

การจัดการเที่ยวบินให้เกิดความคุ้มค่าและประสิทธิภาพสูงสุดต่อองค์กร Flight management to maximize value and efficiency for the organization

จิตลดา ปิยะทัต

Jitlada Piyatat

สาขาการจัดการธุรกิจการบิน คณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Aviation Business Management Program, Faculty of Management Sciences

e-mail: jitladapiy@pim.ac.th

Received: November 12, 2024; Revised: December 17, 2024; Accepted: December 18, 2024

บทคัดย่อ

ในยุคที่อุตสาหกรรมการบินมีการแข่งขันสูง การจัดการเที่ยวบินอย่างมีประสิทธิภาพกลายเป็นหัวใจสำคัญที่สายการบินทุกแห่งต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน แต่ยังเพิ่มโอกาสในการสร้างกำไรและยกระดับประสบการณ์ของผู้โดยสาร การวางแผนการบินที่เหมาะสมและการใช้กลยุทธ์การจัดการที่ทันสมัยสามารถช่วยให้สายการบินประสบความสำเร็จในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ความท้าทายอยู่ที่การคำนึงถึงปัจจัยที่หลากหลายทั้งในเรื่องของเส้นทางบิน น้ำหนักอากาศยาน เชื้อเพลิง และการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม การลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพ และมอบประสบการณ์การเดินทางที่ดีแก่ผู้โดยสาร ซึ่งเป็นเรื่องที่ทำหายอย่างยิ่ง เพราะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ตัวอย่าง สายการบินไทยแอร์เอเชีย ซึ่งประสบความสำเร็จในการเป็นสายการบินต้นทุนต่ำด้วยการบริหารจัดการที่เน้นประสิทธิภาพสูงสุด ไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องบินรุ่นเดียวกันเพื่อลดค่าใช้จ่าย การวางแผนเส้นทางบินที่ให้ผลตอบแทนสูง หรือการนำระบบดิจิทัลมาใช้เพื่อลดต้นทุนด้านการดำเนินงาน บทความนี้จะสำรวจองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเที่ยวบิน ตลอดจนกลยุทธ์ที่ช่วยให้สายการบินสามารถเพิ่มศักยภาพทางธุรกิจและตอบสนองความต้องการของผู้โดยสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อต้องการนำอากาศยานออกจากท่าอากาศยาน นักบินต้องทำแผนการบิน หรือที่เรียกกันว่า Flight Plan ส่งให้กับหอควบคุมจราจรทางอากาศ(ATC)ได้รับทราบ ประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ ได้แก่ รุ่นของอากาศยาน อุปกรณ์ประจำเครื่องที่จำเป็นต้องใช้รวมถึงข้อมูล ท่าอากาศยานปลายทาง ท่าอากาศยานสำรอง กรณีอากาศยานลงท่าอากาศยานปลายทางไม่ได้ เชื้อเพลิงในเครื่องสามารถบินได้นานเท่าไร เส้นทางบินที่จะไป ความเร็ว เพดานบินที่ต้องการ รวมถึงความสูงที่นักบินขอม่าจะเป็น

ความสูงที่อากาศยานสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มากที่สุด เช่นสายการบินไทยแอร์เอเชียเป็นตัวอย่างที่ดีของสายการบินต้นทุนต่ำที่ประสบความสำเร็จในการจัดการเที่ยวบินอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยกลยุทธ์ที่เน้นการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ทำให้สายการบินสามารถเสนอบริการเที่ยวบินในราคาที่ประหยัดและเข้าถึงได้ง่ายในด้านการบริหารจัดการฝูงบิน สายการบินใช้เครื่องบินรุ่นเดียวกันเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและฝึกอบรมบุคลากร การวางแผนเส้นทางบินที่เหมาะสมโดยเน้นเส้นทางที่ได้รับความนิยมและมีศักยภาพในการทำกำไรสูง การบริหารจัดการน้ำหนักที่จะทำการควบคุมจุดสมดุลของอากาศยานอย่างเข้มงวดเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิง การนำมาใช้ในการบริหารจัดการ เช่น ระบบการจองตั๋วออนไลน์ ระบบการเช็คอินอัตโนมัติช่วยลดต้นทุนและเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้โดยสาร การลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเน้นการลดค่าใช้จ่ายในทุกๆ ด้าน เช่น ค่าเช่าพื้นที่สำนักงาน ค่าจ้างพนักงานเป็นต้น การสร้างแบรนด์ที่แข็งแกร่งและเป็นที่รู้จักของผู้บริโภค ทำให้สายการบินสามารถดึงดูดลูกค้าได้มากขึ้น

คำสำคัญ: แผนการบิน; ประสิทธิภาพในการดำเนินงาน; สายการบินต้นทุนต่ำ; เทคโนโลยี

ABSTRACT

In today's highly competitive aviation industry, efficient flight management is a critical component of success for airlines. It not only minimizes operational costs but also enhances profitability and improves passenger experiences. Achieving long-term success in this field requires a robust combination of proper flight planning and modern management strategies. However, the process involves managing a wide array of interdependent and dynamic factors, such as optimizing flight routes, managing aircraft weight, conserving fuel, and employing the most suitable technologies.

The challenge of balancing cost reduction, efficiency enhancement, and passenger satisfaction is significant due to the complexity and variability of the factors involved. For example, Thai AirAsia stands out as a successful low-cost airline, employing highly efficient management practices. The airline reduces costs by using a single aircraft model, enabling streamlined maintenance and training. It plans routes with high profitability potential, incorporates strict weight management to optimize fuel consumption, and utilizes digital systems like online ticketing and automated check-ins to lower operational expenses while enhancing passenger convenience.

This paper delves into the essential elements of effective flight management and examines strategies that help airlines maximize business potential while meeting passenger needs efficiently.

Keywords: Flight planning; operational efficiency; low-cost airlines; technology.

บทนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมการบินต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรง ความสำเร็จของสายการบินจึงขึ้นอยู่กับการจัดการเที่ยวบินอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน แต่ยังเพิ่มความสามารถในการทำกำไรและยกระดับประสบการณ์การเดินทางของผู้โดยสาร การบริหารจัดการที่ดีนั้นต้องอาศัยการวางแผนที่รอบคอบและการปรับใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อรับมือกับความท้าทายต่าง ๆ เช่น การวางแผนเส้นทางบิน การบริหารน้ำหนักอากาศยาน และการใช้เชื้อเพลิงอย่างคุ้มค่า บทความนี้จะสำรวจองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเที่ยวบินและกลยุทธ์ที่ช่วยให้สายการบินสามารถเพิ่มศักยภาพทางธุรกิจ ตอบสนองความต้องการของผู้โดยสาร และสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในระยะยาว โดยครอบคลุมตั้งแต่การวางแผนการบิน (Flight Plan) ไปจนถึงแนวทางการบริหารจัดการแบบองค์รวมที่ช่วยให้สายการบินประสบความสำเร็จในตลาดที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเที่ยวบิน อธิบายถึงองค์ประกอบของการจัดการเที่ยวบิน Flight Plan และเทคโนโลยี
2. กระตุ้นให้เกิดการพัฒนากลยุทธ์ในอุตสาหกรรมการบินและชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการลดต้นทุนโดยการใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม

ปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการจัดการเที่ยวบินให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การวางแผนเส้นทาง: การเลือกเส้นทางบินที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงระยะทาง ลม และสภาพอากาศ เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิง โดยก่อนการบินทุกครั้งนักบินจะมีการวางแผนและหาแนวทางร่วมกันหรืออย่างเช่นในการบินระยะทางสั้นใกล้ควรเลือกอากาศยานที่เหมาะสมในการให้บริการต่อให้อากาศยานขนาดใหญ่ ผู้โดยสารได้จำนวนมากทีเดียวแต่ด้านค่าใช้จ่ายอาจไม่คุ้มทุนเพราะต้นทุนของบริษัทสูงกว่าที่อื่น และไม่สามารถขายตั๋วได้แพงกว่าเส้นทางสายการบินคู่แข่ง (Sheehan, J. J., 2003; Radnoti, G., 2002)

เส้นทางบินที่มีประสิทธิภาพช่วยลดเวลาในการบินและลดการใช้เชื้อเพลิง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายลดลง สายการบินควรใช้เทคโนโลยี เช่น ระบบ GPS และการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ เพื่อคาดการณ์สภาพอากาศและจราจรทางอากาศ เพื่อการตัดสินใจที่แม่นยำยิ่งขึ้น อีกทั้งการวางแผนต้องสอดคล้องกับนโยบายการจัดการจราจรทางอากาศ เช่น การเลี่ยงจุดที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งอาจทำให้เกิดความล่าช้าในการบิน และคำนึงถึงการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการบินเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อลดต้นทุน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาใส่ใจเรื่องความยั่งยืนมากขึ้น และแนวทางที่สามารถนำไปปรับใช้ได้ดังนี้

หลีกเลี่ยงสภาพอากาศแปรปรวน

การบินผ่านพื้นที่ที่มีสภาพอากาศแปรปรวน เช่น พายุฝนฟ้าคะนอง หรือกระแสลมแรงและกระแสลมเฉือน (wind shear) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความปลอดภัยของเที่ยวบิน หากนักบินตัดสินใจบินผ่านพื้นที่เหล่านี้ อาจเกิดอันตรายต่อเครื่องบินและผู้โดยสาร เช่น การสูญเสียการควบคุมชั่วคราวหรือโครงสร้างของอากาศยานได้รับความเสียหาย การหลีกเลี่ยงพื้นที่ดังกล่าวช่วยลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุและสร้างความมั่นใจให้กับผู้โดยสาร หากยังบินผ่านอาจทำให้อากาศยานต้องเผาผลาญเชื้อเพลิงมากขึ้นในการรักษาความสูงหรือหลีกเลี่ยงอุปสรรค

ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

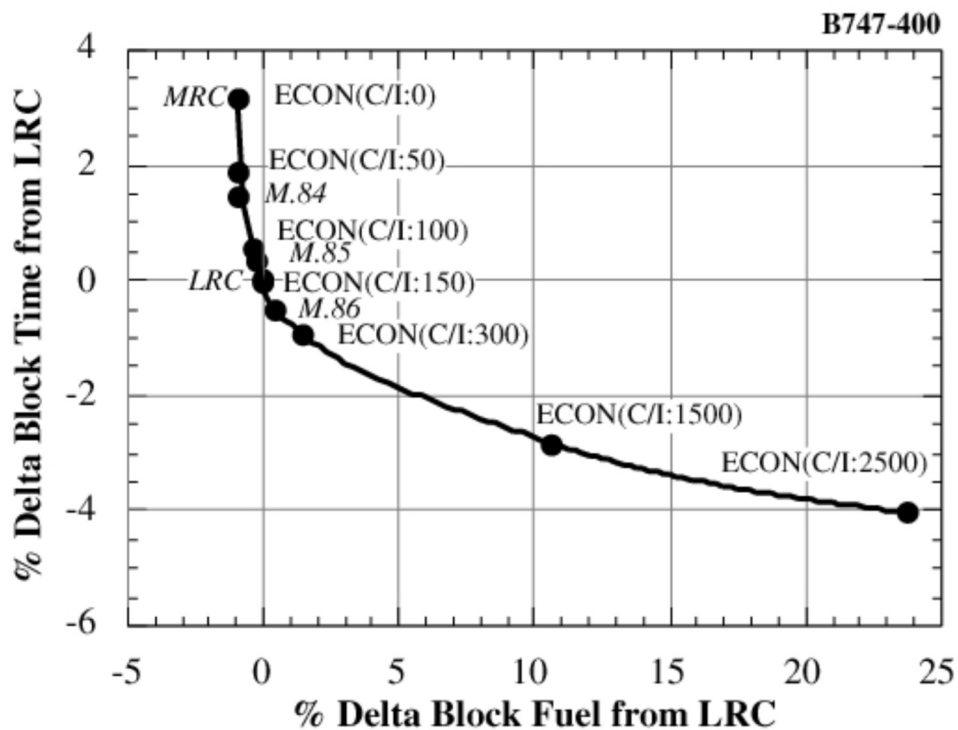
การใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่แม่นยำในการวางแผนเส้นทาง จะช่วยให้หลีกเลี่ยงสภาพอากาศเลวร้ายและเลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด การเปลี่ยนเส้นทางเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพอากาศแปรปรวนอาจทำให้เที่ยวบินใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เนื่องจากเส้นทางบินมีความยาวขึ้น หรือมีการบินในระดับความสูงที่ไม่เหมาะสม

การจัดการน้ำหนักเครื่องบิน

การควบคุมน้ำหนักของอากาศยานให้เหมาะสมโดยทำการควบคุมน้ำหนักต่าง ๆ คือ PAX (Passenger) จำนวนผู้โดยสาร Fuel เชื้อเพลิง Cargo สินค้า เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงและเพิ่มประสิทธิภาพในการบิน

การลดน้ำหนักบรรทุกที่ไม่จำเป็น เช่น น้ำมันสำรอง น้ำหนักของสัมภาระ และน้ำหนักของผู้โดยสารจะช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงการใช้ระบบจัดการน้ำหนักที่แม่นยำจะช่วยให้สามารถคำนวณน้ำหนักของอากาศยานได้อย่างถูกต้อง และวางแผนการบรรทุกน้ำมันได้อย่างเหมาะสม

การบินเป็นการเดินทางที่ต้องใช้พลังงานสูงและปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของอากาศยานอย่างหนึ่งก็คือความเร็ว ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศยานและการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นซับซ้อนและมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้องเมื่ออากาศยานบินด้วยความเร็วต่ำ แรงต้านของอากาศที่กระทำต่อตัวอากาศยานจะมีค่าน้อย ทำให้เครื่องยนต์ต้องทำงานน้อยลง และส่งผลให้สิ้นเปลืองน้ำมันน้อยลง



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและการเผาผลาญเชื้อเพลิง
(Zürcher Fachhochschule, 2017)

จากกราฟการเลือกความเร็วเป็นสิ่งสำคัญต่อการเผาผลาญเชื้อเพลิงและเวลาเดินทาง(สำหรับระดับความสูงในการบินที่กำหนด) เพื่อลดต้นทุนการดำเนินงานจำเป็นต้องคำนึงถึงทั้งระยะทางเชื้อเพลิงที่เหมาะสม (ไม่ว่าจะเป็นระยะทางสูงสุดสำหรับปริมาณเชื้อเพลิงที่กำหนดหรือการใช้เชื้อเพลิงขั้นต่ำสำหรับระยะทางที่กำหนด)และต้นทุนด้านเวลา (แรงงาน อากาศยาน ฯลฯ)

การบำรุงรักษาอากาศยาน

การบำรุงรักษาอากาศยานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดจะช่วยลดแรงเสียดทาน

ลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการบินองค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization; ICAO) ได้ให้ความหมายของการบำรุงรักษาไว้ในภาคผนวก 8 ท้ายอนุสัญญาชิคาโก ฉบับแก้ไขครั้งที่ 9 เมื่อเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 2001 ว่า “Maintenance is the performance of tasks required to ensure the continuing airworthiness of an aircraft, including any one or combination of overhaul, inspection, replacement, defect rectification, and the embodiment of a modification or repair.”

หมายความว่า "การบำรุงรักษา" คือการปฏิบัติงานที่จำเป็นเพื่อให้แน่ใจว่าความสมควรเดินอากาศของอากาศยานมีความต่อเนื่องรวมถึงรายการดังต่อไปนี้สิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือรวมกัน ได้แก่ การซ่อมบำรุงใหญ่ คือการตรวจสอบและฟื้นฟูส่วนประกอบสำคัญของเครื่องบินเพื่อให้กลับสู่สภาพการทำงานที่เหมือนใหม่ การตรวจพินิจเป็นการตรวจสอบเชิงป้องกันที่ช่วยระบุข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น การเปลี่ยนจะต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพหรือหมดอายุการใช้งาน การแก้ไขข้อบกพร่องเมื่อพบจะต้องซ่อมแซมความเสียหายหรือข้อบกพร่องที่ตรวจเจอระหว่างการตรวจสอบ และการตัดแปลงหรือซ่อมแซมคือการปรับปรุงหรือซ่อมแซมชิ้นส่วนให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน (International Civil Aviation Organization, 2006) การกำหนดนิยามและแนวทางปฏิบัติเกี่ยวกับการบำรุงรักษาโดย ICAO เป็นการกำหนดมาตรฐานระดับสากลเพื่อให้ทุกประเทศที่เป็นภาคีของอนุสัญญาชिकाโกสามารถปฏิบัติตามได้อย่างสอดคล้องกัน การบำรุงรักษาที่เป็นไปตามมาตรฐานเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างความเชื่อมั่นในระบบการบินพลเรือน และช่วยลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น

แม้การบำรุงรักษาตามมาตรฐาน ICAO จะช่วยลดความเสี่ยงได้อย่างมาก แต่ก็ยังมีความท้าทาย เช่น ค่าใช้จ่ายที่สูงในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน การขาดแคลนบุคลากรที่มีทักษะ และความซับซ้อนของระบบอากาศยานรุ่นใหม่ การนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น การ

ตรวจสอบด้วย AI หรือโดรนเข้ามาช่วยในกระบวนการบำรุงรักษาอาจเป็นแนวทางที่ช่วยลดภาระและเพิ่มประสิทธิภาพในระยะยาว

อีกทั้งการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ เช่น วัสดุที่เบากว่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่า จะช่วยลดน้ำหนักของเครื่องบินและเพิ่มประสิทธิภาพในการบินให้ดียิ่งขึ้น

การใช้เชื้อเพลิงทดแทน

การใช้เชื้อเพลิงทดแทน เช่น เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) หรือเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Synthetic Fuel) กำลังเป็นที่สนใจในอุตสาหกรรมการบิน เนื่องจากสามารถตอบสนองต่อความต้องการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเสริมสร้างความยั่งยืน เชื้อเพลิงทดแทนช่วยให้สายการบินปฏิบัติตามเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกรอบข้อตกลง CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) ของ ICAO ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อสร้างความสมดุลของการปล่อยก๊าซในอุตสาหกรรมการบิน (International Civil Aviation Organization, 2019) และเชื้อเพลิงทดแทนบางประเภท เช่น Sustainable Aviation Fuel (SAF) มีคุณสมบัติทางเคมีที่ทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยลดการใช้พลังงานในระยะยาว และเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (Schäfer, A. W. et al., 2021)

การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากพืชพรรณ หรือของเสียทางการเกษตร จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดการพึ่งพา

น้ำมันเชื้อเพลิงฟอสซิลอีกทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจนอาจเป็นทางเลือกในอนาคตสำหรับการขับเคลื่อนอากาศยานโดยไม่ปล่อยมลพิษ

การออกแบบอากาศยาน

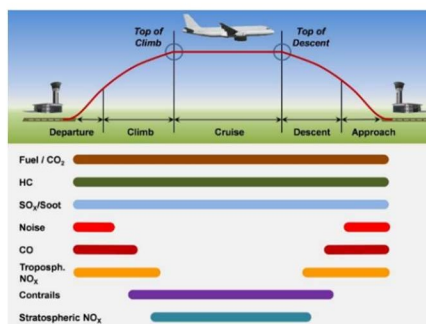
การออกแบบอากาศยานให้มีอากาศพลศาสตร์ที่ดีเป็นหัวใจสำคัญของการสร้างอากาศยานที่ประหยัดเชื้อเพลิง บินได้เร็วขึ้น และมีความเสถียรในการบินสูงขึ้น อากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) คือการศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศและผลกระทบต่อวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านอากาศ ซึ่งในที่นี้คือเครื่องบินจะช่วยลดแรงต้านอากาศและเพิ่มประสิทธิภาพในการบิน รวมไปถึงการใช้วัสดุที่เบากว่า เช่น คาร์บอนไฟเบอร์ จะช่วยลดน้ำหนักของเครื่องบิน และเพิ่มประสิทธิภาพในการบิน

การฝึกอบรมนักบิน

การฝึกอบรมนักบินให้บินอย่างประหยัดเชื้อเพลิง เช่น การเลือกความเร็วในการบินที่เหมาะสม และการใช้เทคนิคการบินที่

ช่วยลดการใช้เชื้อเพลิง จะช่วยลดต้นทุนการบินได้อย่างมากเนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และต้นทุนของการดำเนินงาน การฝึกอบรมที่มุ่งเน้นเรื่องการเลือกความเร็วในการบินและเทคนิคที่เหมาะสมสามารถลดการใช้เชื้อเพลิง เพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ และช่วยให้องค์กรลดค่าใช้จ่าย การเลือกความเร็วที่เหมาะสม

นักบินได้รับการฝึกให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของอากาศยานกับการใช้พลังงาน การเลือกความเร็วที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของเที่ยวบิน เช่น การขึ้นบิน (climb), การเดินทาง (cruise), และการลงจอด (descent) สามารถช่วยประหยัดเชื้อเพลิงและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวอย่างเช่น การใช้อัตราความเร็วในช่วง Long Range Cruise Speed ซึ่งเป็นความเร็วที่อากาศยานสามารถบินได้ไกลที่สุดโดยใช้น้ำมันน้อยที่สุด ถือเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพ (Brown, J., 2020)



ภาพที่ 2 Phase of Flight (ระยะการบิน) และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในแต่ละช่วง (Researchgate, 2024)

ภาพแสดงให้เห็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงของการบิน ทั้งในแง่ของมลพิษทางอากาศ (CO_2 , NO_x , SO_x , และอื่นๆ) และมลพิษทางเสียง โดยช่วงที่มีผลกระทบสูงสุดจะเป็นระยะ Departure และ Cruise เนื่องจากการใช้พลังงานอย่างเข้มข้นของเครื่องยนต์ในช่วงนี้

1. Departure (ระยะออกตัว)

อากาศยานเริ่มออกตัวจากรันเวย์และเพิ่มความสูง

ผลกระทบหลัก:

เชื้อเพลิง/ CO_2 : การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงในช่วงที่เครื่องยนต์ต้องทำงานหนัก

ไฮโดรคาร์บอน (HC): ปล่อยในปริมาณที่ปานกลาง

ซัลเฟอร์ออกไซด์/เขม่า (SO_x /Soot): ปล่อยในระดับปานกลาง

เสียง: การสร้างเสียงดังสูงสุดเนื่องจากเครื่องยนต์ใช้กำลังมาก

คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO): สูงเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2. Climb (ระยะไต่ระดับ)

อากาศยานไต่ระดับจนถึงระดับความสูงการบิน (Cruise Altitude)

ผลกระทบหลัก:

เชื้อเพลิง/ CO_2 : ปล่อยในปริมาณสูง

Tropospheric NO_x : การปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ในชั้นโทรโพสเฟียร์เพิ่มขึ้น

3. Cruise (ระยะบินระดับ)

อากาศยานรักษาระดับความสูงสำหรับการเดินทางไกล

ผลกระทบหลัก:

เชื้อเพลิง/ CO_2 : สูงสุดในระยะนี้เนื่องจากใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง

Contrails (ไอน้ำ): เกิดการก่อตัวของไอน้ำและคอนเทรล (เส้นทางไอน้ำ)

Stratospheric NO_x : ปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ในชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์

4. Descent (ระยะลดระดับ)

อากาศยานลดระดับเพื่อเตรียมลงจอด

ผลกระทบหลัก:

Tropospheric NO_x : การปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ในชั้นโทรโพสเฟียร์ยังคงสูง

5. Approach (ระยะเตรียมลงจอด)

อากาศยานลงจอดบนรันเวย์

ผลกระทบหลัก:

เชื้อเพลิง/ CO_2 : ลดลงเมื่อเทียบกับช่วงก่อนหน้า

เสียง: การสร้างเสียงรบกวนขณะลงจอด

HC และ CO: เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ไม่สมบูรณ์

เทคนิคการบินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

นักบินยังถูกฝึกฝนให้ใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การบินในระดับความสูงที่เหมาะสม ซึ่งช่วยให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การใช้อุปกรณ์ช่วยบิน เช่น ระบบปรับเส้นทาง (Flight Management Systems: FMS) เพื่อวางแผนเส้นทางบินที่ลดระยะทางและหลีกเลี่ยงสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย รวมถึงการฝึกให้ใช้การลงจอดแบบ continuous descent approach (CDA) ที่ช่วยประหยัดเชื้อเพลิงและลดการสึกหรอของเครื่องยนต์ (Smith, L., 2018)

การฝึกอบรมจำลองสถานการณ์ (Simulation Training)

การใช้เครื่องจำลองการบิน (flight simulators) ช่วยให้นักบินฝึกเทคนิคดังกล่าวในสถานการณ์เสมือนจริง โดยไม่ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรจริง ช่วยลดต้นทุนในการฝึกอบรมและเพิ่มความมั่นใจให้นักบินเมื่อเผชิญสถานการณ์จริงอีกทั้งพัฒนาทักษะที่จำเป็นในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อน การลงทุนในระบบจำลองสถานการณ์ที่ทันสมัยจึงเป็นสิ่งที่สายการบินและหน่วยงานด้านการบินทั่วโลกควรให้ความสำคัญเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมการบินในอนาคต

การใช้เทคโนโลยีช่วยในการจัดการเที่ยวบิน

การใช้ระบบการจัดการเที่ยวบินที่ทันสมัย จะช่วยในการวางแผนเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด และควบคุมการบินให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่นการบินในทิศทางเดียวกันกับลมจะใช้เวลาและเชื้อเพลิงน้อยกว่าการเดินทางในทิศทางต้านกระแสลม (Sheehan, J. J., 2003; Radnoti, G., 2002

การจัดตารางเที่ยวบินที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้โดยสารและลดเวลาในการรอคอยของอากาศยานที่ท่าอากาศยาน โดยปกติตารางการบินมีการปรับเปลี่ยนปีละสองครั้ง ช่วงหน้าหนาว (Winter Schedule) และช่วงหน้าร้อน (Summer Schedule) (สมยศ วัฒนากมลชัย, 2560)

การบำรุงรักษาอากาศยานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาขัดข้องและเพิ่มอายุการใช้งานการบำรุงรักษาเครื่องบินเป็นหัวใจสำคัญของความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการบิน หน่วยงานบริหารการบินแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (Federal Aviation Administration: FAA) ได้กำหนดกฎระเบียบและมาตรฐานที่เข้มงวดสำหรับการบำรุงรักษาอากาศยาน เพื่อให้มั่นใจว่าบินอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานและปลอดภัยเสมอ ในด้านการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Scheduled Maintenance) การบำรุงรักษาตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง การตรวจสอบระบบต่าง ๆ เป็นต้น

การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition-Based Maintenance): การบำรุงรักษาตามสภาพจริงของชิ้นส่วน โดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์และระบบตรวจสอบต่าง ๆ เพื่อทำนายเมื่อชิ้นส่วนใดจะเสียหาย และทำการซ่อมแซมก่อนที่จะเกิดปัญหา

การบำรุงรักษาตามความผิดปกติ (Corrective Maintenance): การซ่อมแซมเมื่อเกิดความเสียหายหรือชิ้นส่วนชำรุด

การจัดการพนักงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด มีความแม่นยำ ชำนาญและแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างถูกต้อง ลดความล่าช้าเพื่อให้บริการผู้โดยสารได้อย่างรวดเร็วและมีคุณภาพ

การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลการบินการวิเคราะห์ข้อมูลการบิน (Aviation Data Analytics) เป็นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการรวบรวม วิเคราะห์ และตีความข้อมูลจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการบิน เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพความปลอดภัย และการตัดสินใจทางธุรกิจในอุตสาหกรรมการบิน จะช่วยในการค้นหาแนวทางในการลดการใช้เชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพนวัตกรรมที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการบิน Machine Learning: ใช้ในการเรียนรู้รูปแบบและพฤติกรรมของข้อมูลการบิน เพื่อทำนายปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ล่วงหน้า เช่น การบำรุงรักษาอากาศยานที่คาดการณ์ได้ หรือการตรวจจับความผิดปกติในการบิน

Deep Learning: ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพและวิดีโอจากกล้องติดตั้งบนอากาศยาน เพื่อตรวจสอบความเสียหายของอากาศยาน หรือวิเคราะห์สภาพอากาศการตรวจจับก้อนเมฆพายุ ฟ้าผ่า หรือสภาวะอันตรายที่อาจส่งผลต่อการบิน เทคโนโลยีนี้ช่วยให้สายการบินสามารถปรับเส้นทางบินเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมได้ทันที ซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยและลดการใช้เชื้อเพลิงและช่วย

ตรวจสอบความเสียหายของอากาศยานเป็นไปอย่างแม่นยำรวดเร็ว โดยอัลกอริธึมสามารถตรวจจับรอยร้าว, การเสียรูป, หรือการสึกหรอบนพื้นผิวเครื่องบินได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งช่วยลดความจำเป็นในการพึ่งพาการตรวจสอบด้วยมนุษย์เพียงอย่างเดียว นอกจากจะลดเวลาในการซ่อมบำรุงแล้ว ยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยด้วยการป้องกันปัญหาเล็ก ๆ ที่อาจพัฒนาไปเป็นปัญหาใหญ่ การนำ Deep Learning มาใช้ ในกระบวนการนี้ยังช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากความเหนื่อยล้าของบุคลากรที่ตรวจสอบด้วยตนเอง นอกจากนี้ ยังสามารถปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพในช่วงเวลาต่อเนื่องเพื่อคาดการณ์ความเสียหายในอนาคตได้ล่วงหน้า

Big Data Analytics: วิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว เพื่อค้นหาแนวโน้มและรูปแบบที่ซ่อนอยู่ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลการจองบัตรโดยสารเพื่อปรับปรุงกลยุทธ์การตลาด หรือการวิเคราะห์ข้อมูลการบินเพื่อปรับปรุงเส้นทางบิน

Internet of Things (IoT) การนำ มาใช้ในอุตสาหกรรมการบินไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความปลอดภัย แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเชื้อเพลิงและการบำรุงรักษา (Smith, J., 2021) เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ บนเครื่องบินเข้ากับระบบเครือข่าย เพื่อรวบรวมข้อมูล เช่น อุณหภูมิ ความดัน และการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์

ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อทำนายปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ล่วงหน้าเช่น การเสื่อมสภาพของเครื่องยนต์หรือชิ้นส่วนที่อาจต้องเปลี่ยนก่อนที่จะเสียหาย แม้ว่า IoT จะเพิ่มต้นทุนเริ่มต้นในการติดตั้งอุปกรณ์และระบบ แต่ในระยะยาวจะช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานและเพิ่มความปลอดภัยอย่างมีนัยสำคัญ

Blockchain ใช้ในการบันทึกข้อมูลการบินอย่างปลอดภัยและโปร่งใส ช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือและลดความเสี่ยงในการปลอมแปลงข้อมูล Blockchain ถูกใช้ในการบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบิน เช่น ข้อมูลเที่ยวบิน, การซ่อมบำรุงเครื่องบิน, และข้อมูลผู้โดยสาร โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกเข้ารหัสและจัดเก็บในรูปแบบของบล็อกที่เชื่อมโยงกัน ทำให้ข้อมูลมีความโปร่งใส สามารถตรวจสอบได้โดยไม่ต้องเสี่ยงต่อการถูกแก้ไขหรือปลอมแปลง ในบริบทของการบิน การปลอมแปลงข้อมูลเป็นปัญหาที่มีความเสี่ยงสูง เช่น การแก้ไขข้อมูลบำรุงรักษาเครื่องบินอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัย Blockchain ช่วยลดความเสี่ยงเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังช่วยสร้างความมั่นใจแก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เช่น ผู้โดยสาร, หน่วยงานกำกับดูแล, และผู้ให้บริการด้านการบิน

ด้วยการที่ Blockchain บันทึกข้อมูลในทุกขั้นตอนของการดำเนินงานแบบต่อเนื่อง ทำให้สามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ เช่น หากมีปัญหาเกิดขึ้นกับเครื่องบิน ผู้เกี่ยวข้องสามารถติดตามแหล่งที่มาของปัญหาผ่าน

ประวัติข้อมูลที่ถูกจัดเก็บบนบล็อกเชนได้อย่างง่ายดาย อีกทั้งมีคุณสมบัติในการเข้ารหัสข้อมูลและการยืนยันตัวตนของผู้ที่เข้าถึงข้อมูลผ่านเครือข่าย ทำให้ลดความเสี่ยงของการโจมตีจากภายนอกหรือการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาต ยกตัวอย่าง เช่น ข้อมูลผู้โดยสารที่เกี่ยวข้องกับการจองตั๋วหรือข้อมูลการเดินทางสามารถถูกจัดเก็บอย่างปลอดภัยและถูกป้องกันไม่ให้มีการดัดแปลง

ตัวอย่างการนำนวัตกรรมไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการบินจากเซ็นเซอร์ช่วยทำนายการบำรุงรักษา เพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายของสายการบิน (Smith, A. & Johnson, M., 2021) เช่นการทำนายการบำรุงรักษาโดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์บนอากาศยานและประวัติการบำรุงรักษาเพื่อทำนายว่าชิ้นส่วนใดจะเสียหายเมื่อใด ช่วยให้สายการบินสามารถวางแผนการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มความปลอดภัย รวมไปถึงการปรับปรุงเส้นทางบินที่ วิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลการจราจรทางอากาศ และข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง เพื่อค้นหาเส้นทางบินที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงปรับปรุงเส้นทางบินช่วยลดเวลาในการเดินทาง ลดการใช้เชื้อเพลิง และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Lee, T., 2020) การตรวจจับการฉ้อโกงวิเคราะห์ข้อมูลการจองตั๋วและการชำระเงิน (Brown, k., 2023) เพื่อตรวจจับพฤติกรรมที่ผิดปกติ เช่น การจองตั๋วปลอม หรือการใช้บัตรเครดิตที่ถูกขโมยและ

นำมาใช้ อีกทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน วิเคราะห์ข้อมูลการดำเนินงานของสายการบิน เช่น เวลาในการขึ้น-ลง อากาศยาน เวลาในการขนสัมภาระ เพื่อหาจุดที่สามารถปรับปรุงได้ ช่วยลดต้นทุนและเพิ่มความพึงพอใจของผู้โดยสาร (Wilson, P., 2019) และการเพิ่มความปลอดภัยในการบินสามารถวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุทางอากาศและเหตุการณ์ใกล้เคียงอุบัติเหตุ เพื่อหาสาเหตุและป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำได้อีกในอนาคต (Davis, R., 2020)

บทสรุป

การจัดการเที่ยวบินให้เกิดความคุ้มค่าและประสิทธิภาพสูงสุดนั้น เป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งสำหรับสายการบิน เพราะจะส่งผลต่อทั้งต้นทุนในการดำเนินงานเส้นทางบินที่ได้รับความนิยมและมีความต้องการสูงสามารถสร้างรายได้ให้กับสายการบิน แต่การตัดสินใจต้องคำนึงถึงต้นทุนการดำเนินงานและอัตราการแข่งขันด้วย และควรคำนึงความพึงพอใจของผู้โดยสารและเพิ่มประสบการณ์การเดินทางที่ดีสำหรับผู้โดยสารเพื่อให้กลับมาใช้บริการของสายการบินอีก การจัดการเที่ยวบินให้ตรงเวลา ลดความล่าช้า การเพิ่มความสะดวกในการให้บริการ เช่น ระบบเช็คอินอัตโนมัติ การนำเทคโนโลยี เช่น ระบบ AI, IoT, และการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ มาช่วยสนับสนุนการวางแผนเส้นทางเป็นแนวทางที่สายการบินควรพิจารณา นอกจากนี้การปรับปรุงความร่วมมือกับ ATC

และการบริหารทรัพยากรทั้งด้านคนและทรัพยากรขององค์กร อย่างเหมาะสมยังช่วยให้การดำเนินการในด้านนี้มีความคล่องตัวและประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จของธุรกิจในระยะยาวจึงต้องมีการบริหารจัดการวางแผนเส้นทางการบิน เพื่อรับมือกับสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงกะทันหัน หรือการระบาดของโรค การจัดการเที่ยวบินที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุดในปัจจุบันต้องอาศัยการผสมผสานระหว่างด้านเทคโนโลยี การวางแผนที่แม่นยำ การลดต้นทุน และการมุ่งเน้นความยั่งยืน การพัฒนาระบบที่ตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและปัจจัยทางเศรษฐกิจจะช่วยให้สายการบินสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในยุคที่การแข่งขันรุนแรง การหลีกเลี่ยงพื้นที่เสี่ยง เช่น สภาพอากาศแปรปรวน รวมถึงการบริหารจัดการเชื้อเพลิง (Fuel Efficiency) การเลือกพีดานบินที่เหมาะสมเพื่อประหยัดเชื้อเพลิง การลดน้ำหนักบรรทุกและปรับปรุงประสิทธิภาพของอากาศยาน อย่างมีประสิทธิภาพการเลือกเส้นทางที่ลดระยะทางและเวลาในการบิน

การวิเคราะห์แนวทางปัจจุบัน

สายการบินได้นำเทคโนโลยี เช่น Big Data และ AI มาวิเคราะห์ข้อมูลการบินในเชิงลึก เช่น การวิเคราะห์สภาพอากาศและพฤติกรรมผู้โดยสารส่งผลให้การตัดสินใจในการวางแผนและการจัดการเที่ยวบิน

แม่นยำมากขึ้นในการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น การจองตั๋ว การเดินทางในช่วงวันหยุดและ วิเคราะห์แนวโน้มความต้องการเดินทางในเส้นทางหรือฤดูกาลต่างๆ ช่วยให้สายการบินจัดการที่นั่งและปรับตารางเที่ยวบินได้อย่างเหมาะสม ด้าน AI จะช่วยเลือกเส้นทางที่ปลอดภัย ประหยัดพลังงาน และลดเวลาเดินทางใช้ และยังช่วยปรับเพดานบินและความเร็วที่เหมาะสมตามสภาพอากาศแบบเรียลไทม์ ทำให้ลดการใช้เชื้อเพลิงโดยการทำนายความเสี่ยงของกระแสลมและหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่ต้องใช้พลังงานสูง

การเพิ่มความยั่งยืน (Sustainability)

สายการบินกำลังให้ความสำคัญกับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การเลือกเส้นทางที่ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้อากาศยานที่ประหยัดพลังงาน และการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel)

ความปลอดภัยและการบริหารความเสี่ยง

การใช้ IoT และการเชื่อมโยงข้อมูลผ่านระบบ Cloud ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพใน

การตรวจสอบสภาพของอากาศยานแบบเรียลไทม์ ลดความเสี่ยงจากข้อบกพร่องและเพิ่มความปลอดภัย

การจัดการเที่ยวบินที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพในอนาคตมีความเป็นไปได้สูงเนื่องจากมีการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่สนับสนุนการดำเนินงานของสายการบินอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม โอกาสเหล่านี้ยังต้องเผชิญกับความท้าทายด้าน การใช้เทคโนโลยีล้ำสมัย การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ความเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมผู้โดยสารและความท้าทายที่อาจเกิดขึ้น เช่น ความปลอดภัยทางไซเบอร์, ความผันผวนของราคาน้ำมันและต้นทุนพลังงานและการเปลี่ยนแปลงกฎระเบียบการปรับตัวให้สอดคล้องกับกฎระเบียบใหม่ๆ ของหน่วยงานด้านการบินทั่วโลก เช่น มาตรฐานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อาจสร้างความท้าทายใหม่ ในอนาคตต้องมีความพร้อมทั้งวางกลยุทธ์ที่คำนึงถึงความยั่งยืนและความปลอดภัยไว้ด้วยกัน

เอกสารอ้างอิง

สมยศ วัฒนากมลชัย. (2560). *ธุรกิจสายการบิน*. พิมพ์ครั้งที่ 22 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

Brown, J. (2020). *Fuel efficiency in aviation: Strategies for optimal performance*. New York, NY: Aviation Press.

- Brown, K. (2023). Fraud detection in airline systems: Innovations and challenges. *Journal of Aviation Security*, 15(3), 112-126.
- Davis, R. (2020). Air safety analytics: Preventing future incidents. *Safety and Risk Management Journal*, 10(2), 89-105.
- International Civil Aviation Organization. (2006). *Annex 8 to the convention on international civil aviation: Airworthiness of Aircraft*. Ninth edition, Montreal.
- International Civil Aviation Organization. (2019). *CORSIA: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*. Montreal: ICAO.
- Lee, T. (2020). Optimizing flight routes: Weather, air traffic, and fuel consumption analysis. *Journal of Aerospace Efficiency*, 7(1), 45-63.
- Radnoti, G. (2002). *Profit Strategies for Air Transportation*. New York City: McGraw-Hill.
- Researchgate. (2024). *flight phases of the environmental impacts associated with the aircraft operation*. [Online] Available: https://www.researchgate.net/figure/Repartition-by-flight-phases-of-the-environmental-impacts-associated-with-the-aircraft_fig4_271966665.
- Sheehan, J. J. (2003) *Business and Corporate Aviation Management: On-Demand Air Transportation*. New York City: McGraw-Hill.
- Smith, L. (2018). *Advanced flight techniques: A guide for modern pilots*. London, UK: AeroTech Publications.
- Smith, A. & Johnson, M. (2021). Predictive maintenance in aviation: Leveraging sensor and historical data. *Aviation Maintenance Review*, 13(5), 67-81.
- Smith, J. (2021). The role of IoT in aviation: Enhancing safety and efficiency. *Aviation Technology Journal*, 45(3), 123–136. <https://doi.org/10.xxxx/aviation.iot>
- Schäfer, A. W., Evans, A. D., Reynolds, T. G., & Dray, L. M. (2021). Sustainable aviation fuel as a pathway to net-zero aviation. *Nature Communications*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24091-y>
- Wilson, P. (2019). Improving airline operations: Data-driven strategies for cost reduction and passenger satisfaction. *Operations Research in Aviation*, 9(3), 223-240.

Zürcher Fachhochschule. (2017). *Fuel Economy as Function of Weight and Distance*.
[Online] Available:[https://digitalcollection.zhaw.chserver/apicore/bitstreams/
c3d88565-1104-47d4-8954-3419a85bc3c9/content](https://digitalcollection.zhaw.chserver/apicore/bitstreams/c3d88565-1104-47d4-8954-3419a85bc3c9/content).