

การพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานในการขนส่งทางอากาศ เพื่อคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง

The Developing Hybrid Multi Criteria Decision Making Approach in Air Transport for Calculating Aircraft Weight and Balance in Loading Baggage

วรัชมนต์ สันติศิริ¹ และสุวัฒน์ จรรยาพูน¹

Watsamon Santisirir¹ and Suwat Janyapoon¹

¹หลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยศรีปทุม

¹College of Logistic and Supply Chain, Sripatum University

Received: November 9, 2020

Revised: February 11, 2021

Accepted: February 15, 2021

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ในการขนส่งทางอากาศ โดยนำแนวคิดการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานมาประยุกต์ให้เกิดทางเลือกใหม่ เพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่องแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ ผลการวิจัยพบว่า สามารถพัฒนาระบบคำนวณได้ 9 ฟังก์ชันหลัก แบ่งเป็น 115 ฟังก์ชันย่อย มุ่งพัฒนาระบบให้สามารถคำนวณได้อย่างอัตโนมัติเชื่อมโยงข้อมูลในการจัดวางสัมภาระในการบรรทุกใต้ท้องเครื่อง ทดแทนวิธีการแบบดั้งเดิมที่ใช้ประสบการณ์ส่วนบุคคลในการคำนวณและตัดสินใจที่มีความซ้ำซ้อน สามารถจำลองรูปแบบจากการคำนวณตามแนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานได้ 647 รูปแบบ และนำมาจัดลำดับได้จำนวน 19 ลำดับ 247 รูปแบบ ที่มีค่าความสมดุลเหมาะสมต่อจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง 3 ระดับความสำคัญ (1) ความปลอดภัยต่อโครงสร้างอากาศยาน (2) ความพึงพอใจต่อการปฏิบัติการบิน (3) ความประหยัดลดต้นทุนค่าใช้จ่าย ใช้เป็นทางเลือกและสนับสนุนการตัดสินใจในการดำเนินงาน ตามโครงสร้างอากาศยานแบบลำตัวแคบ

คำสำคัญ: การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน การคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน การขนส่งทางอากาศ

Abstract

This research aims to develop hybrid multi-criteria decision making in air transport and to calculate weight and balance when loading baggage by applying the concept of hybrid multi-criteria decision making to create new alternative automation system capabilities that increase the capability of the weight and balance calculation system for loading baggage with the newly developed program. Result: this method can develop a calculation system with 9 main functions and 115 subfunctions. This method can also be used to develop a system to automatically calculate and link data in baggage management to replace the traditional method, which uses experience from load control. After coding in Visual Basic, we can model hybrid multi-criteria decision making with 647 patterns and 19 sequences, 247 patterns appropriate to the center of gravity of the aircraft, and 3 priorities: (1) safety of the aircraft structure (2) satisfy the needs of the flight operation; (3) save cost. This method is expected to be used as an alternative and support operational decision-making for narrow-body aircraft.

Keywords: Hybrid Multi Criteria Decision Making, Air Transport, Calculating Aircraft Weight and Balance



บทนำ

พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยานเป็นหนึ่งในอาชีพของอุตสาหกรรมการบินในประเทศไทยมีส่วนสำคัญในการเชื่อมต่อท่าอากาศยาน (airport connectivity) ทั้งในการดำเนินการในระดับปฏิบัติการภาคพื้นและเชื่อมต่อไปยังการปฏิบัติการทางอากาศ ถือเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญมากอาชีพหนึ่ง ในการขับเคลื่อนการขนส่งทางอากาศให้เกิดความสำเร็จ ภารกิจหลักในการปฏิบัติหน้าที่ คือ การคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน (airbus, 2020) ให้เป็นไปตามโครงสร้าง ภายใต้ข้อบังคับมาตรฐานสากลในเรื่องของความปลอดภัย ปัจจุบันท่าอากาศยานสุวรรณภูมิซึ่งเป็นท่าอากาศยานหลักของประเทศ มีแนวคิดเลือกลงทุนการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้เกิดความสะดวกรวดเร็วทดแทนการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานแบบดั้งเดิม (manual method) ที่พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ดำเนินการคำนวณด้วยตนเอง โดยอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ส่วนบุคคลเท่านั้น นำมาซึ่งความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดผิดพลาดจากมนุษย์ (human error) ได้ตลอดเวลา (Aksornkitti & Santisiri, 2021) บทความนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาเพื่อ พัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid

อากาศยานที่ให้บริการขนส่งผู้โดยสารจำนวนมากที่สุดของประเทศไทย ภายใต้อากาศยานลำตัวแคบมีการแบ่งพื้นที่ชัดเจน ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ด้านหน้า ด้านหลัง และท้ายอากาศยาน ถึงแม้ว่าระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานจะสามารถคำนวณตัวเลขน้ำหนักในส่วนต่าง ๆ ได้ในการวางแผนการดำเนินงาน แต่ภาระการจัดวางและการตัดสินใจยังเป็นหน้าที่ของพนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน (Thongriew, 2018) หากดำเนินการผิดพลาด อาจส่งผลกระทบต่อจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานได้ (Center of Gravity--CG) หากการจัดวางน้ำหนักในส่วนด้านหน้ามากเกินไปอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุอากาศยานส่วนหน้าหักกระแทกพื้นได้ (aircraft tipping forward) หรือหากจัดวางน้ำหนักในส่วนด้านท้ายมากเกินไปอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุอากาศยานส่วนท้ายยกลอยได้ (aircraft tail tipping) ซึ่งนำไปสู่การยกเลิกทำการบินได้ในที่สุด ดังนั้นการพึ่งพาเพียงการตัดสินใจจากประสบการณ์ของพนักงานอย่างเดียวเท่านั้น ถือเป็นช่องว่างในการดำเนินงานที่อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงได้ตลอดเวลา นำมาซึ่งความเสียหายและการสูญเสียทรัพย์สินและชีวิตได้

บทความนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาเพื่อ พัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid

MCDM) (Emovon & Oghenenyero, 2020) นำแนวคิดมาเพิ่มความสามารถให้ระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ด้วยการนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนในการดำเนินงาน ในขั้นตอนจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ท้องเครื่อง และสามารถจัดลำดับทางเลือกประกอบการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนให้มีความถูกต้องเหมาะสม และเกิดความแม่นยำในการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน
2. เพื่อเพิ่มความสามารถให้ระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน โดยใช้วิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analysis Hierarchy Process--AHP)

กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเป็นกระบวนการตัดสินใจที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาเหตุผล ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ ถูกคิดค้นเมื่อประมาณปลายปี ทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ โทมัส ซาตตี้ ความหมายของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น คือ กระบวนการที่ช่วยตัดสินใจในประเด็นของปัญหาที่มีความซับซ้อนให้มีความง่ายขึ้น ช่วยในการแยกแยะองค์ประกอบที่เป็นนามธรรมและรูปธรรมของปัญหาออกเป็นส่วน ๆ แล้วนำองค์ประกอบเหล่านั้นมาแบ่งเป็นระดับชั้น ตามความสำคัญแยกโครงสร้างที่ซับซ้อนออกเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจและยึดหยุ่น เป็นกระบวนการที่คล้ายคลึงกับความคิดของมนุษย์ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการใช้งาน สามารถวัดคุณสมบัติที่เป็นนามธรรมได้และมีผลของการตัดสินใจในรูปแบบของลำดับความสำคัญ ช่วยวิเคราะห์ทางเลือกในรูปของลำดับความสำคัญโดยรวม และพิจารณาถึงลำดับความสำคัญ เปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ในระบบ และช่วยให้ผู้ใช้ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดตรงตาม

เป้าหมาย (Tansirikongkol, 2014) ขั้นตอนการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นเป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ เริ่มจากการเปรียบเทียบ “ความสำคัญ” ของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหา “น้ำหนัก” ของแต่ละเกณฑ์ก่อน หลังจากนั้นจึงนำ “ทางเลือก” ที่มีทั้งหมดมาประเมินผ่านเกณฑ์ดังกล่าว เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก โดยมีขั้นตอนสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ การสร้างแผนภูมิระดับชั้นการหาค่าน้ำหนักของเกณฑ์ การวัดความสอดคล้องของเกณฑ์ และการจัดอันดับข้อมูล

กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์ (Analysis Network Process--ANP)

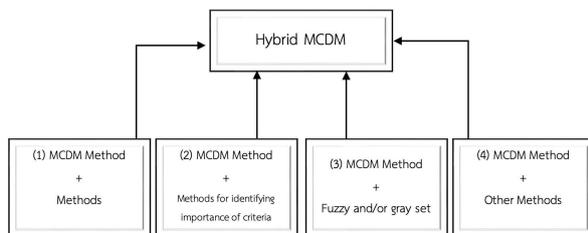
กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์เป็นรูปแบบพื้นฐานของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นใหม่ในปี 1999 โดยศาสตราจารย์ โทมัส ซาตตี้ ได้ทำการพัฒนาเทคนิคที่เรียกว่า กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์ ภายหลังจากที่พบว่า กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มีข้อจำกัดในด้านความเป็นอิสระระหว่างกันของปัจจัยและมิติต่าง ๆ (Thanaraksakul, 2009) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ โดยใช้ปัจจัยในการตัดสินใจทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ มีการเปรียบเทียบเกณฑ์เป็นคู่ ๆ ในแต่ละองค์ประกอบของแต่ละลำดับชั้นเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด แต่กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์มีลักษณะสร้างเป็นโครงข่าย ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจ และผลกระทบที่มีต่อกันและกัน ระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจกับทางเลือกมีความสามารถจัดการความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจ โดยใช้สเกลอัตราส่วนเปรียบเทียบและประมวลผลในรูปแบบของซูเปอร์เมตริก ซึ่งเทคนิคกระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์สามารถลดข้อผิดพลาดของการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นได้ (Chutima & Srivicha, 2011)

แนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ (Multi-Criterial Decision Making--MCDM)

ทิศทางบทความนี้ ออกแบบการดำเนินงานวิจัยในรูปแบบของกระบวนการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบ

ผสมผสาน เพื่อสอดคล้องกับลักษณะของปัญหาและปัจจัยที่นำมาประมวลผลของแต่ละเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินใจทั้งเทคนิคการถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีจำลองระบบด้วยโปรแกรมประยุกต์ใช้ในการหาผลลัพธ์จากเป้าหมาย เปรียบเทียบค่าในแต่ละค่าเป้าหมายโดยการพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ มีองค์ประกอบของการกำหนดฟังก์ชัน วัตถุประสงค์ภายใต้ข้อจำกัด และขอบเขตของตัวแปรในการตัดสินใจเพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนที่เกิดขึ้นภายใต้ข้อจำกัดที่มี

แนวการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid HMCDM)



ภาพ 1 แนวการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

Note. From “Hybrid multiple criteria decision-making methods: A review of applications for sustainability issues” by E. K. Zavadskas, K. Govindan, J. Antucheviciene and Z. Turskis, 2016, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 29(1), pp. 857-887 Copyright 2016 by Taylor & Francis Group

การตัดสินใจที่มีลำดับการตัดสินใจที่ถูกต้อง เป็นวิธีการและเทคนิคที่ช่วยให้การดำเนินงานในองค์กรและอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้ดำเนินการธุรกิจได้ ในรูปแบบยั่งยืน ซึ่งรูปแบบการตัดสินใจที่มีการนำมาใช้ อย่างแพร่หลายคือ การตัดสินใจหลายเกณฑ์หลากหลาย (MCDM) โดยการนำเทคนิคต่าง ๆ ที่มีกระบวนการสามารถประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อน ภายใต้เงื่อนไขหลักเกณฑ์ให้มีแนวทางและวิธีการที่ถูกต้องและเหมาะสมในการตัดสินใจ ซึ่งในปัจจุบันมีวรรณกรรมที่ได้รับการเผยแพร่ ตีพิมพ์ ทั้งรูปแบบบทความวิชาการ บทความวิจัย ไปทั่วโลก ซึ่งในไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอแนวทางใหม่

ของการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid Criteria Decision Making--HMCDM) หรือที่รู้จักในคำว่า “ไฮบริด” (Zavadskas et al., 2016) ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับการพัฒนากระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์มากกว่า 2 วิธีการขึ้นไป (Srivastawa et al., 2017) มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหา เพื่อใช้สนับสนุนการใช้งานในรูปแบบการตัดสินใจในธุรกิจในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งวิธีการดังกล่าว สามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่มีความแตกต่างกันในหลากหลายธุรกิจ (Emovon & Ogheniyerovwho, 2020) และอาจนำไปสู่การตัดสินใจที่ถูกต้องในการแก้ปัญหาในการดำเนินธุรกิจควบคู่ไปกับการประยุกต์และพัฒนาที่ความยั่งยืน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ได้รับการเผยแพร่ทางวิชาการและที่การกล่าวถึงในวารสารวิชาการในฐานข้อมูล Thomson Reuters Web of Science (Yatsalo et al., 2007) ถือได้ว่าเป็นการอ้างอิงแนวทางตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (HMCDM) เป็นครั้งแรก

โดยใช้กระบวนการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ 3 วิธีเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดตารางเวลา ประกอบด้วย (1) อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithms) (2) การเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข (Constraint logic programming) (3) การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ (MCDM) (Shyur & Shih, 2006) ได้มีการประยุกต์ใช้แนวทางตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (HMCDM) ในการแก้ไขการตัดสินใจโดยใช้ผสมผสาน ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยโครงสร้างรูปแบบการประเมินตัดสินใจแบบ DEMATEL ซึ่งในปีดังกล่าวนี้มีการใช้คำว่า “Hybrid MCDM” เผยแพร่ในบทความ งานวิจัย ดำเนินการ และงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ (Tzeng et al., 2007) ในส่วนตัวย่อ “HMCDM” ที่พบในบทความเผยแพร่ในปัจจุบันเป็นของเป็นครั้งแรกในปี 2014 (Liao et al., 2014) อย่างไรก็ตามในบทความที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่นั้น จะพบการใช้คำว่า “Hybrid MCDM” อย่างเป็นทางการในงานวิจัยเพื่อระบบกระบวนการวิเคราะห์ในการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องหลายประการของการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบทั่วไป ซึ่งสามารถนำวิธีการดังกล่าว มาประยุกต์แก้ไขได้โดยใช้วิธีแบบผสมผสาน มากกว่า 2 กระบวนการมีความเหมาะสมกับแก้ไขปัญหาในการตัดสินใจที่มีปัญหาที่มีความซับซ้อนได้

ทิศทางของบทความนี้ ผู้วิจัยพบว่าช่องว่างในการดำเนินงาน ในขั้นตอนการตัดสินใจการควบคุมน้ำหนักและ

สมดุลาอากาศยานในการบรรทุกสินค้าใต้ท้องเครื่องการขนส่งทางอากาศนั้น มีความซับซ้อนในตัวปัญหาทั้งวิธีการตัดสินใจและความสัมพันธ์ในการดำเนินการที่ส่งผลซึ่งกันและกัน จำเป็นต้องอาศัยวิธีการทางคอมพิวเตอร์ช่วยแก้ไข ปัญหา จากกระบวนการการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ที่สามารถจัดลำดับการตัดสินใจด้วยการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) ตามเกณฑ์และเงื่อนไขในการดำเนินงาน ประยุกต์กับเทคนิคการวิเคราะห์แบบกระบวนการโครงข่าย (ANP) เข้ามาช่วยวิเคราะห์แก้ไขการตัดสินใจที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน รวมทั้งเก็บข้อมูลจริงให้มีความคงที่จากการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (key Informants) ให้ได้ข้อมูลครบถ้วนก่อนนำข้อมูลมาพัฒนาเพิ่มความสามารถให้โปรแกรมประยุกต์ที่ถูกจำลองรูปแบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน

ขอบเขตงานวิจัย

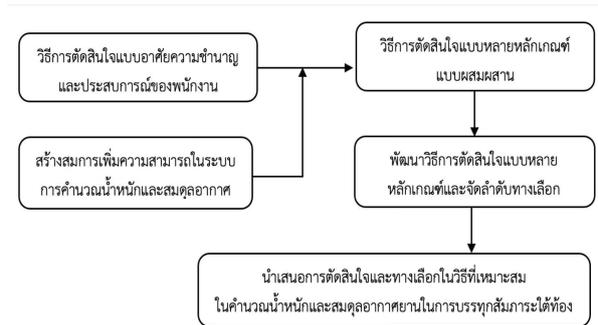
ศึกษาและนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยหาคำตอบในการศึกษาวิจัย ด้วยการจำลองระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการ Windows ด้วยภาษา Microsoft Visual Basic (VB) อยู่ในรูปแบบ Window Applications และเพิ่มความสามารถให้ระบบจากแนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน การคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยานการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่องการขนส่งทางอากาศ เพื่อให้เกิดการพัฒนาและจัดลำดับทางเลือกที่สามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการดำเนินงานที่เหมาะสมได้

กรอบแนวคิดการวิจัย

ดำเนินการวิจัยด้วยการนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ไขปัญหาและหาคำตอบการวิจัยด้วยการพัฒนาและเพิ่มความสามารถในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน นำแนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน มาเพิ่มความสามารถในระบบคำนวณ เพื่อนำเสนอทางเลือกและสนับสนุนการตัดสินใจ เกิดวิธีการที่มีความเหมาะสมในคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลาอากาศยาน ด้วยการนำวิธีการทางคอมพิวเตอร์มาช่วยแก้ไขปัญหาและหาคำตอบการวิจัยเพิ่มความสามารถในระบบการคำนวณเพื่อนำเสนอทางเลือกและสนับสนุนการตัดสินใจในวิธีการที่มีความเหมาะสมที่สุดแบ่งเป็น 4 ระยะ ดังนี้



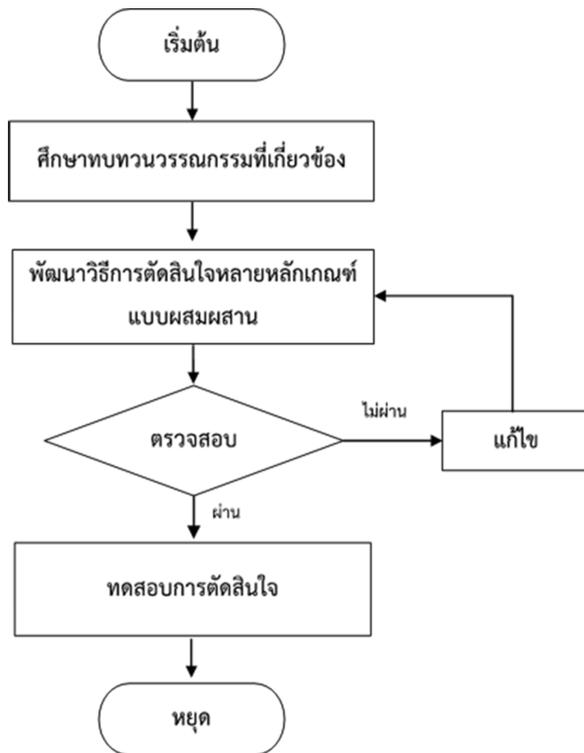
ภาพ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในภาพรวม

ระยะที่ 1 การพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน



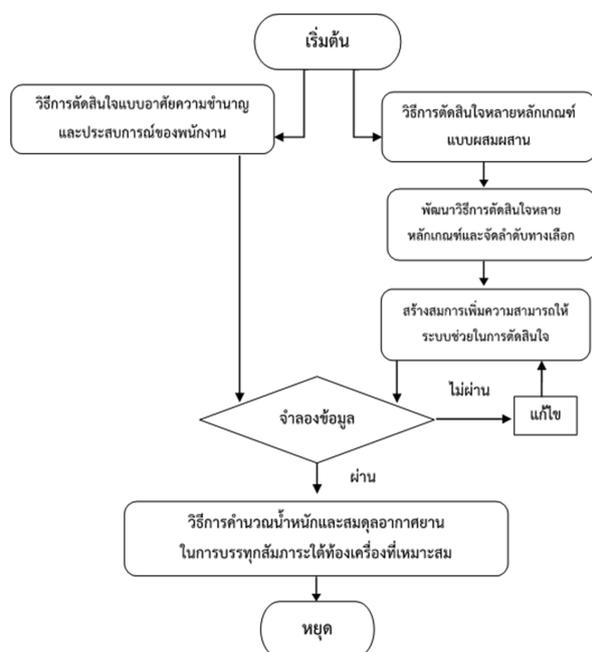
ภาพ 4 การพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

ระยะที่ 2 การเพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานโดยใช้วิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์



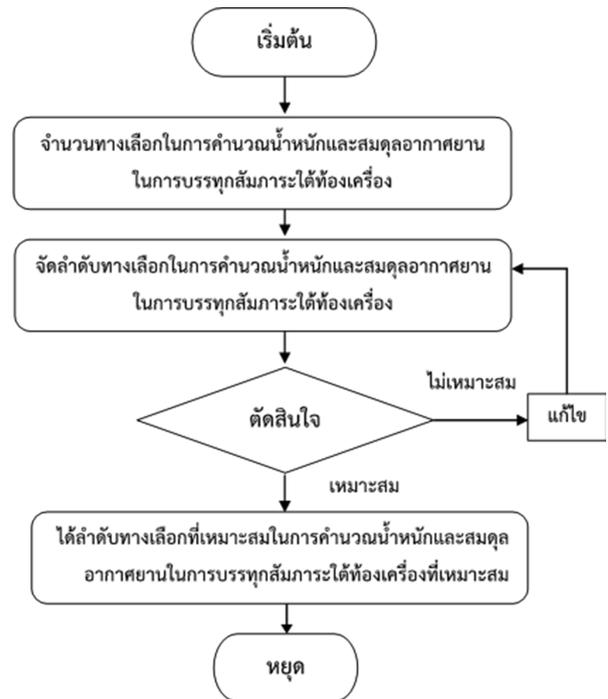
ภาพ 5 การเพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน

ระยะที่ 3 การเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจแบบผสมผสานกับวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม โดยการจำลองข้อมูล



ภาพ 6 การเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจแบบผสมผสานกับวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม

ระยะที่ 4 การจัดลำดับทางเลือกในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระได้ห้องเครื่อง



ภาพ 7 การจัดลำดับทางเลือกในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน

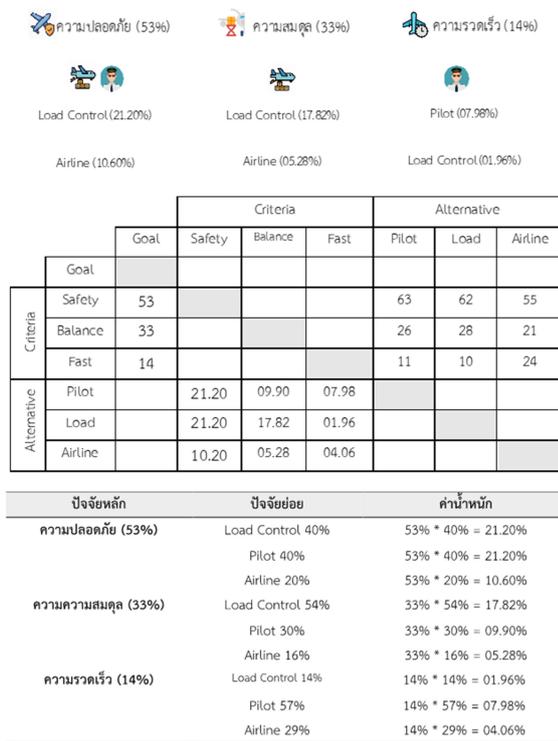
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พัฒนาเพิ่มความสามารถด้วยโปรแกรมประยุกต์ Microsoft Visual Basic for Application โปรแกรมตารางงาน Microsoft Excel และเก็บข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ประกอบด้วย นักบิน พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน และพนักงานสายการบิน ที่รับผิดชอบเที่ยวบินจริงร่วมกัน ด้วยแบบสัมภาษณ์ (interview method) จำนวน 3 ครั้ง เพื่อให้การเก็บรวบรวมมีความคงที่มากที่สุด ก่อนการพัฒนาโปรแกรม และหลังการพัฒนาโปรแกรมได้ดำเนินการให้ทดลองใช้ และเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัย

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1: ผลการพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

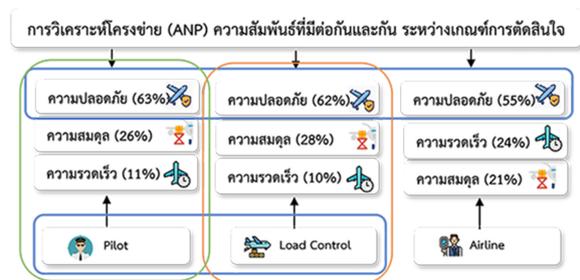
ปัจจัยในการเลือกตัดสินใจตามลำดับชั้น (AHP) ขั้นตอนการจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องอากาศยาน



ภาพ 8 การจัดลำดับการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์ในการจัดวางน้ำหนัก พื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องเครื่อง ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP)

จากภาพ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) ในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ในการจัดลำดับความสำคัญเพื่อประกอบการตัดสินใจ ขั้นตอนการจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องเครื่อง โดยมีปัจจัยหลักที่สำคัญในการตัดสินใจ 3 ด้าน คือ ความปลอดภัย ความสมดุล ความรวดเร็ว และปัจจัยย่อยที่มีความเกี่ยวข้องในด้านการทำงานร่วมกัน คือ (1) นักบิน (2) พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน (3) พนักงานสายการบิน ผลการวิจัยพบว่า การจัดลำดับที่เหมาะสมในการจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องเครื่อง อันดับ 1 ด้านความปลอดภัย มีค่าน้ำหนัก 53% นักบินและพนักงานควบคุมน้ำหนักให้ค่าน้ำหนัก 42.40% ไปในทิศทางเดียวกัน อันดับ 2 ความสมดุล 33% เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อจุดศูนย์ถ่วง (center of gravity) ของโครงสร้างอากาศยาน หากในขั้นตอนการจัดวางน้ำหนักในพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ห้องเครื่องเกิดความไม่สมดุลย่อมส่งผลต่อการบินขึ้น (takeoff) และลงจอด

(landing) อาจเกิดอันตรายในการขนส่งทางอากาศได้ นักบินและพนักงานควบคุมน้ำหนักให้ค่าน้ำหนักรวมกัน 27.72% และอันดับ 3 ความรวดเร็ว มีค่าน้ำหนัก 14% สะท้อนผลการวิจัยนี้ว่า นักบินและสายการบินให้ความสำคัญเรื่อง ความรวดเร็วมีน้ำหนักรวมกัน 12.04% ดังนั้นการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์แบบการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นที่ดีที่สุดในการวิจัยนี้ คือ ด้านความปลอดภัย มีความสำคัญสูงสุด การตัดสินใจโดยอาศัยเพียงประสบการณ์จากการทำงานอาจเกิดความเสียหายจากความผิดพลาดของมนุษย์ได้

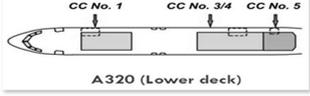


ภาพ 9 การวิเคราะห์โครงข่ายความสัมพันธ์

จากภาพ 9 แผนผังการวิเคราะห์โครงข่าย (ANP) การให้ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ที่มีต่อกันและกัน ระหว่างเกณฑ์การตัดสินใจ พบว่า เกณฑ์ (ความปลอดภัย ความสมดุล ความรวดเร็ว) ในการให้น้ำหนักการตัดสินใจการบรรทุกสัมภาระใต้ห้องเครื่อง มีลักษณะเชิงโครงข่ายที่มีความสัมพันธ์กันโดยทางเลือก (นักบิน พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน พนักงานสายการบิน) ให้ค่าน้ำหนักในการตัดสินใจสำคัญที่สุด คือ ด้านความปลอดภัย (safety) และผลจากการให้ค่าน้ำหนักในการเลือกเกณฑ์ในการตัดสินใจตามลำดับชั้นของนักบินและพนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศยานมีลักษณะการตัดสินใจให้ค่าน้ำหนักในการจัดลำดับความสำคัญไปในทิศทางเดียวกันโดยเรียงลำดับการให้ค่าน้ำหนักการตัดสินใจที่สำคัญที่สุด คือ (1) ด้านความปลอดภัย (safety) (2) ด้านความสมดุล (balance) (3) ด้านความรวดเร็ว (fast) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นโครงข่ายที่มีความสัมพันธ์กันในระดับเกณฑ์ และทางเลือกในการทำงานร่วมกัน

การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย (Interview Method)

Capacities Narrow Body 320	Narrow Body 320 Compartment 9435kg			
	FWD Comp	AFD Comp		Bulk Comp
	comp 1	comp 3	comp 4	comp 5
	3402kg (36%)	2426kg (26%)	2110kg (22%)	1497kg (16%)



Key Informants	Baggage	Baggage or Cargo	Spare	
Interview (1)			(Safety / Balance / Fast)	
Key Informants (A)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%)	Spare (16%)
Key Informants (B)	Baggage (36%)	Baggage (26%)	Cargo (22%)	Spare (16%)
Key Informants (C)	Cargo (36%)	Cargo or Baggage (48%)		Spare (16%)
Interview (2)			(Safety / Balance / Fast)	
Key Informants (A)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%)	Spare (16%)
Key Informants (B)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%)	Spare (16%)
Key Informants (C)	Cargo (36%)	Cargo or Baggage (48%)		Spare (16%)
Interview (3)			(Safety / Balance / Fast)	
Key Informants (A)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%)	Spare (16%)
Key Informants (B)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%)	Spare (16%)
Key Informants (C)	Cargo (36%)	Baggage (26%)	Baggage (22%)	Spare (16%)

Key Informants A: Pilot | Key Informants B: Load Control Operation | Key Informants C: Airline

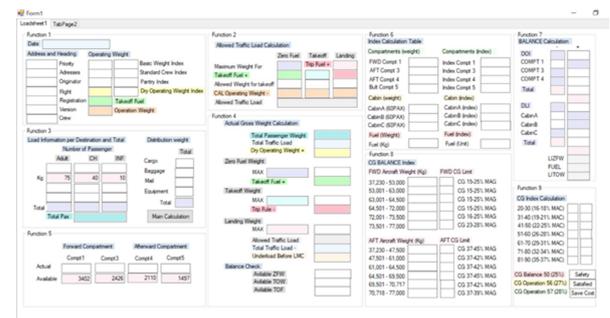
ภาพ 10 การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย

จากภาพ 10 ตารางการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ ทั้ง 3 รอบ Key Informants A ยืนยันว่าการบรรทุกและจัดวางให้เหตุผลในการจัดวางสัมภาระผู้โดยสาร (baggage) ในพื้นที่บรรทุกใต้ท้องเครื่องด้านหลัง (comp3-4) เนื่องจากการทำธุรกิจการบินพาณิชย์ในการขนส่งผู้โดยสารนั้น สัมภาระผู้โดยสารเป็นน้ำหนักการบรรทุกหลักมีน้ำหนักมากทุกไฟล์ทบิน รองลงมาจะเป็นสินค้า (cargo) ซึ่งจะถูกจัดวางในพื้นที่บรรทุกส่วนหน้า (comp1) เพื่อให้เกิดสมดุลของอากาศยานทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ให้เป็นไปตามระเบียบการแยกประเภทสัมภาระผู้โดยสารจะไม่ถูกสิ่งบรรทุกอื่น ๆ ปิดกั้นในการจัดวาง เกิดความสะดวกรวดเร็วมากที่สุดในการขนย้าย ในส่วนพื้นที่บรรทุกด้านท้ายจะไม่มีการบรรทุกสัมภาระใด ๆ เพิ่มเนื่องจากมีอุปกรณ์บริการต่าง ๆ รวมถึงอะไหล่ที่จำเป็นของอากาศยานถูกจัดวางอยู่เป็นพื้นที่ส่วนที่แคบที่สุดของอากาศยาน โดยการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขค่าน้ำหนักที่สามารถทำการบรรทุกบินขึ้นและลงจอดได้ตามค่าจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานที่เน้นด้านความปลอดภัยและ

ได้ระดับความสมดุลของอากาศยาน Key Informants B และ C ยืนยันการให้ข้อมูลในรอบ 3 ยอมรับในแนวความคิดการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานหลักการการบรรทุกและจัดวางสัมภาระใต้ท้องเครื่องของ Key Informants A

ดังนั้นผลการวิเคราะห์ข้อมูลการให้ข้อมูลในรอบที่ 3 จากการสัมภาษณ์ Key Informants A-C มีแนวความคิดการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานหลักการการบรรทุกและจัดวางสินค้าและสัมภาระผู้โดยสารใต้ท้องเครื่อง อากาศยานลำตัวแคบในทิศทางเดียวกันและมีความคงที่ของข้อมูล

ตอนที่ 2: ผลการพัฒนาเพิ่มความสามารถให้ระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง โดยใช้แนวคิดวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน



ภาพ 11 การจำลองระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่องด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นบนในรูปแบบ Window Applications

เมื่อได้ผลการวิจัยจากการวิเคราะห์การตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน แบบ MCDM Method (AHP & ANP) + Methods (in-dept interview) จากตอนที่ 1 ผู้เขียนบทความได้นำผลการวิจัยดังกล่าว มาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาและเพิ่มความสามารถในระบบการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ด้วยโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นบนในรูปแบบ Window Applications โดยรูปแบบดั้งเดิมนั้น ผู้ดำเนินงานต้องคำนวณจากประสบการณ์ของตนเอง ใน

ระบบคำนวณน้ำหนักสมดุลอากาศยานและจัดวางสัมภาระ ใต้เครื่องเป็นรูปแบบใหม่ คือ ระบบการคิดคำนวณและจัดวาง แบบอัตโนมัติ (main calculation) ภายใต้แนวคิดจากผลการวิจัยการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานให้มีความปลอดภัย สามารถนำเสนอทางเลือกให้กับผู้ดำเนินงานได้ ตัดสินใจเลือกได้อย่างเหมาะสม โดยมีขั้นตอนและเงื่อนไข การพัฒนาและเพิ่มความสามารถให้ระบบ ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์ระบบในรูปแบบเดิม ผู้เขียน บทความพัฒนาระบบเพิ่มความสามารถรูปแบบใหม่ โดยสามารถแยกน้ำหนักตามประเภทการบรรทุกสัมภาระในการขนส่งทางอากาศ ประกอบด้วย สัมภาระ (baggage) และสินค้า (cargo) ให้สามารถจัดวางในพื้นที่ที่มีความจุ น้ำหนักรวม 9435 กิโลกรัม ตามโครงสร้างอากาศยานประเภท ลำตัวแคบ ที่มีห้องจัดเก็บสัมภาระ (compartments) 3 ส่วน คือ ส่วนหน้า (FWD compartments) ส่วนหลัง (AFT compartments) และส่วนท้าย (Bulk compartment)

2) ผลการวิเคราะห์การทำงานรูปแบบเดิม ผู้เขียน บทความเพิ่มฟังก์ชันให้มีความสำคัญอันดับแรก (priority first) ในการจัดวางการบรรทุกประเภทสินค้า (cargo) กำหนดเงื่อนไขให้ระบบคำนวณน้ำหนักและอากาศยาน มีพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ท้องเครื่องส่วนหน้า มีความจุ สามารถรับน้ำหนักรวมไม่เกิน 3,402 กิโลกรัม พื้นที่จัด เก็บสัมภาระส่วนนี้เรียกว่า “Comp1”

3) ผลการวิเคราะห์การทำงานรูปแบบเดิมมีผู้เขียน บทความเพิ่มฟังก์ชันให้มีความสำคัญอันดับแรก (priority first) ในการจัดวางการบรรทุกประเภทสัมภาระผู้โดยสาร (baggage) กำหนดเงื่อนไขให้ระบบคำนวณน้ำหนักและ อากาศยานมีพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ท้องเครื่องส่วนหลัง มีความจุสามารถรับน้ำหนักรวมไม่เกิน 4,536 กิโลกรัม เป็นพื้นที่จัดเก็บสัมภาระที่สามารถรับน้ำหนักการบรรทุก ได้มากที่สุด พื้นที่จัดเก็บสัมภาระส่วนหลังแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ พื้นที่จัดเก็บสัมภาระอยู่ถัดจากปีกของอากาศยานและ อยู่ด้านหลัง Comp1 เรียกว่า Comp3 มีความจุรับน้ำหนัก รวมไม่เกิน 2,426 กิโลกรัม และพื้นที่จัดเก็บสัมภาระอยู่ หลัง Comp3 เรียกว่า Comp4 มีความจุรับน้ำหนักรวม ไม่เกิน 2,110 กิโลกรัม

4) ผลจากการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลการ วิจัยจากตอนที่ 1 ผลการพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลัก

เกณฑ์แบบผสมผสาน กำหนดเงื่อนไขตามการให้ค่าน้ำหนัก ที่สำคัญสุดเป็นลำดับ 1 คือ ด้านความปลอดภัย (safety) กำหนดให้ระบบสามารถแยกประเภท สัมภาระผู้โดยสาร และคำนวณน้ำหนักในการจัดวางอยู่ในพื้นที่ส่วนหลังของ อากาศยาน คือ พื้นที่ที่มีความจุสูงสุดตามโครงสร้างอากาศยาน เนื่องจากอากาศยานประเภทลำตัวแคบ สิ่งที่ต้องพิจารณาได้ต้อง เครื่องมากที่สุด คือ สัมภาระผู้โดยสาร (baggage) จาก การให้บริการขนส่งทางอากาศเชิงพาณิชย์จากต้นทางไปยัง ปลายทางที่กำหนด โดยให้ระบบกำหนดค่าความสำคัญใน การจัดวางลำดับแรกที่พื้นที่ Comp4 เป็นสัมภาระผู้โดยสาร ประเภทเดียวกันทั้งหมด สัมภาระผู้โดยสารจะต้องไม่ถูกจัด วางให้อยู่ในพื้นที่ที่มีสินค้ามาปิดกั้นในการเคลื่อนย้าย เพื่อ ความปลอดภัย ต้องสามารถเคลื่อนย้ายสัมภาระผู้โดยสาร ออกจากพื้นที่ใต้ท้องเครื่องเป็นอันดับแรก เมื่อเดินทางถึง ปลายทาง

5) ผลจากการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลการ วิจัยจากตอนที่ 1 ผลการพัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลัก เกณฑ์แบบผสมผสาน กำหนดเงื่อนไขตามการให้ค่าน้ำหนัก ที่สำคัญลำดับ 2 คือ ด้านความสมดุล (balance) กำหนด ให้ระบบสามารถแยกประเภทสินค้า (cargo) และคำนวณ น้ำหนักในการจัดวางอยู่ในพื้นที่ส่วนหน้าของอากาศยาน ซึ่ง เป็นพื้นที่ที่มีความจุน้อยกว่า พื้นที่อากาศยานส่วนหลัง ซึ่ง การบรรทุกประเภทสินค้านั้นจะมีจำนวนน้อยกว่าสัมภาระ ผู้โดยสาร ในการขนส่งทางอากาศเชิงพาณิชย์ที่ ให้ บริการโดยเน้นผู้โดยสารเป็นหลัก โดยให้ระบบกำหนดค่า ความสำคัญในการจัดวางลำดับแรกที่พื้นที่ Comp1 เป็น สินค้าผู้โดยสารเป็นหลัก เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่าง สินค้าที่ได้บรรทุกใต้ท้องเครื่องส่วนหน้ากับสัมภาระผู้โดยสาร ที่ได้บรรทุกใต้ท้องเครื่องส่วนหลัง ตามโครงสร้างน้ำหนัก ของอากาศยานและค่าน้ำหนักที่มีความสมดุลเหมาะสม ต่อจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity--CG) ต่อการบรรทุก สัมภาระใต้ท้องเครื่องในการขนส่งทางอากาศ

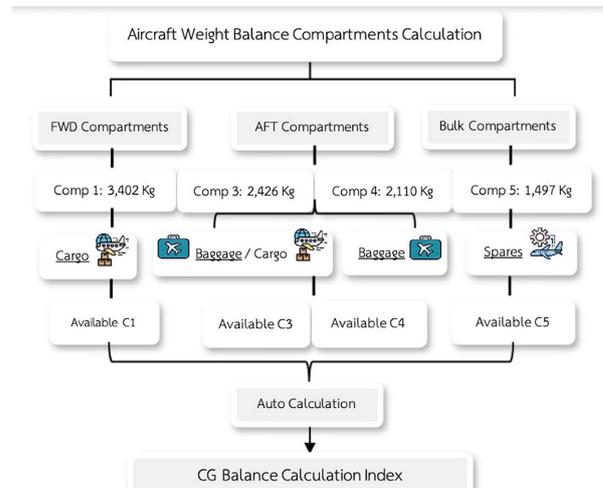
6) ผลจากการวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยจากตอนที่ 1 กำหนดเงื่อนไขตามการให้ค่าน้ำหนัก ที่สำคัญ ลำดับ 3 คือ ด้านความรวดเร็ว (fast) ระบบจะ ถูกพัฒนาในเรื่องของการคำนวณน้ำหนักเป็นแบบอัตโนมัติ เพื่อลดข้อผิดพลาดในการคำนวณและลดการดำเนินงานที่

ข้า้ซ้อนในการดำเนินงานในรูปแบบเดิมที่ต้องแข่งขันกับเวลา หากเกินจากเวลาที่กำหนดย่อมมีผลกระทบต่อต้นทุนของสายการบิน ซึ่งมีเงื่อนไขข้อกำหนดของการปรับเปลี่ยนการจัดวางน้ำหนักที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ (last-minute change) ในทุกเที่ยวบินที่มีการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ก่อนที่เครื่องจะทำการบินขึ้น (takeoff) เพื่อลดความผิดพลาดในการดำเนินงานในเวลาจำกัด สร้างความรวดเร็วในการดำเนินการมากยิ่งขึ้น โดยกำหนดให้ระบบช่วยแสดงทางเลือกนอกเหนือจากเงื่อนไขที่กำหนด ตามเงื่อนไข ดังนี้

ตอนที่ 3: ผลการเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิมกับวิธีการตัดสินใจแบบผสมผสาน

ผลการเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม (manual) ไม่มีรูปแบบในการดำเนินการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานแบบชัดเจน พนักงานควบคุมน้ำหนักและสมดุลอากาศ มีวิธีการคำนวณและการจัดวางจากประสบการณ์ในการดำเนินงานตามภาระรับผิดชอบ นำมาซึ่งการแก้ไขการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานใหม่ ในบางครั้งหากน้ำหนักมีความผิดพลาด ส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนการจัดวางในช่วงเวลาดำเนินงานซึ่งมีเวลาจำกัด และส่งผลกระทบต่ออย่างป็นวงกว้างต่อภาพลักษณ์องค์กรทั้งในระดับภาคพื้นเชื่อมต่อการปฏิบัติการบินทางอากาศได้ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานโดยใช้แนวคิดการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน มาสร้างเป็นระบบอัตโนมัติในการคำนวณน้ำหนักและจัดวาง สามารถนำเสนอทางเลือกเพื่อประกอบการตัดสินใจ ตามน้ำหนักของสัมภาระและสินค้ากับพื้นที่จัดวางใต้ท้องเครื่อง แบบอากาศยานลำตัวแคบ (narrow body) ในรุ่นแอร์บัส (Airbus A320-200) ได้ จำนวน 647 รูปแบบ ตามเกณฑ์ค่าน้ำหนักที่สำคัญตามลำดับขั้นการตัดสินใจ ประกอบด้วย (1) ด้านความปลอดภัย (2) ด้านความสมดุล (3) ด้านความรวดเร็ว ซึ่งผู้ดำเนินงานทั้ง 3 ฝ่ายสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวมาประกอบการดำเนินงานได้ลดความเสี่ยง และความผิดพลาดในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน สามารถจัดวางน้ำหนักของสินค้าและ

สัมภาระผู้โดยสารได้ตามค่าดัชนีมาตรฐานจุดศูนย์ถ่วงของอากาศยานประเภทลำตัวแคบได้



ภาพ 12 ระบบคำนวณน้ำหนักสมดุลอากาศยานและจัดวางสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ที่มีการพัฒนาและเพิ่มความสามารถ

ตอนที่ 4: ผลการจัดลำดับทางเลือกในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ด้วยวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน

ตาราง 1

การจัดลำดับ 1-19 ทางเลือก ระบบคำนวณน้ำหนักสมดุลอากาศยานและจัดวางสัมภาระ

List	Comp1 : 3402 Kg.	CG : FWD	Comp3 : 2426 Kg.	Comp4 : 2110 Kg.	CG : AFT	Comp5 : 1497 Kg.	Safety	Satisfied	Save Cost
1	3000	46	n/a	<500	47	1497	✓	✓	✓
	3100	45	n/a	<500	46	1497	✓	✓	✓
	3200	44	n/a	<500	45	1497	✓	✓	✓
	3300	44	n/a	<500	45	1497	✓	✓	✓
2	3400	43	n/a	<500	45	1497	✓	✓	✓
	2900	46	n/a	600	47	1497	✓	✓	✓
	3000	46	n/a	600	47	1497	✓	✓	✓
	3100	45	n/a	600	46	1497	✓	✓	✓
	3200	44	n/a	600	45	1497	✓	✓	✓
3300	44	n/a	600	45	1497	✓	✓	✓	

ตาราง 1 (ต่อ)

List	Comp1 : 3402 Kg.	CG : FWD	Comp3 : 2426 Kg.	Comp4 : 2110 Kg.	CG : AFT	Comp5 : 1497 Kg.	Safety	Satisfied	Save Cost
3	2800	48	n/a	700	49	1497	✓	✓	✓
	2900	47	n/a	700	48	1497	✓	✓	✓
	3000	47	n/a	700	48	1497	✓	✓	✓
	3100	46	n/a	700	47	1497	✓	✓	✓
	3200	45	n/a	700	46	1497	✓	✓	✓
4	2700	50	n/a	800	51	1497	✓	✓	✓
	2800	49	n/a	800	50	1497	✓	✓	✓
	2900	48	n/a	800	49	1497	✓	✓	✓
	3000	48	n/a	800	49	1497	✓	✓	✓
	3100	47	n/a	800	48	1497	✓	✓	✓
5	2600	51	n/a	900	52	1497	✓	✓	✓
	2700	51	n/a	900	52	1497	✓	✓	✓
	2800	50	n/a	900	51	1497	✓	✓	✓
	2900	49	n/a	900	50	1497	✓	✓	✓
	3000	49	n/a	900	50	1497	✓	✓	✓
6	2500	52	n/a	1000	53	1497	✓	✓	✓
	2600	51	n/a	1000	52	1497	✓	✓	✓
	2700	51	n/a	1000	52	1497	✓	✓	✓
	2800	50	n/a	1000	51	1497	✓	✓	✓
	2900	49	n/a	1000	50	1497	✓	✓	✓
7	2400	54	n/a	1100	55	1497	✓	✓	✓
	2500	53	n/a	1100	54	1497	✓	✓	✓
	2600	52	n/a	1100	53	1497	✓	✓	✓
	2700	52	n/a	1100	53	1497	✓	✓	✓
	2800	51	n/a	1100	52	1497	✓	✓	✓
8	2300	55	n/a	1200	56	1497	✓	✓	✓
	2400	55	n/a	1200	56	1497	✓	✓	✓
	2500	54	n/a	1200	55	1497	✓	✓	✓
	2600	53	n/a	1200	54	1497	✓	✓	✓
	2700	53	n/a	1200	54	1497	✓	✓	✓

ตาราง 1 (ต่อ)

List	Comp1 : 3402 Kg.	CG : FWD	Comp3 : 2426 Kg.	Comp4 : 2110 Kg.	CG : AFT	Comp5 : 1497 Kg.	Safety	Satisfied	Save Cost
9	2200	57	n/a	1300	58	1497	✓	✓	✓
	2300	56	n/a	1300	57	1497	✓	✓	✓
	2400	56	n/a	1300	57	1497	✓	✓	✓
	2500	55	n/a	1300	56	1497	✓	✓	✓
	2600	54	n/a	1300	55	1497	✓	✓	✓
	2700	54	n/a	1300	55	1497	✓	✓	✓
10	2100	58	n/a	1400	59	1497	✓	✓	✓
	2200	57	n/a	1400	58	1497	✓	✓	✓
	2300	56	n/a	1400	57	1497	✓	✓	✓
	2400	56	n/a	1400	57	1497	✓	✓	✓
	2500	55	n/a	1400	56	1497	✓	✓	✓
11	2000	59	n/a	1500	60	1497	✓	✓	✓
	2100	59	n/a	1500	60	1497	✓	✓	✓
	2200	59	n/a	1500	60	1497	✓	✓	✓
	2300	59	n/a	1500	60	1497	✓	✓	✓
	2400	58	n/a	1500	59	1497	✓	✓	✓
12	1900	61	n/a	1600	62	1497	✓	✓	✓
	2000	60	n/a	1600	61	1497	✓	✓	✓
	2100	60	n/a	1600	61	1497	✓	✓	✓
	2200	59	n/a	1600	60	1497	✓	✓	✓
	2300	58	n/a	1600	59	1497	✓	✓	✓
13	1900	62	n/a	1700	63	1497	✓	✓	✓
	2000	61	n/a	1700	62	1497	✓	✓	✓
	2100	61	n/a	1700	62	1497	✓	✓	✓
	2200	60	n/a	1700	61	1497	✓	✓	✓
	2300	59	n/a	1700	60	1497	✓	✓	✓
14	1700	63	n/a	1800	64	1497	✓	✓	✓
	1800	62	n/a	1800	63	1497	✓	✓	✓
	1900	62	n/a	1800	63	1497	✓	✓	✓
	2000	61	n/a	1800	62	1497	✓	✓	✓
	2100	61	n/a	1800	62	1497	✓	✓	✓

ตาราง 1 (ต่อ)

List	Comp1 : 3402 Kg.	CG : FWD	Comp3 : 2426 Kg.	Comp4 : 2110 Kg.	CG : AFT	Comp5 : 1497 Kg.	Safety	Satisfied	Save Cost
15	1600	65	n/a	1900	66	1497	✓	✓	✓
	1700	64	n/a	1900	65	1497	✓	✓	✓
	1800	63	n/a	1900	64	1497	✓	✓	✓
	1900	63	n/a	1900	64	1497	✓	✓	✓
	2000	62	n/a	1900	63	1497	✓	✓	✓
16	1500	66	n/a	2000	67	1497	✓	✓	✓
	1600	66	n/a	2000	67	1497	✓	✓	✓
	1700	65	n/a	2000	66	1497	✓	✓	✓
	1800	64	n/a	2000	65	1497	✓	✓	✓
	1900	64	n/a	2000	65	1497	✓	✓	✓
17	1400	68	n/a	2100	69	1497	✓	✓	✓
	1500	67	n/a	2100	68	1497	✓	✓	✓
	1600	67	n/a	2100	68	1497	✓	✓	✓
	1700	66	n/a	2100	67	1497	✓	✓	✓
	1800	65	n/a	2100	66	1497	✓	✓	✓
18	1300	69	n/a	2110	70	1497	✓	✓	✓
	1400	68	n/a	2110	69	1497	✓	✓	✓
	1500	67	n/a	2110	68	1497	✓	✓	✓
	1600	67	n/a	2110	68	1497	✓	✓	✓
	1700	66	n/a	2110	67	1497	✓	✓	✓
19	n/a	82	1300	2110	83	1497	✓	✓	✓
	n/a	83	1400	2110	84	1497	✓	✓	✓
	n/a	83	1500	2110	84	1497	✓	✓	✓
	n/a	83	1600	2110	84	1497	✓	✓	✓
	n/a	84	1700	2110	85	1497	✓	✓	✓

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สิ่งที่ค้นพบจากการวิจัยสามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ ดังนี้

1) วิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ได้พัฒนาจากแนวคิดการตัดสินใจของผู้รับผิดชอบภาระงานการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ประกอบด้วย นักบิน

พนักงานควบคุมน้ำหนักฯ พนักงานสายการบิน เพื่อนำแนวคิดไปเพิ่มความสามารถให้ระบบโดยประยุกต์ จากวิธีการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เรียงลำดับตามค่าน้ำหนักความสำคัญ (1) ความปลอดภัย (2) ความรวดเร็ว (3) ความสมดุล ในการคำนวณและจัดวาง นำเทคนิคเชิงโครงข่าย (ANP) มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในการดำเนินงานของนักบินพนักงานควบคุมน้ำหนักฯ ส่งผลในทิศทางเดียวกันในการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น การเลือกรูปแบบการขนส่งทางอากาศทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกา (Somsuk et al., 2021) จากการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยเครื่องมือแบบสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและคงที่ นักบินซึ่งมีอำนาจตัดสินใจสุดท้ายก่อนทำการบินให้ความสำคัญกับ “ค่าน้ำหนักที่อยู่ในระดับความพึงพอใจในต่อปฏิบัติการบินและค่าน้ำหนักในระดับที่สามารถช่วยในการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย” โดยค่าน้ำหนักมีความสมดุลต่อค่าจุดศูนย์ถ่วงอากาศยาน (CG) ตรงต่อเวลาและรวดเร็ว มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Sirirak et al., 2021) ที่สรุปว่า การดำเนินงานวิจัยหากปัญหาที่มีความซับซ้อน หลากหลายควรเลือกวิธีการวิจัยแบบผสมผสาน มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกับบทความของ Zavadskas et al. (2016) ที่กล่าวว่า การนำวิธีการ MCDM Method มารวมกับวิธีการอื่น ๆ (other methods) จะเพิ่มความสามารถในกระบวนการวิจัยและลดข้อจำกัดต่าง ๆ ในการดำเนินงานได้ดียิ่งขึ้น

2) การเพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยาน ด้วยวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน ตามรูปแบบโครงสร้างการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานแบบดั้งเดิม (manual method) ถูกพัฒนาขึ้นใหม่ ด้วยโปรแกรมประยุกต์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม โดยผู้ใช้ระบบสามารถคำนวณในรูปแบบอัตโนมัติที่เพิ่มความแม่นยำและลดความผิดพลาด มีสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nontasud et al. (2021) ในเรื่องของการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับสร้างเครื่องมือช่วยแนะนำน้ำหนักบรรทุกและการระวางเพิ่มความรู้ความเข้าใจและสามารถคำนวณได้อย่างถูกต้องกว่าการคำนวณด้วยวิธี Manual เพียงอย่างเดียว สิ่งที่ค้นพบจากการเพิ่มความสามารถนี้ ระบบสามารถอำนวยความสะดวกแยกประเภทสินค้า สัมภาระลดระยะเวลาในการคำนวณต่อการดำเนินงานได้ 20 นาทีต่อหนึ่งเที่ยวบิน ลดขั้นตอน

ในการจัดวางลงพื้นที่ใต้ท้องเครื่อง 10-20 นาที กรณีต้องจัดวางสินค้าและสัมภาระใหม่ (last minutes changes) ก่อนทำการบินสามารถประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายของสายการบินได้ 40,000 บาทต่ออนาที่ (cost reduction) กรณีเกิดเที่ยวบินล่าช้า (delay flight) (Airport of Thailand, 2021) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gertsuk et al. (2000) วิธีการคำนวณของอากาศยานโดยสารในปัจจุบันมีความซับซ้อน ข้อมูลมีจำนวนมากมีความยุ่งยากในการจัดเรียง ห้องจัดเก็บสัมภาระมีความแตกต่างกันไม่สะดวกต่อการคำนวณและเรียกใช้ข้อมูล ในอนาคตควรสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณ เพื่อให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว ในการดำเนินงาน

3) การเปรียบเทียบวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid MCDM) เป็นวิธีที่สามารถนำเสนอทางเลือกและสนับสนุนการตัดสินใจได้มากกว่าวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิม (manual method) โดยเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณของอากาศยานโดยสารพาณิชย์ Gertsuk et al. (2000) ผลงานวิจัยนี้ค้นพบว่า การใช้การคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกใต้ท้องเครื่องในรูปแบบอัตโนมัติสามารถรองรับการคำนวณได้มากถึง 647 รูปแบบ ตามค่าน้ำหนักให้ความสำคัญความปลอดภัย ความสมดุล ความรวดเร็ว เรียงลำดับจากค่าน้ำหนักขั้นต่ำสุดไปถึงเต็มความจุในแต่ละพื้นที่จัดเก็บสัมภาระใต้ท้องเครื่อง ทั้งในส่วนหน้าและส่วนหลังของอากาศยาน (compartments) และงานวิจัยนี้ยังค้นพบว่ารูปแบบการคำนวณและการจัดวางสินค้าและสัมภาระแบบแยกประเภทได้ จำนวน 247 รูปแบบ มีค่าดัชนีความสมดุลต่อจุดศูนย์ถ่วงอากาศยาน (CG) เป็นไปตามค่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยตามโครงสร้างอากาศยาน ค่าความพึงพอใจในการปฏิบัติการบิน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aumnuaiworachai et al. (2021) กล่าวว่า ก่อนการปฏิบัติการบินเพื่อการขนส่งผู้โดยสารและสินค้า สิ่งสำคัญที่สุดต้องคำนึงถึง คือ ความปลอดภัย ดังนั้นทุกเที่ยวบินจำเป็นต้องวางแผนการบินก่อนปฏิบัติการบิน ส่วนหนึ่งที่สำคัญคือ ขั้นตอนการคำนวณน้ำหนักบรรทุกเพื่อทำการวิ่งขึ้นและการร่อนลง หากเปรียบเทียบกับวิธีการตัดสินใจแบบดั้งเดิมนั้น การคำนวณและการจัดวางสัมภาระในการบรรทุก ไม่มีรูปแบบและแนวทางที่ชัดเจนให้ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบ ต้องอาศัยการเรียนรู้จากประสบการณ์การ

ทำงานจนเกิดเป็นความเชี่ยวชาญของแต่ละบุคคลซึ่งอาจเกิดความเสี่ยงที่เกิดจากข้อผิดพลาดของมนุษย์ (human error) ได้ตลอดเวลา และอาจจะไม่ใช่วิธีที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการดำเนินงาน และสามารถส่งผลกระทบต่อการบินร่วมกันได้

4) การจัดลำดับทางเลือกในการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสานในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง พบว่าระบบสามารถช่วยสนับสนุนและเป็นทางเลือกประกอบการตัดสินใจได้ สิ่งที่ค้นพบจากการเพิ่มความสามารถให้ระบบคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่องนั้น สามารถจัดลำดับทางเลือกได้ถึง 19 ลำดับ รวม 247 รูปแบบ จัดเรียงตามลำดับค่าน้ำหนักขั้นต่ำจนกระทั่งเต็มความจุในพื้นที่จัดวางสัมภาระทั้งส่วนหน้า และส่วนหลังอากาศยาน ที่มีค่ามาตรฐานความปลอดภัย (safety) ความพึงพอใจ (satisfied) ในการปฏิบัติการบิน และประหยัดค่าใช้จ่าย (save cost) สามารถช่วยลดต้นทุนให้กับองค์กร โดยมีค่ามาตรฐานที่สำคัญอยู่ในระดับความสมดุลอากาศยานต่อค่าดัชนีจุดศูนย์ถ่วงอากาศยาน (Center of Gravity--CG) สามารถคำนวณค่าน้ำหนักการบรรทุกและจัดวางแบบแยกประเภท สินค้า สัมภาระผู้โดยสารและน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยานในการบินขึ้น (Maximum Takeoff Weight--MTOW) และลงจอดได้ (Maximum Landing Weight--MLW) อีกทั้งยังสามารถช่วยในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนให้ได้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้อง เหมาะสม และตรงกับความต้องการของผู้รับผิดชอบมากยิ่งขึ้น

5) สรุปผลการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ หลังจากพัฒนาระบบและทดลองใช้งานจากทั้ง 3 กลุ่มพบว่า (1) กลุ่ม Key Informants A มีความเข้าใจในการคำนวณน้ำหนักและหลักการจัดวางอัตโนมัติ นั้น เพิ่มแนวทางในการคำนวณเป็นทางเลือกให้เกิดความรวดเร็วเพิ่มมากขึ้น ลดการทำงานซ้ำซ้อนในการจัดวางใหม่ (2) กลุ่ม Key Informants B มีความพึงพอใจในการนำเสนอทางเลือกตามแนวคิดการคำนวณและจัดวางในรูปแบบอัตโนมัติ สามารถกระจายภาระงานได้ อีกทั้งลดความเสี่ยงข้อผิดพลาดในการขนย้ายเมื่อต้องดำเนินงานที่ระยะเวลาจำกัดได้ (3) กลุ่ม Key Informants C มีแนวคิดเกี่ยวกับ

ทางเลือกในการคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานนั้น สามารถช่วยให้ กลุ่ม Key Informants A-B ที่ปฏิบัติงานภาคพื้นสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นลดความกดดันในการทำงานร่วมกันได้

Key Informants A: Pilot | Key Informants B: Load Control Operation | Key Informants C: Airline

เพื่อคำนวณน้ำหนักและสมดุลอากาศยานในการบรรทุกสัมภาระใต้ท้องเครื่อง เป็นการพัฒนาระบบปฏิบัติการ Windows ในรูปแบบ Window Applications เท่านั้น ดังนั้นควรศึกษาและพัฒนาในรูปแบบ ระบบแอปพลิเคชัน (application system) ที่สามารถเชื่อมต่อการทำงานด้วยเทคโนโลยีไอโอที (internet of things) ที่สามารถเชื่อมต่อทั้งระบบและอุปกรณ์ได้อย่างครบวงจร

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้พัฒนาวิธีการตัดสินใจหลายหลักเกณฑ์แบบผสมผสาน (Hybrid MCDM) ในการขนส่งทางอากาศ



References

- Airbus. (2020). *Aircraft characteristics airport and maintenance planning*. Retrieved from <https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2021-11/Airbus-Commercial-Aircraft-AC-A320.pdf>
- Aksornkitti, B., & Santisiri, W. (2021). The analysis causes of error and find its prevention in air cargo operation document. *Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation*, 32(2), 18,916-18,922.
- Aumnaiworachai, K., Vongviwat, P., & Kongsomboon, P. (2021). Takeoff and landing weight calculation for B737-800 aircraft before flight operation. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 15(1), 29-45 (in Thai)
- Chutima, P., & Srivicha, V. (2011). Development of natural gas service quality guidelines for retail using analytic network process. *Journal of Energy Research*, 8(2), 96-111. (in Thai)
- Gertsuk, T., Chaturthi, C., Boonsuwan, K., Chuensomboon, E., & Kumnuek, P. (2000). Software programming for commercial airplane weight and balance calculation. *Proceedings of the 38th Kasetsart University Annual Conference: Engineering, Agro-Industry* (pp. 49-58). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Emovon, I., & Oghenenyero, O. S. (2020). Application of MCDM method in material selection for optimal design: A review. *Results in Materials*, 7, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2020.100115>
- Liao, S., Wu, M., Huang, C., Kao, Y., & Lee, T. (2014). Evaluating and enhancing three-dimensional printing service providers for rapid prototyping using the DEMATEL based network process and VIKOR. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1-16. doi: 10.1155/2014/349348

- Nontasud, K., Vongviwat, P., Sommaneeduang, S., & Tansuriyawong, T. (2021). Loading instruction of commercial aircraft Boeing 737–800 with Microsoft Excel. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 15(1), 196–204. (in Thai)
- Shyur, H., & Shih, H. (2006). A hybrid MCDM model for strategic vendor selection. *Mathematical and Computer Modelling*, 44(8), 749–761. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2005.04.018>
- Somsuk, N., Pookboonmee, V., Huangsuwan, S., Sakulkrit, K., Nakha, S., & Saikhoone, S. (2021). Application of AHP Method to Cargo Airline Selection for Air Freight Forwarder. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 15(1), 218–234. (in Thai)
- Sirirak, W., Jantakard, H., Luesak, P., Jinta-amornchai, K., Pinchaimoon, A., Sanguanpang, S., & Seeta, C. (2021). The selection and evaluation of supplier: A review and perspective. *RMUTL Engineering Journal*, 6(1), 38–56. (in Thai)
- Srivastawa, A., Maity, S. R., & Pandey, K. M. (2017). Material Selection of Gear using Grey TOPSIS and COPRAS-G Method. *International Journal of Biotechnology and Biomedical Science*, 3(1), 34–38. <https://citly.me/wBbHo>
- Tansirikongkol, V. (2014). *Advanced decision for organization process and public well-being*. Bangkok: Amrin Printing and Publishing Public Company Limited. (in Thai)
- Thanaraksakul, W. (2009). *Supplier selection criteria based on analytic network process: A case study in an automotive industry* (Research report). Pathum Thani: Thammasat University. (in Thai)
- Thongriew, T. (2018). *A heuristic method for a container loading problem* (Master's thesis). Silpakorn University. Nakhon Pathom. (in Thai)
- Tzeng, G-H., Cheng, H-J., & Huang, T. D. (2007). Multi-objective optimal planning for designing relief delivery Systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.10.012>
- Yatsalo, B. I., Kiker, G. A., Kim, S. J., Bridges, T. S., Seager, T. P., Gardner, K., Satterstrom, F. K., & Linkov, I. (2007). Application of multicriteria decision analysis tools to two contaminated sediment case studies. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(2), 223–233. https://doi.org/10.1897/ieam_2006-036.1
- Zavadskas, E. K., Govindan, K., Antucheviciene, J., & Turskis, Z. (2016). Hybrid multiple criteria decision-making methods: A review of applications for sustainability issues. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, 29(1), 857–887, <https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.123730>

