



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มความสามารถการบริหารจัดการอากาศยาน

CASE STUDY AIRCRAFTS CAPABILITY MANAGEMENT IMPROVEMENT

กาจพน บุญชัยชาญกิจ

KARDPON BOONCHAICHANKIJ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มความสามารถการบริหารจัดการอากาศยาน

CASE STUDY
AIRCRAFTS CAPABILITY MANAGEMENT IMPROVEMENT

กัจพน บุญชัยชาญกิจ

KARDPON BOONCHAICHANKIJ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การเพิ่มความสามารถการบริหารจัดการอากาศยาน

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นาย กาจพน บุญชัยชาญกิจ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ. ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข

บทคัดย่อ

การปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นปรัชญาสำคัญที่สร้างคุณค่า โดยมุ่งขจัดความสูญเปล่าของกระบวนการ และเสริมสร้างศักยภาพการดำเนินงานให้เกิดผลผลิตภายใต้ภาวะการแข่งขันของธุรกิจในยุคโลกาภิวัตน์ โดยเฉพาะความท้าทายของอุตสาหกรรมสายการบินที่ต้องเผชิญกับอิสรภาพทางการแข่งขันที่ถูกผลักดันจากนโยบายน่านฟ้าเสรี โครงการนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการเพิ่มความสามารถการบริหารจัดการอากาศยานภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบันของสายการบินพาณิชย์ที่ประสบปัญหาการไม่สามารถวางแผนให้อากาศยานมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินเป็นไปตามสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ซึ่งส่งผลต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์อากาศยานและต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน โดยกำหนดการจำนวนเต็มได้ถูกนำมาใช้ในการหาความถี่การปฏิบัติการบินตามแต่ละเส้นทางบินที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนให้อากาศยานสามารถปฏิบัติการบินสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน อันมีต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน และต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน เป็นต้นทุนดำเนินการที่มีอิทธิพลจากการปรับเปลี่ยนการปฏิบัติการบินของแบบจำลองหาความเหมาะสม โดยการประมวลผล พบว่าผลลัพธ์ที่ได้สามารถลดต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน และต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน เท่ากับร้อยละ 14.83 และ 0.63 ตามลำดับ

คำสำคัญ การปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง กำหนดการจำนวนเต็ม แบบจำลองหาความเหมาะสม อุตสาหกรรมสายการบิน

Cooperative Title: Case Study Aircrafts Capability Management Improvement

Student intern name: Mister Kardpon Boonchaichankij

Faculty: Engineering **Department:** Industrial Engineering

Advisor Name: Asst. Prof. Dr. Udom Janjarassuk

ABSTRACT

Continuous Improvement or also known as Lean is a value creation principle which focus on eliminating wastes in any processes in an organization to strengthen operating potentiality along with productivity due to intensive competition in the globalization era, especially challenges in an airline industry which is more competitive under open sky policy. This project presents a capability improvement of aircrafts management in a commercial airline which faced with incapable of fleet planning that cannot assign aircrafts to be operated on their network in accordance with the assumption of average stage length; one of potential factors that influence engine deterioration and engine maintenance cost. Integer programming model is used to optimize the operating frequencies of aircrafts to meet the optimistic average stage length and utilization, which are operating conditions of Flight Hour Agreement. This optimization model considers two-potential cost which be changed according to the optimization, i.e., engine maintenance cost and jet fuel cost. The results show that the optimal operating model of aircrafts can reduce engine maintenance cost and jet fuel cost by 14.83% and 0.63% respectively compare to the existing plan.

Keywords: Airline Industry, Continuous Improvement, Integer Programming, Optimization Model

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ. ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจศึกษา ที่ให้คำแนะนำในแนวคิดและความรู้ด้วยความเชี่ยวชาญและความชำนาญ ติดตามการดำเนินงาน ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง จนโครงการนี้สำเร็จลุล่วง ข้าพเจ้าตระหนักถึงความทุ่มเทของอาจารย์ตลอดระยะเวลาดำเนินงาน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่านที่อบรมสั่งสอน และถ่ายทอดความรู้ที่เป็นประโยชน์ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอกราบขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้าพเจ้าได้มีโอกาสเข้าไปศึกษากระบวนการทำงานและได้นำความรู้ที่สั่งสมมาใช้ในการปฏิบัติงานจริง และขอขอบพระคุณพนักงานทุกท่านที่ให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการทำงานและให้การสนับสนุนข้อมูลสำหรับโครงการนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตลอดจนเพื่อนนักศึกษาที่เข้ารับการศึกษาที่บริษัทกรณีศึกษา ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

กาจพน บุญชัยชาญกิจ

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.4 สมมติฐานของโครงการ.....	3
1.5 ขอบเขตของโครงการ.....	4
1.6 วิธีดำเนินการ.....	5
1.7 แผนการดำเนินการ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองหาความเหมาะสม.....	6
2.1.1 รูปแบบแบบจำลองหาความเหมาะสม.....	6
2.1.2 การแก้ปัญหาแบบจำลองหาความเหมาะสม ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล.....	8
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองหาความเหมาะสม.....	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ.....	11
3.1 สภาพปัญหาบริษัทกรณีศึกษา.....	12
3.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยแบบจำลองหาความเหมาะสม.....	13
3.2.1 เขต.....	15
3.2.2 ดัชนี.....	15
3.2.3 พารามิเตอร์.....	15
3.2.4 ตัวแปร.....	17
3.2.5 สมการวัตถุประสงค์.....	17

3.2.6	ข้อจำกัด.....	21
บทที่ 4	ผลการดำเนินการ.....	23
4.1	แผนปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาที่ถูกปรับเปลี่ยน	
	จากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561.....	23
4.1.1	ผลการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา.....	23
4.1.2	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ของ อากาศยานศึกษา.....	25
4.2	แผนปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาที่ถูกปรับเปลี่ยนใน ปี พ.ศ.2561.....	26
4.2.1	ผลการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา.....	26
4.2.2	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ของ อากาศยานศึกษา.....	28
4.2.3	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ตามค่าเฉลี่ยระยะเวลา ปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา.....	29
4.3	ผลการดำเนินการจากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา ในปี พ.ศ.2561.....	30
บทที่ 5	สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ.....	32
5.1	สรุปผลการดำเนินการ.....	32
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	33
5.2.1	ข้อเสนอแนะสำหรับบริษัทกรณีศึกษา.....	33
5.2.2	ข้อเสนอแนะสำหรับโครงการในในอนาคต.....	33
เอกสารอ้างอิง.....		34
ภาคผนวก.....		36
ภาคผนวก ก	การใช้งานอากาศยาน a _{1.0} ตามแผนปฏิบัติการบิน ระหว่างปี พ.ศ.2558-2560.....	37
ภาคผนวก ข	การบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน.....	39
ภาคผนวก ค	กระบวนการวางแผนปฏิบัติการบิน.....	42
ภาคผนวก ง	อากาศยานของบริษัทกรณีศึกษา.....	43
ภาคผนวก จ	เขต ดัชนี และพารามิเตอร์.....	44
ภาคผนวก ฉ	ผลการคำนวณ.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	แผนการดำเนินการ.....	5
ตารางที่ 4.1	อัตราการศึกษาหรือเครื่องยนต์อากาศยานของอากาศยานศึกษาที่สัมพันธ์กับ แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยน.....	29
ตารางที่ ก.1	อัตราการศึกษาหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ตามเงื่อนไขการใช้งานของ อากาศยาน $a_{1.0}$ ตามแผนปฏิบัติการบิน ระหว่างปี พ.ศ.2558-2560.....	38
ตารางที่ ง.1	อากาศยานแบ่งตามพิสัยการบินและพิถัดความจุของบริษัทกรณีสึกษา.....	43
ตารางที่ จ.1	ข้อมูลอากาศยานศึกษา.....	44
ตารางที่ จ.2	ข้อมูลเส้นทางบิน.....	45
ตารางที่ จ.3	ข้อมูลแผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2560/2561.....	46
ตารางที่ จ.4	ข้อมูลแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561.....	47
ตารางที่ จ.5	ข้อมูลแผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2561/2562.....	48
ตารางที่ จ.6	ข้อมูลต้นทุนบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ต่อระยะเวลาปฏิบัติการบิน.....	49
ตารางที่ จ.7	ข้อมูลอัตราการศึกษาหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$	49
ตารางที่ จ.8	ข้อมูลอัตราการศึกษาหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.1}$	50
ตารางที่ จ.9	ข้อมูลอัตราการศึกษาหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{2.0}$	50
ตารางที่ จ.10	ข้อมูลอัตราการศึกษาหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.0}$	51
ตารางที่ จ.11	ข้อมูลอัตราการศึกษาหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.1}$	52
ตารางที่ จ.12	ข้อมูลอัตราการศึกษาหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{2.0}$	52
ตารางที่ ฉ.2	ผลการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาตาม แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา \forall ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

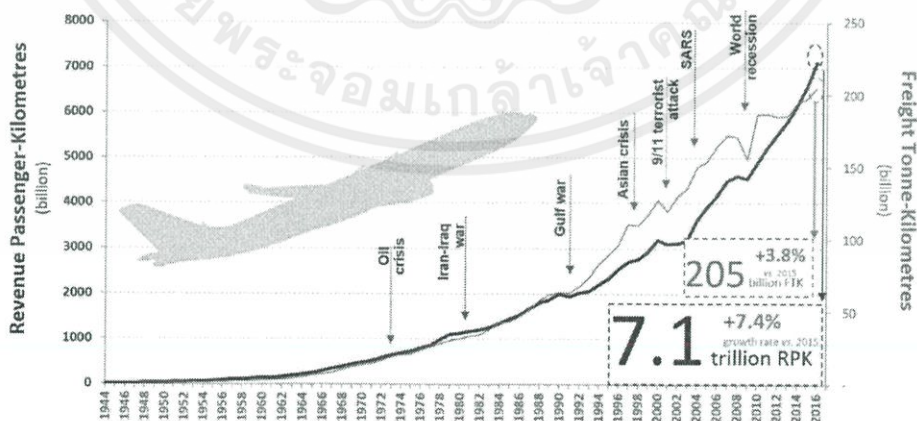
รูปที่ 1.1	ปริมาณการขนส่งด้านผู้โดยสาร-กิโลเมตร และปริมาณระวางบรรทุกสินค้า-กิโลเมตรของโลก.....	1
รูปที่ 3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานกับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.0}$	12
รูปที่ 4.1	ความถี่การปฏิบัติการบินจำแนกตามพิสัยการบินของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561....	24
รูปที่ 4.2	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561.....	25
รูปที่ 4.3	อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561.....	25
รูปที่ 4.4	ความถี่การปฏิบัติการบินจำแนกตามพิสัยการบินของอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561 ที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561.....	27
รูปที่ 4.5	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561 ที่เป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561.....	28
รูปที่ 4.6	อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561 ที่เป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561.....	28
รูปที่ ก.1	ความถี่การปฏิบัติการบินจำแนกตามพิสัยการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ ระหว่างปี พ.ศ.2558-2560.....	37
รูปที่ ข.1	การเสื่อมสภาพของส่วนประกอบภายในเครื่องยนต์อากาศยานที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการไหลของอากาศ.....	40
รูปที่ ข.2	ผลกระทบจากการเสื่อมสภาพเครื่องยนต์อากาศยานที่ส่งผลต่อความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสียกับอุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่เครื่องยนต์อากาศยาน.....	40
รูปที่ ค.1	กระบวนการวางแผนปฏิบัติการบิน.....	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สายการบินเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจ ไม่เฉพาะเพียงแต่ในฐานะผู้ให้บริการขนส่งผู้โดยสารและสินค้า ทว่ายังเป็นตัวการสร้างความเป็นเอกภาพจากการเชื่อมโยงความหลากหลายทางสังคมและวัฒนธรรมผ่านโครงข่ายเส้นทางบินเข้าไว้ด้วยกัน [1] นับตั้งแต่สายการบินเริ่มให้บริการเชิงพาณิชย์ด้วยอากาศยานไอพ่นเป็นครั้งแรกในช่วงกลางศตวรรษที่ 20 ประกอบกับการพัฒนาเทคโนโลยีอากาศยานให้มีความทันสมัย เสริมสร้างศักยภาพให้สายการบินสามารถกำหนดอัตราโดยสารที่ต่ำลงกว่าเดิมถึงร้อยละ 80 [2] เป็นผลให้การเดินทางทางอากาศไม่ใช่วิธีทางเลือกที่ถูกจำกัดเฉพาะกลุ่มผู้มีรายได้สูงและกลายเป็นรูปแบบการเดินทางที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน อีกทั้งอุตสาหกรรมสายการบินยังเป็นตัวการขับเคลื่อนการพาณิชย์ระหว่างประเทศ โดยเฉพาะความสามารถในการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่เป็นปัจจัยผลักดันการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ระหว่างภาคธุรกิจ-ผู้บริโภค (Business-to-Customer (B2C)) ผ่านเครือข่ายติดต่อสื่อสารสังคมออนไลน์ (Internet) [3] ดังแสดงการเติบโตของปริมาณการขนส่งด้านผู้โดยสาร-กิโลเมตร (Revenue Passenger Kilometres (RPK)) และปริมาณระวางบรรทุกทุกสินค้า-กิโลเมตร (Revenue Freight Ton Kilometer (RFTK)) ของโลก ในรูปที่ 1.1 [4]



รูปที่ 1.1 ปริมาณการขนส่งด้านผู้โดยสาร-กิโลเมตร (RPK) และปริมาณระวางบรรทุกทุกสินค้า-กิโลเมตร (RFTK) ของโลก

ในแต่ละปีอุตสาหกรรมสายการบินสร้างประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบเศรษฐกิจเป็นมูลค่ามากกว่า 2.7 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐฯ หรือร้อยละ 3.6 ของผลรวมผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศของโลก (World Gross Domestic Product) โดยในปี พ.ศ.2560 มีปริมาณการขนส่งผู้โดยสาร-กิโลเมตร (RPK) และปริมาณระวางบรรทุกสินค้า-กิโลเมตร (RFTK) มากกว่า 7.75 ล้านล้านที่นั่ง-กิโลเมตร และ 2.54 ล้านล้านตัน-กิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นมูลค่ากว่า 7.8 แสนล้านดอลลาร์สหรัฐฯ หรือคิดเป็นร้อยละ 1 ของผลรวมผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศของโลก [5] และคาดการณ์ว่ามีแนวโน้มที่จะเติบโตอย่างต่อเนื่องภายใต้นโยบายน่านฟ้าเสรีในอัตราร้อยละ 4.3 ต่อปี ซึ่งหมายความถึงโอกาสการเติบโตทางธุรกิจที่สายการบินต่างต้องพัฒนาศักยภาพการบริหารจัดการภายใต้สภาพทางการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงจากสงครามราคาน้ำมันตั้งแต่รูปแบบสายการบินต้นทุนต่ำที่เกิดขึ้นในช่วงศตวรรษที่ 21 [2]

จากการศึกษาวิจัยกรณีศึกษา เป็นสายการบินพาณิชย์ที่ให้บริการขนส่ง ผู้โดยสาร สินค้า พัสดุภัณฑ์ และไปรษณีย์ภัณฑ์ทางอากาศ ตลอดจนดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวข้องและสนับสนุนการขนส่งทางอากาศ ซึ่งประสบปัญหาการเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานจากการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินและ/หรืออากาศยานให้ตอบสนองต่อความต้องการเดินทางของผู้โดยสาร เพื่อเพิ่มความสามารถทางการแข่งขันในเส้นทางบินที่มีศักยภาพตลอดจนเพื่อให้บริษัทสามารถดำเนินการตามมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมสายการบินภายใต้แผนการด้านการซื้อขายคาร์บอนเครดิตของสหภาพยุโรป (European Union Emissions Trading System (EU ETS)) และกลไกลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Global Market Based Mechanism (GMBM)) ขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization (ICAO)) ซึ่งสาเหตุดังกล่าวล้วนแต่เป็นปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อตารางแผนปฏิบัติการบินที่ไม่สามารถจัดสรรอากาศยานให้มีรูปแบบการใช้งานเป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (Flight Hour Agreement (FHA)) อันมี (1) ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน (Average Stage Length) (2) อัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization) และ (3) แรงขับเคลื่อนเครื่องยนต์อากาศยาน (Take-Off Derate) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่ขับเคลื่อนต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ประกอบกับความสามารถระวางการวางแผนปฏิบัติการบินภายใต้ระบบบริหารจัดการโครงข่ายเส้นทางบินที่ไม่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลต้นทุนดำเนินการในด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ซึ่งไม่สามารถแปรผันตามอัตราการใช้ชั่วโมงเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับการใช้งานได้อย่างมีพลวัต และปัญหาดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขการใช้งานอากาศยานที่ไม่สอดคล้องกับเส้นทางบินภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินในปัจจุบัน โดยโครงข่ายนี้ถูกขับเคลื่อนจากแนวคิดการปรับปรุงและพัฒนาอย่าง

ต่อเนื่องในการจัดอุปสรรคของการวางแผนปฏิบัติการบินของบริษัทด้วยแบบจำลองหาความเหมาะสม (Optimization Model) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ถูกประยุกต์ใช้ในการกำหนดและแก้ปัญหาการวิจัยดำเนินการที่เสริมสร้างประสิทธิภาพการบริหารจัดการในหลากหลายมิติของธุรกิจ อีกทั้งวิธีการดังกล่าวอาศัยทรัพยากรภายในบริษัทโดยไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มแต่ประการใด

ฉะนั้น ประเด็นปัญหาหลักของโครงการนี้ คือ อากาศยานมีการใช้งานไม่สัมพันธ์ตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ส่งผลให้ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานเพิ่มสูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อเพิ่มความสามารถการวางแผนปฏิบัติการบิน ให้อากาศยานมีการใช้งานเทียบเท่าหรือใกล้เคียงเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน

2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการต้นทุนดำเนินการ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หลังจากดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ มีดังต่อไปนี้

1. สามารถวางแผนปฏิบัติการบิน ให้อากาศยานมีการใช้งานเทียบเท่าหรือใกล้เคียงเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน

2. สามารถบริหารจัดการต้นทุนดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 สมมติฐานของโครงการ

การกำหนดและแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองหาความเหมาะสม สำหรับใช้เป็นเครื่องมือเสริมสร้างขีดความสามารถการวางแผนปฏิบัติการบิน ให้อากาศยานมีการใช้งานสัมพันธ์ตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน ตลอดจนมีต้นทุนดำเนินการต่ำที่สุด

1.5 ขอบเขตของโครงการ

1. การวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้อากาศยานมีการใช้งานไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ระหว่างปี พ.ศ.2558-2560 ครอบคลุมแผนปฏิบัติการบิน ดังนี้

- 1.1 แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2557/2558
- 1.2 แผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2558
- 1.3 แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2558/2559
- 1.4 แผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2559
- 1.5 แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2559/2560
- 1.6 แผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2560
- 1.7 แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2560/2561

2. อากาศยานศึกษา ประกอบด้วย

2.1 อากาศยานที่มีการใช้งานไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน

2.2 อากาศยานที่มีพิกัดความจุเทียบเท่าบนพื้นฐานผลิตภัณฑ์บนอากาศยานในระดับเดียวกันและมีพิธีการบินที่สามารถปฏิบัติการบินทดแทนอากาศยานในข้อ 2.1

3. แบบจำลองหาความเหมาะสมถูกกำหนดสำหรับวางแผนปรับเปลี่ยนการใช้งานอากาศยานศึกษาที่อ้างอิงตามแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ภายใต้การใช้งานอากาศยานศึกษาที่ถูกคำนวณบนฐาน 52 สัปดาห์ ครอบคลุมแผนปฏิบัติการบิน ดังนี้

- 3.1 แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2560/2561 ระยะเวลา 12 สัปดาห์
- 3.2 แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจาก
แผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ระยะเวลา 31 สัปดาห์
- 3.3 แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2561/2562 ระยะเวลา 9 สัปดาห์

4. การกำหนดและแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล (Microsoft Excel)

5. ดอลลาร์สหรัฐฯ (United States dollar (USD)) เป็นสกุลเงินที่ใช้อ้างอิงสำหรับการคำนวณผลและเปรียบเทียบผลการคำนวณ

6. ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอ้างอิงตามตลาดโลกโดยเฉลี่ยย้อนหลัง 12 เดือน (12-Month Rolling Average) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2560 ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2561

1.6 วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาสภาพปัญหาเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ด้วยการวิเคราะห์การปฏิบัติการบินตามแผนปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา

2. เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับการกำหนดและแก้ปัญหาแบบจำลองหาความเหมาะสม เพื่อหารูปแบบของแผนปฏิบัติการบินที่ทำให้อากาศยานศึกษามีการใช้งานเป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน ตลอดจนมีต้นทุนดำเนินการต่ำที่สุด

3. เปรียบเทียบการใช้งานอากาศยานศึกษาที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อนปี พ.ศ.2561 และผลจากการปรับเปลี่ยนการใช้งานอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561 เพื่อวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของการใช้งานอากาศยานศึกษาภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน สำหรับนำไปประยุกต์ใช้เป็นกลยุทธ์ในการวางแผนปฏิบัติการบินภายใต้ระบบบริหารจัดการโครงข่ายเส้นทางบิน

1.7 แผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการ

รายการ	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
1. ศึกษาปัญหา กำหนดวัตถุประสงค์ และกำหนดขอบเขต	←→			
2. ศึกษาเอกสาร งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	←		→	
3. การกำหนดและแก้ปัญหา แบบจำลองทางคณิตศาสตร์		←		→
4. วิเคราะห์ผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ			←	→
5. เขียนรูปเล่มปริญญานิพนธ์			←	→

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่กล่าวถึงในบทนี้ มุ่งเน้นนำเสนองานวิจัยที่ประยุกต์ใช้แบบจำลองหาความเหมาะสมสำหรับการปรับปรุงและพัฒนาศักยภาพการดำเนินงานของอุตสาหกรรมสายการบิน ประกอบกับข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการตัดสินใจ โดยมีรายละเอียดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบจำลองหาความเหมาะสม

2.1.1 รูปแบบแบบจำลองหาความเหมาะสม

แบบจำลองหาความเหมาะสมสามารถจำแนกรูปแบบปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามลักษณะของสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) และข้อจำกัด (Constraint) ดังนี้ [6]

1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ปราศจากข้อจำกัด (Unconstrained Optimization) เป็นแบบจำลองหาความเหมาะสมที่มีสมการวัตถุประสงค์เป็นได้ทั้งฟังก์ชันเส้นตรงและฟังก์ชันที่ไม่เป็นเส้นตรง โดยมีรายละเอียดสมการ ดังนี้

$$\max (\min) f(x)$$

ทั้งนี้ แบบจำลองลักษณะดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาตามรูปแบบของฟังก์ชัน ในกรณีที่เป็นฟังก์ชันที่ไม่ปรับเรียบสามารถใช้วิธี Direct Search และ Random ในการหาคำตอบที่เหมาะสม และสามารถใช่วิธี First Order, Newton-Raphson และ Conjugat Gradients ในการหาคำตอบที่เหมาะสมของสมการที่มีรูปแบบฟังก์ชันปรับเรียบ

2. แบบจำลองกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นแบบจำลองหาความเหมาะสมที่มีสมการวัตถุประสงค์ ตลอดจนข้อจำกัด เป็นฟังก์ชันเส้นตรง โดยมีรายละเอียดสมการ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \max (\min) && \sum c_i x_i \\ & \text{subject to} && \text{lhs}_i \leq A_i x \leq \text{rhs}_i \\ & && l_i \leq x_i \leq u_i \end{aligned}$$

ทั้งนี้ แบบจำลองลักษณะดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาด้วยวิธี Simplex, Cutting-Plane, Branch and Bound, Branch and Cut, Branch and Price, Criss-cross, Ellipsoid, Feasible Interior Point, Projective, Affine Scaling, Vaidya และ Path-Following

3. แบบจำลองกำหนดการเชิงยกกำลังสอง (Quadratic Programming) เป็นแบบจำลองหาความเหมาะสมที่สมการวัตถุประสงค์มีเลขชี้กำลังเท่ากับสอง และมีข้อจำกัดเป็นฟังก์ชันเส้นตรง โดยมีรายละเอียดสมการ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \max (\min) && \sum c_i x_i + \frac{1}{2} \sum H_{ij} x_i x_j \\ & \text{subject to} && \text{lhs}_i \leq A_i x \leq \text{rhs}_i \\ & && l_i \leq x_i \leq u_i \end{aligned}$$

ทั้งนี้ แบบจำลองลักษณะดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาด้วยวิธี Feasible Interior Point, Active Set, Augmented Lagrangian, Conjugate gradient และ Gradient Projection

4. แบบจำลองกำหนดการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear Programming) เป็นแบบจำลองหาความเหมาะสมที่มีสมการวัตถุประสงค์เป็นฟังก์ชันที่ไม่เป็นเส้นตรง โดยที่ข้อจำกัดเป็นได้ทั้งฟังก์ชันเส้นตรงและฟังก์ชันที่ไม่เป็นเส้นตรง โดยมีรายละเอียดสมการ ดังนี้

$$\begin{aligned} & \max (\min) && f(x) \\ & \text{subject to} && \text{lhs}_i \leq A_i x \leq \text{rhs}_i \\ & && \text{lhs}_j \leq g_j(x) \leq \text{rhs}_j \\ & && l_i \leq x_i \leq u_i \end{aligned}$$

ทั้งนี้ การแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมของแบบจำลองลักษณะดังกล่าว สามารถจำแนกตามลักษณะออกเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ปราศจากข้อจำกัดแบบหนึ่งมิติ (One-Dimensional Unconstrained Optimization) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ปราศจากข้อจำกัดแบบหลายมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Multi-Dimensional Unconstrained Optimization) แบบจำลองกำหนดการเชิงยกกำลังสอง (Quadratic Programming) แบบจำลองกำหนดการแบบแยก (Separable Programming) และแบบจำลองที่มีโค้งเว้าเดียวและมีข้อจำกัดเป็นฟังก์ชันเส้นตรง (Convex Programming with Linear Constraints) ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic) จากสมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัดดังที่กล่าวมาในข้อ 2-4 กำหนดให้

x = ตัวแปร

c = พารามิเตอร์

H = เมตริกซ์อนุพันธ์ย่อยอันดับสองของฟังก์ชันที่มีหลายตัวแปร

A = ค่าสัมประสิทธิ์ของข้อจำกัดที่เป็นฟังก์ชันเส้นตรง

g_j = ค่าสัมประสิทธิ์ของข้อจำกัดที่ไม่เป็นฟังก์ชันเส้นตรง

l_i = ขอบเขตล่าง

u_i = ขอบเขตบน

2.1.2 การแก้ปัญหาแบบจำลองหาความเหมาะสมด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซลสามารถแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาความเหมาะสมของตัวแปรที่ต้องการทราบค่า ประกอบด้วยวิธี (1) Simplex (2) GRG Non-Linear และ (3) Evolutionary โดยมีรายละเอียด ดังนี้ [7][8]

1. Simplex เป็นวิธีการที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีสมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First Order Equation) ซึ่งประกอบด้วยการบวก การลบ การคูณ และการหาร อันเป็นรูปแบบการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐาน โดยตัวแปรและข้อจำกัดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต้องเป็นฟังก์ชันเส้นตรงเท่านั้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมโดยรวม (Global Optimal) ภายใต้งื่อนไขที่เป็นข้อจำกัดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เสมอ

2. GRG Non-Linear เป็นวิธีการที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีตัวแปร ตลอดจนข้อจำกัดที่เป็นฟังก์ชันที่ไม่เป็นเส้นตรงที่ปรับเรียบที่เป็นผลมาจากรูปแบบฟังก์ชันยกกำลังและ/หรือฟังก์ชัน เศษส่วน ตลอดจนค่าสั่งฟังก์ชัน นอกเหนือจากการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐาน โดยวิธีการดังกล่าวไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นคำตอบเหมาะสมโดยรวม (Global Optimal) กล่าวคือคำตอบที่ได้จากการประมวลผลอาจเป็นเพียงคำตอบที่เหมาะสมเฉพาะบริเวณ (Local Optimal) โดยเฉพาะในกรณีที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีลักษณะหลายโค้งเว้า (Non-Convex) อนึ่ง วิธีการ GRG Non-Linear ยังสามารถใช้ในการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเส้นตรง ทว่ามีประสิทธิภาพความแม่นยำในการประมวลผลที่น้อยกว่า อีกทั้งยังใช้เวลาในการประมวลผลที่นานกว่า และวิธีการดังกล่าวยังสามารถใช้ในการ

ประมวลผลเพื่อหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบฟังก์ชันที่ไม่ปรับเรียบและ/หรือฟังก์ชันไม่ต่อเนื่องได้ในบางกรณี

3. Evolutionary เป็นวิธีการที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถประมวลผลเพื่อหาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีตัวแปรและข้อจำกัดที่ประกอบด้วยฟังก์ชันไม่ปรับเรียบและ/หรือฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง ทว่าวิธีการดังกล่าวอาจไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมโดยรวม (Global Optimal) และ/หรือคำตอบที่เหมาะสมเฉพาะบริเวณ (Local Optimal) กล่าวคือคำตอบที่ประมวลผลได้อาจเป็นเพียงคำตอบที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีการดังกล่าวยังสามารถหาคำตอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีตัวแปรและข้อจำกัดเป็นฟังก์ชันเส้นตรงหรือเป็นฟังก์ชันที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรงที่ปรับเรียบ แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าจากระยะเวลาประมวลผลที่นานกว่าวิธี Simplex และ GRG Non-Linear

2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองหาความเหมาะสม

แบบจำลองหาความเหมาะสมเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมสายการบินในหลากหลายมิติ ทั้งทางด้านการวางแผนเชิงกลยุทธ์ ตลอดจนยุทธวิธีปฏิบัติการที่เสริมสร้างประสิทธิภาพการดำเนินงาน

Shan Lan, John-Paul Clarke และ Cynthia Barnhart, 2548 ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) ในการเพิ่มความสามารถบริหารจัดการอากาศยานในด้านการบริหารจัดการความเสี่ยงที่มุ่งเน้นการจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการปฏิบัติการบินที่ถูกวางแผนให้เกิดความคุ้มค่าของการใช้อากาศยาน โดยเฉพาะความล่าช้าของเที่ยวบิน ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อเที่ยวบินถัดไปที่ถูกวางแผนให้ใช้อากาศยานลำดังกล่าวในการปฏิบัติการบินเกิดความล่าช้าตามมา ประกอบกับปัญหาที่ผู้โดยสารมักประสบกับการไม่สามารถดำเนินการเปลี่ยนเครื่องบิน ณ สนามบินแวะพักได้ทันเนื่องจากระยะเวลาที่กระชั้น โดยรูปแบบการแก้ปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวสามารถเพิ่มอัตราการเที่ยวบินตรงต่อเวลาของเที่ยวบินของสายการบินหนึ่งในสหรัฐอเมริกาและโดยสามารถลดผลกระทบจากความล่าช้าของเที่ยวบินที่ส่งผลกระทบต่อผู้โดยสารให้น้อยลง [9]

Yu Wang, Hong Sun และคณะ, 2558 ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming (MIP)) ในการปรับปรุงและพัฒนาขีดความสามารถกระบวนการวางแผนอากาศยานที่มีความอ่อนไหวจากอัตราโดยสารและปริมาณความต้องการเดินทางของผู้โดยสารที่เปลี่ยนแปลงภายใต้อิทธิพลจากพฤติกรรมการแข่งขันของตลาดที่ส่งผลต่อ

ความสามารถในการทำกำไร โดยเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สายการบินตัดสินใจที่จะกำหนดปริมาณการผลิตด้านผู้โดยสารให้เกิดความเหมาะสมด้วยการปรับเพิ่มความสามารถปฏิบัติการบินและ/หรืออากาศยานที่มีพิกัดความจุให้รองรับต่อปริมาณความต้องการเดินทาง หรือเลือกปรับเพิ่มอัตราโดยสารโดยคงไว้ซึ่งปริมาณการผลิตด้านผู้โดยสาร ซึ่งผลการศึกษากลุ่มตัวอย่าง 11 สายการบินในสาธารณรัฐประชาชนจีนแสดงให้เห็นว่าอัตราโดยสารที่ปรับเพิ่มส่งผลต่อความสามารถในการทำกำไรที่เหนือกว่าการเพิ่มปริมาณการผลิตด้านผู้โดยสาร [10]

Lay Eng Teoh และ Hooi Ling Khoo, 2559 ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการพลวัต (Dynamic Programming Model) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตัดสินใจลงทุนซื้อกำหนดเวลาขึ้น-ลง ณ ท่าอากาศยาน (Slot) เพื่อปรับเพิ่มความสามารถปฏิบัติการบินให้สอดคล้องกับความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการเดินทางของผู้โดยสาร โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความคุ้มค่าของการตัดสินใจเลือกซื้อกำหนดเวลาด้วยปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งไม่เพียงสร้างความพึงพอใจจากความสามารถตอบสนองความต้องการเดินทางของผู้โดยสาร แต่ยังเพิ่มความสามารถในการทำกำไร ตลอดจนสามารถสร้างประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน [11]

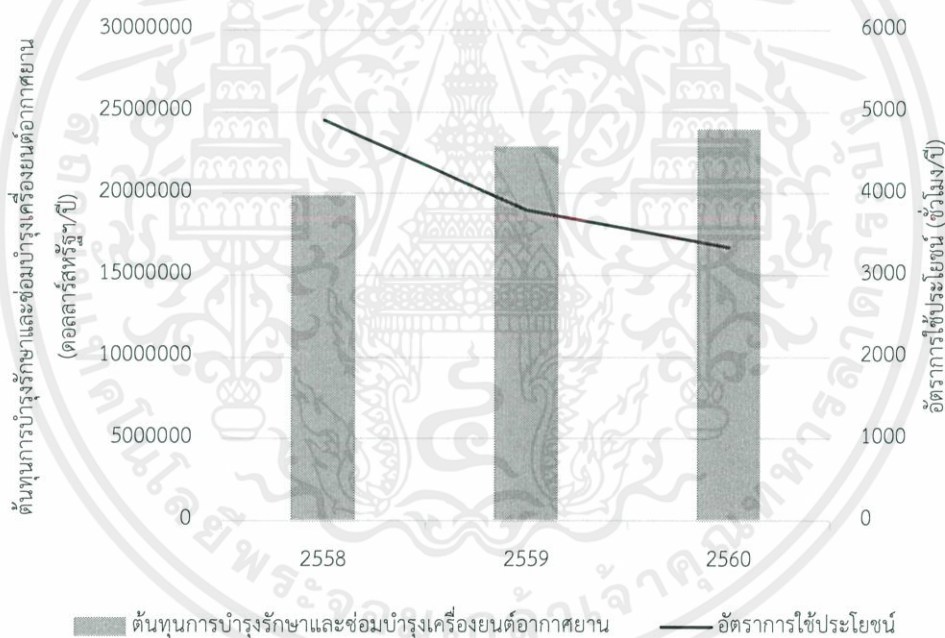
บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

การดำเนินการเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาการเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานที่เป็นผลสืบเนื่องจากการใช้งานอากาศยานไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) มีกระบวนการเริ่มจากการศึกษาการใช้งานของอากาศยานที่มีต้นทุนด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานเพิ่มสูงขึ้นตามแผนปฏิบัติการบินระหว่างปี พ.ศ.2558-2560 โดยทำการวิเคราะห์แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนตามแต่ละเส้นทางบินของอากาศยานศึกษาดังกล่าว จากนั้นทำการกำหนดแบบจำลองหาความเหมาะสมสำหรับหารูปแบบแผนปฏิบัติการบินภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน ที่ทำให้อากาศยานศึกษามีการใช้งานสัมพันธ์กับเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ตลอดจนมีต้นทุนดำเนินการต่ำที่สุด

3.1 สภาพปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษา เป็นสายการบินพาณิชย์ที่ให้บริการขนส่งผู้โดยสาร สินค้า พัสดุภัณฑ์ และไปรษณีย์ภัณฑ์ทางอากาศ ตลอดจนดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวข้องและสนับสนุนการขนส่งทางอากาศ โดยในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2558-2560 บริษัทประสบปัญหาการเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานที่ไม่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.0}$ ที่ลดน้อยลง ซึ่งขัดต่อรูปแบบการคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานที่แปรผันตามอัตราการใช้ประโยชน์ตามสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานกับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.0}$ รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานกับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.0}$

จากประเด็นปัญหาดังกล่าว ผู้จัดทำจึงทำการศึกษารูปแบบการปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ ตามแผนปฏิบัติการบินในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2558-2560 เพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ประกอบด้วย (1) การเพิ่มประสิทธิภาพปริมาณการผลิตด้านผู้โดยสาร-กิโลเมตร (ASK) ด้วยการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินและ/หรืออากาศยานให้สอดคล้องกับความต้องการเดินทางของผู้โดยสารที่เปลี่ยนแปลง

ตลอดจน (2) การเพิ่มความสามารถทางการแข่งขันในเส้นทางบินที่มีศักยภาพ และ (3) ความตระหนักถึงภัยพิบัติของสภาวะโลกร้อนที่เป็นผลจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรม สายการบินให้เป็นไปตามแผนการด้านการซื้อขายคาร์บอนเครดิตของสหภาพยุโรป (EU ETS) และกลไกลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GMBM) ขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO) ด้วยการปรับเปลี่ยนอากาศยานที่มีรูปแบบผลิตภัณฑ์บนอากาศยานที่มีความทันสมัยทัดเทียมสายการบินคู่แข่ง ตลอดจนมีประสิทธิภาพการเผาผลาญเชื้อเพลิงและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหนือกว่า โดยข้อมูลจากแผนปฏิบัติการบินบ่งชี้ถึงการใช้งานของอากาศยาน a_{1.0} ที่ถูกปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยใกล้ที่มีระยะทางปฏิบัติการบินไม่เกิน 2,000 กิโลเมตร และในขณะเดียวกันกลับถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยกลางที่มีระยะการปฏิบัติการบินระหว่าง 2,001-6,000 กิโลเมตร ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน อันเป็นหนึ่งในสามปัจจัยนอกเหนือจากอัตราการใช้ประโยชน์และแรงขับเคลื่อนเครื่องยนต์อากาศยานที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่ปรับลดลงจากอัตราส่วนการปฏิบัติการบินที่เปลี่ยนแปลง โดยแสดงรายละเอียดการปรับเปลี่ยนการปฏิบัติการบินของอากาศยาน a_{1.0} ตามแผนปฏิบัติการบินระหว่างปี พ.ศ.2558-2560 และรายละเอียดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่ส่งผลสืบเนื่องต่อด้านต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ดังภาคผนวก ก และ ข ตามลำดับ ประกอบกับความสามารถกระบวนการวางแผนปฏิบัติการบินภายใต้ระบบบริหารจัดการโครงข่ายเส้นทางบินที่ไม่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลต้นทุนดำเนินการในด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ซึ่งไม่สามารถแปรผันตามอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับการใช้งานได้อย่างมีพลวัต เป็นผลให้บริษัทไม่สามารถวางแผนการใช้งานอากาศยานสำหรับการปฏิบัติการบินภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินในปัจจุบันได้อย่างเหมาะสม

3.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยแบบจำลองหาความเหมาะสม

การเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานเป็นปัญหาที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อการวางแผนปฏิบัติการบินที่ไม่สามารถจัดสรรอากาศยานให้มีการใช้งานเป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขการใช้งานอากาศยานที่ไม่สอดคล้องกับเส้นทางบินภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน โดยโครงข่ายนี้มุ่งเน้นแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อเสริมสร้างขีดความสามารถกระบวนการวางแผนปฏิบัติการบิน ดังแสดงรายละเอียดกระบวนการวางแผนปฏิบัติการบินในภาคผนวก ค ด้วยการกำหนดแนวทางที่เป็นกลยุทธ์ในการวางแผนปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาด้วยแบบจำลองหาความเหมาะสม

“กำหนดการจำนวนเต็ม (Integer Programming (IP))” สำหรับการจัดสรรความถี่การปฏิบัติการบินตามแต่ละเส้นทางบินของอากาศยานศึกษา โดยมีสมมติฐานให้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์เทียบเท่าหรือใกล้เคียงเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ตลอดจนมีต้นทุนดำเนินการต่ำที่สุด ภายใต้ขอบเขตการกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. อากาศยานศึกษามีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ง ประกอบด้วย
 - 1.1 $a_{1,0}$ เป็นอากาศยานที่มีการใช้งานไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA)
 - 1.2 $a_{1,1}$ และ $a_{2,0}$ เป็นอากาศยานที่มีพิสัยความจุเทียบเท่าหรือแตกต่างกันน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5 บนพื้นฐานผลผลิตภัณฑ์บนอากาศยานในระดับเดียวกัน และมีพิสัยการบินที่สามารถปฏิบัติการบินทดแทนอากาศยาน $a_{1,0}$
2. การปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินอ้างอิงตามแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 โดยกำหนดให้
 - 2.1 แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนคงไว้ซึ่งความถี่การปฏิบัติการบินตามแต่ละเส้นทางบิน และกระทบต่อปริมาณการผลิตด้านผู้โดยสารตามแต่ละเส้นทางบินน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5
 - 2.2 การปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินไม่คำนึงถึงโอกาสหรือการสูญเสียโอกาสทางการขาย การหมุนเวียนอากาศยานศึกษาตามแต่ละลำ ตลอดจนการเข้ารับการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงอากาศยาน
3. ต้นทุนดำเนินการที่ใช้ในการคำนวณ ประกอบด้วย
 - 3.1 ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน
 - 3.2 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน
4. ต้นทุนดำเนินการถูกคำนวณในรอบ 52 สัปดาห์ โดยคาบเกี่ยวแผนปฏิบัติการบิน ดังนี้
 - 4.1 แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2560/2561 ระยะเวลา 12 สัปดาห์
 - 4.2 แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ระยะเวลา 31 สัปดาห์
 - 4.3 แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2561/2562 ระยะเวลา 9 สัปดาห์

3.2.1 เขต

R	เขตเส้นทางบิน
A	เขตอากาศยานศึกษา
TPI	เขตแผนปฏิบัติการบินปัจจุบัน
TPI'	เขตแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่ถูกลำมาคำนวณ
TPI''	เขตแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่ถูกลำมาคำนวณ

3.2.2 ดัชนี

i	ท่าอากาศยานต้นทาง
j	ท่าอากาศยานแวะพัก
k	ท่าอากาศยานปลายทาง
r	เส้นทางบินระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i
a	อากาศยานศึกษา
tpi	แผนปฏิบัติการบิน
tpi''	แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยน

3.2.3 พารามิเตอร์

$ASL_{r_{tpi}}$	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i โดยนับเฉพาะเวลาที่อากาศยานเริ่มทะยานขึ้น กระทั่งร่อนลงจอด ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi
$BLKT_{r_{tpi}}$	ผลรวมระยะเวลาเที่ยวบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi
$OGT_{r_{tpi}}$	ผลรวมระยะเวลาแวะพักเพื่อขนถ่ายผู้โดยสารและสัมภาระในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi
T_i	ระยะเวลาที่ถูกสงวนสำหรับการทำความสะอาดและการตรวจสอบประจำวัน
$N_{r_{tpi}}^{LD}$	ผลรวมจำนวนครั้งของการร่อนลงจอดในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi
N_a	จำนวนอากาศยานศึกษา a
R_F^a	อัตราบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยานศึกษา a

$N_{r_{tpi}}^a$	ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi
T_{tpi}	ผลรวมจำนวนสัปดาห์ของการปฏิบัติการบินตามแผนปฏิบัติการบิน tpi
ASL_{n-1}^a	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบิน
ASL_{n+1}^a	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับสูงกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบิน
$R_{ASL_{n-1}}^a$	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบิน
$R_{ASL_{n+1}}^a$	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับสูงกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบิน
UTL_{n-1}^a	อัตราการใช้ประโยชน์ หรือ ค่าเฉลี่ยผลรวมระยะเวลาเที่ยวบินที่ปฏิบัติการบินโดยอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณอัตราการใช้ประโยชน์
UTL_{n+1}^a	อัตราการใช้ประโยชน์ หรือ ค่าเฉลี่ยผลรวมระยะเวลาเที่ยวบินที่ปฏิบัติการบินโดยอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับสูงกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณอัตราการใช้ประโยชน์
$R_{UTL_{n-1}}^a$	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณอัตราการใช้ประโยชน์
$R_{UTL_{n+1}}^a$	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับสูงกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณอัตราการใช้ประโยชน์
P_F	ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อหน่วยบริโภค
C_{FHA}^a	ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานเมื่อเทียบกับระยะเวลาปฏิบัติการบินที่สัมพันธ์ตามเงื่อนไขการใช้งานของอากาศยานศึกษา a

$C_{r_{tpi}}^a$ ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของอากาศยานศึกษา a ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi

3.2.4 ตัวแปร

$N_{r_{tpi}}^a$ ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ ตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบิน tpi

ASL_n^a ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a

$R_{ASL_n}^a$ อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่เป็นผลลัพธ์จากการคำนวณค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน

UTL_n^a อัตราการใช้ประโยชน์ หรือ ค่าเฉลี่ยผลรวมระยะเวลาเที่ยวบินที่ปฏิบัติการบินโดยอากาศยานศึกษา a

$R_{UTL_n}^a$ อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ที่เป็นผลลัพธ์จากการคำนวณอัตราการใช้ประโยชน์

C_M ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน

C_F ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน

3.2.5 สมการวัตถุประสงค์

การวางแผนจัดการการปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนดำเนินการให้ต่ำที่สุด (Minimize Total Operating Cost) ซึ่งผู้จัดทำได้คัดกรองต้นทุนคงที่และต้นทุนที่ไม่ผันแปรจากการปรับเปลี่ยนอากาศยานสำหรับการปฏิบัติการบิน ตลอดจนต้นทุนผันแปรที่มีอัตราส่วนของมูลค่าต้นทุนที่ไม่มีอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เพื่อลดความซับซ้อนของตัวแปรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดแสดงดังสมการที่ 3.1

$$\min Z = C_M + C_F \quad (3.1)$$

จากสมการที่ 3.1 ต้นทุนดำเนินการที่ถูกส่งผลกระทบต่อโดยตรงจากการปรับเปลี่ยนอากาศยานสำหรับการปฏิบัติการบิน ประกอบด้วย (1) ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (C_M) และ (2) ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง (C_F) โดยมีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

1. ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (C_M)

$$C_M = \sum_{a \in A} (C_{FHA}^a \times R_{ASL_n}^a \times R_{UTL_n}^a \times UTL_n^a \times N_a) \quad (3.2)$$

การคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (C_M) ดังปรากฏในสมการที่ 3.2 มีรายละเอียดตัวแปรและพารามิเตอร์ ดังนี้

1.1 ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานเมื่อเทียบกับระยะเวลาปฏิบัติการบินบนสมมติฐานการใช้งานของอากาศยานศึกษา a ที่สัมพันธ์ตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (C_{FHA}^a)

1.2 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่ถูกขับเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ($R_{ASL_n}^a$)

$$R_{ASL_n}^a = \frac{(ASL_{n-1}^a - ASL_n^a) \times R_{ASL_{n+1}}^a + (ASL_n^a - ASL_{n+1}^a) \times R_{ASL_{n-1}}^a}{ASL_{n-1}^a - ASL_{n+1}^a} \quad (3.3)$$

การคำนวณอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่ถูกขับเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ($R_{ASL_n}^a$) ดังปรากฏในสมการที่ 3.3 มีรายละเอียดตัวแปรและพารามิเตอร์ ดังนี้

1.2.1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a (ASL_n^a)

$$ASL_n^a = \frac{\sum_{t_{pi} \in TPI} \sum_{r \in R} (ASL_{r_{t_{pi}}} \times N_{r_{t_{pi}}}^{LD} \times N_{r_{t_{pi}}}^a \times T_{t_{pi}}) + \sum_{t_{pi} \in TPI} \sum_{r \in R} (ASL_{r_{t_{pi}}} \times N_{r_{t_{pi}}}^{LD} \times N_{r_{t_{pi}}}^a \times T_{t_{pi}})}{\sum_{t_{pi} \in TPI} \sum_{r \in R} (N_{r_{t_{pi}}}^{LD} \times N_{r_{t_{pi}}}^a \times T_{t_{pi}}) + \sum_{t_{pi} \in TPI} \sum_{r \in R} (N_{r_{t_{pi}}}^{LD} \times N_{r_{t_{pi}}}^a \times T_{t_{pi}})} \quad (3.4)$$

จากสมการที่ 3.4 การคำนวณค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a (ASL_n^a) มีรายละเอียดตัวแปรและพารามิเตอร์ ดังนี้

1.2.1.1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ โดยนับเฉพาะเวลาที่อากาศยานเริ่มทะยานขึ้น กระทั่งร่อนลงจอดตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($ASL_{r_{t_{pi}}}$)

1.2.1.2 ผลรวมจำนวนครั้งของการร่อนลงจอดในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($N_{r_{t_{pi}}}^{LD}$)

1.2.1.3 ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ ตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($N_{r_{t_{pi}}}^a$)

1.2.1.4 ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i - k - i หรือ i - j - k - j - i ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ ตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($N_{r_{t_{pi}}}^a$)

1.2.1.5 ผลรวมจำนวนสัปดาห์ของการปฏิบัติการบินตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($T_{t_{pi}}$)

1.2.2 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบินในข้อ 1.2.1 (ASL_{n-1}^a)

1.2.3 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบินในข้อ 1.2.2 ($R_{ASL_{n-1}}^a$)

1.2.4 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับสูงกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบินในข้อ 1.2.1 (ASL_{n+1}^a)

1.2.5 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับสูงกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบินในข้อ 1.2.4 ($R_{ASL_{n+1}}^a$)

1.3 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่ถูกขับเคลื่อนจากอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ($R_{UTL_n}^a$)

$$R_{UTL_n}^a = \frac{(UTL_{n-1}^a - UTL_n^a) \times R_{UTL_{n+1}}^a + (UTL_n^a - UTL_{n+1}^a) \times R_{UTL_{n-1}}^a}{UTL_{n-1}^a - UTL_{n+1}^a} \quad (3.5)$$

การคำนวณอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่ถูกขับเคลื่อนจากอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ($R_{UTL_n}^a$) ดังปรากฏในสมการที่ 3.5 มีรายละเอียดตัวแปรและพารามิเตอร์ ดังนี้

1.3.1 อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a (UTL_n^a)

$$UTL_n^a = \frac{\sum_{t_{pi} \in TPI} \sum_{r \in R} (BLKT_{r_{t_{pi}}} \times N_{r_{t_{pi}}}^a \times T_{t_{pi}}) + \sum_{t_{pi}'' \in TPI''} \sum_{r \in R} (BLKT_{r_{t_{pi}''}} \times N_{r_{t_{pi}''}}^a \times T_{t_{pi}''})}{N_a} \quad (3.6)$$

จากสมการที่ 3.6 การคำนวณอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a (UTL_n^a) มีรายละเอียดตัวแปรและพารามิเตอร์ ดังนี้

1.3.1.1 ผลรวมระยะเวลาเที่ยวบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($BLKT_{r_{t_{pi}}}$)

1.3.1.2 ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ ตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($N_{r_{t_{pi}}}^a$)

1.3.1.3 ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ ตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($N_{r_{t_{pi}''}}^a$)

1.3.1.4 ผลรวมจำนวนสัปดาห์ของการปฏิบัติการบินตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($T_{t_{pi}}$)

1.3.1.5 จำนวนอากาศยานศึกษา a (N_a)

1.3.2 อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบินในข้อ 1.3.1 (UTL_{n-1}^a)

1.3.3 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณอัตราการใช้ประโยชน์ในข้อ 1.3.2 ($R_{UTL_{n-1}}^a$)

1.3.4 อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับสูงกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณระยะเวลาปฏิบัติการบินในข้อ 1.3.1 (UTL_{n+1}^a)

1.3.5 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าผลลัพธ์จากการคำนวณอัตราการใช้ประโยชน์ในข้อ 1.3.4 ($R_{UTL_{n+1}}^a$)

1.4 อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา a (UTL_n^a)

1.5 จำนวนอากาศยานศึกษา a (N_a)

2. ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน (C_F)

$$C_F = \sum_{a \in A} (\sum_{t_{pi} \in TPI'} \sum_{r \in R} (C_{r_{t_{pi}}}^a \times N_{r_{t_{pi}}}^a \times T_{t_{pi}}) + \sum_{t_{pi}'' \in TPI''} \sum_{r \in R} (C_{r_{t_{pi}''}}^a \times N_{r_{t_{pi}''}}^a \times T_{t_{pi}''})) \quad (3.7)$$

การคำนวณผลรวมต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน (C_F) ดังปรากฏในสมการที่ 3.7 มีรายละเอียดตัวแปรและพารามิเตอร์ ดังนี้

2.1 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับการปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของอากาศยานศึกษา a ตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($C_{r_{t_{pi}}}^a$)

$$C_{r_{t_{pi}}}^a = P_F \times R_F^a \times ASL_{r_{t_{pi}}} \times N_{r_{t_{pi}}}^{LD} \quad (3.8)$$

จากสมการที่ 3.8 การคำนวณต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานสำหรับการปฏิบัติการบินด้วยอากาศยานศึกษา a ในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi ($C_{r_{t_{pi}}}^a$) มีรายละเอียดพารามิเตอร์ ดังนี้

2.1.1 ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน (P_F)

2.1.2 อัตราบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานของอากาศยานศึกษา a (R_F^a)

2.1.3 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi โดยนับเฉพาะเวลาที่อากาศยานเริ่มทะยานขึ้นกระทั่งร่อนลงจอด ($ASL_{r_{t_{pi}}}$)

2.1.4 ผลรวมจำนวนครั้งของการร่อนลงจอดในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi ($N_{r_{t_{pi}}}^{LD}$)

2.2 ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ ตามแผนปฏิบัติการบิน tpi ($N_{r_{t_{pi}}}^a$)

2.3 ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบิน tpi ($N_{r_{t_{pi}}}^a$)

2.4 ผลรวมจำนวนสัปดาห์ของการปฏิบัติการบินตามแผนปฏิบัติการบิน tpi ($T_{t_{pi}}$)

3.2.6 ข้อจำกัด

รูปแบบสมการเชิงคณิตศาสตร์ที่ถูกออกแบบสำหรับการจัดสรรอากาศยานเพื่อหาความถี่การปฏิบัติการบิน โดยมีเงื่อนไขการใช้งานอากาศยานและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการบินที่เป็นข้อจำกัด ดังนี้

1. สภาพการใช้งานอากาศยาน

$$\frac{\sum_{r \in R} ((BLKT_{r_{t_{pi}}} + OGT_{r_{t_{pi}}}) \times N_{r_{t_{pi}}}^a)}{N_a \times 7} \leq T_i \quad (3.9)$$

จากสมการที่ 3.9 สภาพการใช้งานของอากาศยาน a เป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับระยะเวลาปฏิบัติการบินในแต่ละวัน ซึ่งถูกสงวนสำหรับการทำความสะอาดและการตรวจสอบตามมาตรฐานความปลอดภัยประจำวัน โดยมีรายละเอียดตัวแปรและพารามิเตอร์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 21 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ผลรวมระยะเวลาเที่ยวบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($BLKT_{r,t_{pi}}$)

1.2 ผลรวมระยะเวลาแวะพักเพื่อขนถ่ายผู้โดยสารและสัมภาระในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ตามแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($OGT_{r,t_{pi}}$)

1.3 ความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของอากาศยานศึกษา a ต่อสัปดาห์ ตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบิน t_{pi} ($N_{r,t_{pi}}^a$)

1.4 จำนวนอากาศยานศึกษา a (N_a)

1.5 จำนวนวันต่อสัปดาห์

1.6 ระยะเวลาที่ถูกสงวนสำหรับการทำความสะอาดและการตรวจสอบประจำวัน (T_i)

2. ปริมาณการผลิตด้านผู้โดยสาร

$$\sum_{a \in A} N_{r,t_{pi}}^a = \sum_{a \in A} N_{r,t_{pi}}^a \quad (3.10)$$

จากสมการที่ 3.10 ข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณการผลิตด้านผู้โดยสารของแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนให้มีความแตกต่างจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 อันเกิดจากความแตกต่างของความจุของอากาศยานให้น้อยกว่าร้อยละ 5 โดยกำหนดให้คงไว้ซึ่งผลรวมของความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ของทุกอากาศยาน เพื่อขจัดข้อจำกัดด้านการขึ้น-ลงของอากาศยานศึกษาตามแต่ละท่าอากาศยาน

3. ซีตความสามารถของท่าอากาศยาน เป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการรองรับอากาศยานของท่าอากาศยาน อันเป็นผลมาจากคุณลักษณะจำเพาะบางประการของอากาศยานที่ไม่เอื้อให้สามารถนำมาปฏิบัติการบินหรือไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานจำเพาะตามแต่ละอากาศยานที่ใช้สำหรับการปฏิบัติการภาคพื้น จึงกำหนดให้อากาศยานที่มีข้อจำกัดดังกล่าวมีความถี่การปฏิบัติการบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ($N_{r,t_{pi}}^a$) เท่ากับศูนย์

4. ซีตความสามารถของอากาศยาน เป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการปฏิบัติการบินภายใต้พิธีการบินที่ถูกจำกัดตามแต่ละอากาศยาน จึงกำหนดให้อากาศยานที่มีข้อจำกัดดังกล่าวมีความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบิน r ระหว่างท่าอากาศยาน $i-k-i$ หรือ $i-j-k-j-i$ ($N_{r,t_{pi}}^a$) เท่ากับศูนย์

บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

จากปัญหาการไม่สามารถวางแผนให้อากาศยาน $a_{1.0}$ มีการใช้งานเป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) จนนำมาสู่การเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ผู้จัดทำได้ทำการกำหนดและแก้ปัญหาด้วยกำหนดการจำนวนเต็ม (IP) สำหรับใช้ในการจัดสรรความถี่การปฏิบัติการบินที่เหมาะสมของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน โดยมีสมการเป้าหมายหวังผลลดต้นทุนดำเนินการในด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน และด้านน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน ให้ต่ำที่สุด ซึ่งผู้จัดทำได้ทดลองแก้ปัญหาด้วยวิธี Evolutionary ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Function) จากการใช้งานคำสั่งฟังก์ชัน LOOKUP ในการระบุหาอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ ทว่ารูปแบบการแก้ปัญหาด้วยวิธีการดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลภายในระยะเวลาหนึ่ง ผู้จัดทำจึงเลือกทดลองแก้ปัญหาด้วยวิธี GRG Non-Linear ซึ่งสามารถประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้ระยะเวลาที่จำกัด โดยมีรายละเอียดผลการคำนวณ ดังนี้

4.1 แผนปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561

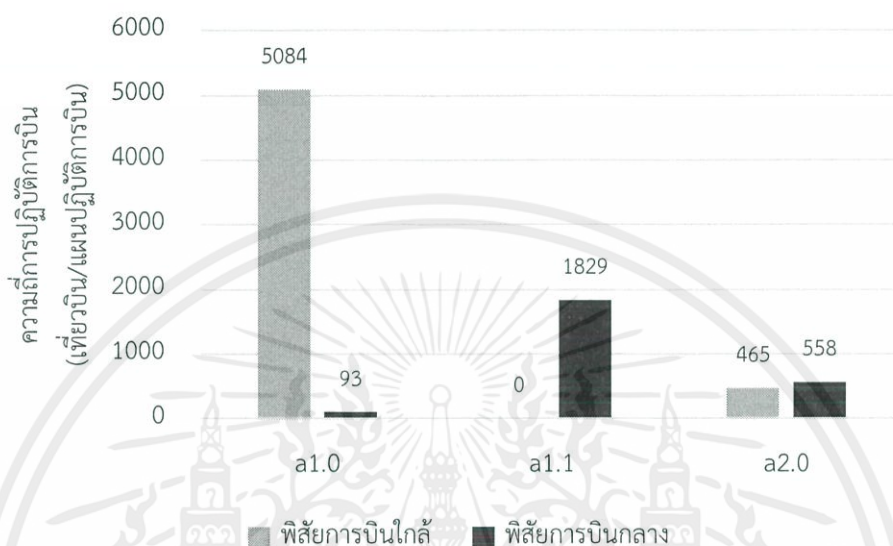
จากการกำหนดและแก้ปัญหาด้วยกำหนดการจำนวนเต็ม (IP) สำหรับใช้ในการหาความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา พบว่า อากาศยานศึกษาดังกล่าวถูกปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ตลอดจนค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ที่เป็นผลจากการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินดังกล่าว โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 ผลการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา

แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 สามารถแจกแจงความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาจำแนกตามพิสัยการบิน โดยมีความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ในเส้นทางบินพิสัยใกล้ เท่ากับ 5,084 เที่ยวบิน 0 เที่ยวบิน และ 465 เที่ยวบิน ตามลำดับ และมีความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวในเส้นทางบินพิสัยกลาง เท่ากับ 93 เที่ยวบิน 1,829 เที่ยวบิน และ 558 เที่ยวบิน ตามลำดับ โดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.1



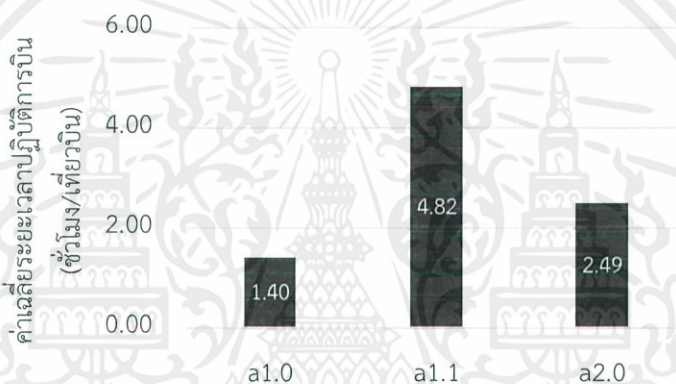
รูปที่ 4.1 ความถี่การปฏิบัติการบินจำแนกตามพิสัยการบินของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561

และมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ดังนี้

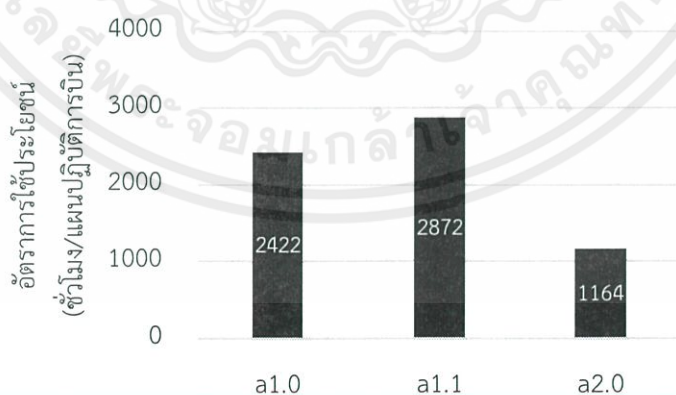
1. อากาศยาน a_{1.0} ถูกปรับเพิ่มความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยใกล้ 2,046 เที่ยวบิน จาก 3,038 เที่ยวบิน เป็น 5,084 เที่ยวบิน และถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยกลาง 899 เที่ยวบิน จาก 992 เที่ยวบิน เหลือ 93 เที่ยวบิน
2. อากาศยาน a_{1.1} ถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยใกล้ 1,519 เที่ยวบิน ลงทั้งหมด และถูกปรับเพิ่มความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยกลาง 992 เที่ยวบิน จาก 837 เที่ยวบิน เป็น 1,829 เที่ยวบิน
3. อากาศยาน a_{2.0} ถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยใกล้ 527 เที่ยวบิน จาก 992 เที่ยวบิน เหลือ 465 เที่ยวบิน และถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยกลาง 93 เที่ยวบิน จาก 651 เที่ยวบิน เหลือ 558 เที่ยวบิน

4.1.2 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา

การเปลี่ยนแปลงของความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ เปลี่ยนแปลงเป็น 1.40 ชั่วโมง 4.82 ชั่วโมง และ 2.49 ชั่วโมง ตามลำดับ และส่งผลให้อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษาดังกล่าวเปลี่ยนแปลงเป็น 2,422 เที่ยวบิน 2,872 เที่ยวบิน และ 1,164 เที่ยวบิน ตามลำดับ โดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561



รูปที่ 4.3 อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561

และมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ของแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ดังนี้

1. อากาศยาน $a_{1.0}$ มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 1.40 ชั่วโมง ลดลง 0.49 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 1.89 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้ประโยชน์ 2,422 ชั่วโมง ลดลง 35 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการใช้ประโยชน์ 2,457 ชั่วโมง

2. อากาศยาน $a_{1.1}$ มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 4.82 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น 2.12 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 2.70 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้ประโยชน์ 2,872 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น 583 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการใช้ประโยชน์ 2,289 ชั่วโมง

3. อากาศยาน $a_{2.0}$ มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 2.49 ชั่วโมง ลดลง 0.40 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 2.89 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้ประโยชน์ 1,164 ชั่วโมง ลดลง 634 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการใช้ประโยชน์ 1,798 ชั่วโมง

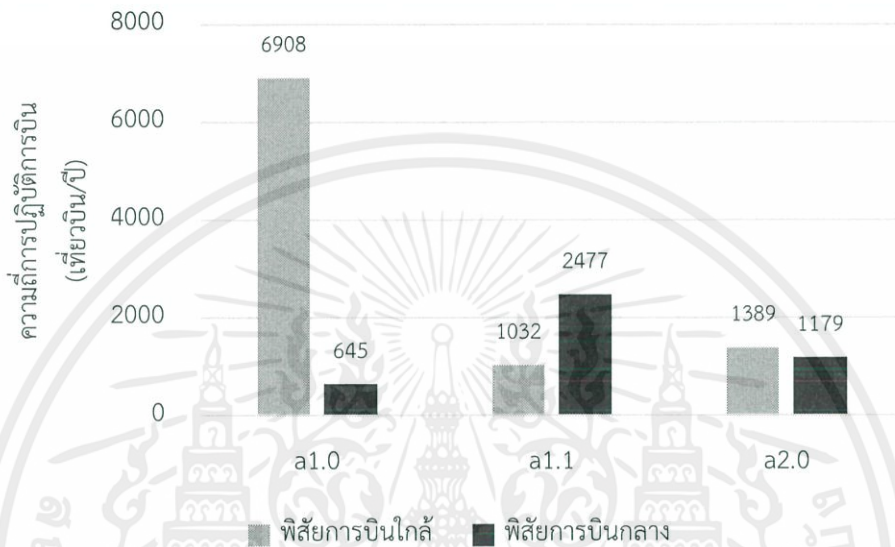
4.2 แผนปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาที่ถูกปรับเปลี่ยนในปี พ.ศ.2561

จากการเปลี่ยนแปลงของความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ด้วยกำหนดการจำนวนเต็ม (IP) ซึ่งอ้างอิงตามแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อนปี พ.ศ.2561 ทำให้ความถี่การปฏิบัติการบิน ตลอดจนค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ อันเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการสึกหรอหรือเครื่องยนต์อากาศยาน และอัตราการสึกหรอหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่เป็นผลมาจากการใช้งานที่สัมพันธ์ตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานในปี พ.ศ.2561 ซึ่งครอบคลุมแผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2560/2561 ที่มีระยะเวลาคาบเกี่ยว 12 สัปดาห์ แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ที่มีระยะเวลาคาบเกี่ยว 31 สัปดาห์ และแผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2561/2562 ที่มีระยะเวลาคาบเกี่ยว 9 สัปดาห์ เกิดการเปลี่ยนแปลงจากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่วางไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ผลการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษา

แผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความถี่การปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2561 โดยความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ในเส้นทางบินพิสัยใกล้ เท่ากับ 6,908 เที่ยวบิน 1,032 เที่ยวบิน

และ 1,389 เที่ยวบิน ตามลำดับ และมีความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาดังกล่าวในเส้นทางบินพิสัยกลาง เท่ากับ 645 เที่ยวบิน 2,477 เที่ยวบิน และ 1,179 เที่ยวบิน ตามลำดับ โดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.4



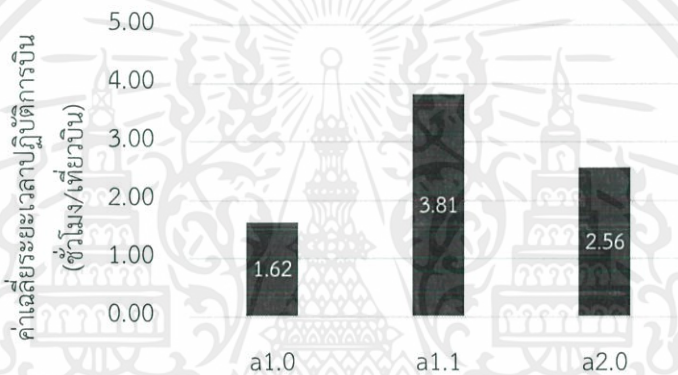
รูปที่ 4.4 ความถี่การปฏิบัติการบินจำแนกตามพิสัยการบินของอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561 ที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561

และมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561 ที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ดังนี้

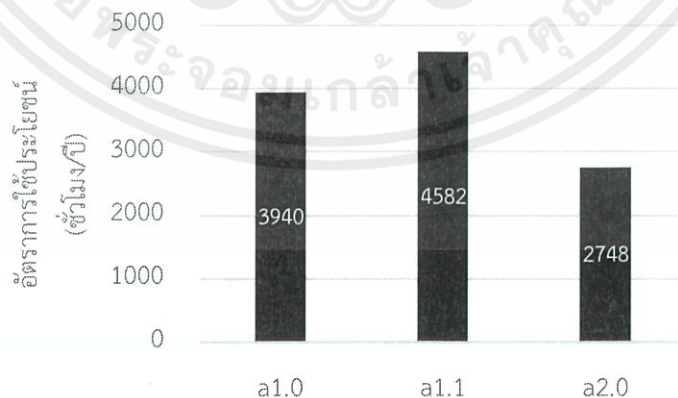
1. อากาศยาน a_{1.0} ถูกปรับเพิ่มความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยใกล้ 2,046 เที่ยวบิน จาก 4,862 เที่ยวบิน เป็น 6,908 เที่ยวบิน และถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยกลาง 899 เที่ยวบิน จาก 1,544 เที่ยวบิน เหลือ 645 เที่ยวบิน
2. อากาศยาน a_{1.1} ถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยใกล้ 1,519 เที่ยวบิน จาก 2,551 เที่ยวบิน เหลือ 1,032 เที่ยวบิน และถูกปรับเพิ่มความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยกลาง 992 เที่ยวบิน จาก 1,485 เที่ยวบิน เป็น 2,477 เที่ยวบิน
3. อากาศยาน a_{2.0} ถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยใกล้ 527 เที่ยวบิน จาก 1,916 เที่ยวบิน เหลือ 1,389 เที่ยวบิน และถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยกลาง 93 เที่ยวบิน จาก 1,272 เที่ยวบิน เหลือ 1,179 เที่ยวบิน

4.2.2 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา

การเปลี่ยนแปลงของความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ในปี พ.ศ.2561 เปลี่ยนแปลงเป็น 1.62 ชั่วโมง 3.81 ชั่วโมง และ 2.56 ชั่วโมง ตามลำดับ และส่งผลให้อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษาดังกล่าวเปลี่ยนแปลงเป็น 3,940 ชั่วโมง 4,582 ชั่วโมง และ 2,748 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561 ที่เป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561



รูปที่ 4.6 อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561 ที่เป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561

และมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ในปี พ.ศ.2561 ที่เป็นผลมาจากความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ดังนี้

1. อากาศยาน a_{1.0} มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 1.62 ชั่วโมง ลดลง 0.34 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 1.96 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้ประโยชน์ 3,940 ชั่วโมง ลดลง 35 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการใช้ประโยชน์ 3,975 ชั่วโมง

2. อากาศยาน a_{1.1} มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 3.81 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น 1.07 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 2.74 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้ประโยชน์ 4,582 ชั่วโมง เพิ่มขึ้น 583 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการใช้ประโยชน์ 3,999 ชั่วโมง

3. อากาศยาน a_{2.0} มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 2.56 ชั่วโมง ลดลง 0.19 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 2.75 ชั่วโมง และมีอัตราการใช้ประโยชน์ 2,748 ชั่วโมง ลดลง 633 ชั่วโมง จากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการใช้ประโยชน์ 3,381 ชั่วโมง

4.2.3 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ตามค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษา

ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานศึกษาที่เปลี่ยนแปลงจากการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ส่งผลให้อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ เกิดการเปลี่ยนแปลงจากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานของอากาศยานศึกษาที่สัมพันธ์กับแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยน

	a _{1.0}	a _{1.1}	a _{2.0}
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน (ชั่วโมง/เที่ยวบิน)	1.62	3.81	2.56
อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน	3.84	1.39	1.16
อัตราการใช้ประโยชน์ (ชั่วโมง/ปี)	3,940	4,582	2,748
อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์	0.93	1.09	1.00
อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน	3.56	1.52	1.16

และมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานเปรียบเทียบกับแผนปฏิบัติการบินปัจจุบัน ดังนี้

1. อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานของอากาศยาน $a_{1.0}$ เพิ่มสูงขึ้นจากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน 3.14 เท่า เป็น 3.56 เท่า โดยมีรายละเอียดอัตราการสึกหรอจำแนกตามปัจจัยที่มีอิทธิพล ดังนี้

1.1 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ เพิ่มขึ้นจาก 3.39 เท่า เป็น 3.84 เท่า

1.2 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ คงไว้ที่ระดับ 0.93 เท่า

2. อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานของอากาศยาน $a_{1.1}$ ลดน้อยลงจากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน 3.13 เท่า เหลือ 1.52 เท่า

2.1 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ ลดลงจาก 3.18 เท่า เหลือ 1.39 เท่า

2.2 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ เพิ่มขึ้นจาก 0.98 เท่า เป็น 1.09 เท่า

3. อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานของอากาศยาน $a_{2.0}$ เพิ่มสูงขึ้นจากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่มีอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน 1.09 เท่า เป็น 1.16 เท่า

3.1 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ เพิ่มขึ้นจาก 1.09 เท่า เป็น 1.16 เท่า

3.2 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน $a_{1.0}$ คงไว้ที่ระดับ 1.00 เท่า

4.3 ผลการดำเนินการจากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาในปี พ.ศ.2561

จากการปรับเปลี่ยนแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ส่งผลให้ต้นทุนดำเนินการในด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน และด้านน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน ของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ซึ่งถูกคำนวณจากความถี่การปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2561 เปลี่ยนแปลงจากแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่วางไว้จาก 338,159,182 ดอลลาร์สหรัฐฯ เหลือ 326,635,404 ดอลลาร์สหรัฐฯ โดยมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนดำเนินการ ดังนี้

1. ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ของอากาศยาน a_{1.0} a_{1.1} และ a_{2.0} ลดน้อยลงจากเดิม 66,196,927 ดอลลาร์สหรัฐฯ เหลือ 56,377,499 ดอลลาร์สหรัฐฯ โดยมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานเมื่อเทียบกับระยะเวลาปฏิบัติการบินตามแต่ละอากาศยาน ดังนี้

1.1 ต้นทุนด้านบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ของอากาศยาน a_{1.0} เมื่อเทียบกับระยะเวลาปฏิบัติการบินเพิ่มขึ้นจาก 858 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตามแผนปฏิบัติการบินปัจจุบัน เป็น 971 ดอลลาร์สหรัฐฯ แม้อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานดังกล่าวจะลดลงจาก 3,975 ชั่วโมง เหลือ 3,940 ชั่วโมง แต่ไม่มากพอที่จะลดต้นทุนด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ส่งผลให้ต้นทุนดังกล่าวเพิ่มสูงขึ้นจาก 27,299,377 ดอลลาร์สหรัฐฯ เป็น 30,598,808 ดอลลาร์สหรัฐฯ

1.2 ต้นทุนด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ของอากาศยาน a_{1.1} เมื่อเทียบกับระยะเวลาปฏิบัติการบินลดลงจาก 910 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตามแผนปฏิบัติการบินปัจจุบัน เหลือ 442 ดอลลาร์สหรัฐฯ แม้อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นจาก 3,999 ชั่วโมง เป็น 4,582 ชั่วโมง แต่ต้นทุนด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานลดลงจาก 25,475,187 ดอลลาร์สหรัฐฯ เป็น 14,161,553 ดอลลาร์สหรัฐฯ

1.3 ต้นทุนด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ของอากาศยาน a_{2.0} เมื่อเทียบกับระยะเวลาปฏิบัติการบินเพิ่มขึ้นจาก 662 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตามแผนปฏิบัติการบินปัจจุบัน เป็น 705 ดอลลาร์สหรัฐฯ ทว่าอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานดังกล่าวจะลดลงจาก 3,381 ชั่วโมง เหลือ 2,748 ชั่วโมง ส่งผลให้ต้นทุนด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานลดลงจาก 13,422,362 ดอลลาร์สหรัฐฯ เหลือ 11,617,139 ดอลลาร์สหรัฐฯ

2. ต้นทุนด้านน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยาน a_{1.0} a_{1.1} และ a_{2.0} ลดลงจาก 271,962,255 ดอลลาร์สหรัฐฯ ตามแผนปฏิบัติการบินปัจจุบัน เหลือ 270,257,904 ดอลลาร์สหรัฐฯ โดยมีรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงตามแต่ละอากาศยาน ดังนี้

2.1 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยาน a_{1.0} ลดลงจาก 101,957,439 ดอลลาร์สหรัฐฯ เหลือ 97,611,915 ดอลลาร์สหรัฐฯ

2.2 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยาน a_{1.1} เพิ่มขึ้นจาก 93,346,858 ดอลลาร์สหรัฐฯ เป็น 110,986,319 ดอลลาร์สหรัฐฯ

2.3 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยาน a_{2.0} ลดลงจาก 76,657,958 ดอลลาร์สหรัฐฯ เป็น 61,659,670 ดอลลาร์สหรัฐฯ

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการ

จากประเด็นปัญหาการไม่สามารถวางแผนให้อากาศยานปฏิบัติการบินบนสมมติฐานการใช้งานตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) จนส่งผลกระทบต่อเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2558-2560 นำมาสู่การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลให้อากาศยานมีการใช้งานไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ที่ผลักดันการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานและขับเคลื่อนต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานให้เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งถูกบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของอากาศยานที่ถูกปรับเปลี่ยนตามแผนปฏิบัติการบินจากความไม่แน่นอนของปริมาณความต้องการเดินทางของผู้โดยสาร โดยเฉพาะเส้นทางบินที่มีศักยภาพที่มีภาวะการแข่งขันที่รุนแรง ตลอดจนมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอากาศยานที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าปฏิบัติการบินและ/หรืออากาศยาน โดยประเด็นดังกล่าวล้วนแต่เป็นปัจจัยภายนอกที่ไม่เอื้อให้บริษัทเกิดประสิทธิภาพการบริหารจัดการอากาศยานภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบัน ซึ่งเป็นปัญหาที่จำเป็นต้องวางแผนโครงข่ายเส้นทางบินควบคู่กับการวางแผนทรัพยากรอากาศยานในระยะยาว ทว่าโครงการนี้ถูกขับเคลื่อนจากแนวคิดการปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการวางแผนปฏิบัติการบินภายใต้ขีดจำกัดของระบบบริหารจัดการโครงข่ายเส้นทางบินที่ไม่สามารถประมวลผลต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานให้อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานแปรผันตามการใช้งานได้อย่างมีพลวัต ให้อากาศยานมีการใช้งานอากาศยานสัมพันธ์กับเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบันให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่บริษัท ผู้จัดทำจึงได้กำหนดแบบจำลองหาความเหมาะสมในการระบุหาความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาที่ทำให้ต้นทุนดำเนินการในด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานและด้านน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานต่ำที่สุด สำหรับใช้เป็นกลยุทธ์ในการวางแผนปฏิบัติการบินภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินของบริษัทที่อ้างอิงตามแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 ให้มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ที่ถูกคำนวณในรอบ 52 สัปดาห์ของปีดังกล่าวสัมพันธ์กับอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานตามเงื่อนไขการใช้งานอากาศยานที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ที่ทำให้ผลรวมต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บำรุงเครื่องยนต์อากาศยานกับต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานต่ำที่สุด ซึ่งผลลัพธ์จากการประมวลผลบ่งชี้ถึงรูปแบบการใช้งานอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ที่มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน 1.62 ชั่วโมง 3.81 ชั่วโมง และ 1.56 ชั่วโมง ตามลำดับ และมีอัตราการใช้ประโยชน์ 3,940 ชั่วโมง 4,582 ชั่วโมง และ 2,748 ชั่วโมง ตามลำดับ ทำให้ต้นทุนดำเนินการของอากาศยานศึกษาดังกล่าวต่ำที่สุด โดยสามารถลดต้นทุนดำเนินการของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ในด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน และด้านน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน เท่ากับร้อยละ 14.83 และ 0.63 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับบริษัทการศึกษา

จากการปรับเปลี่ยนการใช้งานอากาศยานศึกษาภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบันแสดงให้เห็นถึงความสามารถกระบวนการที่ไม่สามารถจัดสรรความถี่การปฏิบัติการบินให้มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ที่สัมพันธ์กับเงื่อนไขที่เป็นสมมติฐานที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ได้อย่างเหมาะสม โดยรูปแบบการแก้ปัญหาดังกล่าวเป็นเพียงแนวทางประยุกต์ใช้สำหรับการวางแผนปฏิบัติการบินระยะสั้นที่ไม่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพการบริหารจัดการอากาศยานในระยะยาวที่อาจมีปัจจัยภายนอกมากระทบให้บริษัทต้องปรับเปลี่ยนอากาศยานจนเกิดปัญหาการไม่สามารถใช้งานอากาศยานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานดังเช่นปัจจุบัน

ฉะนั้น บริษัทควรวางแผนเชิงบูรณาการเพื่อเสริมสร้างความสามารถการบริหารจัดการอากาศยานและโครงข่ายเส้นทางบินภายในองค์กรให้มีความยืดหยุ่นจากความเสี่ยงที่เกิดจากความไม่แน่นอนของปัจจัยภายนอก

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับโครงการในอนาคต

โครงการนี้เป็นการกำหนดและแก้ปัญหาแบบจำลองหาความเหมาะสมสำหรับการจัดสรรอากาศยานภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินปัจจุบันที่ไม่ครอบคลุมถึงการคำนวณมูลค่าซากทางบัญชี ณ ปัจจุบัน ที่เป็นผลสืบเนื่องจากการรักษาสภาพการใช้งานของอากาศยานที่ไม่ใช่รูปแบบการเช่าดำเนินการ ซึ่งหากสามารถนำประเด็นดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์นอกเหนือจากต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน และต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยาน จะทำให้แบบจำลองนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] “The economic & social benefits of air transport,” Switzerland, 2004.
- [2] “Aviation Benefit Beyond Border,” Switzerland, 2018.
- [3] M. Lanzendorf, “Mobility and accessibility effects of b2c e-commerce: a literature review,” 2003.
- [4] “Aviation benefits 2017,” 2017.
- [5] “Economic Performance of the Airline Industry,” Canada, 2018.
- [6] “Optimization,” *Extreme Optimization*. [Online]. Available: <https://www.extremeoptimization.com/Documentation/Mathematics/Optimization/Default.aspx>.
- [7] “Optimization with Microsoft Excel Solver AddIn,” *Open Cast Labs Consulting*, 2015. [Online]. Available: <https://opencastlabs.wordpress.com/2015/03/19/optimization-with-microsoft-excel-solver-addin-determining-which-of-the-3-solving-methods-to-use/>.
- [8] “EXCEL SOLVER,” *Engineer Excel*. [Online]. Available: <https://www.engineerexcel.com/excel-solver-solving-method-choose/>.
- [9] A. E. Company, V. Street, N. York, N. York, J. Clarke, and C. Barnhart, “Planning for Robust Airline Operations : Optimizing Aircraft Routings and Flight Departure Times to Minimize Passenger Disruptions,” vol. 40, no. 1, 2006.
- [10] Y. Wang, H. Sun, J. Zhu, and B. Zhu, “Optimization Model and Algorithm Design for Airline Fleet Planning in a Multiairline Competitive Environment,” vol. 2015, 2015.
- [11] L. E. Teoh and H. L. Khoo, “Fleet Planning Decision-Making : Two-Stage Optimization with Slot Purchase,” vol. 2016, 2016.
- [12] H. Kinnison and T. Siddiqui, *Aviation Maintenance Management*, SECOND.

McGraw-Hill, 2013.

[13] S. Acker, "Engine Maintenance Concepts for Financiers," 2011.

[14] Danial J Caeano and N. D. F. Gualda, "A FLIGHT SCHEDULE AND FLEET ASSIGNMENT MODEL," Brazil, 2010.



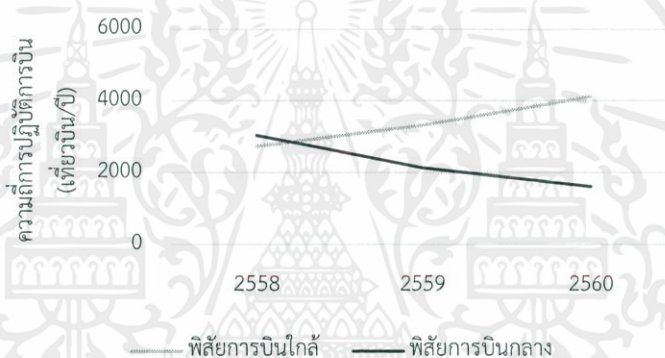


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การใช้งานอากาศยาน a_{1.0} ตามแผนปฏิบัติการบินระหว่างปี พ.ศ.2558-2560

โครงการนี้ ผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์แผนปฏิบัติการบินเพื่อหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานของบริษัทกรณีศึกษา ดังนั้นในภาคผนวก ก นี้ จึงได้นำเสนอรูปแบบการใช้งานอากาศยาน a_{1.0} ที่ประสบปัญหาการเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานตามแผนปฏิบัติการบินระหว่างปี พ.ศ. 2558-2560 ดังนี้



รูปที่ ก.1 ความถี่การปฏิบัติการบินจำแนกตามพิสัยการบินของอากาศยาน a_{1.0} ระหว่างปี พ.ศ.2558-2560

จากรูปที่ ก.1 อากาศยาน a_{1.0} มีการปฏิบัติการบินในเส้นทางที่มีพิสัยการบินใกล้เพิ่มสูงขึ้น และในขณะเดียวกันกลับมีความถี่การปฏิบัติการบินในพิสัยกลางลดน้อยลง โดยมีรายละเอียดความถี่การปฏิบัติการบินและอัตราส่วนความถี่การปฏิบัติการบินจำแนกตามพิสัยการบินที่เปลี่ยนแปลง ดังนี้

1. เส้นทางบินพิสัยใกล้

อากาศยาน a_{1.0} ถูกปรับเพิ่มความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยใกล้จากเดิม 2,578 เที่ยวบิน หรือร้อยละ 45 ของการปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2558 เพิ่มสูงขึ้น 748 เที่ยวบิน เป็น 3,326 เที่ยวบิน หรือร้อยละ 61 ของการปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2559 และเพิ่มสูงขึ้น 800 เที่ยวบิน เป็น 4,126 เที่ยวบิน หรือร้อยละ 72 ของการปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2560

2. เส้นทางบินพิสัยกลาง

อากาศยาน a_{1.0} ถูกปรับลดความถี่การปฏิบัติการบินในเส้นทางบินพิสัยกลางจากเดิม 3,214 เที่ยวบิน หรือร้อยละ 55 ของการปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2558 ลดลง 1,063 เที่ยวบิน เหลือ

2,151 เทียวบิน หรือร้อยละ 39 ของการปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2559 และลดลง 533 เทียวบิน เหลือ 1,618 เทียวบิน หรือร้อยละ 28 ของการปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2560

ทั้งนี้ อัตราส่วนการปฏิบัติการบินที่เปลี่ยนแปลงของอากาศยาน $a_{1.0}$ ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินลดลง 0.65 ชั่วโมง จาก 2.91 ชั่วโมง ในปี พ.ศ.2558 เหลือ 2.26 ชั่วโมง ในปี พ.ศ.2559 และลดลง 0.37 ชั่วโมง เหลือ 1.89 ชั่วโมง ในปี พ.ศ.2560 โดยที่อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยานดังกล่าวลดลง 1,102 ชั่วโมง จาก 4,900 ชั่วโมง ในปี พ.ศ.2558 เหลือ 3,798 ชั่วโมง ในปี พ.ศ.2559 และลดลง 454 ชั่วโมง เหลือ 3,344 ชั่วโมง ในปี พ.ศ.2560 ซึ่งค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินและอัตราการใช้ประโยชน์ที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลสืบเนื่องต่ออัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน ดังแสดงรายละเอียดอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับการใช้งานที่เปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2558-2560 ในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ตามเงื่อนไขการใช้งานของอากาศยาน $a_{1.0}$ ตามแผนปฏิบัติการบิน ระหว่างปี พ.ศ.2558-2560

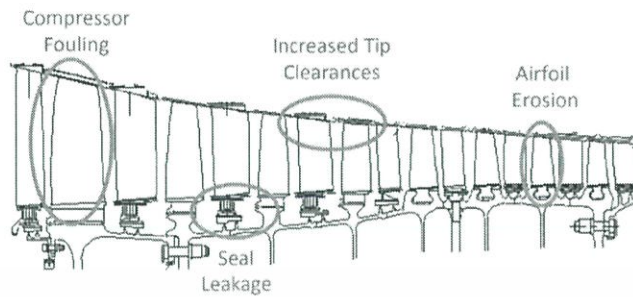
	เดือน การใช้งานอากาศยาน	การใช้งานอากาศยาน		
		2558	2559	2560
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน (ชั่วโมง/เที่ยวบิน)	6.20	2.91	2.26	1.89
อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน ที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน	1.00	1.94	2.98	3.47
อัตราการใช้ประโยชน์ (ชั่วโมง/ปี)	5,500	4,899	3,797	3,344
อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน ที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์	1.00	0.96	0.92	0.94
อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน	1.00	1.86	2.76	3.28

ภาคผนวก ข

การบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน

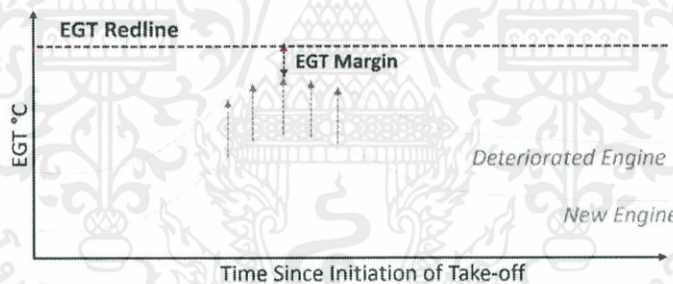
การบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงอากาศยาน (Maintenance Repair and Overhaul (MRO)) ถือเป็นความรับผิดชอบสำคัญที่ทำให้อากาศยานอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน เพื่อเป็นการประกันถึง (1) ความปลอดภัยการเดินอากาศ (Flight Safety) (2) ความสมควรเดินอากาศ (Airworthiness) และ (3) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ภายใต้ระเบียบข้อบังคับการตรวจสอบตามมาตรฐานความปลอดภัยอากาศยานและการเดินอากาศของหน่วยงานที่กำกับดูแล [12] ซึ่งการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงอากาศยานสามารถจำแนกตามส่วนประกอบของอากาศยานออกเป็น (1) โครงสร้างอากาศยาน (Airframe) (2) เครื่องยนต์อากาศยาน (Engine) และ (3) บริภัณฑ์อากาศยาน (Components) โดยในภาคผนวก ข นี้ จะกล่าวถึงการซ่อมบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานในประเด็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มสูงขึ้นของต้นทุนการบำรุงรักษาเครื่องยนต์อากาศยาน อันประกอบด้วย (1) อุณหภูมิก๊าซเผาไหม้ที่เป็นผลสืบเนื่องจากการสึกหรอของเครื่องยนต์อากาศยาน (Exhaust Gas Temperature Deterioration) (2) ชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยานที่สึกหรอตามการใช้งาน (Life Limited Part (LLP)) (3) การเสื่อมสภาพของชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน และ (4) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลให้จำเป็นต้องทำการซ่อมแซมหรือทดแทนชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้ [13]

1. อุณหภูมิก๊าซเผาไหม้ (Exhaust Gas Temperature (EGT)) เป็นอุณหภูมิที่ไหลจากใบพัดอากาศแรงดันสูง (High Pressure Turbine) ก่อนผ่านเข้าสู่ใบพัดอากาศแรงดันต่ำ (Low Pressure Turbine) ซึ่งความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสียกับอุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่เครื่องยนต์อากาศยาน (Exhaust Gas Temperature Margin (EGTM)) เป็นดัชนีชี้วัดที่แสดงให้เห็นถึงสภาพการใช้งานของเครื่องยนต์อากาศยาน อันมี (1) การกัดกร่อนจนนำมาสู่การแตกหักของแพนอากาศ (Airfoil Erosion) (2) ระยะห่างระหว่างใบพัด (Blade Tips Clearance) ที่เพิ่มมากขึ้น (3) การรั่วไหลของอากาศจากการเสื่อมสภาพของวัสดุกันรั่ว (Seal Leakage) และ (4) สิ่งสกปรกที่อุดกั้นทางเดินอากาศของระบบอัดอากาศ (Compressor Fouling) เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้การไหลผ่านของอากาศไม่มีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 การเสื่อมสภาพของส่วนประกอบภายในเครื่องยนต์อากาศยาน
ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการไหลของอากาศ

โดยการเสื่อมสภาพของเครื่องยนต์อากาศยานดังกล่าว ส่งผลให้อุณหภูมิก๊าซเผาไหม้ที่เป็นผลสืบเนื่องจากการสึกหรอของเครื่องยนต์อากาศยาน (Exhaust Gas Temperature Deterioration) เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสียกับอุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่เครื่องยนต์อากาศยาน (EGTM) ที่ลดน้อยลง ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 ผลกระทบจากการเสื่อมสภาพเครื่องยนต์อากาศยานที่ส่งผลต่อความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิก๊าซไอเสียกับอุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่เครื่องยนต์อากาศยาน

2. การทดแทนชิ้นส่วนภายในเครื่องยนต์อากาศยานที่สึกหรอตามการใช้งาน (LLP) ประกอบด้วย (1) เครื่องอัดอากาศแบบหมุน (Rotating Compressor) (2) ดุมใบพัด (Turbine Hub) (3) เฟลา (Shaft) และ (4) ดิสก์ (Disk)

3. ความเสียหายเชิงกลของชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน อันเกิดจาก (1) ความล้าของ วัสดุที่รอบต่ำ (Low Cycle Fatigue) หรือความล้าของวัสดุที่รอบสูง (High Cycle Fatigue) (2) ความล้าของวัสดุเนื่องจากความร้อน (Thermal Mechanical Fatigue) (3) การกัดกร่อนของวัสดุ (Corrosion)

4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลทำให้จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมหรือทดแทนชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน ประกอบด้วย (1) วัสดุแปลกปลอมที่ผ่านเข้ามาจากช่องดูดอากาศ (2) การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 40 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รั่วซึมของน้ำมัน (3) การสั่นสะเทือนของชิ้นส่วนเครื่องยนต์อากาศยาน และ (4) ความสมควรเดินอากาศตามระเบียบข้อบังคับมาตรฐานการตรวจสอบของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

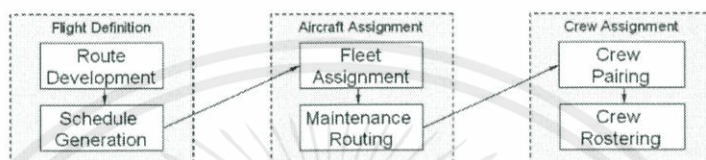
ทั้งนี้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานดังกล่าวถูกขับเคลื่อนจาก (1) อายุการใช้งานเครื่องยนต์อากาศยาน และ (2) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการบิน เป็นปัจจัยที่ส่งผลสืบเนื่องต่อการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยาน ซึ่งภายใต้กรอบสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ที่เป็นข้อตกลงการบำรุงรักษาและ ซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานตามการใช้งานอากาศยานที่จัดทำขึ้นระหว่างบริษัทกรณีศึกษากับผู้ผลิตเครื่องยนต์อากาศยาน อันมี (1) ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน (Average Stage Length) (2) อัตราการใช้ประโยชน์ (Utilization) และ (3) แรงขับเคลื่อนเครื่องยนต์อากาศยาน (Take-Off Derate) เป็นปัจจัยที่ถูกนำมาใช้ในการคำนวณต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานที่ถูกติดตามผ่านระบบติดตามสภาพเครื่องยนต์อากาศยาน (Engine Health Monitoring (EHM))



ภาคผนวก ค

กระบวนการวางแผนปฏิบัติการบิน

ภาคผนวก ค นี้ ผู้จัดทำได้นำเสนอกระบวนการวางแผนปฏิบัติการบิน โดยมีรายละเอียด ดังนี้



รูปที่ ค.1 กระบวนการวางแผนปฏิบัติการบิน

การวางแผนปฏิบัติการบินสามารถจำแนกออกเป็น 3 กระบวนการ [14] ดังรูปที่ ก.1 ประกอบด้วย (1) กระบวนการวางแผนเส้นทางบิน (Flight Definition) (2) กระบวนการวางแผนอากาศยาน (Fleet Planning) และ (3) กระบวนการจัดสรรลูกเรือ (Crew Assignment) โดยกระบวนการวางแผนปฏิบัติการบินดังกล่าวสามารถแจกแจงขั้นตอนการดำเนินการวางแผนปฏิบัติการบินตามแต่ละกระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการวางแผนเส้นทางบิน (Flight Definition) เป็นกระบวนการแรกเริ่มสำหรับการวางแผนปฏิบัติการบิน ซึ่งครอบคลุม (1) ขั้นตอนการพัฒนาเส้นทางบิน (Route Development) และ (2) ขั้นตอนการวางแผนกำหนดการบิน (Schedule Generation)
2. กระบวนการจัดสรรอากาศยาน (Aircraft Assignment) เป็นกระบวนการภายหลังการวางแผนกำหนดการบินแล้วเสร็จ ซึ่งครอบคลุม (1) ขั้นตอนการจัดสรรทรัพยากรอากาศยาน (Fleet Assignment) และ (2) ขั้นตอนการวางแผนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงอากาศยาน (Maintenance Repair and Overhaul Planning)
3. กระบวนการจัดสรรลูกเรือ (Crew Assignment) เป็นกระบวนการสุดท้ายภายหลังการวางแผนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงอากาศยานแล้วเสร็จ ซึ่งครอบคลุม (1) ขั้นตอนการจับคู่ลูกเรือเที่ยวบิน (Crew Pairing) และ (2) ขั้นตอนการมอบหมายงานแก่ลูกเรือ (Crew Rostering)

ภาคผนวก ง

อากาศยานของบริษัทการบินศึกษา

ตารางที่ ง.1 อากาศยานแบ่งตามพิสัยการบินและพิกัดความจุของบริษัทการบินศึกษา

พิสัยการบิน	พิกัดความจุ	อากาศยาน
ระยะใกล้-กลาง (Short-Medium)	ขนาดกลาง	a _{1.0} a _{1.1} a _{2.0}
	ขนาดใหญ่	a _{3.0}
ระยะไกล (Long)	ขนาดกลาง	a _{4.0}
	ขนาดใหญ่	a _{5.0} a _{6.0} a _{6.1}
	ขนาดใหญ่พิเศษ	a _{7.0}
ระยะใกล้-กลาง-ไกล (Flexible)	ขนาดกลาง	a _{8.0} a _{9.0}
	ขนาดใหญ่	a _{10.0}

หมายเหตุ:

1. พิสัยการบินระยะใกล้ครอบคลุมเส้นทางบินที่มีระยะทางไม่เกิน 2,000 กิโลเมตร
2. พิสัยการบินระยะกลางครอบคลุมเส้นทางบินที่มีระยะทาง 2,001-6,000 กิโลเมตร
3. พิสัยการบินระยะไกลครอบคลุมเส้นทางบินที่มีระยะทางตั้งแต่ 6,001 กิโลเมตร ขึ้นไป
4. พิกัดความจุขนาดเล็กครอบคลุมอากาศยานที่มีพิกัดความจุไม่เกิน 200 ที่นั่ง
5. พิกัดความจุขนาดกลางครอบคลุมอากาศยานที่มีพิกัดความจุ 201-325 ที่นั่ง
6. พิกัดความจุขนาดใหญ่ครอบคลุมอากาศยานที่มีพิกัดความจุ 326-450 ที่นั่ง
7. พิกัดความจุขนาดใหญ่พิเศษครอบคลุมอากาศยานที่มีความจุตั้งแต่ 451 ที่นั่ง ขึ้นไป

ภาคผนวก จ

เซต ดัชนี และพารามิเตอร์

โครงการนี้ ผู้จัดทำได้ทำการกำหนดแบบจำลองหาความเหมาะสมสำหรับใช้หาความถี่การปฏิบัติการบินที่ทำให้อากาศยานมีการใช้งานสัมพันธ์กับเงื่อนไขที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน (FHA) ที่ทำให้ต้นทุนดำเนินการในด้านการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน และต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานต่ำที่สุด ดังนั้น ในภาคผนวก จ นี้ จึงได้นำเสนอเซต ดัชนี และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดแบบจำลองดังกล่าว โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. เซตอากาศยานศึกษา (A) ประกอบด้วยอากาศยานศึกษา (a) โดยมีรายละเอียดจำนวนอากาศยานศึกษา (N_a) และอัตราบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยานศึกษา (R_F^a) แสดงดังตารางที่ จ.1

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลอากาศยานศึกษา

อากาศยานศึกษา (a)	จำนวนอากาศยานศึกษา (N_a)	อัตราบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยานศึกษา (R_F^a)
a _{1.0}	8	1,950
a _{1.1}	7	1,950
a _{2.0}	6	2,200

หมายเหตุ: อัตราบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของอากาศยานศึกษา (R_F^a) มีหน่วยเป็น US Gallon ต่อระยะเวลาปฏิบัติการบิน

2. เซตเส้นทางบิน (R) ประกอบด้วยเส้นทางบิน (r) ภายใต้โครงข่ายเส้นทางบินของบริษัท โดยแสดงรายละเอียดท่าอากาศยานต้นทาง (i) ท่าอากาศยานแวะพัก (j) และท่าอากาศยานปลายทาง (k) ดังตารางที่ จ.2

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลเส้นทางบิน

เส้นทางบิน (r)	ท่าอากาศยานต้นทาง (i)	ท่าอากาศยานแวะพัก (j)	ท่าอากาศยานปลายทาง (k)
r _{1,-2}	1		2
r _{1,-3}	1		3
r _{1,-4}	1		4
r _{1,-5}	1		5
r _{1,-6}	1		6
r _{1,-7}	1		7
r _{1,-8}	1		8
r _{1,-9}	1		9
r _{1,-10}	1		10
r _{1,-11}	1		11
r _{1,-12}	1		12
r _{1,-13}	1		13
r _{1,-14}	1		14
r _{1,-15}	1		15
r _{1,16,15}	1	16	15
r _{1,-16}	1		16
r _{1,-17}	1		17
r _{1,-18}	1		18
r _{1,-19}	1		19
r _{1,-20}	1		20
r _{1,-21}	1		21
r _{1,-22}	1		22
r _{1,-23}	1		23
r _{1,7,23}	1	7	23
r _{1,-24}	1		24
r _{1,22,25}	1	22	25
r _{1,-26}	1		26
r _{1,-27}	1		27
r _{1,-28}	1		28
r _{1,16,28}	1	16	28
r _{1,-29}	1		29
r _{1,-30}	1		30
r _{1,-31}	1		31
r _{1,-32}	1		32
r _{1,-33}	1		33
r _{1,-34}	1		34
r _{1,-35}	1		35
r _{1,-36}	1		36
r _{1,-37}	1		37
r _{1,-38}	1		38

3. เขตแผนปฏิบัติการบิน (TPI) ประกอบด้วยแผนปฏิบัติการบิน (tpi) ที่บริษัทวางแผน สำหรับการปฏิบัติการบินในปี พ.ศ.2561 ครอบคลุม (1) แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2560/2561 (2) แผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 และ (3) แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2561/2562 โดยมีรายละเอียดค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน ($ASL_{r_{tpi}}$) ผลรวมระยะเวลา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 45 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เที่ยวบิน ($BLKT_{r_{tpi}}$) ผลรวมระยะเวลาเที่ยวบินกับระยะเวลาแวะพักเพื่อขนถ่ายผู้โดยสารและสัมภาระ ($BLKT_{r_{tpi}} + OGT_{r_{tpi}}$) ผลรวมจำนวนครั้งของการร่อนลงจอด ($N_{r_{tpi}}^{LD}$) ตามแผนปฏิบัติการบินดังกล่าว และความถี่การปฏิบัติการบินต่อสัปดาห์ ($N_{r_{tpi}}^a$) ที่แจกแจงตามอากาศยานศึกษา (a) ในเส้นทางบิน (r) ระหว่างท่าอากาศยาน i-k-i หรือ i-j-k-j-i ตามแผนปฏิบัติการบินดังกล่าว แสดงดังตารางที่ จ.3 จ.4 และ จ.5 ตามลำดับ

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลแผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2560/2561

เส้นทางบิน (r)	ค่าเฉลี่ย ระยะเวลา ปฏิบัติการบิน ($ASL_{r_{tpi}}$)	ผลรวม ระยะเวลา เที่ยวบิน ($BLKT_{r_{tpi}}$)	ผลรวมระยะเวลาเที่ยวบิน กับระยะเวลาแวะพัก ($BLKT_{r_{tpi}} + OGT_{r_{tpi}}$)	ผลรวมจำนวนครั้ง ของการร่อนลงจอด ($N_{r_{tpi}}^{LD}$)	ความถี่การปฏิบัติการบิน ($N_{r_{tpi}}^a$)		
					a _{1.0}	a _{1.1}	a _{2.0}
$r_{1,-30}$	0.71	2.25	4.25	2	7	7	0
$r_{1,-37}$	0.71	2.25	4.25	2	0	7	0
$r_{1,-7}$	0.83	2.33	4.33	2	7	0	14
$r_{1,-33}$	0.92	2.67	4.67	2	7	7	0
$r_{1,7,23}$	0.98	5.42	9.42	4	0	2	0
$r_{1,-21}$	1.00	2.67	4.67	2	14	0	0
$r_{1,-16}$	1.04	2.75	4.75	2	21	7	0
$r_{1,-34}$	1.04	2.92	4.92	2	7	0	0
$r_{1,-14}$	1.42	3.67	5.67	2	0	0	7
$r_{1,-23}$	1.83	4.50	6.50	2	5	0	0
$r_{1,-35}$	1.88	4.58	6.58	2	0	0	18
$r_{1,16,15}$	2.04	9.67	13.67	4	7	0	0
$r_{1,-10}$	2.13	5.08	7.08	2	7	0	7
$r_{1,-15}$	2.33	5.50	7.50	2	7	7	0
$r_{1,-4}$	2.54	5.92	7.92	2	0	0	7
$r_{1,-9}$	2.67	6.17	8.17	2	0	7	0
$r_{1,-26}$	2.79	6.42	8.42	2	0	0	7
$r_{1,22,25}$	2.98	13.58	17.58	4	0	3	0
$r_{1,-6}$	3.00	6.83	8.83	2	7	0	0
$r_{1,-17}$	3.21	7.25	9.25	2	0	0	6
$r_{1,16,28}$	3.35	14.92	18.92	4	0	7	0
$r_{1,-3}$	4.00	8.83	10.83	2	0	0	3
$r_{1,-32}$	4.17	9.17	11.17	2	0	7	0
$r_{1,-24}$	4.42	9.67	11.67	2	7	0	0
$r_{1,-22}$	4.67	10.17	12.17	2	4	0	0
$r_{1,-20}$	4.71	10.25	12.25	2	4	0	0
$r_{1,-31}$	5.04	10.92	12.92	2	0	5	0
$r_{1,-13}$	5.17	11.17	13.17	2	0	7	0
$r_{1,-27}$	6.17	13.17	15.17	2	0	7	0
$r_{1,-12}$	6.33	13.50	15.50	2	0	0	7
$r_{1,-19}$	6.50	13.83	15.83	2	0	0	4

ตารางที่ จ.4 ข้อมูลแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561

เส้นทางบิน (r)	ค่าเฉลี่ย ระยะเวลา ปฏิบัติการบิน (ASL_{rtpi})	ผลรวม ระยะเวลา เที่ยวบิน ($BLKT_{rtpi}$)	ผลรวมระยะเวลาเที่ยวบิน กับระยะเวลาแวะพัก ($BLKT_{rtpi} + OGT_{rtpi}$)	ผลรวมจำนวนครั้ง ของการร่อนลงจอด (N_{rtpi}^{LD})	ความถี่การปฏิบัติการบิน (N_{rtpi}^a)		
					a _{1,0}	a _{1,1}	a _{2,0}
r _{1,-30}	0.71	2.25	4.25	2	7	7	0
r _{1,-37}	0.71	2.25	4.25	2	0	7	0
r _{1,-7}	0.83	2.33	4.33	2	14	0	14
r _{1,-33}	0.92	2.67	4.67	2	14	0	0
r _{1,-21}	1.00	2.67	4.67	2	14	0	0
r _{1,-16}	1.04	2.75	4.75	2	28	0	0
r _{1,-34}	1.04	2.92	4.92	2	7	7	0
r _{1,-23}	1.83	4.50	6.50	2	0	7	0
r _{1,-35}	1.88	4.58	6.58	2	0	0	4
r _{1,16,15}	2.04	9.67	13.67	4	0	7	0
r _{1,-5}	2.08	5.00	7.00	2	0	0	7
r _{1,-10}	2.13	5.08	7.08	2	14	0	0
r _{1,-15}	2.33	5.50	7.50	2	0	14	0
r _{1,-9}	2.67	6.17	8.17	2	0	0	7
r _{1,22,25}	2.98	13.58	17.58	4	3	0	0
r _{1,-6}	3.00	6.83	8.83	2	7	0	0
r _{1,16,28}	3.35	14.92	18.92	4	7	0	0
r _{1,-2}	3.38	7.58	9.58	2	0	0	7
r _{1,-32}	4.17	9.17	11.17	2	0	7	0
r _{1,-24}	4.42	9.67	11.67	2	7	0	0
r _{1,-28}	4.54	9.92	11.92	2	0	0	7
r _{1,-22}	4.67	10.17	12.17	2	4	0	0
r _{1,-20}	4.71	10.25	12.25	2	4	0	0
r _{1,-31}	4.79	10.42	12.42	2	0	6	0
r _{1,-13}	4.83	10.50	12.50	2	0	7	0
r _{1,-27}	5.92	12.67	14.67	2	0	7	0
r _{1,-8}	6.46	13.75	15.75	2	0	0	7

ตารางที่ จ.5 ข้อมูลแผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2561/2562

เส้นทางบิน (r)	ค่าเฉลี่ย ระยะเวลา ปฏิบัติการบิน (ASL _{r_{tpi}})	ผลรวม ระยะเวลา เที่ยวบิน (BLKT _{r_{tpi}})	ผลรวมระยะเวลาเที่ยวบิน กับระยะเวลาแวะพัก (BLKT _{r_{tpi}} + OGT _{r_{tpi}})	ผลรวมจำนวนครั้ง ของการร่อนลงจอด (N _{r_{tpi}} ^{LD})	ความถี่ปฏิบัติการบิน (N _{r_{tpi}} ^a)		
					a _{1.0}	a _{1.1}	a _{2.0}
r _{1,-30}	0.71	2.25	4.25	2	0	7	0
r _{1,-37}	0.71	2.25	4.25	2	7	0	0
r _{1,-7}	0.83	2.33	4.33	2	7	0	7
r _{1,-33}	0.92	2.67	4.67	2	14	0	0
r _{1,-21}	1.00	2.67	4.67	2	14	0	0
r _{1,-16}	1.04	2.75	4.75	2	21	7	14
r _{1,-34}	1.04	2.92	4.92	2	7	7	0
r _{1,-23}	1.83	4.50	6.50	2	0	7	0
r _{1,-35}	1.88	4.58	6.58	2	0	0	4
r _{1,-5}	2.08	5.00	7.00	2	0	0	7
r _{1,-10}	2.13	5.08	7.08	2	14	0	0
r _{1,-15}	2.33	5.50	7.50	2	0	21	0
r _{1,-9}	2.67	6.17	8.17	2	0	7	0
r _{1,-38}	2.96	6.75	8.75	2	0	0	4
r _{1,22,25}	2.98	13.58	17.58	4	0	3	0
r _{1,-17}	3.21	7.25	9.25	2	0	0	7
r _{1,-36}	3.29	7.42	9.42	2	0	0	7
r _{1,-2}	3.38	7.58	9.58	2	0	0	7
r _{1,-11}	3.79	8.42	10.42	2	0	0	5
r _{1,-32}	4.17	9.17	11.17	2	0	7	0
r _{1,-24}	4.42	9.67	11.67	2	7	0	0
r _{1,-22}	4.67	10.17	12.17	2	0	4	0
r _{1,-20}	4.71	10.25	12.25	2	4	0	0
r _{1,-31}	5.04	10.92	12.92	2	0	6	0
r _{1,-13}	5.17	11.17	13.17	2	0	7	0
r _{1,-18}	5.25	11.33	13.33	2	0	0	7
r _{1,-27}	6.17	13.17	15.17	2	14	0	0
r _{1,-29}	6.42	13.83	15.83	2	7	0	0

ทั้งนี้ กำหนดให้เขตแผนปฏิบัติการบินปัจจุบันที่ถูกนำมาคำนวณ (TPI') ประกอบด้วย (1) แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2560/2561 และ (2) แผนปฏิบัติการบินฤดูหนาว ปี พ.ศ.2561/2562 โดยที่พารามิเตอร์ของแผนปฏิบัติการบินที่เป็นสมาชิกของเขตดังกล่าวอ้างอิงพารามิเตอร์ตามตารางที่ จ.3 และ จ.5 ตามลำดับ และกำหนดให้เขตแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนที่ถูกนำมาคำนวณ (TPI'') ประกอบด้วยแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 โดยที่พารามิเตอร์ของแผนปฏิบัติการบินที่เป็นสมาชิกของเขตดังกล่าว ยกเว้นข้อมูลความถี่ปฏิบัติการบิน (N_{r_{tpi}}^a) ที่จะถูกปรับเปลี่ยน อ้างอิงตามตารางที่ จ.4

4. ต้นทุนดำเนินการ ประกอบด้วย (1) ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานต่อหน่วยบริโภค (P_F) ที่เป็นค่าเฉลี่ยราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอากาศยานของตลาดโลกย้อนหลัง 12 เดือน ซึ่งครอบคลุม

ตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2560 ถึง 30 กันยายน พ.ศ.2561 โดยเท่ากับ 1.97 ดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อ US Gallon และ (2) ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานต่อระยะเวลาปฏิบัติการบิน (C_{FHA}^a) ที่สัมพันธ์ตามเงื่อนไขการใช้งานที่ระบุในสัญญาบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานของอากาศยานศึกษา (a) โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ จ.6

ตารางที่ จ.6 ข้อมูลต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน ต่อระยะเวลาปฏิบัติการบิน

อากาศยานศึกษา	ค่าบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานต่อระยะเวลาปฏิบัติการบิน
(a)	(C_{FHA}^a)
a1.0	$C_{FHA}^{a1.0}$
a1.1	$C_{FHA}^{a1.1}$
a2.0	$C_{FHA}^{a2.0}$

หมายเหตุ: ต้นทุนการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานต่อระยะเวลาปฏิบัติการบิน (C_{FHA}^a) มีหน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อระยะเวลาปฏิบัติการบิน

5. อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน (R_{ASL}) มีรายละเอียดแสดงตามเงื่อนไขของอากาศยาน a_{1.0} a_{1.1} และ a_{2.0} ดังตารางที่ จ.7 จ.8 และ จ.9 ตามลำดับ

ตารางที่ จ.7 ข้อมูลอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน a_{1.0}

ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน a _{1.0}	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน a _{1.0}
($ASL_n^{a1.0}$)	($R_{ASL_n}^{a1.0}$)
$ASL_{-8}^{a1.0}$	$R_{ASL_{-8}}^{a1.0}$
$ASL_{-7}^{a1.0}$	$R_{ASL_{-7}}^{a1.0}$
$ASL_{-6}^{a1.0}$	$R_{ASL_{-6}}^{a1.0}$
$ASL_{-5}^{a1.0}$	$R_{ASL_{-5}}^{a1.0}$
$ASL_{-4}^{a1.0}$	$R_{ASL_{-4}}^{a1.0}$
$ASL_{-3}^{a1.0}$	$R_{ASL_{-3}}^{a1.0}$
$ASL_{-2}^{a1.0}$	$R_{ASL_{-2}}^{a1.0}$
$ASL_{-1}^{a1.0}$	$R_{ASL_{-1}}^{a1.0}$
$ASL_0^{a1.0}$	$R_{ASL_0}^{a1.0}$
$ASL_1^{a1.0}$	$R_{ASL_1}^{a1.0}$
$ASL_2^{a1.0}$	$R_{ASL_2}^{a1.0}$

ตารางที่ จ.8 ข้อมูลอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์
กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน a_{1.1}

ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน ของอากาศยาน a _{1.1}	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน a _{1.1}
(ASL _n ^{a_{1.1}})	(R _{ASL_n} ^{a_{1.1}})
ASL ₋₈ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₋₈} ^{a_{1.1}}
ASL ₋₇ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₋₇} ^{a_{1.1}}
ASL ₋₆ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₋₆} ^{a_{1.1}}
ASL ₋₅ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₋₅} ^{a_{1.1}}
ASL ₋₄ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₋₄} ^{a_{1.1}}
ASL ₋₃ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₋₃} ^{a_{1.1}}
ASL ₋₂ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₋₂} ^{a_{1.1}}
ASL ₋₁ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₋₁} ^{a_{1.1}}
ASL ₀ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₀} ^{a_{1.1}}
ASL ₁ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₁} ^{a_{1.1}}
ASL ₂ ^{a_{1.1}}	R _{ASL₂} ^{a_{1.1}}

ตารางที่ จ.9 อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์
กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน a_{2.0}

ค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบิน ของอากาศยาน a _{2.0}	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับค่าเฉลี่ยระยะเวลาปฏิบัติการบินของอากาศยาน a _{2.0}
(ASL _n ^{a_{2.0}})	(R _{ASL_n} ^{a_{2.0}})
ASL ₋₄ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₋₄} ^{a_{2.0}}
ASL ₋₃ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₋₃} ^{a_{2.0}}
ASL ₋₂ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₋₂} ^{a_{2.0}}
ASL ₋₁ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₋₁} ^{a_{2.0}}
ASL ₀ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₀} ^{a_{2.0}}
ASL ₁ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₁} ^{a_{2.0}}
ASL ₂ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₂} ^{a_{2.0}}
ASL ₃ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₃} ^{a_{2.0}}
ASL ₄ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₄} ^{a_{2.0}}
ASL ₅ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₅} ^{a_{2.0}}
ASL ₆ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₆} ^{a_{2.0}}
ASL ₇ ^{a_{2.0}}	R _{ASL₇} ^{a_{2.0}}

6. อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ (R_{UTL}) มีรายละเอียดแสดงตามเงื่อนไขของอากาศยาน $a_{1.0}$ $a_{1.1}$ และ $a_{2.0}$ ดังตารางที่ จ.10 จ.11 และ จ.12 ตามลำดับ

ตารางที่ จ.10 ข้อมูลอัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.0}$

อัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.0}$	อัตราการสึกหรอเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์กับอัตราการใช้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.0}$
$(ASL_n^{a_{1.0}})$	$(R_{ASL_n}^{a_{1.0}})$
$ASL_{-8}^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_{-8}}^{a_{1.0}}$
$ASL_{-7}^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_{-7}}^{a_{1.0}}$
$ASL_{-6}^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_{-6}}^{a_{1.0}}$
$ASL_{-5}^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_{-5}}^{a_{1.0}}$
$ASL_{-4}^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_{-4}}^{a_{1.0}}$
$ASL_{-3}^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_{-3}}^{a_{1.0}}$
$ASL_{-2}^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_{-2}}^{a_{1.0}}$
$ASL_{-1}^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_{-1}}^{a_{1.0}}$
$ASL_0^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_0}^{a_{1.0}}$
$ASL_1^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_1}^{a_{1.0}}$
$ASL_2^{a_{1.0}}$	$R_{ASL_2}^{a_{1.0}}$

ตารางที่ จ.11 ข้อมูลอัตรการสีกหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์
กับอัตรการใ้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.1}$

อัตรการใ้ประโยชน์ ของอากาศยาน $a_{1.1}$	อัตรการสีกหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับอัตรการใ้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{1.1}$
$(ASL_n^{a_{1.1}})$	$(R_{ASL_n}^{a_{1.1}})$
$ASL_{-8}^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_{-8}}^{a_{1.1}}$
$ASL_{-7}^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_{-7}}^{a_{1.1}}$
$ASL_{-6}^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_{-6}}^{a_{1.1}}$
$ASL_{-5}^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_{-5}}^{a_{1.1}}$
$ASL_{-4}^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_{-4}}^{a_{1.1}}$
$ASL_{-3}^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_{-3}}^{a_{1.1}}$
$ASL_{-2}^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_{-2}}^{a_{1.1}}$
$ASL_{-1}^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_{-1}}^{a_{1.1}}$
$ASL_0^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_0}^{a_{1.1}}$
$ASL_1^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_1}^{a_{1.1}}$
$ASL_2^{a_{1.1}}$	$R_{ASL_2}^{a_{1.1}}$

ตารางที่ จ.12 ข้อมูลอัตรการสีกหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์
กับอัตรการใ้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{2.0}$

อัตรการใ้ประโยชน์ ของอากาศยาน $a_{2.0}$	อัตรการสีกหรือเครื่องยนต์อากาศยานที่สัมพันธ์ กับอัตรการใ้ประโยชน์ของอากาศยาน $a_{2.0}$
$(ASL_n^{a_{2.0}})$	$(R_{ASL_n}^{a_{2.0}})$
$ASL_{-4}^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_{-4}}^{a_{2.0}}$
$ASL_{-3}^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_{-3}}^{a_{2.0}}$
$ASL_{-2}^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_{-2}}^{a_{2.0}}$
$ASL_{-1}^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_{-1}}^{a_{2.0}}$
$ASL_0^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_0}^{a_{2.0}}$
$ASL_1^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_1}^{a_{2.0}}$
$ASL_2^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_2}^{a_{2.0}}$
$ASL_3^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_3}^{a_{2.0}}$
$ASL_4^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_4}^{a_{2.0}}$
$ASL_5^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_5}^{a_{2.0}}$
$ASL_6^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_6}^{a_{2.0}}$
$ASL_7^{a_{2.0}}$	$R_{ASL_7}^{a_{2.0}}$

ภาคผนวก ฉ

ผลการคำนวณ

ภาคผนวก ฉ นี้ ผู้จัดทำได้นำเสนอผลการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561 โดยแสดงรายละเอียด ดังตารางที่ ฉ.2

ตารางที่ ฉ.2 ผลการปรับเปลี่ยนความถี่การปฏิบัติการบินของอากาศยานศึกษาตามแผนปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยนจากแผนปฏิบัติการบินฤดูร้อน ปี พ.ศ.2561

เส้นทางบิน (r)	ความถี่การปฏิบัติการบินที่ถูกปรับเปลี่ยน (N_{rtpi}^a)		
	a _{1,0}	a _{1,1}	a _{2,0}
Γ _{1,-30}	11	0	3
Γ _{1,-37}	7	0	0
Γ _{1,-7}	27	0	1
Γ _{1,-33}	13	0	1
Γ _{1,-21}	13	0	1
Γ _{1,-16}	27	0	1
Γ _{1,-34}	12	0	2
Γ _{1,-23}	6	0	1
Γ _{1,-35}	3	0	1
Γ _{1,16,15}	6	0	1
Γ _{1,-5}	6	0	1
Γ _{1,-10}	13	0	1
Γ _{1,-15}	14	0	0
Γ _{1,-9}	6	0	1
Γ _{1,22,25}	2	0	1
Γ _{1,-6}	1	0	6
Γ _{1,16,28}	0	3	4
Γ _{1,-2}	0	0	7
Γ _{1,-32}	0	7	0
Γ _{1,-24}	0	7	0
Γ _{1,-28}	0	7	0
Γ _{1,-22}	0	4	0
Γ _{1,-20}	0	4	0
Γ _{1,-31}	0	6	0
Γ _{1,-13}	0	7	0
Γ _{1,-27}	0	7	0
Γ _{1,-8}	0	7	0