราง 4

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถนะก่อนและหลังอบรม

ด้านสมรรถนะ	ค่าเฉลี่ยก่อนอบรม	ค่าเฉลี่ยหลังอบรม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	p
ความรู้	3.15	4.35	0.68	9.21	.000*
ทักษะ	3.00	4.45	0.72	10.87	.000*
เจตคติ	3.40	4.60	0.64	8.93	.000*

*หมายเหตุ: p<.05 หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

1. ผลการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานในประเทศไทย พบว่า แม้ปัจจุบันมีการจัดฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับมาตรฐาน TCAR ในระดับดี แต่ยังคงมีช่องว่างด้านความสอดคล้องกับมาตรฐานสากลที่อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการปรับปรุงหลักสูตรให้เทียบเท่ามาตรฐานสากล โดยเฉพาะการพัฒนาทักษะด้านระบบอัตโนมัติและการวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ผลการศึกษาโดยเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า สถานการณ์นี้เป็นความท้าทายร่วมกันของหลายประเทศในภูมิภาค นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phadetsuk et al. (2023) และ Katepan et al. (2024) ที่ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาหลักสูตรที่ผสมผสานระหว่างความรู้พื้นฐานตามมาตรฐาน TCAR และทักษะสมัยใหม่ตามความต้องการของอุตสาหกรรม โดยเฉพาะทักษะดิจิทัลที่กำลังเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรมการบินอย่างรวดเร็ว การศึกษานี้ยืนยันด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์จากกลุ่มตัวอย่าง 280 คน และผู้บริหาร 15 ท่าน ว่า การฝึกอบรมแบบอิงสมรรถนะ (CBTA) เป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาทักษะช่างอากาศยานในยุคปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vaskova Kjulavkovska (2022), Kumar Yadav (2010) และ Federal Aviation Administration (2018) ที่พบว่า การฝึกอบรมผ่านการจำลองสถานการณ์จริงและการใช้เครื่องมือเสมือนจริงช่วยลดช่องว่างระหว่างทฤษฎีกับการปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะเชิงปฏิบัติได้รวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การนำแนวทางนี้มาใช้ในประเทศไทยจำเป็นต้องมีการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานและพัฒนาครูฝึกให้มีความเชี่ยวชาญในเทคโนโลยีใหม่ ๆ นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Knez et al. (2022) ที่เน้นย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนากรอบหลักสูตรที่ยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนเนื้อหาได้ตามการพัฒนาของเทคโนโลยี โดยยังคงรักษาแก่นหลักตามข้อกำหนดมาตรฐาน การศึกษานี้เสนอแนะให้มีการทบทวนและปรับปรุงหลักสูตรอย่างน้อยทุก 2-3 ปี พร้อมทั้งพัฒนาระบบติดตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการบิน เพื่อให้การฝึกอบรมทันสมัยและสอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง

2. การศึกษาการวิเคราะห์ช่องว่างสมรรถนะช่างอากาศยานไทย พบปัญหาสำคัญสามด้าน ได้แก่ ความรู้พื้นฐานและทักษะเฉพาะทาง การปฏิบัติตามมาตรฐาน TCAR และการพัฒนาทักษะเพิ่มเติม ผลการศึกษาโดยเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ว่า ช่างอากาศยานยังขาดความเข้าใจเชิงลึกในระบบการบินอัตโนมัติและเครื่องมือตรวจสอบสมัยใหม่ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานตามมาตรฐานสากล นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chontawan et al. (2026) ที่ระบุถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการปรับปรุงกระบวนการฝึกอบรม โดยเน้นการเสริมสร้างทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งกำลังเปลี่ยนแปลงอุตสาหกรรมการบินอย่างรวดเร็ว การวิเคราะห์ช่องว่างสมรรถนะด้วยการ Mapping กับ TCAR Part-66 และข้อมูลจากแบบสอบถามชี้ชัดว่า ช่องว่างด้านความรู้ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการปฏิบัติตามข้อกำหนด TCAR โดยเฉพาะในขั้นตอนซ่อมบำรุงที่ต้องใช้เทคโนโลยีซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chavan et al. (2025) ที่เสนอให้ใช้การฝึกอบรมแบบอิงสมรรถนะเป็นแนวทางแก้ไข เนื่องจากวิธีนี้เน้นการพัฒนาความสามารถเชิงปฏิบัติมากกว่าการเรียนทฤษฎีแบบเดิม ช่วยให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสอดคล้องกับความต้องการพัฒนาทักษะเพิ่มเติมด้านการปรับตัวต่อเทคโนโลยีใหม่และการเรียนรู้ตลอดชีวิต นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gramopadhye et al. (2025) ที่สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนและปัญญาประดิษฐ์ในการฝึกอบรม เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัยและประหยัด ผลการศึกษายังพบความจำเป็นในการปรับสมดุลระหว่างมาตรฐาน TCAR กับมาตรฐานสากล โดย Chavan et al. (2025) เสนอให้พัฒนากรอบหลักสูตรที่ยืดหยุ่น สามารถปรับเนื้อหาให้ทันเทคโนโลยีขณะยังคงความสอดคล้องกับข้อกำหนดหลัก การศึกษานี้ได้นำแนวทางดังกล่าวมาประยุกต์ใช้โดยเพิ่มหน่วยการเรียนเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติและสถานการณ์ฉุกเฉินในหลักสูตรใหม่ และเน้นย้ำถึงความสำคัญของการประเมินผลแบบใหม่ที่วัดสมรรถนะจริงมากกว่าความรู้เชิงทฤษฎี และความจำเป็นในการสร้างความร่วมมือระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อพัฒนาหลักสูตรร่วมกันที่ตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมและแนวโน้มเทคโนโลยีในอนาคต

3. การศึกษาการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานที่สอดคล้องกับมาตรฐาน TCAR และมาตรฐานสากล พบว่า จำเป็นต้องมีองค์ประกอบหลัก 5 ประการ ได้แก่ การจัดการทรัพยากรบุคคล การออกแบบเนื้อหาที่สมดุล การพัฒนาทักษะเฉพาะทาง การใช้เครื่องมือฝึกอบรมสมัยใหม่ และการปฏิบัติตามข้อบังคับ ผลการศึกษาโดยเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นว่า กระบวนการพัฒนาหลักสูตรต้องมีความยืดหยุ่นเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว (Maimun et al., 2022) นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gunes et al. (2022) และ Albelo et al. (2024) ที่เน้นความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีการฝึกอบรมสมัยใหม่ เช่น การจำลองสถานการณ์และเทคโนโลยีเสมือนจริง ซึ่งช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงพัฒนาทักษะเทคนิค แต่ยังเสริมสร้างความสามารถในการตัดสินใจภายใต้ความกดดัน ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญของช่างอากาศยาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gunes et al. (2025) และ Chaihawong et al. (2026) ที่พบว่า การฝึกอบรมด้วยวิธีการดังกล่าวช่วยเพิ่มอัตราการรักษาไว้ซึ่งความรู้และทักษะได้มากกว่าวิธีการแบบเดิมถึง 40% และเน้นย้ำถึงประสิทธิภาพของการประเมินแบบอิงสมรรถนะที่สามารถวัดความสามารถในการปฏิบัติงานจริงได้อย่างครอบคลุม ผลการทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน และการวิเคราะห์สถิติ paired t-test ที่มีนัยสำคัญ ($p<.05$) ในตารางที่ 4 สนับสนุนข้อค้นพบนี้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gunes et al. (2022) และ Phadetsuk et al. (2023) ที่ระบุแนวโน้มสำคัญ 3 ประการของการพัฒนาหลักสูตรสมัยใหม่ ได้แก่ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล การออกแบบหลักสูตรแบบปรับตัวได้ และการเปลี่ยนผ่านสู่การประเมินสมรรถนะ ซึ่งสะท้อนความพยายามของอุตสาหกรรมการบินทั่วโลกในการยกระดับมาตรฐานการฝึกอบรม หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ได้นำเอาแนวโน้มเหล่านี้มาบูรณาการอย่างครบถ้วน

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานที่พัฒนาตามแนวคิด Competency-Based Training and Assessment: CBTA และมาตรฐาน TCAR-66 สามารถยกระดับสมรรถนะของผู้เข้าอบรมได้อย่างมีนัยสำคัญทั้งด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ โดยเฉพาะทักษะเชิงปฏิบัติและความตระหนักด้านความปลอดภัย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการฝึกอบรมในปัจจุบันของสายการบินไทยมีคุณภาพในระดับดี แต่ยังมีช่องว่างเมื่อเทียบกับมาตรฐานสากล โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยีและทักษะเฉพาะทาง การพัฒนาหลักสูตรต้นแบบที่บูรณาการโมเดล ADDIE เข้ากับแนวทาง CBTA จึงช่วยให้การเรียนรู้มีความเป็นระบบ เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง และตอบสนองต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมการบินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ คือ ควรนำหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นซึ่งเป็นหลักสูตรต้นแบบใหม่และยังไม่เคยเปิดสอนมาก่อน ไปทดลองใช้ในบริบทของหน่วยงานสายการบินหรือศูนย์ซ่อมบำรุงที่แตกต่างกัน เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับลักษณะงานจริง และส่งเสริมให้สถาบันการศึกษาด้านการบินนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการเรียนการสอน นอกจากนี้ควรมีการติดตามผลในระยะยาวเพื่อประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรต่อพฤติกรรมและผลการปฏิบัติงานของผู้เรียน รวมถึงศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และเปรียบเทียบรูปแบบการฝึกอบรมระหว่างระบบจริงกับเทคโนโลยีเสมือน (VR/AR) ซึ่งยังเป็นข้อจำกัดของการวิจัยครั้งนี้ ในเชิงนโยบาย ควรส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือระหว่าง CAAT สายการบิน และสถาบันการศึกษาเพื่อรับรองและบรรจุหลักสูตรนี้ในระบบการฝึกอบรมช่างอากาศยานของประเทศอย่างเป็นทางการ ทั้งนี้ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลเชิงนโยบายในการกำหนดมาตรฐานการฝึกอบรมและการรับรองวิชาชีพช่างอากาศยานในระดับชาติได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการสนับสนุนจากสถาบันการบินพลเรือน (Civil Aviation Training Center: CATC) ซึ่งได้ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงให้คำแนะนำทางวิชาการและข้อมูลเชิงเทคนิคที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างอากาศยานตามแนวคิด Competency-Based Training and Assessment: CBTA ภายใต้มาตรฐาน

TCAR Part-66 ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้บริหาร คณาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการบิน และบุคลากรในสายการบินต่าง ๆ ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะอันทรงคุณค่าที่ช่วยให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มีความสมบูรณ์ ครอบคลุม และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาศักยภาพบุคลากรด้านการบินของประเทศไทยได้อย่างแท้จริง

References

Albelo, J., Fraticelli Rivera, V., & Thomas, R. (2024). Integration of advanced qualification program into aviation education. *Journal of Aviation Technology and Engineering, 13*(1), 1. https://doi.org/10.7771/2159-6670.1308

CATC Thailand. (2024). *Introduction to aviation Competency-Based Training and Assessment* (CBTA-I) [In Thai]. https://www.catc.or.th/en/curriculum/introduction-to-aviation-competency-based-training-and-assessment-cbta-i/

Civil Aviation Authority of Thailand. (2022). *TCAR-66 requirements: Aircraft mechanic certification* [In Thai]. https://www.caat.or.th/wp-content/uploads/2022/11/TCAR-PEL-Part-66-Regs.pdf

Civil Aviation Training Center. (2022). *CBTA course for aircraft technicians, TCAR-66 guidelines* [In Thai]. https://www.caat.or.th/wp-content/uploads/2022/10/CAAT-GM-PEL-CBTA-Issue-01-Rev.00-CBTA-1.pdf

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge.

Chontawan, P., Visutthiphaet, S., Boonyasopon, T., & Attavinitrakarn, P. (2026). The development of competency model in harmony with international standard for aircraft mechanic who begins maintenance activities with Thai registered aircraft in digital era [In Thai]. *Journal of Business and Industrial Development, 6*(1), 81–94. https://doi.org/10.14416/j.bid.2026.02.006

Chaihawong, N., Hwangsuphakitkoson, J., & Saikam, J. (2026). Strategic governance and curriculum excellence in commercial pilot education a causal model for aviation education policy development [In Thai]. *Journal of Academic for Educational Administration Innovation, 5*(1), 21–34. https://so09.tci-thaijo.org/index.php/EAIJ/article/view/8341

Chavan, D., Nicklin, Z., Ley, S., Upadhyay, B., Maguire, C., Johnson, K., Short, R., Gramopadhye, A., & Chalil Madathil, K. (2025). Bridging the gap in aviation maintenance education: Identifying emerging technologies and workforce needs. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 69*, 1893–1895. https://doi.org/10.1177/10711813251370725

Çinar, E., & Tuncal, A. (2024). A comprehensive analysis of competency and training perspectives among air traffic controllers. *Aviation, 28*(2), 54–63. https://doi.org/10.3846/aviation.2024.21501

Federal Aviation Administration. (2018). *Aviation maintenance technician handbook – general* https://www.flightstore.com.au/assets/brochures/ASA-8083-30A.pdf

Fleiss, J. L. (1981). *Statistical methods for rates and proportions* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Gibbs, L., Slevitch, L., & Washburn, I. (2017). Competency-based training in aviation: The impact on flight attendant performance and passenger satisfaction. *Journal of Aviation/Aerospace Education & Research, 26*(2), 55–80. https://doi.org/10.15394/jaaer.2017.1716

Gramopadhye, A., Beck, J., Madathil, K. C., Maguire, C., Ley, S., Nicklin, Z., Johnson, K., Short, R., Goertzen, R., Chavan, D., & Upadhyay, B. (2025). *Bridging the gap in aviation maintenance education identifying workforce needs and opportunities*. https://assets.noviams.com/novi-file-uploads/atec/ATEC-AC-Breakout9-UAM-20250318.pdf

Gunes, T., Turhan, U., Yoruk Acikel, B., & Benligiray, S. (2026). Developing a competency model for aircraft maintenance technicians. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, 98*(3), 477–486. https://doi.org/10.1108/AEAT-08-2025-0286

Gunes, T., Turhan, U., & Acikel, B. (2025). Aircraft maintenance technician perceptions and evaluations about the safety culture and responsibility related competencies. *Journal of Aerospace Technology and Management, 17*, e0725. https://doi.org/10.1590/jatm.v17.1367

Gunes, T., Turhan, U., & Yörük Açıkel, B. (2022). Improvement of aircraft maintenance manual (AMM) for Cessna 172. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 94*(7), 1078–1086. https://doi.org/10.1108/AEAT-10-2021-0321

International Civil Aviation Organization [ICAO]. (2020). *DOC 9868 PANS TRG (procedures for air navigation services – training)* (3rd ed.). https://bit.ly/4thqxdH

Katepan, A., Sirivisitkul, S., & Jarujittipan, P. (2024). Guidelines for graduated for production students of aircraft mechanics of the aircraft mechanics training institute in Thailand [In Thai]. *Journal of Management Science Research, Surindra Rajabhat University, 6*(2), 204-218. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jmsr/article/view/252011/173515

Kesedžić, A., Božek, J., Radoš, M., & Ćosić, K. (2020). Air traffic control competencies measurements based on functional near-infrared spectroscopy. *Lecture Notes in Networks and Systems, 23,* 123–135. https://doi.org/10.23919/MIPRO48935.2020.9245242

Knez, S., Podbregar, I., & Graham, N. (2022). Challenges and Development of Training in the Aviation Industry. In P. Šprajc et al. (Eds.), *41st International Conference on Organizational Science Development: Conference Proceedings* (pp. 417–424). University of Maribor.

Kungwola, K., Chaiprasert, N., & Chomchum, K. (2025). The influences of competency, organizational commitment, and job satisfaction on the efficiency of airport ground staff in Thailand's low-cost airlines [In Thai]. *Journal of MCU Social Science Review, 14*(1), 121–135. https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jssr/article/download/283931/186631/1218184

Kumar Yadav, D. (2010). Licensing and recognition of the aircraft maintenance engineers – A comparative study. *Journal of Air Transport Management. 16*(5), 272-278. https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2010.03.005

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*(1), 159-174. https://doi.org/10.2307/2529310

Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research, 35*(6), 382–385. https://doi.org/10.1097/00006199-198611000-00017

Maimun, T., Thongmark, C., Rattanatai, B., & Hemvipat, K. (2022). Examining the movement of industry 4.0 and survival in the Covid-19 era [In Thai]. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 16*(1), 37–55. https://he01.tci-thaijo.org/index.php/EAUHJSci/article/view/253255

Mesomkorn, K., Boonyasophon, T., & Pinthapataya, S. (2023). Development of an aircraft maintenance mechanic potential model to prepare for becoming a supervisor in the digital age [In Thai]. *Arts of Management Journal, 7*(1), 70–91. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jam/article/view/259181

Numpa, P., & Siraphatthada, Y. (2021). The model of competencies of the pilot-in-command for multi-crew pilot-aeroplane, flight ex-periences and innovative management towards the effectiveness of flight operations in Thailand [In Thai]. *Sarasas Journal of Humanities and Social Science, 7*(1), 66-84. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/svittj/article/view/189489/171330

Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). SAGE Publications.

Phadetsuk, S., Sarasan, U., Fongsantie, S., & Chianchana, C. (2023). The guidelines for production and development of vocational manpower, diploma program in aircraft maintenance [In Thai]. *T-VET Journal, 7*(13), 189-211. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/TVETJournal_IVEN3/article/view/266233/174192

Vaskova Kjulavkovska, L. T. (2022). Integrating training and performance management of civil aviation inspectors: A pilot study of the mediating role of competency-based training. *International Journal of Training and Development, 26*, 29–54. https://doi.org/10.1111/ijtd.12234

Ziakkas, D., Flores, A., & Suckow, M. (2023). The implementation of competency-based training and assessment (CBTA) framework in aviation intelligence human systems. In T. Ahram, W. Karwowski, P. Di Bucchianico, R. Taiar, C. Casarotto & P. Costa (Eds.), Intelligent Human Systems Integration (IHSI 2023): Integrating People and Intelligent Systems AHFE (2023) International Conference AHFE Open Access Vol. 69 (pp. 96-105). AHFE International.