



การจัดการสินค้าคงคลังสำหรับอะไหล่ที่ใช้ในการตรวจซ่อมอากาศยาน แบบนอกกำหนด



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาโลจิสติกส์และดิจิทัลซัพพลายเชน
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การจัดการสินค้าคงคลังสำหรับอะไหล่ที่ใช้ในการตรวจซ่อมอากาศยาน แบบนอกกำหนด



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาโลจิสติกส์และดิจิทัลซัพพลายเชน
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดการสินค้าคงคลังสำหรับอะไหล่ที่ใช้ในการตรวจซ่อม
อากาศยาน แบบนอกกำหนด"
ของ ปราโมทย์ ใจมั่น
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโลจิสติกส์และดิจิทัลซัพพลายเชน

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

.....ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

(ดร.สุขศิริ วิชัยศรี)

.....ประธานที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรมล เขาวรัตน์ วาดานาเบะ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภชนี ปฏิทัศน์)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การจัดการสินค้าคงคลังสำหรับอะไหล่ที่ใช้ในการตรวจซ่อมอากาศยาน แบบนอกกำหนด
ผู้วิจัย	ปราโมทย์ ใจมั่น
ประธานที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.วรมล เขาวรัตน์ วาดานาเบะ
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ วท.ม. โลจิสติกส์และดิจิทัลซัพพลายเชน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2568
คำสำคัญ	การพยากรณ์ความต้องการ , ประเภทของความต้องการ , วิธีการพยากรณ์

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการสินค้าคงคลัง ประเภทอะไหล่ อากาศยานที่ใช้สำหรับการซ่อมบำรุงแบบนอกกำหนด (Unscheduled Maintenance) เพื่อนำเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้าและลดต้นทุนโดยรวมของหน่วยงาน โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลประวัติการใช้งานอะไหล่ย้อนหลังระหว่างปี ค.ศ.2018 ถึง 2023 ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบ ABC Analysis เพื่อจำแนกประเภทอะไหล่ พบว่าชั้นอะไหล่กลุ่ม A มีสัดส่วนเพียง 9.67% ของจำนวนทั้งหมด แต่มีมูลค่าสูงถึง 85.77% ของมูลค่ารวม จากนั้นนำอะไหล่กลุ่ม A มาดำเนินการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธี Moving Average และวิธีการพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัย แล้วนำผลการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธีการพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัยสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (MSE) ได้ถึง 47.42% จากนั้นนำข้อมูลการพยากรณ์ที่ได้ไปคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) รวมถึงกำหนดจุดสั่งซื้อซ้ำ (ROP) และสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety Stock) อย่างเหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างวิธีปัจจุบันและวิธี EOQ พบว่า วิธี EOQ สามารถลดต้นทุนรวมได้ 4.09% คิดเป็นมูลค่า 957,442.55 บาทต่อปี และสามารถลดต้นทุนการถือครอง (Holding cost) ได้ 38.33% ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ ABC Analysis ร่วมกับการพยากรณ์ความต้องการที่แม่นยำและการใช้ EOQ เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลัง อะไหล่อากาศยาน สามารถลดต้นทุนและเพิ่มความพร้อมของอะไหล่ในการดำเนินงานซ่อมบำรุงอากาศยานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทคัดย่อภาษาไทย

Title	INVENTORY MANAGEMENT FOR UNSCHEDULED AIRCRAFT MAINTENANCE SPARE PARTS
Author	Pramote Chaiman
Advisor	Associate Professor Woramol C. Watanabe, Ph.D.
Academic Paper	M.S. Independent Study in Logistics and Digital Supply Chain - (Plan B), Naresuan University, 2025
Keywords	Demand forecasting, Demand type, Forecasting Method

ABSTRACT

This independent study aims to investigate inventory management practices for aircraft spare parts used in unscheduled maintenance operations. The objective is to propose strategies for improving warehouse management efficiency and reducing the overall operational costs. Historical usage data from 2018 to 2023 were analyzed using the ABC Analysis technique to classify spare parts. The analysis revealed that Group A items accounted for only 9.67% of the total inventory by quantity but represented up to 85.77% of the total inventory value. Subsequently, demand forecasting for Group A spare parts was conducted using the traditional Moving Average method and a proposed forecasting method developed in this study. The forecast results were compared in terms of accuracy, and it was found that the proposed method achieved a 47.42% reduction in Mean Squared Error (MSE). The forecasted demand data were then used to calculate the Economic Order Quantity (EOQ), Reorder Point (ROP), and Safety Stock appropriately. A cost comparison between the current inventory approach and the EOQ-based approach revealed that the EOQ method reduced total inventory cost by 4.90%, equivalent to 957,442.55 THB annually, and decreased holding cost by 38.33%. These findings demonstrate that the integration of ABC Analysis with accurate demand forecasting and the EOQ method provides an effective strategy for managing aircraft spare parts inventory, enabling cost reduction and enhancing parts availability to support maintenance operations efficiently.

ประกาศศุภกฤต

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ผู้ดำเนินการค้นคว้า ขอกราบ
ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ รศ.ดร.วรมล เขาวรัตน์ วาดานาเบะ ประธานที่ปรึกษา
การค้นคว้าอิสระ ที่ได้เมตตามาเป็นที่ปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือ
ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ตลอดระยะเวลาทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณ
คณะกรรมการวิทยานิพนธ์ อันประกอบไปด้วย ดร.สุขศิริ วิชัยศรี ประธานกรรมการสอบ ผศ.ดร.
ภชนี ปฏิทัศน์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และ ผศ.ดร.โกศลรุ่ง พรอนันต์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้
คำแนะนำตลอดจนเสนอแนะแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องของการค้นคว้าอิสระด้วยความเอาใจใส่
จนทำให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์



ปราโมทย์ ใจมั่น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ค
ประกาศคุณูปการ	จ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	3
ขอบเขตของงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
สมมติฐานของงานวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม.....	6
การซ่อมบำรุงอากาศยาน (AIRCRAFT MAINTENANCE).....	6
ประเภทของอะไหล่อากาศยาน (AIRCRAFT INVENTORY CLASSIFICATION).....	8
การบริหารพัสดุคงคลังและระบบควบคุมพัสดุคงคลัง.....	10
การจำแนกรูปแบบความต้องการและการพยากรณ์ความต้องการ.....	12
การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC (ABC ANALYSIS).....	27
ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ECONOMIC ORDER QUANTITY (EOQ).....	32
จุดสั่งซื้อซ้ำ (REORDER POINT).....	34
สินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง (SAFETY STOCK).....	37
แผนผังสาเหตุและผล (CAUSE AND EFFECT DIAGRAM).....	42
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	62
ศึกษาองค์ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	63

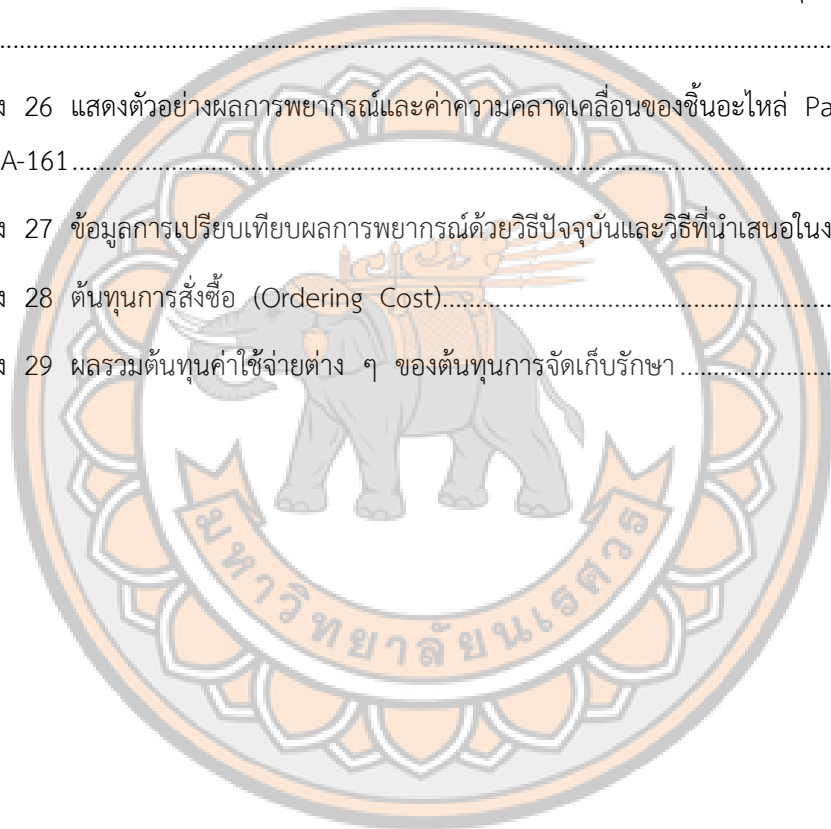
สำรวจงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	63
ศึกษาและเก็บข้อมูลการจัดการสินค้าคงคลังของกรณีศึกษา.....	63
จัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลัง, เลือกวิธีพยากรณ์ความต้องการ, และหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด.....	64
สรุปผลและวิเคราะห์.....	73
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	74
4.1 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการจัดการสินค้าคงคลัง.....	74
4.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลังโดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ ABC ANALYSIS.....	75
4.3 ผลของการพยากรณ์ความต้องการ (DEMAND FORECASTING).....	78
4.4 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (ECONOMIC ORDER QUANTITY :EOQ).....	82
4.5 การเปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังโดยรวม (TOTAL ANNUAL COST).....	89
บทที่ 5 บทสรุป.....	91
สรุปผลการศึกษา.....	91
อภิปรายผล.....	92
ข้อเสนอแนะ.....	94
บรรณานุกรม.....	95
ภาคผนวก.....	101
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการประเมินความสำคัญของชิ้นอะไหล่ และความเชื่อมโยงกับประเภทของชิ้นอะไหล่ในขั้นตอนการทำ ABC ANALYSIS.....	102
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธีที่ใช้ปัจจุบัน และการพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัย.....	106
ภาคผนวก ค วิธีการคำนวณต้นทุนการสั่งซื้อ (ORDERING COST) และ ต้นทุนการถือครอง (HOLDING COST).....	127

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1	เปรียบเทียบ ข้อดี - ข้อเสีย ของวิธีการพยากรณ์ความต้องการที่เลือกใช้ในงานวิจัย.....	26
ตาราง 2	เกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ด้วยการวิเคราะห์แบบ ABC.....	27
ตาราง 3	ตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ เพื่อวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC.....	28
ตาราง 4	ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบ ABC.....	29
ตาราง 5	กำหนดค่าน้ำหนักให้กับคะแนนรวมที่ได้ โดยกำหนดตามความสำคัญของคะแนนรวม	68
ตาราง 6	ตารางตัวอย่างผลการระบุระดับความสำคัญของชั้นอะไหล่.....	75
ตาราง 7	ผลการวิเคราะห์ ABC Analysis ของชั้นอะไหล่กลุ่ม A.....	76
ตาราง 8	สรุปผลการจัดกลุ่มชั้นอะไหล่ด้วยวิธี ABC Analysis.....	77
ตาราง 9	แสดงผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปัจจุบัน.....	78
ตาราง 10	แสดงผลการพยากรณ์ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย.....	79
ตาราง 11	การจัดกลุ่มวิธีการพยากรณ์ตามรูปแบบของความต้องการอะไหล่ในงานซ่อมบำรุงแบบนอกกำหนด.....	80
ตาราง 12	แสดงต้นทุนของการจัดการสินค้าคงคลังโดยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย.....	86
ตาราง 13	แสดงต้นทุนของการจัดการสินค้าคงคลังโดยวิธีปัจจุบัน.....	87
ตาราง 14	แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังของวิธีปัจจุบันและวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย.....	89
ตาราง 15	แสดงตัวอย่างชั้นอะไหล่กลุ่ม B.....	103
ตาราง 16	แสดงตัวอย่างชั้นอะไหล่กลุ่ม C.....	104
ตาราง 17	สรุปจำนวนและสัดส่วนของอะไหล่แต่ละประเภท.....	105
ตาราง 18	ตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่.....	106
ตาราง 19	แสดงผลการคำนวณรูปแบบความต้องการและการวิเคราะห์แจกแจงความต้องการ.....	109
ตาราง 20	สรุปผลรูปแบบความต้องการของชั้นอะไหล่กลุ่ม A จำนวน 58 รายการ.....	110

ตาราง 21	แสดงตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธี Moving Average.....	113
ตาราง 22	แสดงตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธี Exponential Smoothing ด้วยค่า alpha เท่ากับ 0.00	116
ตาราง 23	แสดงค่า α ทุกค่า และค่า MSE ที่คำนวณได้จากวิธี Exponential Smoothing....	117
ตาราง 24	แสดงตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธี Croston's method.....	122
ตาราง 25	แสดงตัวอย่างการบันทึกค่าพยากรณ์และค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มข้อมูลแต่ละครั้ง	124
ตาราง 26	แสดงตัวอย่างผลการพยากรณ์และค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นอะไหล่ Part ID A000A-161.....	125
ตาราง 27	ข้อมูลการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปัจจุบันและวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย	126
ตาราง 28	ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost).....	128
ตาราง 29	ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของต้นทุนการจัดเก็บรักษา.....	129



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 Examples of commonly allocated parts by material type	9
ภาพ 2 Inventory Classifications and Characteristics	10
ภาพ 3 Frequently used forecasting methods, Accuracy Measures and	13
ภาพ 4 กรอบขั้นตอนการพยากรณ์	14
ภาพ 5 วิธีการพยากรณ์	15
ภาพ 6 Demand pattern categorization: a summary of results	24
ภาพ 7 A comparison of ABC classification using optimal inventory score	31
ภาพ 8 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดในการสั่งซื้อสินค้า	32
ภาพ 9 จุดการสั่งซื้อซ้ำ	35
ภาพ 10 ลักษณะของสินค้าคงคลังเมื่อความต้องการไม่คงที่	37
ภาพ 11 ลักษณะของคลังสินค้าที่มีสินค้าคงคลังชั้นต่ำ	38
ภาพ 12 กระบวนการขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	62
ภาพ 13 รูปแผนผังลำดับการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC	64
ภาพ 14 ตารางการให้คะแนนค่าความสำคัญของอะไหล่	67
ภาพ 15 ตัวอย่างการจำแนกกลุ่มโดยวิธีวิเคราะห์ ABC	69
ภาพ 16 รูปแผนผังลำดับการพยากรณ์ความต้องการ (Demand forecasting)	70
ภาพ 17 แผนผังสาเหตุและผลของสาเหตุของปัญหา	74
ภาพ 18 ผลการจัดกลุ่มขึ้นอะไหล่ด้วยวิธี ABC Analysis	77
ภาพ 19 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของการพยากรณ์ทั้งสองวิธี	81
ภาพ 20 ตัวอย่างตารางการให้คะแนนค่าความสำคัญของอะไหล่ Part ID A00A-129	102

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การบริหารการบินประกอบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การจัดการตารางบิน เส้นทางการบิน บุคลากรด้านการบิน และการบริหารจัดการอากาศยาน โดยมีเป้าหมายสำคัญ เพื่อให้อากาศยานมีความพร้อมในการปฏิบัติการกิจได้อย่างปลอดภัย หนึ่งในกิจกรรมสำคัญในการบริหารอากาศยานคือการซ่อมบำรุงอากาศยาน เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ ลดความเสี่ยง และหลีกเลี่ยงสถานการณ์ที่อากาศยานไม่สามารถทำการบินได้ หรือที่เรียกว่า "Aircraft-on-Ground (AOG)" คือ สถานการณ์ที่อากาศยานไม่สามารถทำการบิน เนื่องจากไม่สามารถทำการซ่อมบำรุงหรือแก้ไขข้อขัดข้องได้ตามกำหนด ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่ออย่างมากกับการบริหารงานด้านการบินอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน. (Kenzhevayeva et al., 2021)

กิจกรรมการซ่อมบำรุงอากาศยานแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ การตรวจซ่อมอากาศยานตามกำหนด (Scheduled maintenance) การตรวจซ่อมอากาศยานนอกกำหนด (Unscheduled maintenance) และ การตรวจพิเศษ (Special Inspection) (กรมช่างอากาศ, 2562) โดยลักษณะของการตรวจอากาศยานแบ่งออกตามประเภท มีรายละเอียดดังต่อไปนี้คือ 1) การตรวจซ่อมอากาศยานตามกำหนด เป็นการดำเนินการตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เช่น เมื่ออากาศยานทำการบินครบตามชั่วโมงบินที่ระบุในคู่มือการบำรุงรักษาอากาศยาน (Aircraft Maintenance Manual) ทำให้สามารถวางแผนการจัดเตรียมบุคลากร อะไหล่ และทรัพยากรอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) การตรวจซ่อมอากาศยานนอกกำหนดเป็นการดำเนินการที่ไม่ได้คาดการณ์ล่วงหน้า เกิดขึ้นเมื่ออากาศยานเกิดข้อขัดข้องหรือความเสียหายที่ไม่คาดคิด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยในการปฏิบัติการบิน การตรวจซ่อมประเภทนี้จึงต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพื่อให้อากาศยานกลับมาใช้งานได้โดยเร็วที่สุด แต่เนื่องจากเป็นการดำเนินการที่ไม่ได้อยู่ในแผน จึงอาจเกิดปัญหาในการจัดสรรชิ้นอะไหล่และบุคลากรเพื่อรองรับการซ่อมบำรุงได้อย่างทันท่วงที 3) การตรวจพิเศษ เป็นการดำเนินการตรวจพิเศษที่ได้รับแจ้งให้ดำเนินการเป็นครั้งคราวจากบริษัทผู้ผลิตอากาศยานหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในการตรวจซ่อมอากาศยานนอกกำหนด (Unscheduled maintenance) นั้นจะมีความต้องการใช้อะไหล่ในการซ่อมบำรุงอากาศยาน ที่ไม่แน่นอน และไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ไม่สามารถทราบได้ว่าชิ้นส่วนอะไหล่ของอากาศยานนั้น ๆ จะชำรุด

เสียหายเมื่อใด รูปแบบของความต้องการดังกล่าว คือ ความต้องการไม่สม่ำเสมอ (Intermittent Demand) หรือบางครั้งก็มีรูปแบบความต้องการที่มีความแปรปรวนสูง (Lumpy Demand) (Thummathid, 2020) จึงเป็นปัญหาที่ผู้บริหารจัดการอะไหล่อากาศยาน จะต้องบริหารจัดการอะไหล่ให้มีความพร้อมที่จะสนับสนุนหน่วยซ่อมบำรุงอย่างทันเวลาเมื่อเกิดข้อขัดข้องต้องการใช้อะไหล่ในการแก้ไข แต่ในทางกลับกัน เมื่อมีการสำรองจำนวนอะไหล่ไว้ในคลังมากเกินไปก็ส่งผลกระทบต่อทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสินค้าคงคลัง เช่น ต้นทุนของอะไหล่ที่สะสมไว้, ค่าจัดเก็บรักษา, ค่าเสื่อมสภาพ ก็จะสูงมากตามไปด้วย จากที่ได้กล่าวมานั้นการตัดสินใจในการจัดการสินค้าคงคลังของการตรวจซ่อมอากาศยานนอกกำหนด จึงจำเป็นต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายและต้นทุนทั้ง 2 กรณี

ในการจัดการคลังอะไหล่ของอากาศยาน พบปัญหาทั้งการขาดแคลนอะไหล่บางรายการที่จำเป็นต้องใช้ในการซ่อมบำรุงนอกกำหนด และการมีอะไหล่บางรายการมากเกินไปทำให้เกิดปัญหาต้นทุนจมไปกับการสะสมอะไหล่เหล่านั้น โดยปัจจุบันการบริหารคลังอะไหล่ของกรณีศึกษาใช้วิธีการพยากรณ์ความต้องการเพื่อกำหนดระดับและปริมาณอะไหล่ที่ต้องสำรองไว้สำหรับการซ่อมบำรุงอากาศยานนอกกำหนด โดยใช้การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting) เทคนิคการพยากรณ์แบบ อนุกรมเวลา (Time series Forecasting) แบบวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method) (Baisariyev et al., 2021) มาใช้ในการพยากรณ์จำนวนอะไหล่ที่ต้องใช้ในปัดไป เมื่อได้ผลการพยากรณ์จำนวนความต้องการใช้อะไหล่แล้ว ก็จะใช้ข้อมูลดังกล่าวในการดำเนินการจัดหาอะไหล่มาคงคลังไว้ตามจำนวนที่ได้ตามผลการพยากรณ์ อย่างไรก็ตาม วิธีการพยากรณ์ดังกล่าวมักไม่สามารถคาดการณ์ความต้องการที่แท้จริงได้อย่างแม่นยำเนื่องจากความต้องการใช้อะไหล่ของอากาศยานมีลักษณะที่ไม่แน่นอนและแปรปรวนตามปัจจัยต่างๆ นอกเหนือจากเวลา ส่งผลให้อะไหล่ที่จัดหามามีไม่ตรงกับความต้องการใช้งานจริง เกิดปัญหาสินค้าเคลื่อนไหวช้า (Slow Moving) และ สินค้าไม่มีความเคลื่อนไหว (Dead Stock) ซึ่งเป็นภาระต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้แก่องค์กร เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ดูแลรักษา และสูญเสียโอกาสในการนำเงินทุนไปใช้ให้เกิดประโยชน์อื่นๆ (Sugiono & Alimbudiono, 2020) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว มีงานวิจัยหลายชิ้นได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงการจัดการคลังอะไหล่อากาศยาน เช่น การวิเคราะห์ ABC เพื่อจำแนกประเภทของอะไหล่ตามความสำคัญและความต้องการใช้งาน ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการถือครองคลังอะไหล่ และเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าเนื่องจากสามารถจัดหาอะไหล่ได้ (Rad T et al., 2011) การกำหนดจุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point) โดยใช้ข้อมูลความต้องการในอดีตมาช่วยในการพยากรณ์ความต้องการในอนาคต ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับอะไหล่ที่มีลักษณะความต้องการที่ไม่สม่ำเสมอ เช่น Expendables และ Consumables (ingyao et al., 2014) และการใช้วิธี Economic Order Quantity (EOQ)

เพื่อคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อและการเก็บรักษาสินค้าคงคลังให้น้อยที่สุด (Wanti et al., 2020; Watanabe, 2023)

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น การจัดการอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุงอากาศยานแบบนอกกำหนด ซึ่งมีความต้องการที่ไม่แน่นอน ยากต่อการจัดการสินค้าคงคลัง ทำให้เกิดปัญหามีจำนวนอะไหล่คงคลังสูง ในทางกลับกันบางกรณีก็ไม่มีอะไหล่พร้อมใช้งานเมื่อต้องการ เกิดความไม่สมดุลระหว่าง สินค้าคงคลัง และระดับการให้บริการ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการคลังสินค้าของกรณีศึกษา และพัฒนาหาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยใช้แนวคิด วิธีการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC วิธีปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด และวิธีจุดสั่งซื้อซ้ำ ในการจัดการคลังสินค้าเพื่อลดมูลค่าของสินค้าคงคลังและต้นทุนที่เกี่ยวข้อง ให้มีอะไหล่พร้อมใช้งานในการซ่อมบำรุงแบบนอกกำหนด และนำเสนอให้หน่วยงานกรณีศึกษาได้พิจารณาและปรับใช้ต่อไป

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาประเมินรูปแบบการจัดการสินค้าคงคลัง และวิเคราะห์ระบุสาเหตุรวมไปถึงข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดปัญหาในการจัดการสินค้าคงคลัง ประเภทอะไหล่อากาศยานของหน่วยงานกรณีศึกษาในปัจจุบัน
2. เพื่อเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ที่ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำขึ้นกว่าปัจจุบัน
3. เพื่อนำเสนอแนวทางปรับปรุงการจัดการสินค้าคงคลังโดยการประยุกต์ใช้แนวคิด การวิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยระบบ ABC และ วิธีปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ)

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการจัดการคลังสินค้าและรายการชิ้นอะไหล่ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงอากาศยานของหน่วยงานกรณีศึกษา
2. ข้อมูลประวัติความต้องการใช้อะไหล่ย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 2018 ถึงปี ค.ศ. 2023
3. คำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด และ จุดสั่งซื้อซ้ำ เฉพาะรายการที่มีความสำคัญมาก จากวิธีการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

วิธีการพยากรณ์ความต้องการอะไหล่อากาศยานที่แม่นยำขึ้นและแนวทางในการจัดการสินค้าคงคลังด้วยแนวคิด วิธีการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC และวิธีปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity) ให้หน่วยงานสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทำให้มีอะไหล่พร้อมใช้สำหรับการตรวจสอบอากาศยานแบบนอกกำหนดเมื่อมีความต้องการ และในขณะเดียวกันก็สามารถลดต้นทุนโดยรวมของสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่อากาศยาน

สมมติฐานของงานวิจัย

1. วิธีการพยากรณ์ความต้องการอะไหล่อากาศยานที่แม่นยำขึ้น จะทำให้มีอะไหล่พร้อมใช้เมื่อเกิดความต้องการใช้งานสำหรับการตรวจสอบอากาศยานแบบนอกกำหนด
2. วิธีการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC (ABC Analysis), วิธีปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity) สามารถทำให้ลดต้นทุนโดยรวมของสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ที่ใช้ในการตรวจสอบอากาศยานนอกกำหนดได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การซ่อมบำรุง คือการปฏิบัติต่างๆ ต่อบริษัท (หมายถึงตัวอากาศยาน เครื่องยนต์ ส่วนประกอบต่างๆ ที่ติดตั้งกับตัวอากาศยานและติดตั้งกับเครื่องยนต์ด้วย) เพื่อใช้บริษัทตามปกติให้นาน ที่สุดเท่าที่จะทำได้แต่ทั้งนี้ บริษัทเหล่านั้น ย่อมมีการสึกหรอไปโดยตัวของมันเองเนื่องจากถูกใช้งานอยู่เสมอ
2. การตรวจสอบอากาศยานตามกำหนด (Aircraft Scheduled Inspection) หมายถึง การตรวจสอบอากาศยานตามระยะเวลาซึ่งจะกำหนดตามชั่วโมงบินหรือตามเวลาปฏิบัติแล้วแต่คู่มือของอากาศยานนั้น ๆ ระบุไว้
3. การตรวจสอบอากาศยานนอกกำหนด (Aircraft Unscheduled Inspection) หมายถึง การตรวจสอบอากาศยานที่ไม่มีกำหนดระยะเวลาตามที่คู่มือระบุไว้ เช่น เมื่ออากาศยานชำรุด อุบัติเหตุ อุบัติการณ์ หรือการดัดแปลงแก้ไข เป็นต้น การตรวจสอบประเภทนี้ กระทำได้ทุกระดับการซ่อมบำรุง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการชำรุด และขีดความสามารถของหน่วยรับผิดชอบระดับการซ่อมบำรุงนั้น
4. ความสมควรเดินอากาศอย่างต่อเนื่อง (Continuing Airworthiness) หมายถึง การดำเนินการทั้งปวงที่ทำให้แน่ใจว่าอากาศยานมีความสมควรเดินอากาศตลอดอายุการใช้งานของอากาศยานนั้น และ อยู่ในสภาพปลอดภัยในการใช้งาน

5. การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC (ABC analysis) หมายถึง วิธีที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ตามความสำคัญ โดยการแบ่งกลุ่มนี้มักจะพิจารณาจากมูลค่าของสินค้า เช่น กำไร ต้นทุน หรือยอดขาย

6. ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้คำนวณจำนวนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ควรสั่งซื้อในแต่ละครั้ง เพื่อให้มีต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งรวมถึงต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง

7. จุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point) หมายถึง เครื่องมือที่ช่วยให้องค์กรสามารถรักษาระดับสินค้าคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ลดความเสี่ยงของการขาดแคลนสินค้า และเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า

8. สินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง (Safety stock) หมายถึง ขั้นตอนในการจัดการคลังสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับความต้องการที่อาจเกิดความไม่แน่นอนหรือความผันผวน เพื่อป้องกันการขาดแคลนสินค้า



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งเป็น 2 ส่วน หลัก ๆ คือ 1.) ความรู้เกี่ยวกับการซ่อมบำรุงอากาศยาน 2.) การบริหารพัสดุคงคลังและระบบควบคุมพัสดุคงคลัง ในส่วนของ ความรู้เกี่ยวกับการซ่อมบำรุงอากาศยาน จะกล่าวถึงลักษณะโดยทั่วไปของการซ่อมบำรุงอากาศยาน ประเภทของอะไหล่อากาศยาน สำหรับการบริหารพัสดุคงคลังและระบบควบคุมพัสดุคงคลัง ได้นำเสนอหลักการและแนวคิดที่งานวิจัยนี้ได้นำมาใช้ เช่น การจำแนกรูปแบบความต้องการ การพยากรณ์ความต้องการ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด จุดสั่งซื้อซ้ำ และการกำหนดสินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง

การซ่อมบำรุงอากาศยาน (Aircraft Maintenance)

การซ่อมบำรุงอากาศยาน (Aircraft Maintenance) ตามคำนิยามของกรมช่างอากาศยาน หมายถึง การปฏิบัติต่างๆ ต่อบริภัณฑ์ (หมายถึงตัวอากาศยาน เครื่องยนต์ และส่วนประกอบต่างๆ ที่ติดตั้งกับตัวอากาศยานและติดตั้งกับเครื่องยนต์) เพื่อให้บริภัณฑ์สามารถใช้งานได้ตามปกติให้นานที่สุด (กรมช่างอากาศยาน, 2562) การซ่อมบำรุงอากาศยานเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างยิ่งในการรักษาความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือ และประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของอากาศยาน โดยครอบคลุมกิจกรรมที่หลากหลาย ตั้งแต่การตรวจสอบตามปกติ การซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ หรือเสียหาย ไปจนถึงการยกเครื่องและปรับปรุงระบบต่างๆ การซ่อมบำรุงอากาศยานมีบทบาทสำคัญในการป้องกันอุบัติเหตุและลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการบิน

ในอดีต การซ่อมบำรุงอากาศยานเป็นไปในลักษณะของการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา (Corrective Maintenance) ซึ่งหมายความว่า การซ่อมบำรุงจะดำเนินการก็ต่อเมื่ออากาศยานเกิดความเสียหายหรือขัดข้องแล้วเท่านั้น วิธีการนี้มีข้อจำกัด เนื่องจากอาจทำให้เกิดความล่าช้าในการซ่อมแซม และส่งผลกระทบต่อความพร้อมในการปฏิบัติงานของอากาศยาน อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการซ่อมบำรุงอากาศยานได้พัฒนามาเป็นการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นก่อนที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของอากาศยาน (กรมช่างอากาศยาน, 2562) การซ่อมบำรุงเชิงป้องกันนี้จะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดความเสียหายที่ไม่คาดคิด เพิ่มความน่าเชื่อถือของอากาศยาน และยืดอายุการใช้งานของอากาศยานให้สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐานของอากาศยานเหล่านั้นได้

1. ระดับของการซ่อมบำรุงอากาศยาน การซ่อมบำรุงอากาศยานในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ (กรมช่างอากาศ, 2562)

1.1 การซ่อมบำรุงระดับหน่วย เป็นการซ่อมบำรุงเบื้องต้นที่หน่วยปฏิบัติ เช่น การตรวจสอบ การบริการ และการแก้ไขข้อขัดข้องเล็กน้อย การซ่อมบำรุงระดับนี้มักดำเนินการโดยช่างเทคนิคประจำหน่วย และมีวัตถุประสงค์เพื่อให้แน่ใจว่าอากาศยานพร้อมที่จะปฏิบัติภารกิจได้อย่างปลอดภัย

1.2 การซ่อมบำรุงระดับกลาง เป็นการซ่อมบำรุงที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การตรวจสอบตามกำหนด การตรวจสอบซ่อมชุดอุปกรณ์ และการซ่อมผิวบุและโครงสร้างบางอย่าง การซ่อมบำรุงระดับนี้มักดำเนินการโดยช่างเทคนิคที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ซับซ้อนกว่า

1.3 การซ่อมบำรุงระดับโรงงาน เป็นการซ่อมบำรุงใหญ่ เช่น การซ่อมโครงสร้าง การปรับปรุงสภาพ และการดัดแปลงแก้ไข การซ่อมบำรุงระดับนี้มักดำเนินการในโรงงานที่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ครบครัน และต้องใช้ช่างเทคนิคที่มีความเชี่ยวชาญสูง

2. วิธีการซ่อมบำรุงอากาศยาน การซ่อมบำรุงอากาศยานแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ (กรมช่างอากาศ, 2562)

2.1 การตรวจซ่อมแบบโรงเก็บ เป็นการนำอากาศยานเข้ามาตรวจซ่อมในโรงเก็บหรือสถานที่ที่จัดเตรียมไว้ วิธีนี้มีข้อดีคือ ช่างเทคนิคสามารถทำงานได้สะดวกและมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นครบครัน

2.2 การตรวจซ่อมแบบเคลื่อนที่ เป็นการจัดเจ้าหน้าที่พร้อมเครื่องมือและอุปกรณ์ออกไปตรวจซ่อม ณ ที่ตั้งของอากาศยาน วิธีนี้เหมาะสำหรับการตรวจซ่อมเบื้องต้น หรือเมื่ออากาศยานไม่สามารถเคลื่อนย้ายเข้าโรงเก็บได้

3. ประเภทของการซ่อมอากาศยาน การตรวจซ่อมอากาศยานแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ (กรมช่างอากาศ, 2562)

3.1 การตรวจซ่อมอากาศยานตามกำหนด (Aircraft Scheduled Inspection) เป็นการตรวจซ่อมที่ดำเนินการตามระยะเวลาหรือชั่วโมงบินที่กำหนดไว้ในคู่มืออากาศยาน การตรวจซ่อมตามกำหนดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสภาพและบำรุงรักษาอากาศยานตามรอบการใช้งานปกติ เพื่อให้มั่นใจว่าอากาศยานมีความปลอดภัยและพร้อมปฏิบัติภารกิจอยู่เสมอ

3.2 การตรวจซ่อมอากาศยานนอกกำหนด (Aircraft Unscheduled Inspection) เป็นการตรวจซ่อมที่ไม่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า แต่จะดำเนินการเมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่คาดฝัน เช่น อากาศยานได้รับความเสียหายจากอุบัติเหตุหรืออุบัติเหตุการณ์ต่าง ๆ การตรวจซ่อมประเภทนี้มีความสำคัญมากกว่าการตรวจซ่อมตามกำหนด เนื่องจากต้องดำเนินการในทันทีที่เกิดเหตุการณ์ ซึ่งอาจ

ส่งผลกระทบต่อแผนการบินและภารกิจอื่น ๆ นอกจากนี้ การตรวจซ่อมนอกกำหนดยังอาจต้องใช้ทรัพยากรและบุคลากรเพิ่มเติม ซึ่งอาจไม่พร้อมใช้งานในทันที ทำให้เกิดความล่าช้าในการซ่อมบำรุงและส่งผลกระทบต่อความพร้อมในการปฏิบัติงานของอากาศยาน

3.3 การตรวจพิเศษ (Special Inspection) เป็นการตรวจซ่อมตามรายละเอียดที่ระบุในคู่มืออากาศยานแต่ละแบบ นอกเหนือจากการตรวจซ่อมตามกำหนด การตรวจพิเศษอาจดำเนินการตามกำหนดเวลา เช่น การตรวจหารอยร้าวโดยไม่ทำลาย หรือตามเงื่อนไข เช่น การตรวจเนื่องจากสภาพแวดล้อมหรือภารกิจ

การซ่อมบำรุงอากาศยานเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาความปลอดภัยและความพร้อมในการปฏิบัติงานของอากาศยาน การซ่อมบำรุงอากาศยานมีหลายระดับและหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีขั้นตอนและความท้าทายที่แตกต่างกันไป การตรวจซ่อมอากาศยานนอกกำหนด (Aircraft Unscheduled Inspection) เป็นหนึ่งในประเภทการตรวจซ่อมที่มีความท้าทายสูง เนื่องจากต้องดำเนินการในทันทีที่เกิดเหตุการณ์ไม่คาดฝัน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแผนการบินและภารกิจอื่น ๆ นอกจากนี้ การตรวจซ่อมนอกกำหนดยังอาจต้องใช้ทรัพยากรและบุคลากรเพิ่มเติม ซึ่งอาจไม่พร้อมใช้งานในทันที ทำให้เกิดความล่าช้าในการซ่อมบำรุงและส่งผลกระทบต่อความพร้อมในการปฏิบัติงานของอากาศยาน

ประเภทของอะไหล่อากาศยาน (Aircraft Inventory Classification)

สมาคมขนส่งทางอากาศระหว่างประเทศ (International Air Transport Association: IATA) ได้จำแนกประเภทของชิ้นอะไหล่อากาศยานออกเป็น 3 ประเภทหลัก ดังนี้

1. ชิ้นอะไหล่หมุนเวียนนำกลับมาใช้ได้ (Rotables) คือชิ้นอะไหล่ที่สามารถนำกลับมาใช้หมุนเวียนได้ ถ้าเกิดการชำรุดเสียหายของชิ้นอะไหล่สามารถซ่อมบำรุงให้กลับมาใช้งานได้ตลอดอายุการใช้งานของชิ้นอะไหล่ชิ้นนั้น ๆ มีอัตราการชำรุดเสียหาย (Scrap rate) ที่ต่ำ และเป็นชิ้นอะไหล่ที่มีมูลค่าสูง โดยทั่วไปจะส่งไปทำการซ่อมบำรุงและนำกลับมาใช้งานใหม่ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนต่ำกว่าการเปลี่ยนชิ้นอะไหล่ใหม่

2. ชิ้นอะไหล่ที่สามารถซ่อมได้ (Repairables) จะมีความคล้ายคลึงกันกับ ชิ้นอะไหล่หมุนเวียนนำกลับมาใช้ได้ (Rotables) แต่มีแตกต่างกันที่ ชิ้นอะไหล่ที่สามารถซ่อมได้ (Repairables) จะมีอัตราการชำรุดเสียหายที่สูงกว่าเมื่อเทียบกันแล้ว

3. ชิ้นอะไหล่ใช้แล้วหมดไป (Expendables) คือชิ้นอะไหล่ที่มีอัตราการชำรุดเสียหาย (Scrap rate) 100 % ถ้าเกิดการชำรุดจะต้องทำการเปลี่ยนใหม่ทั้งหมดทุกครั้ง โดยส่วนมากแล้ว ชิ้นอะไหล่ประเภทนี้จะมีราคาค่อนข้างต่ำ

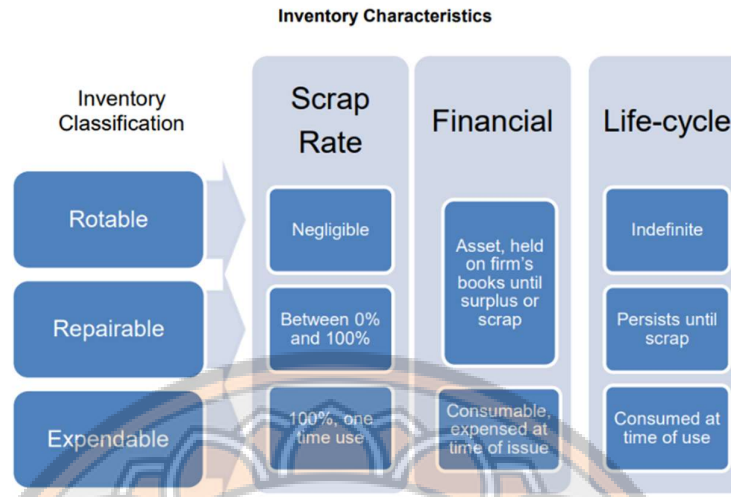
Rotables	Repairables	Expendables
<ul style="list-style-type: none"> • Wheels • Brakes • Crew Oxygen Mask • Radar Transceiver • Flight Attendant Handset • Altimeter 	<ul style="list-style-type: none"> • Oxygen Bottles • Main DC Power Battery • APU Starter, Electric • Fire Detector • Lights 	<ul style="list-style-type: none"> • Lamps • Filters • Fasteners • Seals • Gaskets • Switches • Connectors • Jumpers • Terminals

ภาพ 1 Examples of commonly allocated parts by material type

ที่มา: International Air Transport Association, 2015

ภาพที่ 1 นำเสนอตัวอย่างการจัดกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่อากาศยานตามประเภทวัสดุ (Material Type) ทั้ง 3 ประเภทหลัก Rotables ตัวอย่างเช่น ล้อ เบรก หน้ากากออกซิเจน ของลูกเรือ เครื่องรับส่งสัญญาณเรดาร์ Repairables ตัวอย่างเช่น ถังออกซิเจน แหล่งจ่ายไฟหลัก DC แบตเตอรี่ มอเตอร์สตาร์ท APU อุปกรณ์ตรวจจับควัน Expendables ตัวอย่างเช่น หลอดไฟ ไส้กรอง สลักเกลียว ซีล ปะเก็น สวิตช์ ขั้วต่อสายไฟ สายไฟ

อีกหลักเกณฑ์หนึ่งที่ใช้ในการระบุชิ้นอะไหล่เป็นประเภทไหน จะใช้หลักเกณฑ์การพิจารณา 3 ประการ คือ อัตราการชำรุดเสียหาย (Scrap rate) มูลค่าของชิ้นอะไหล่ (Financial) และ วงรอบการใช้งาน (Life-cycle) ดังภาพที่ 2 ที่แสดงต่อไปนี้



ภาพ 2 Inventory Classifications and Characteristics

ที่มา: International Air Transport Association, 2015

ภาพที่ 2 แสดงการจำแนกประเภทสินค้าคงคลังในอุตสาหกรรมการบินตามลักษณะเฉพาะของสินค้าแต่ละประเภท การจำแนกประเภทนี้มีความสำคัญต่อการวางแผนการจัดการสินค้าคงคลัง การบำรุงรักษา และการตัดสินใจทางการงบประมาณ โดยที่ Rotable หมายถึงชิ้นอะไหล่ที่มีมูลค่าสูงและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น เครื่องยนต์และส่วนประกอบหลักอื่น ๆ ของอากาศยาน ชิ้นส่วนเหล่านี้มักมีอายุการใช้งานที่ยาวนานและต้องได้รับการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ Repairable หมายถึงชิ้นอะไหล่ที่สามารถซ่อมแซมได้เมื่อเกิดความเสียหายหรือเสื่อมสภาพ เช่น ชิ้นส่วนระบบไฮดรอลิกหรือระบบไฟฟ้า การจัดการชิ้นส่วนประเภท Repairable จะต้องพิจารณาและตัดสินใจว่าควรซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ ส่วน Expendable หมายถึงชิ้นอะไหล่ที่ใช้แล้วทิ้ง เช่น นี้อต สลักเกลียว และโอริง ชิ้นส่วนเหล่านี้มีมูลค่าต่ำและมักถูกใช้ในปริมาณมาก

การบริหารพัสดุคงคลังและระบบควบคุมพัสดุคงคลัง

การบริหารจัดการสินค้าคงคลังเป็นหัวใจสำคัญของธุรกิจทุกประเภท เพราะสินค้าคงคลังส่งผลกระทบต่อต้นทุนและกำไรของธุรกิจ หากมีสินค้าคงคลังมากเกินไป ก็จะเกิดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูง แต่หากมีน้อยเกินไป ก็อาจทำให้การผลิตหยุดชะงักและสูญเสียลูกค้าได้ ดังนั้นผู้บริหารจึงต้องหาจุดสมดุลในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง เพื่อให้มีสินค้าเพียงพอต่อการผลิตและจำหน่าย แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องให้ได้มากที่สุด การบริหารจัดการสินค้าคง

คลังที่ดี จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการบริการ ลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจในระยะยาว (พิภพ สถิตาภรณ์, 2552) ในการบริหารพัสดุคงคลังนั้น สิ่งสำคัญในการจัดการก็คือการเลือกใช้ ระบบควบคุมพัสดุคงคลังที่เหมาะสมที่สุด (ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 2542) กล่าวไว้ว่า ระบบพัสดุคงคลังคือวิธีการจัดหาพัสดุโดยควบคุมค่าใช้จ่าย 3 อย่างหลัก ๆ คือ 1) ค่าเก็บรักษาพัสดุ (Inventory carrying cost) 2) ค่าร้างพัสดุ (Shortage Cost) 3) ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อ (Ordering Cost) โดยผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้ง 3 จะเรียกว่า ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (Total Cost)

1. ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมพัสดุคงคลัง

เป้าหมายหลักของการบริหารพัสดุคงคลังคือการรักษาระดับพัสดุที่เหมาะสมเพื่อให้บริการได้ดีและตอบสนองความต้องการสูงสุด ในขณะเดียวกันต้องทำให้ต้นทุนรวมของพัสดุคงคลังต่ำที่สุด ต้นทุนพัสดุคงคลังมีสองส่วนหลัก คือ ต้นทุนราคาพัสดุคงคลังและต้นทุนในการควบคุมพัสดุ โดยต้นทุนในการควบคุมพัสดุเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญ เพราะเป็นส่วนที่เพิ่มต้นทุนให้กับวัสดุที่สั่งซื้อหรือผลิตเข้ามา ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมพัสดุคงคลังมีดังต่อไปนี้

1.1 ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost)

ต้นทุนในการสั่งซื้อแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ ต้นทุนในการสั่งซื้อ (Purchasing Cost) และต้นทุนในการสั่งผลิตหรือเตรียมการผลิต (Setup Cost) ซึ่งเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการ สั่งซื้อหรือสั่งผลิตใหม่ ต้นทุนเหล่านี้จะคงที่ต่อการสั่งซื้อหนึ่งครั้ง ไม่ว่าจะสั่งในปริมาณเท่าใดก็ตาม อย่างไรก็ตาม ต้นทุนต่อหน่วยจะลดลงเมื่อมีการสั่งซื้อในปริมาณมากเนื่องจากต้นทุนการสั่งจะกระจายไปตามจำนวนครั้งที่สั่งซื้อ ยิ่งสั่งมากครั้ง ต้นทุนต่อหน่วยก็จะยิ่งลดลง ในบริบทของงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่ต้นทุนการสั่งซื้อเป็นหลัก โดยต้นทุนการสั่งซื้อ สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้งโดยเฉลี่ย} &= (\text{ค่าใช้จ่ายคงที่} / \text{จำนวนครั้งในการสั่งต่อปี}) + \\ &\text{ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อครั้ง} \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อปี} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อโดยเฉลี่ยต่อครั้ง} \times \text{จำนวนครั้งในการสั่งต่อปี} \end{aligned} \quad (2.2)$$

1.2 ต้นทุนในการถือครองพัสดุคงคลัง (Holding cost)

ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการมีสินค้าคงคลัง ซึ่งรวมถึงค่าใช้จ่ายหลายประเภท เช่น ต้นทุนของสินค้าที่เป็นทุน ค่าใช้จ่ายในการขนย้ายสินค้า ค่าเช่าคลังสินค้า ค่าประกันภัย ค่าภาษี และค่าดอกเบี้ยในการถือครองสินค้าคงคลัง ต้นทุนเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่สินค้าถูกเก็บ

รักษาในคลังสินค้า ดังนั้น การบริหารสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อควบคุมและลดต้นทุนในการเก็บรักษาให้อยู่ในระดับต่ำที่สุด

1.3 ต้นทุนจากการขาดแคลนสินค้า (Shortage Cost)

คือต้นทุนที่เกิดขึ้นเมื่อสินค้าคงคลังไม่เพียงพอ เช่น สินค้าขาดตลาดหรือวัตถุดิบไม่พอต่อการผลิต ซึ่งอาจนำไปสู่ความสูญเสียทางธุรกิจ เช่น การสูญเสียโอกาสในการทำกำไร ความน่าเชื่อถือจากลูกค้า หรือการหยุดชะงักของการผลิต แม้จะประเมินค่าใช้จ่ายจากการขาดแคลนได้ยาก แต่สามารถสมมติให้เป็นตัวเลขเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อการจัดการสต็อกได้

การจำแนกรูปแบบความต้องการและการพยากรณ์ความต้องการ

1. การจำแนกรูปแบบความต้องการ (Demand type)

เพื่อให้การพยากรณ์ความต้องการและบริหารพัสดุคงคลังได้ดีและ การใช้ชั้นอะไหล่ในการซ่อมบำรุงอากาศยานมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถสนับสนุนการซ่อมบำรุงได้อย่างทันท่วงที การทำความเข้าใจรูปแบบความต้องการ (Demand Patterns) เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง งานวิจัยของ Thummathid (2020) ได้อ้างอิงจาก William (1984) แบ่งรูปแบบความต้องการออกเป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่

1.1 Smooth Demand ($ADI \leq x, CV 2 \leq y$) คือรูปแบบความต้องการที่มีความต้องการสม่ำเสมอ เกิดขึ้นประจำปริมาณความต้องการมีอัตราความแปรปรวนต่ำ รูปแบบความต้องการแบบนี้ สามารถทำการพยากรณ์ได้ง่าย และไม่ยุ่งยาก

1.2 Intermittent Demand ($ADI > x, CV 2 \leq y$). คือรูปแบบความต้องการที่เกิดขึ้นเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่อง มีช่วงเวลาที่ไม่มีความต้องการใช้เลย การพยากรณ์อาจทำได้ยากขึ้นเนื่องจากต้องคำนึงถึงความถี่และขนาดของความต้องการที่เกิดขึ้น

1.3 Erratic Demand ($ADI \leq x, CV 2 > y$). คือรูปแบบความต้องการที่มีลักษณะผันผวนสูง ไม่แน่นอน มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและคาดเดาได้ยาก อาจเกิดจากปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้ การพยากรณ์ประเภทนี้มักต้องใช้เทคนิคพิเศษและข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น

1.4 Lumpy Demand ($ADI > x, CV 2 > y$). คือรูปแบบความต้องการที่มีลักษณะเป็นช่วงๆ คล้ายกับ Intermittent Demand แต่มีขนาดของความต้องการที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งสูงมาก ทำให้การจัดการสต็อกเป็นไปได้ยาก การพยากรณ์ต้องอาศัยข้อมูลย้อนหลังและเทคนิคที่เหมาะสม

ภาพที่ 3 นำเสนอการจำแนกประเภทความต้องการ (Demand Type) และความผันผวน (Variability) ของสินค้าคงคลัง โดยพิจารณาจาก 2 ปัจจัย ได้แก่ ช่วงเวลาของความต้องการ (Inter-Demand Intervals) และปริมาณความต้องการ (Quantity) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังภาพ

Demand Type	Variability	
	Inter-Demand Intervals	Quantity
Smooth	LOW	LOW
Erratic		HIGH
Intermittent	HIGH	LOW
Lumpy		HIGH

ภาพ 3 Frequently used forecasting methods, Accuracy Measures and Demand Features

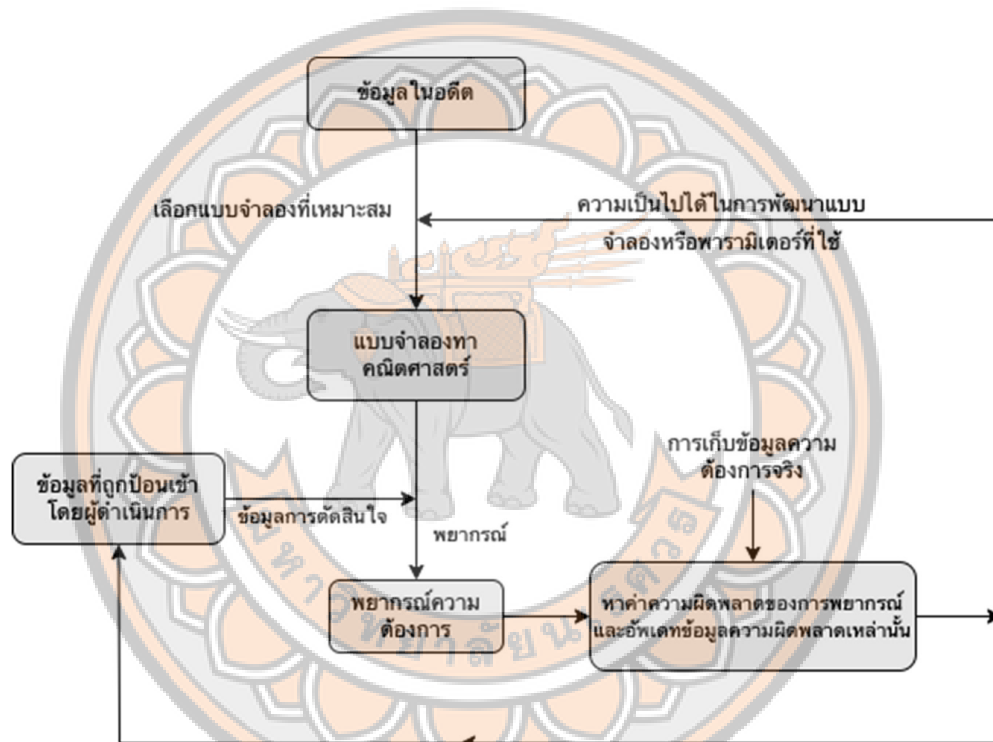
ที่มา: Nemati Amirkolaii et al., 2017

ความต้องการขึ้นอะไหล่ในการซ่อมอากาศยานมักจะมีรูปแบบที่หลากหลายเป็นไปได้ทั้งความต้องการสม่ำเสมอ (Smooth Demand) หรือ ความต้องการไม่สม่ำเสมอ โดยมีช่วงเวลาของความต้องการไม่แน่นอน (Intermittent Demand) คือความต้องการที่เกิดขึ้นเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่อง บางช่วงเวลาที่ไม่มีความต้องการใช้เลย และความต้องการผันผวนสูง (Lumpy Demand) หมายถึงความต้องการที่มีลักษณะเป็นช่วงๆ และมีขนาดของความต้องการที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งสูงมาก จึงทำให้ยากต่อการพยากรณ์ความต้องการ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่รูปแบบ Smooth Demand ,Intermittent Demand และ Lumpy Demand เป็นหลัก เพื่อทำความเข้าใจลักษณะและปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการขึ้นอะไหล่ นำไปสู่การเลือกวิธีการพยากรณ์ได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้การจัดการสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพและสามารถสนับสนุนงานซ่อมบำรุงอากาศยานได้อย่างราบรื่นและทันต่อความต้องการ

2. การพยากรณ์ความต้องการ (Demand Forecasting)

การพยากรณ์ความต้องการสินค้ามีความสำคัญต่อการจัดการสินค้าคงคลังเพราะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถจัดการกับความต้องการได้ จัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้มีความไม่แน่นอนในตลาด การพยากรณ์ที่ดีจะช่วยลดต้นทุนจากสินค้าคงคลังส่วนเกินหรือการขาดแคลนสินค้า และยังช่วยให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันท่วงที การพยากรณ์สามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลในอดีต ร่วมกับการวิเคราะห์ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อความต้องการสินค้า เช่น แคมเปญส่งเสริมการขาย การแข่งขัน และภาวะเศรษฐกิจ (วาทานาเบะ 2023)

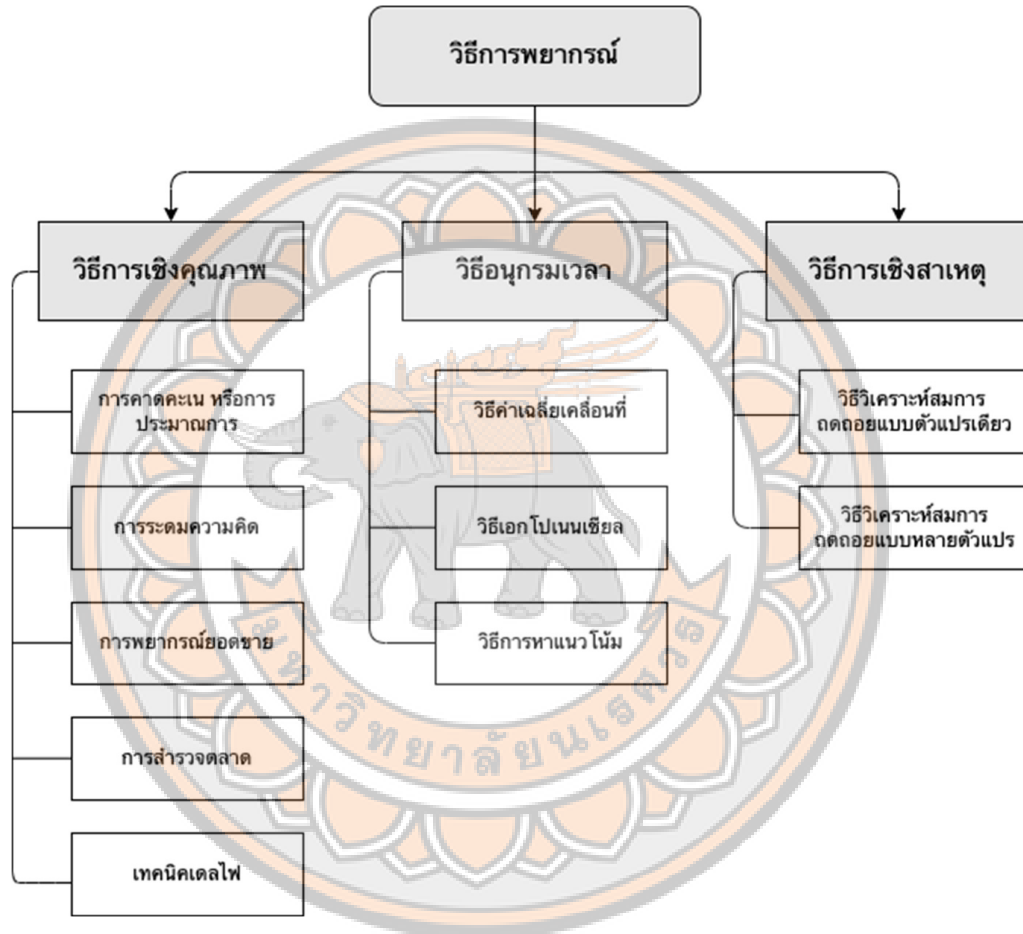


ภาพ 4 กรอบขั้นตอนการพยากรณ์

ที่มา: วาทานาเบะ, 2023

ขั้นตอนการพยากรณ์ดังภาพที่ 4 แสดงให้เห็นกระบวนการพยากรณ์เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลในอดีต จากนั้นเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อทำนายความต้องการในอนาคต หลังจากนั้นประเมินความแม่นยำของการพยากรณ์ และใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อปรับปรุงแบบจำลองหรือวิธีการพยากรณ์ให้ดียิ่งขึ้น สุดท้าย ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจะใช้ข้อมูลการพยากรณ์ร่วมกับประสบการณ์เพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายในการดำเนินงาน (วาทานาเบะ 2023)

โดยวิธีการพยากรณ์พื้นฐาน สามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธี ได้แก่ วิธีอนุกรมเวลา (Time Series Method) วิธีการเชิงสาเหตุถดถอย (Casual Method or Regression Method) และวิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) โดยรายละเอียดของแต่ละวิธีดังนี้



ภาพ 5 วิธีการพยากรณ์

ที่มา: วาตานาเบะ, 2023

2.1 วิธีการเชิงสาเหตุหรือวิธีการถดถอย (Casual Method or Regression Method) คือ การสร้างสมการคณิตศาสตร์ (ในรูปแบบของแบบจำลองการถดถอย) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ต้องการพยากรณ์กับปัจจัยที่มีผลต่อมัน ยกตัวอย่างเช่น สร้างสมการเพื่อดูว่าจำนวนพนักงานมีผลต่อปริมาณการผลิตอย่างไร หรือความพึงพอใจของลูกค้าสัมพันธ์กับจำนวนของเสียในการผลิตอย่างไร

2.2 วิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) วิธีการเชิงคุณภาพ คือ การพยากรณ์ โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ โดยไม่ใช่ข้อมูลตัวเลขหรือสถิติ วิธีนี้เหมาะสำหรับ กรณีที่ไม่มีข้อมูลในอดีต หรือเป็นการพยากรณ์สิ่งใหม่ๆ เช่น ยอดขายสินค้าที่เพิ่งเปิดตัว ความแม่นยำของการพยากรณ์จะขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญของผู้ทำนาย เป็นต้น

2.3 วิธีอนุกรมเวลา (Time Series Method) คือ การพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลในอดีต เพื่อคาดการณ์อนาคต โดยสมมติว่าแนวโน้มในอดีตจะยังคงดำเนินต่อไปในอนาคต เหมาะสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น เนื่องจากพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ไม่ได้นำปัจจัยอื่น มาเกี่ยวข้องการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series Method) สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามกรอบเวลา ได้แก่

2.3.1 การพยากรณ์ระยะสั้น จะครอบคลุมอนาคตอันใกล้ เช่น ความต้องการรายวัน ใช้ในการดำเนินงานประจำวัน

2.3.2 การพยากรณ์ระยะกลาง ครอบคลุมระยะเวลาประมาณ 1-2 เดือนถึง 1 ปี

2.3.3 การพยากรณ์ระยะยาว จะครอบคลุมระยะเวลามากกว่า 1-2 ปี มักใช้ในแผนการผลิตประจำปี เช่น ความต้องการสูงสุด หรือการจัดหาทรัพยากรเพิ่มเติม

ลักษณะของอนุกรมเวลา สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) ระดับ (Level) ลักษณะความต้องการคือ ความต้องการคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลง

2) แนวโน้ม (Trend) ลักษณะความต้องการคือ ความต้องการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง ง่ายต่อการสังเกต

3) ตามฤดูกาล (Seasonal) ลักษณะความต้องการคือความต้องการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วง ๆ ซ้ำ ๆ ในระยะเวลาสั้น มักเกี่ยวข้องกับสภาพอากาศ เช่น ยอดขายเสื้อกันหนาว มักเพิ่มขึ้นในฤดูหนาว รมก็มียอดขายเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน เป็นต้น

4) แบบวัฏจักร (Cycle) ลักษณะความต้องการคือ ความต้องการขึ้นลงเป็นคลื่นซ้ำ ๆ ในระยะเวลานาน (มากกว่า 1 ปี) มักสัมพันธ์กับวัฏจักรเศรษฐกิจ เช่น ยอดขายที่อยู่อาศัย

5) แบบสุ่ม (Random) ลักษณะความต้องการคือ ความต้องการเปลี่ยนแปลงแบบไม่มีรูปแบบ ไม่สามารถคาดการณ์ได้

วิธีอนุกรมเวลา สามารถดำเนินการได้หลายวิธี ในที่นี้จะขอแนะนำ 3 วิธี ได้แก่

1) วิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) เป็นการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลความต้องการในปีปัจจุบันเพื่อทำนายความต้องการในปีถัดไป แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดเพราะไม่ได้คำนึงถึงข้อมูลในอดีต ทำให้ไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เคยเกิดขึ้นมาก่อนหน้าได้ อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ยังคงเป็นที่นิยมเพราะใช้งานง่าย และสามารถใช้ร่วมกับเครื่องมือทางเทคนิคอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดความสับสนเหมือนการวิเคราะห์รูปแบบราคาที่มีความไม่แน่นอนสูงค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่คือการนำค่าความต้องการในอดีตมาหาค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาที่กำหนด เช่น 3 เดือนหรือ 5 เดือน ขึ้นอยู่กับว่าผู้พยากรณ์ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลช่วงไหน โดยนำข้อมูลความต้องการในช่วงเวลาที่สนใจมาบวกกันแล้วหารด้วยจำนวนช่วงเวลา ตัวอย่างเช่น หากต้องการค่าเฉลี่ยของ 3 เดือนก่อนหน้า ก็ให้นำข้อมูล 3 เดือนนั้นมาบวกกันแล้วหารด้วย 3 ซึ่งเป็นจำนวนเดือนทั้งหมด โดย ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.3)$$

เมื่อ

\hat{X}_t = ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา t

x_i = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลาที่ i

n = ช่วงเวลาในอดีตที่สนใจ

2) วิธีปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing) เป็นวิธีการพยากรณ์ ที่เน้นให้ความสำคัญกับข้อมูลล่าสุดมากที่สุด ทำให้สามารถปรับตัวได้รวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงในข้อมูล เช่น แนวโน้ม วัฏจักร หรือการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล วิธีนี้เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงชัดเจน แต่ไม่ค่อยเหมาะกับข้อมูลที่มีความผันผวนแบบสุ่ม โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\hat{x}_{t+1} = \hat{x}_t + \alpha(x_t - \hat{x}_t) \quad (2.4)$$

$$= \alpha x_t + (1 - \alpha) \hat{x}_t \quad (2.5)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned}\hat{x}_t &= \text{ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา } t \\ \hat{x}_{t-1} &= \text{ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา } t - 1 \\ \alpha &= \text{ค่าการปรับเรียบมีค่าระหว่าง } 0 - 1 \\ x_{t-1} &= \text{ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลาที่ } t - 1\end{aligned}$$

3) วิธีการหาแนวโน้ม (Trend Projection) เป็นหนึ่งในวิธีการพยากรณ์ที่ใช้เมื่อข้อมูลมีแนวโน้มที่ชัดเจนในการเปลี่ยนแปลงตามเวลา แนวคิดหลักของวิธีนี้คือ เมื่อเวลาผ่านไป ค่าความต้องการจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่สามารถคาดการณ์ได้ โดยวิธีนี้ใช้การหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความต้องการกับเวลา วิธีที่ใช้บ่อยคือวิธีการกำลังสองที่น้อยที่สุด (Least Squares Method) ซึ่งช่วยให้สามารถหาสมการเชิงเส้นที่ดีที่สุดสำหรับการทำนายแนวโน้มในอนาคตได้ โดยความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความต้องการที่แปรผันตามเวลาถูกแสดงด้วยสมการต่อไปนี้

$$\hat{y} = \alpha + bx \quad (2.6)$$

เมื่อ

$$\hat{y} = \text{ค่าพยากรณ์}$$

$$x = \text{ช่วงเวลา}$$

$$\alpha = \text{ค่าคงที่}$$

$$b = \text{ค่าความชัน}$$

โดยที่

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (2.7)$$

และ

$$\alpha = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2.8)$$

เมื่อ

$$y = \text{ค่าความต้องการ}$$

$$x = \text{ช่วงเวลาโดยให้ช่วงแรกเป็น 1 และช่วงเวลาต่อไปมีค่า 2,3,4,...ตามลำดับ}$$

$$\bar{x} = \text{ค่าเฉลี่ยของ } x$$

$$\bar{y} = \text{ค่าเฉลี่ยของ } y$$

$$n = \text{จำนวนของข้อมูล}$$

นอกจากวิธีการพยากรณ์พื้นฐานทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมาแล้ว ยังมีวิธีการพยากรณ์อื่น ๆ ที่ถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการอะไหล่ในอุตสาหกรรมการบิน เช่น วิธีครอสตัน (Croston's Method) และ วิธีบูทสเตรป (Bootstrap) (Baisariyev et al., 2021; Thummathid, 2020) โดยทั้ง 2 วิธี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4 Croston Method วิธีการพยากรณ์แบบ Croston ถูกพัฒนาเพื่อนำไปใช้กับข้อมูลความต้องการที่มีลักษณะเป็นการใช้งานไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Demand) ซึ่งจะมีช่วงเวลาที่ไม่มีการใช้งานเกิดขึ้น แล้วจึงจะเกิดการใช้งานอีกครั้งหนึ่ง วิธี Croston จะทำการแยกข้อมูลความต้องการที่เกิดขึ้นเป็นสองส่วน ได้แก่

2.4.1 ขนาดของความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ (Non-zero demand)

2.4.2 ระยะเวลาระหว่างการใช้งานที่ไม่ใช่ศูนย์ (Inter-arrival time)

จากนั้นจะใช้วิธีปรับเรียบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing) ในการพยากรณ์ความต้องการทั้ง 2 ส่วน โดยจะคำนวณการพยากรณ์จากอัตราส่วนระหว่างค่าของขนาดความต้องการและระยะเวลาของความต้องการ วิธีนี้ช่วยให้สามารถพยากรณ์ได้แม้ว่าจะมีความต้องการที่ไม่ต่อเนื่องเกิดขึ้น (Thummathid, 2020) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

สำหรับขนาดของความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ (Y_t) ใช้สมการ

$$Y_t = \alpha X_{t-1} + (1-\alpha) Y_{t-1} \quad (2.9)$$

โดยที่

Y_t = ค่าเฉลี่ยความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาที่ผ่านมา

X_t = คือความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลานั้น ๆ

α = คือค่าพารามิเตอร์ปรับเรียบที่ใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งกำหนดค่าระหว่าง 0 ถึง 1

สำหรับช่วงระยะเวลาระหว่างการใช้งานที่มีค่าไม่ใช่ศูนย์ (P_t) ใช้สมการ

$$P_t = \alpha Q_{t-1} + (1-\alpha) P_{t-1} \quad (2.10)$$

โดยที่

P_t = คือค่าเฉลี่ยช่วงระยะเวลาห่างความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ในช่วงที่ผ่านมา

Q_t = คือจำนวนช่วงเวลาที่ผ่านมาตั้งแต่ความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ครั้งล่าสุด

α = คือค่าพารามิเตอร์ปรับเรียบที่ใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งกำหนดค่าระหว่าง 0 ถึง 1

หลังจากได้ค่า Y_t และ P_t แล้วจะทำการคำนวณค่าพยากรณ์สุดท้าย โดยค่าพยากรณ์สุดท้าย F_t จะถูกคำนวณจากอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยความต้องการที่ค่าไม่ใช่ศูนย์และช่วงระยะเวลาห่างความต้องการที่ค่าไม่ใช่ศูนย์ โดยคำนวณจากสมการดังนี้

$$F_t = \frac{Y_t}{P_t} \quad (2.11)$$

โดยที่

F_t = ค่าพยากรณ์ความต้องการในช่วงเวลา t

Y_t = ค่าเฉลี่ยความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาที่ผ่านมา

P_t = คือค่าเฉลี่ยช่วงเวลาระหว่างความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ในช่วงเวลาที่ผ่านมา

2.5 Bootstrap คือวิธีการพยากรณ์ที่ถูกรำเสนอโดย Efron (1979) เพื่อแก้ปัญหาการพยากรณ์ในกรณีที่มีความต้องการมีรูปแบบไม่แน่นอนและความต้องการที่มีรูปแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Demand) วิธีนี้มีรูปแบบการทำงานโดยการสุ่มตัวอย่างข้อมูลจากชุดข้อมูลเดิม (Resampling) เพื่อสร้างข้อมูลจำลองจำนวนหลายชุด จากนั้นจะใช้ข้อมูลจำลองเหล่านี้ในการคำนวณค่าพยากรณ์และประเมินค่าความคลาดเคลื่อน (Willemain et al., 2004) ขั้นตอนของวิธีการ Bootstrap สามารถสรุปได้ดังนี้

2.5.1 การสุ่มตัวอย่างซ้ำ (Resampling) วิธี Bootstrap จะสร้างข้อมูลจำลอง จากข้อมูลต้นฉบับ โดยการสุ่มตัวอย่าง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณค่าพยากรณ์ในขั้นตอนต่อไป โดยสามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

สุ่มตัวอย่างชุดข้อมูลขนาด n ครั้งที่ i จากข้อมูลเดิม

$$x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}\} \quad (2.12)$$

โดยที่

$$x_{ij} \text{ ถูกสุ่มจาก } \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$$

2.5.2. การคำนวณค่าพยากรณ์ (Forecasting Calculation) สำหรับข้อมูลจำลองแต่ละชุด $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}$ จะมีการคำนวณค่าพยากรณ์ $\hat{\theta}^*$ โดยใช้ฟังก์ชันการพยากรณ์ที่กำหนดไว้ โดยสามารถสรุปเป็นสมการได้ดังนี้

$$\hat{\theta}^* = f(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}) \quad (2.13)$$

โดยที่

$$x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}\}$$

และ

$$x_{ij} \text{ ถูกสุ่มจาก } \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$$

ฟังก์ชันการพยากรณ์ที่กำหนดไว้ คือกระบวนการหรือโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ถูกเลือกเพื่อใช้ในการคำนวณค่าพยากรณ์จากข้อมูลที่สุ่มได้ สำหรับแต่ละชุดข้อมูลจำลองที่ได้จากการสุ่ม (Resampling) ฟังก์ชันนี้จะใช้ในการประมวลผลข้อมูลเพื่อสร้างค่าพยากรณ์ เช่น ในกรณีของการคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ฟังก์ชันการพยากรณ์ที่กำหนดไว้จะเป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลชุดนั้น แต่ในกรณีที่ซับซ้อนกว่านี้ อาจใช้โมเดลการพยากรณ์อื่นๆ เช่น การพยากรณ์แบบเชิงเส้น (Linear Regression) หรือ Exponential Smoothing เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์แนวโน้มของข้อมูล

3. การวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์ (Forecast Accuracy Measurement)

วิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพคือวิธีที่สามารถทำนายค่าได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดังนั้น การวัดประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์จึงใช้การวัดค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ (วาทานาเบะ 2023) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\text{ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์} = \text{ค่าจริง} - \text{ค่าที่พยากรณ์ได้}$$

แม้ว่าความผิดพลาดในการพยากรณ์บางครั้งจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่เป้าหมายคือทำให้ความผิดพลาดน้อยที่สุด หากความผิดพลาดมากเกินไป อาจบ่งบอกว่าวิธีที่ใช้ไม่เหมาะสมกับการพยากรณ์นั้น หรืออาจต้องปรับพารามิเตอร์ใหม่ โดยทั่วไป การวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. ความเบี่ยงเบน (Bias) คือ ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการพยากรณ์ในอดีต เช่น การพยากรณ์ที่มักจะสูงหรือต่ำกว่าค่าจริง การวัดความเบี่ยงเบนช่วยให้เรารู้ว่าโดยรวมแล้ว การพยากรณ์นั้นผิดพลาดอย่างไร

2. ความเที่ยงตรง (Precision) คือ การวัดความแม่นยำของการพยากรณ์ ว่าค่าพยากรณ์นั้นใกล้เคียงกับค่าจริงมากแค่ไหน โดยไม่สนใจว่าค่าพยากรณ์จะสูงหรือต่ำกว่า ความเที่ยงตรงช่วยบอกเราว่าข้อผิดพลาดมีขนาดใหญ่หรือเล็ก แต่ไม่บอกว่าเป็นทิศทางใด

โดยทั่วไปมักจะวัดความแม่นยำของการพยากรณ์ด้วยวิธี 4 วิธี ได้แก่ ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME), ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAD), ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE), และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ (MAPE) โดยในงานวิจัยนี้ ได้เลือกวิธี MSE มาใช้ในการวัดประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ โดยรายละเอียดของแต่ละวิธี ดังต่อไปนี้

3.1 ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (The Mean Error : ME) เป็นวิธีการวัดความแม่นยำขั้นพื้นฐาน โดยพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างค่าที่เราพยากรณ์ได้กับค่าที่ต้องการหรือสนใจ วิธีนี้ใช้เพื่อดูว่าการพยากรณ์ของเรามีความเอนเอียงหรือไม่ และสามารถคำนวณได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าคาดเคลื่อนเฉลี่ย} = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)}{n} \quad (2.14)$$

เมื่อ

x_t = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลา t

\hat{x}_t = ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา t

n = ช่วงเวลา

3.2 ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (The mean Absolute Deviation : MAD) เป็นวิธีการคำนวณที่ง่ายและได้รับความนิยมมาก เพราะช่วยวัดความแม่นยำของการพยากรณ์ได้ดี แม้ว่าข้อมูลจะมีความคลาดเคลื่อนทั้งในทิศทางบวกและลบ MAD จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างโดยเฉลี่ยระหว่างค่าที่เราพยากรณ์กับค่าที่เกิดขึ้นจริง สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย} = \frac{\sum_{t=1}^n |x_t - \hat{x}_t|}{n} \quad (2.15)$$

เมื่อ

x_t = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลา t

\hat{x}_t = ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา t

n = ช่วงเวลา

3.3 ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (The Mean Squared Error :MSE) เป็นวิธีที่ใช้ในการวัดความแม่นยำของการพยากรณ์ โดยการนำค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่พยากรณ์กับค่าจริงมายกกำลังสอง วิธีนี้ช่วยเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่มีความถูกต้องของการพยากรณ์เป็นสิ่งที่สำคัญมาก สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย} = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n} \quad (2.16)$$

เมื่อ

x_t = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลา t

\hat{x}_t = ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา t

n = ช่วงเวลา

3.4 ค่าความผิดพลาดเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์เฉลี่ย (The mean Absolute Percent Error : MAPE) คือ วิธีการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ โดยจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ วิธี

นี้ช่วยลดความสับสนเมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการพยากรณ์ในแต่ละรอบ เนื่องจากบางครั้งข้อมูลที่ใช้พยากรณ์มีขนาดไม่เท่ากัน ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน การคำนวณในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ช่วยจัดปัญหานี้และทำให้การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์สัมพันธ์กับขนาดของค่าความต้องการจริงและค่าที่พยากรณ์ได้ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าความผิดพลาดเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์เฉลี่ย} = 100 \times \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|x_t - \hat{x}_t|}{x_t}}{n} \quad (2.17)$$

เมื่อ

x_t = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลา t

\hat{x}_t = ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา t

n = ช่วงเวลา

4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกรูปแบบความต้องการและการพยากรณ์ความต้องการ (Demand Type and Demand Forecasting)
การพยากรณ์ความต้องการ (Demand Forecasting) เป็นสิ่งสำคัญในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสินค้าที่มีความต้องการไม่สม่ำเสมอ เช่น อะไหล่อากาศยาน (Ghobbar & Friend, 2003) ดังแสดงในภาพที่ 6 รูปแบบความต้องการที่ไม่แน่นอน ส่งผลต่อการพยากรณ์และการจัดการสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพนั้นทำได้ยาก (Lowas & Ciarallo, 2016) อย่างไรก็ตาม การพยากรณ์ที่แม่นยำนั้นยังสามารถช่วยลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าคงคลัง และปรับปรุงระดับการให้บริการได้ (Gardner & Everette, 2006)

Demand pattern categorisation: a summary of results

No.	Component description	Aircraft type	Weekly period		Demand categorisation	Monthly period		Demand categorisation	Quarterly period		Demand categorisation
			ADI	CV ²		ADI	CV ²		ADI	CV ²	
1	Air conditioning unit	Fokker 100	2.5545	0.4466	Erratic	1.1111	0.5029	Intermittent	1.0000	0.3987	Lumpy
2	Alternator unit	Fokker 27	2.7636	0.3905	Erratic	1.1667	0.3653	Lumpy	1.0000	0.1886	Lumpy
3	Battery—ultra pure	Fokker 50	1.6358	0.2140	Erratic	1.0000	0.2397	Lumpy	1.0000	0.0321	Lumpy
4	Battery—distilled water	Fokker 100	1.9314	0.2851	Erratic	1.0685	0.3084	Lumpy	1.0000	0.1156	Lumpy
5	Battery—lead acid	ATR-72	1.9697	0.2655	Erratic	1.0345	0.2284	Lumpy	1.0000	0.1281	Lumpy
6	Brake assembly (heat pack)	Fokker 27	5.3529	0.1401	Erratic	1.6471	0.3653	Erratic	1.1200	0.3859	Lumpy
7	Brake assembly (brake unit)	Fokker 27	2.7923	0.2325	Erratic	1.2000	0.3661	Lumpy	1.0000	0.2285	Lumpy
8	Brake assembly unit	BAe 146	2.8108	0.2479	Erratic	1.2766	0.3516	Lumpy	1.0500	0.3233	Lumpy
9	Brake assembly unit	Fokker 100	2.5966	0.2564	Erratic	1.2000	0.4711	Lumpy	1.0400	0.2370	Lumpy
10	Brake assembly unit	Fokker 50	1.9037	0.3348	Erratic	1.0300	0.3902	Lumpy	1.0000	0.1711	Lumpy
11	Brake control valve	Fokker 27	4.1644	0.4633	Erratic	1.4792	0.6414	Smooth	1.0000	0.8090	Intermittent
12	Combustion chamber	Fokker 27	2.9420	0.3789	Erratic	1.3429	0.5074	Smooth	1.0667	0.4676	Lumpy
13	DC Generator	Fokker 27	2.5172	0.3050	Erratic	1.0625	0.3517	Lumpy	1.0000	0.0539	Lumpy
14	Drag strut unit	Fokker 27	5.3793	0.4727	Erratic	1.8000	0.9444	Smooth	1.2000	0.6233	Intermittent
15	Inverter assembly unit	Fokker 27	1.3220	0.2873	Erratic	1.0000	0.2182	Lumpy	1.0000	0.1353	Lumpy
16	Lock strut unit	Fokker 27	5.9600	0.4061	Erratic	1.9714	0.5212	Smooth	1.1000	0.5263	Intermittent
17	Main undercarriage unit	Fokker 27	4.5882	0.2069	Erratic	1.7561	0.4598	Erratic	1.0900	0.4801	Lumpy
18	Main wheel overhauled	Fokker 100	2.0000	0.4763	Erratic	1.0900	0.5297	Intermittent	1.0000	0.4328	Lumpy
19	Main wheel tyre changed	Fokker 100	1.1720	0.4609	Lumpy	1.0100	0.2202	Lumpy	1.0000	0.1152	Lumpy
20	Main wheel overhauled	Fokker 50	3.3256	0.3080	Erratic	1.4667	0.4485	Erratic	1.1000	0.3799	Lumpy
21	Main wheel tyre changed	Fokker 50	1.3119	0.4063	Lumpy	1.0000	0.2004	Lumpy	1.0000	0.0620	Lumpy
22	Main wheel overhauled	BAe 146	3.1034	0.2023	Erratic	1.2500	0.4271	Lumpy	1.0000	0.3825	Lumpy
23	Main wheel tyre changed	BAe 146	1.1793	0.5031	Intermittent	1.0246	0.2052	Lumpy	1.0000	0.1178	Lumpy
24	Main wheel tyre changed	ATR-72	1.6329	0.3027	Erratic	1.0700	0.3392	Lumpy	1.0000	0.2869	Lumpy
25	Maxaret anti-skid unit	Fokker 27	1.4118	0.3960	Erratic	1.0000	0.3072	Lumpy	1.0000	0.1796	Lumpy
26	Nose undercarriage unit	Fokker 27	7.7250	0.3542	Erratic	2.3226	0.3186	Erratic	1.2632	0.3030	Lumpy
27	Nose undercarriage unit	Fokker 100	7.3125	0.0710	Erratic	2.1600	0.1633	Erratic	1.3846	0.3478	Erratic
28	Nose wheel overhauled	Fokker 100	4.9367	0.6487	Smooth	1.9149	0.6111	Smooth	1.3043	0.4276	Lumpy
29	Nose wheel tyre changed	Fokker 100	1.2500	0.4597	Lumpy	1.0100	0.2839	Lumpy	1.0000	0.2033	Lumpy
30	Nose wheel overhauled	Fokker 50	10.8846	0.2522	Erratic	3.0000	0.3829	Erratic	1.5714	0.5200	Smooth
31	Nose wheel tyre changed	Fokker 50	1.5294	0.3522	Erratic	1.0200	0.2599	Lumpy	1.0000	0.0439	Lumpy
32	Nose wheel overhauled	BAe 146	7.2297	0.5148	Smooth	2.8182	1.2321	Smooth	1.6800	1.6522	Smooth
33	Nose wheel tyre changed	BAe 146	1.5648	0.4660	Erratic	1.0413	0.3253	Lumpy	1.0000	0.1281	Lumpy
34	Nose wheel overhauled	ATR-72	20.8333	0.0000	Erratic	5.8000	0.1111	Erratic	2.5000	0.1111	Erratic
35	Nose wheel tyre changed	ATR-72	2.5000	0.3185	Erratic	1.2083	0.3387	Lumpy	1.0000	0.2636	Lumpy

ภาพ 6 Demand pattern categorization: a summary of results

ที่มา: Ghobbar and Friend, 2003

ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นการแบ่งประเภทรูปแบบความต้องการของชิ้นส่วนอะไหล่อากาศยาน โดยใช้เกณฑ์ Average Demand Interval (ADI) และสัมประสิทธิ์การแปรผันของความต้องการ (CV²) ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (รายสัปดาห์ รายเดือน และรายไตรมาส) การแบ่งประเภทประกอบด้วยความต้องการ 4 ประเภท คือ Erratic Lumpy Intermittent และ Smooth จากรูปจะเห็นว่าชิ้นส่วนอะไหล่อากาศยานส่วนใหญ่มีความต้องการแบบ Erratic หรือ Lumpy ในช่วงเวลาสั้นๆ (รายสัปดาห์) ในขณะที่รูปแบบความต้องการมีแนวโน้มที่จะ Smooth ขึ้นเมื่อพิจารณาในช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้น (รายเดือนและรายไตรมาส) ข้อมูลนี้จึงเป็นประโยชน์สำหรับการเลือกวิธีการพยากรณ์ความต้องการที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนอะไหล่แต่ละประเภทได้อย่างดี

โดยการพยากรณ์ความต้องการนั้น มีหลากหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่งก็คือวิธี Croston ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการแรก ๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อจัดการกับความต้องการที่ไม่ต่อเนื่องโดยเฉพาะ โดยการประมาณการของขนาดและความถี่ของความต้องการ ซึ่งวิธีการนี้ ได้แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำในการพยากรณ์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสำหรับอะไหล่และ สินค้าอื่นๆ

ที่มีรูปแบบความต้องการที่ไม่แน่นอน (Croston, 1972) ได้มีการพัฒนาวิธีการของ Croston อย่างต่อเนื่อง เช่น วิธี Adaptive Holt-Winters แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีดั้งเดิมในการทดสอบหลายๆ ครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น (Williams, 1987)

เพื่อให้เข้าใจถึงปัจจัยที่ทำให้ความต้องการอะไหล่อากาศยานไม่สม่ำเสมอ Lowas and Ciarallo (2016) ได้ศึกษาผลกระทบของขนาดฝูงบิน และพบว่าฝูงบินขนาดเล็กมักมีแนวโน้มที่จะมีความต้องการที่แปรปรวนมากกว่า (Lowas & Ciarallo, 2016) งานวิจัยนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้ให้บริการ MRO (Maintenance, Repair, and Overhaul) ที่ต้องปรับตัวตามฐานลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงและปรับระดับสินค้าคงคลังให้เหมาะสม Dombrowski and Weckenborg ได้นำเสนอกรอบการทำงานแบบลำดับขั้นเพื่อประเมินความต้องการชิ้นอะไหล่ โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ชั่วโมงบิน จำนวนเที่ยวบิน และระยะเวลาปฏิทิน เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ให้ดียิ่งขึ้น (Dombrowski & Weckenborg, 2013)

Baisariyev et al. (2021) ได้นำวิธี Bootstrap มาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการอะไหล่สำหรับการซ่อมบำรุงในอุตสาหกรรมการบิน ซึ่งความต้องการอะไหล่ในอุตสาหกรรมนี้มีลักษณะไม่สม่ำเสมอและไม่สามารถคาดการณ์ได้ง่าย การพยากรณ์แบบ Bootstrap นั้นมีจุดเด่นเนื่องจากสามารถสร้างการกระจายของค่าความต้องการในอนาคตได้จากการสุ่มข้อมูลในอดีตซ้ำหลายๆ ครั้ง การวิจัยนี้ได้ทดสอบวิธี Bootstrap กับข้อมูลการใช้งานอะไหล่ของสายการบิน พบว่าวิธี Bootstrap สามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการอะไหล่ที่มีลักษณะไม่สม่ำเสมอได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวยังตอบสนองต่อการพยากรณ์อะไหล่ที่มีลักษณะความต้องการแบบเป็นช่วง ๆ (lumpy demand) ได้ไม่ค่อยดี ยังคงต้องพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการแบบดังกล่าวต่อไป (Baisariyev et al., 2021)

การพยากรณ์ความต้องการที่แม่นยำจึงเป็นรากฐานที่สำคัญของการจัดการสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปสู่การลดต้นทุนและการเพิ่มความน่าเชื่อถือโดยรวม (Wang, 2012) งานวิจัยของ Wang (2012) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญนี้ โดยนำเสนอแบบจำลองสโตแคสติกที่รวมการจัดการสินค้าคงคลังอะไหล่เข้ากับการวางแผนการซ่อมบำรุง เพื่อจัดการกับการดำเนินงานที่ไม่แน่นอน และเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจด้านการจัดการสินค้าคงคลังและการบำรุงรักษาได้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำ ยังมีการนำเสนอเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential smoothing) ซึ่งเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความยืดหยุ่นและสามารถปรับตัวได้ดีต่อการเปลี่ยนแปลงของความต้องการ จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการพยากรณ์ความต้องการของสินค้าคงคลังได้อย่างแม่นยำ และการเพิ่มความสามารถในการปรับตัวให้กับเทคนิค Exponential smoothing ช่วยเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือในการจัดการกับความต้องการที่แปรปรวนได้ (Gardner & Everette, 2006) นอกจากนี้ การศึกษาโดย Ghobbar and Friend (2003) ที่

เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ต่างๆ ยังให้ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละวิธี ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับสถานการณ์ความต้องการที่แตกต่างกัน การวิจัยอย่างต่อเนื่องในเรื่องนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการพยากรณ์ความต้องการในการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Ghobbar & Frend, 2003)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการจำแนกรูปแบบและการพยากรณ์ความต้องการ พบว่า ความต้องการของอะไหล่อากาศยานมีหลายรูปแบบ ในงานวิจัยนี้ จึงได้เลือกใช้วิธีการพยากรณ์ 4 วิธี ซึ่งครอบคลุมรูปแบบความต้องการที่หลากหลาย ทั้งนี้ รายละเอียดของแต่ละวิธีสรุปในตารางต่อไปนี้

ตาราง 1 เปรียบเทียบ ข้อดี - ข้อเสีย ของวิธีการพยากรณ์ความต้องการที่เลือกใช้ในงานวิจัย

วิธีการพยากรณ์	ข้อดี	ข้อเสีย	การใช้งานที่เหมาะสม
Exponential Smoothing	- ง่ายต่อการนำไปใช้งาน - ทำงานได้ดีกับข้อมูลที่มีแนวโน้มไม่ชัดเจน	- ไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีความไม่ต่อเนื่อง	- เหมาะกับข้อมูลที่เรียบง่ายหรือ Smooth
Croston's Method	- ออกแบบมาสำหรับข้อมูลที่มีความไม่ต่อเนื่อง	- ไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีแนวโน้ม (Trend)	- เหมาะกับข้อมูลที่มีความไม่ต่อเนื่อง
Moving Average	- ง่ายต่อการเข้าใจและนำไปใช้	- ไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีความผันผวนสูง	- เหมาะกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก
Bootstrap Forecasting	- ทำงานได้ดีกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนสูง	- ต้องใช้การคำนวณซ้ำหลายรอบ ทำให้ประสิทธิภาพลดลงในข้อมูลขนาดใหญ่	- เหมาะกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนสูง และมีการกระจายตัวที่หลากหลาย

การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC (ABC analysis)

วิธีการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC เป็นวิธีที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ตามความสำคัญ โดยการแบ่งกลุ่มนี้มักจะพิจารณาจากมูลค่าของสินค้า เช่น กำไร ต้นทุน หรือยอดขาย เป็นต้น เนื่องจากสินค้าคงคลังในองค์กรอาจมีจำนวนมาก การแบ่งกลุ่มตามความสำคัญจะช่วยให้องค์กรสามารถจัดการสินค้าที่สำคัญได้อย่างเหมาะสม (บรรหาร ลิลา, 2553) การวิเคราะห์แบบ ABC แบ่งสินค้าออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังนี้

1. กลุ่ม A: สินค้าที่มีความสำคัญมาก มักจะเป็นสินค้าเพียง 5-15% ของจำนวนสินค้าทั้งหมดแต่มีมูลค่าถึง 70-80% ของมูลค่ารวมของสินค้าทั้งหมด
2. กลุ่ม B: สินค้าที่มีความสำคัญปานกลาง คิดเป็น 20-30% ของจำนวนสินค้าทั้งหมด และมีมูลค่าประมาณ 15% ของมูลค่ารวม
3. กลุ่ม C: สินค้าที่เหลืออยู่ มักจะเป็นสินค้าที่มีจำนวนมากที่สุด แต่มีมูลค่าเพียง 5% ของมูลค่ารวม

ตาราง 2 เกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์ด้วยการวิเคราะห์แบบ ABC

ประเภทหรือกลุ่ม	% ของ ของทุกชนิด	% ของมูลค่าตามเกณฑ์ที่ใช้ (ยอดขาย,กำไร)
A	5-15	80
B	20-30	15
C	ที่เหลือ	5

ที่มา: บรรหาร ลิลา, 2553

อย่างไรก็ตาม ตัวเลขที่ใช้แบ่งกลุ่มอาจปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของแต่ละองค์กร ในทางปฏิบัติ การแบ่งกลุ่มตามเกณฑ์ ABC อาจไม่ตรงตามเกณฑ์ที่แสดงไว้ องค์กรสามารถปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสมได้

นอกจากการพิจารณาด้านมูลค่าแล้ว สินค้าในกลุ่ม A มักเป็นสินค้าที่มีการใช้เป็นประจำ ทำให้ระดับสินค้าคงคลังมีการเคลื่อนไหวอยู่เสมอ ดังนั้น สินค้าในกลุ่มนี้จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมอย่างเข้มงวดที่สุด โดยควรมีปริมาณสินค้าสำรองในคลังน้อยที่สุด เนื่องจากมูลค่าสูงและความต้องการต้องได้รับการพยากรณ์อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ยังต้องควบคุมกระบวนการจัดซื้อ การตรวจรับสินค้า และการทำสัญญากับผู้ขาย รวมถึงการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้า ระบบที่เหมาะสมสำหรับสินค้ากลุ่ม A คือระบบที่สั่งซื้อเมื่อถึงจุดที่กำหนด หรือระบบที่สั่งซื้อในปริมาณที่คงที่ สำหรับสินค้ากลุ่ม B และ C ซึ่งมีการเคลื่อนไหวน้อยกว่า สามารถผ่อนปรนการควบคุมได้บ้าง และสามารถ

เก็บสินค้าคงคลังในปริมาณที่มากกว่าสินค้ากลุ่ม A ระบบที่ใช้ในกลุ่ม B และ C อาจเป็นระบบที่สั่งซื้อเป็นช่วงเวลา เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลัง

ตาราง 3 ตัวอย่างข้อมูลผลิตภัณฑ์ เพื่อวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC

ผลิตภัณฑ์ (ชื่อสมมติ)	ยอดขาย (ชิ้น)	ราคา (บาท/ชิ้น)
A	1,000,000	2.5
B	250,000	0.55
C	150,000	6.50
D	300,000	1.00
E	100,000	1.50
F	700,000	1.43
G	500,000	9.00
H	15,000	4.98
J	1,000,000	0.75
K	600,000	1.62
L	25,000	2.50
M	4,200	15.00
N	1,000,000	5.00
O	2,850,000	10.00
P	10,000	0.83
Q	355,000	0.99
R	40,000	1.37
S	393,000	1.85
T	250,000	4.12

ที่มา: บรรหาร ลีลา, 2553

อันดับแรกต้องพิจารณาและตัดสินใจว่าเกณฑ์ที่จะใช้ในการวิเคราะห์คืออะไร ซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้มูลค่าของผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ จากนั้นให้จัดเรียงลำดับผลิตภัณฑ์จากมูลค่ามากไปหาน้อย พร้อมทั้งคำนวณเปอร์เซ็นต์สะสมของมูลค่าผลิตภัณฑ์แต่ละรายการ สุดท้ายให้กำหนดกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์ที่ได้เลือกไว้ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตาราง 4 ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบ ABC

ผลิตภัณฑ์ (ชื่อสมมติ)	ยอดขาย (ชิ้น)	ราคา (บาท/ชิ้น)	มูลค่า (บาท)	% สะสม	กลุ่ม
O	2,850,000	10.00	8,500,000	60.04	A
N	1,000,000	5.00	5,000,000	70.57	
G	500,000	9.00	4,500,000	80.05	
A	1,000,000	2.50	2,500,000	85.32	B
U	250,000	4.12	1,030,000	87.49	
F	700,000	1.43	1,001,000	89.59	
C	150,000	6.50	975,000	91.64	
K	600,000	1.62	972,000	93.70	
J	1,000,000	0.75	750,000	95.28	
S	393,000	1.85	727,000	96.81	
Q	355,000	0.99	350,000	97.55	C
T	100,000	3.15	315,000	98.21	
D	300,000	1.00	300,000	98.84	
E	100,000	1.50	150,000	99.16	
B	250,000	0.55	137,000	99.45	
H	15,000	4.98	74,700	99.60	
M	4,200	15.00	63,000	99.74	
L	25,000	2.50	62,500	99.87	
R	40,000	1.37	54,800	99.98	
P	10,000	0.83	8,300	100	

ที่มา: บรรหาร ลีลา, 2553

จากตารางที่ 4 ผลิตภัณฑ์ O, N และ G มีมูลค่ารวมกัน 80.05% และถูกจัดอยู่ในกลุ่ม A ซึ่งคิดเป็น 15% ของจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ส่วนผลิตภัณฑ์ A, F, C, K, J, S และ Q ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม B ซึ่งคิดเป็น 30% ของจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เหลือทั้งหมด จะถูกจัดอยู่ในกลุ่ม C

1. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ ABC (ABC analysis)

การวิเคราะห์ ABC เป็นเทคนิคการจัดการสินค้าคงคลังที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยได้รับแรงบันดาลใจจากหลักการ Pareto ซึ่งระบุว่าโดยทั่วไปแล้ว ปริมาณสินค้าประมาณ 20%

จะมีมูลค่ามากถึงประมาณ 80% ในการจัดการสินค้าคงคลัง หลักการนี้สื่อความหมายว่าสินค้าคงคลังเพียง 20% อาจมีมูลค่าสูงถึง 80% ของมูลค่าสินค้าคงคลังทั้งหมด การวิเคราะห์ ABC มีจุดประสงค์เพื่อแบ่งสินค้าคงคลังออกเป็นกลุ่มตามความสำคัญ (Ramanathan, 2006) โดยทั่วไปแล้วสินค้าจะถูกจัดลำดับตามเกณฑ์ เช่น มูลค่าหรือปริมาณความต้องการ จากนั้นจึงแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม ได้แก่ A, B และ C โดยที่สินค้ากลุ่ม A จะมีความสำคัญมากที่สุด และสินค้ากลุ่ม C นั้นจะมีความสำคัญน้อยที่สุด (Teunter et al., 2010) การวิเคราะห์ ABC ช่วยให้สามารถบริหารจัดการสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเน้นที่สินค้าที่มีผลกระทบมากที่สุดต่อต้นทุนและระดับของการบริการลูกค้า (Sheikh-Zadeh & Rossetti, 2020) เช่น บริษัทอาจให้ความสำคัญในการบริหารจัดการสินค้ากลุ่ม A มากกว่าสินค้ากลุ่ม C เนื่องจากสินค้ากลุ่ม A มีมูลค่าสูงกว่าเป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ ABC จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยจำแนกสินค้าเหล่านี้ เพื่อให้การบริหารจัดการสินค้าสามารถให้ความสำคัญไปที่สินค้าดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยทั่วไป การวิเคราะห์ ABC มักจะใช้เพียงเกณฑ์เดียวในการพิจารณา เช่น มูลค่าสินค้าตามความต้องการ (demand value) อย่างไรก็ตาม นักวิจัยและผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องได้ตระหนักดีว่าสินค้าคงคลังนั้น มักจะได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย จึงมีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ ABC แบบหลายเกณฑ์ (MCIC) (Cohen & Ernst, 1988) ซึ่งวิธีการนี้จะใช้เกณฑ์หลายอย่างมาพิจารณา เช่น ต้นทุนต่อหน่วย ความสำคัญของสินค้า และระยะเวลาระยะเวลารอคอยสินค้า (Lead time) และปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การจำแนกประเภทมีความแม่นยำมากขึ้น (Hatefi et al., 2013) ตัวอย่างเช่น Ng (2007) ได้นำเสนอโมเดลที่เรียบง่ายแต่มีประสิทธิภาพสำหรับ MCIC ซึ่งแปลงการวัดแบบหลายเกณฑ์ ให้มีคะแนนที่ใช้ประเมินออกมาเป็นหน่วยเดียว ซึ่งช่วยให้สามารถจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลังได้อย่างเป็นระบบและง่ายมากขึ้น (Ng, 2007)

การเลือกเกณฑ์และวิธีการวิเคราะห์ ABC ที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ เช่น ลักษณะของอุตสาหกรรม ข้อมูลต่าง ๆ ของสินค้าที่มีอยู่ และวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ (Kampen et al., 2012) ตัวอย่างเช่น ในบริบทของระบบการจัดการสินค้าคงคลังเพื่อคงระดับนั้น (Sheikh-Zadeh et al., 2023) ได้เสนอวิธีการที่รวมข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Data) เช่น ราคาต่อหน่วย อัตราความต้องการ และระยะเวลารอคอยสินค้า เข้ากับข้อมูลเชิงกำหนด (Prescriptive Data) เช่น จุดสั่งซื้อซ้ำและปริมาณจำนวนการจัดซื้อแต่ละครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลทั้งสองประเภทดังกล่าว สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของการจำแนกประเภทได้ นอกจากนี้ (Teunter et al., 2010) ยังนำเสนอถึงความสำคัญของการพิจารณาปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ในการจำแนกประเภท ABC ได้แก่ ต้นทุนการขาดแคลน ปริมาณความต้องการ ต้นทุนการถือครอง และปริมาณการสั่งซื้อ เพื่อจัดอันดับ SKU ซึ่งเกณฑ์นี้แตกต่างจากวิธีการดั้งเดิมที่เน้นเฉพาะมูลค่าหรือปริมาณความต้องการเท่านั้น

รูปตารางต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างการเปรียบเทียบผลการ จัดกลุ่มประเภทสินค้าคงคลังโดย ใช้วิธีการต่าง ๆ จาก Ramanathan (2006)

Item no.	Average unit cost (\$)	Annual dollar usage (\$)	Critical factor	Lead time	Optimal inventory score (%)	ABC classification using		
						Optimal inventory score	Annual dollar usage	AHP weighted score
S41	19.8	79.2	0.01	2	28.7	C	C	C
S42	37.7	75.4	0.01	2	28.6	C	C	C
S8	55	2640	0.01	4	26.7	C	A	C
S9	73.44	2423.52	1	6	16.4	C	A	A
S11	5.12	1075.2	1	2	12.0	C	B	B
S13	86.5	1038	1	7	9.8	C	B	A
S3	23.76	5037.12	1	4	5.4	C	A	A
S12	20.87	1043.5	0.5	5	4.0	C	B	B

ภาพ 7 A comparison of ABC classification using optimal inventory score of the proposed model (Model 1), annual dollar usage, and AHP methodologies

ที่มา: Ramanathan, 2006

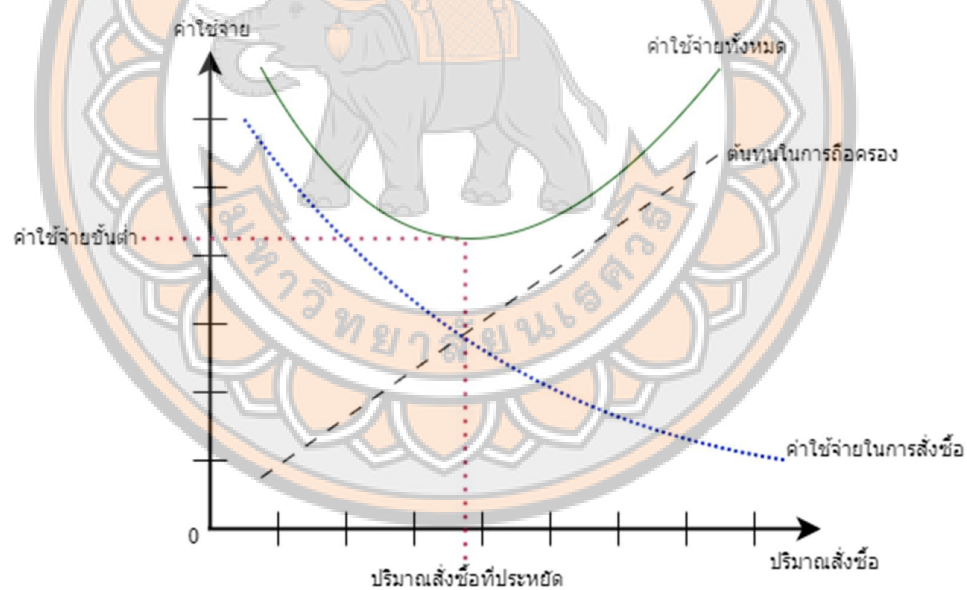
จากข้อมูลที่น่าเสนอไปแล้วนั้นสรุปได้ว่า การวิเคราะห์ ABC เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการจัดการสินค้าคงคลัง ที่ช่วยให้สามารถจัดลำดับความสำคัญของสินค้าและใช้กลยุทธ์การจัดการที่เหมาะสมกับสินค้าแต่ละประเภทได้ ถึงแม้ว่าเดิมทีจะใช้เพียงแค่เกณฑ์เดียวเท่านั้นในการจัดกลุ่ม แต่การวิจัยหลาย ๆ งานที่ได้กล่าวถึงมาเบื้องต้นนั้น ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ ABC แบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria ABC Analysis) เพื่อให้การจำแนกประเภทมีความถูกต้องและครอบคลุมมากที่สุด เนื่องจากปัจจุบันความต้องการสินค้า ในหลาย ๆ ประเภท มีรูปแบบความต้องการที่ไม่แน่นอน ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ ABC อย่างต่อเนื่องจึงมีความสำคัญต่อการดำเนินงานในกระบวนการต่าง ๆ ของห่วงโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด Economic Order Quantity (EOQ)

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) เป็นเครื่องมือที่ใช้คำนวณจำนวนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ควรสั่งซื้อในแต่ละครั้ง เพื่อให้มีต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งรวมถึงต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (วาทานาเบะ, 2023) โดยวิธีการคำนวณจะอ้างอิงจากสมมุติฐาน ดังต่อไปนี้

1. ความต้องการสินค้าต้องมีความแน่นอนและไม่เปลี่ยนแปลง
2. ระยะเวลาตั้งแต่สั่งซื้อจนถึงได้รับสินค้าคงคลังที่ไม่เปลี่ยนแปลง
3. การรับสินค้าจะต้องดำเนินการทั้งหมดในครั้งเดียว
4. ต้นทุนการซื้อสินค้าต่อหน่วยต้องคงที่ตลอดช่วงการคำนวณ
5. ต้นทุนผันแปรที่ใช้ในการประมาณค่าคือต้นทุนในการสั่งซื้อ และการเก็บรักษาสินค้า
6. ต้องมั่นใจว่าในกระบวนการจัดการคลังสินค้าจะไม่เกิดการขาดแคลนหรือติดลบ

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) จะพิจารณาความสัมพันธ์ของต้นทุนทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง และต้นทุนในการถือครองและค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อแต่ละครั้ง ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



ภาพ 8 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดในการสั่งซื้อสินค้า

ที่มา: วาทานาเบะ, 2023

ภาพที่ 8 แสดงถึงหลักการของ Economic Order Quantity (EOQ) ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการจัดการสินค้าคงคลังต่ำที่สุด โดยในรูป เส้นประสีดำแสดงต้นทุนในการถือครองสินค้าซึ่งเพิ่มขึ้นตามปริมาณการสั่งซื้อ ส่วนเส้นประสีน้ำเงินแสดงค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อที่ลดลง

เมื่อปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้งเพิ่มขึ้น จุดตัดของเส้นทั้งสองนี้คือปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด หรือ EOQ ซึ่งเป็นจุดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวม (เส้นสีเขียว) ต่ำที่สุด การสั่งซื้อในปริมาณนี้จะช่วยประหยัดต้นทุนในการจัดการสินค้าคงคลังได้มากที่สุด โดยการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) จะคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$EOQ^* = \frac{\sqrt{2DC_0}}{C_h} \quad (2.18)$$

เมื่อ

$EOQ (Q^*)$ = ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

D = ความต้องการต่อปี

C_0 = ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง

C_h = ต้นทุนในการถือครองต่อชิ้นต่อปี

1. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด Economic Order Quantity (EOQ)

ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด Economic Order Quantity (EOQ) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าคงคลังได้ในหลากหลายอุตสาหกรรม งานวิจัยโดย Donald Erlenkotter (1990) ได้ศึกษาต้นกำเนิด วิวัฒนาการของโมเดล และความสำคัญของ EOQ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า EOQ เป็นเครื่องมือเรียบง่ายแต่สามารถใช้ในการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อและการเก็บรักษาสินค้าคงคลังให้น้อยที่สุด (Erlenkotter, 1990)

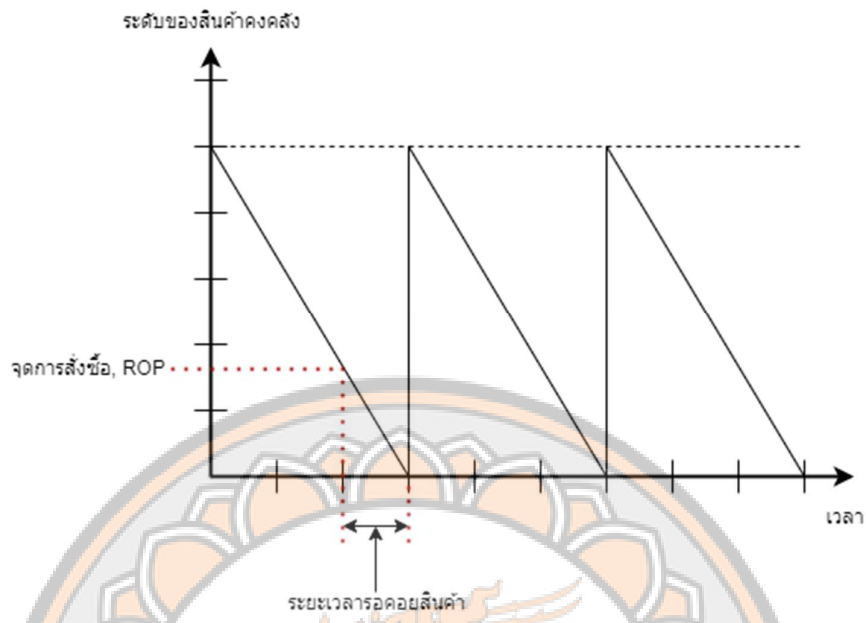
นอกจากนี้ก็ยังมียานวิจัยอื่นๆ นำ EOQ ไปประยุกต์ใช้ในบริบทต่างๆ หลากหลายงานวิจัย เช่น การปรับใช้ EOQ ในอุตสาหกรรมการบินที่ช่วยให้การจัดการสินค้าคงคลังขึ้นส่วนอะไหล่อากาศยานมีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยโดย Harimansyah และ Imaroh (2020) เน้นย้ำถึงความสำคัญของการใช้เทคนิคการพยากรณ์และการวางแผนการควบคุมสินค้าคงคลังที่แม่นยำ เพื่อให้การคำนวณปริมาณการสั่งซื้อด้วยโมเดล EOQ มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Harimansyah & Imaroh, 2020) นอกจากนี้ งานวิจัยโดย Pahl และ Voß (2014) ได้ทบทวนวรรณกรรม เกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลังที่มีการเสื่อมสภาพและมีอายุการใช้งานจำกัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาในการวางแผนการผลิตและจัดการโซ่อุปทาน งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึง การประยุกต์ใช้โมเดล EOQ ในบริบทของสินค้าที่มีลักษณะดังกล่าว ซึ่งช่วยให้สามารถคำนวณปริมาณ

การสั่งซื้อและช่วงเวลาระหว่างการสั่งซื้อได้อย่างเหมาะสม (Pahl & Voß, 2014) งานวิจัยโดย Wang และ Wen (2021) ได้นำเสนอการใช้โมเดล EOQ ในการจัดการสินค้าคงคลังชิ้นส่วนอะไหล่อากาศยานเช่นกัน โดยเน้นไปที่การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อ EOQ และการคำนวณต้นทุนรวมที่สอดคล้องกับปริมาณการสั่งซื้อที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ EOQ อย่างมาก คือ จำนวนครั้งการเปลี่ยนแปลงต่อปีและต้นทุนการขาดแคลนต่อหน่วย ในขณะที่ราคาไม่มีผลกระทบต่อ EOQ อย่างมีนัยสำคัญ การใช้ EOQ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าคงคลังและลดต้นทุนรวมของชิ้นส่วนอะไหล่อากาศยานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wang & Wen, 2021) นอกจากนี้ งานวิจัยโดย Watanabe, (2023) ยังได้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้โมเดล EOQ ร่วมกับ ABC Analysis ในการจัดการสินค้าคงคลัง ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า การสั่งซื้อสินค้าตามปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดจะช่วยลดค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลังได้ 34% (Watanabe, 2023)

ดังนั้น ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด Economic Order Quantity (EOQ) ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถนำไปปรับใช้ได้หลากหลายอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการบิน การประยุกต์ใช้ EOQ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานด้านการจัดการสินค้าคงคลังได้หลายมิติ การบูรณาการ EOQ เข้ากับการวางแผนการผลิตและโซ่อุปทานยังสามารถช่วยให้การจัดการสินค้าคงคลังมีความยืดหยุ่นมากขึ้นในสภาพแวดล้อมทางธุรกิจที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในยุคปัจจุบัน

จุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder point)

จุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point, ROP) คือระดับสินค้าคงคลังที่กำหนดไว้ เมื่อสินค้าคงคลังลดลงมาถึงระดับนี้ จะเป็นสัญญาณให้ทำการสั่งซื้อสินค้าเพิ่มเติมเพื่อให้สินค้าคงคลังมีเพียงพอต่อความต้องการในช่วงเวลาที่กำหนด (วาตานาเบะ 2023)



ภาพ 9 จุดการสั่งซื้อซ้ำ

ที่มา: วาดานาเบะ, 2023

ภาพที่ 9 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างจุดสั่งซื้อซ้ำ (ROP) และระยะเวลารอคอยสินค้า เมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงถึงจุดสั่งซื้อซ้ำ ผู้ที่มีหน้าที่สั่งซื้อสินค้าจำเป็นต้องทำการสั่งซื้อเพิ่มทันที ในระหว่างที่รอสินค้าจากคำสั่งซื้อนั้นเดินทางมาถึง คลังสินค้ายังมีสินค้าคงเหลือพอใช้ จนกระทั่งสินค้าที่สั่งใหม่มาถึงก่อนที่ปริมาณสินค้าคงคลังจะหมดลง (วาดานาเบะ 2023) จุดสั่งซื้อซ้ำสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 ROP &= \text{ความต้องการต่อวัน} \times \text{ระยะเวลารอคอยสินค้า} & (2.19) \\
 &= d \times L
 \end{aligned}$$

เมื่อ

d = ความต้องการต่อวัน

L = ระยะเวลารอคอยสินค้า

การกำหนดจุดสั่งซื้ออย่างมีประสิทธิภาพไม่เพียงช่วยให้การบริหารสินค้าคงคลังเป็นไปอย่างราบรื่น แต่ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบตรวจสอบต่อเนื่อง (Continuous Review System) ที่ช่วยให้ผู้จัดการคลังสินค้าสามารถติดตามระดับสินค้าคงคลังได้ตลอดเวลา ระบบนี้มีข้อดีในการรักษาระดับสินค้าคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ลดความเสี่ยงในการขาดสินค้า และยังช่วยลดต้นทุนการจัดเก็บโดยไม่จำเป็นต้องเก็บสินค้าจำนวนมากเกินไป การใช้จุดสั่งซื้อเข้าร่วมกับระบบตรวจสอบต่อเนื่องจึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลัง เพื่อให้มั่นใจว่ามีสินค้าพร้อมตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เสมอ

1. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับจุดสั่งซื้อ (Reorder point)

จุดสั่งซื้อ (Reorder Point) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยให้องค์กรสามารถรักษาระดับสินค้าคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ลดความเสี่ยงของการขาดแคลนสินค้า และเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า งานวิจัยหลายชิ้นได้ศึกษาถึงวิธีการกำหนดจุดสั่งซื้อในบริบทต่าง ๆ ของระบบสินค้าคงคลังแบบหลายระดับ ตัวอย่างเช่น Simchi-Levi and Zhao (2012) ได้กล่าวถึงการใช้จุดสั่งซื้อ ในนโยบายการสั่งซื้อแบบเป็นชุดและนโยบายฐานข้อมูล โดยจุดสั่งซื้อจะกำหนดระดับสินค้าที่ต้องทำการสั่งซื้อใหม่เมื่อระดับสินค้านั้น ลดลงมาต่ำกว่าจุดที่กำหนดไว้ เพื่อให้แน่ใจว่าจะได้รับสินค้าทันเวลาอย่างเหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงของการขาดแคลนสินค้า (Simchi-Levi & Zhao, 2012) นอกจากนี้ Ton de kok (2018) ยังได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับระบบสินค้าคงคลังแบบหลายระดับ และเสนอแนะวิธีการคำนวณจุดสั่งซื้อในแบบสองระดับ โดยคำนึงถึงระยะเวลารอคอยสินค้า (Lead time) และความแปรปรวนของความต้องการ การวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับจุดสั่งซื้อ ตามสถานการณ์และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อความต้องการและการนำส่งสินค้า (Ton de Kok, 2018)

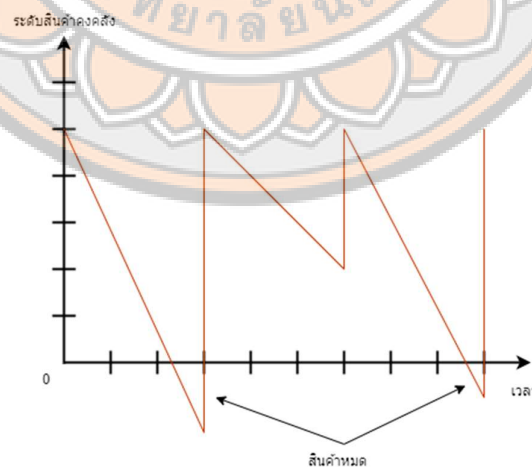
นอกจากนี้งานวิจัยของ Graves (1985) ได้พัฒนาโมเดลสินค้าคงคลังแบบหลายระดับสำหรับสินค้าที่สามารถซ่อมบำรุงได้ โดยใช้นโยบายการเติมเต็มสินค้าแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ซึ่งจุดสั่งซื้อจะถูกกำหนดให้สั่งซื้อสินค้าใหม่เมื่อระดับสินค้านั้นลดลงต่ำกว่าจุดที่กำหนดไว้ โมเดลนี้ให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังและเพิ่มประสิทธิภาพในการซ่อมบำรุงและการเติมเต็มสินค้า (Graves, 1985) ในทำนองเดียวกัน Chen (1998) ได้ศึกษาความแตกต่างระหว่างนโยบายการสต็อกรวมศูนย์ และสต็อกแยกศูนย์ โดยพัฒนาอัลกอริธึมที่มีประสิทธิภาพในการคำนวณจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม การวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้ข้อมูลความต้องการที่รวมศูนย์เพื่อปรับปรุงการจัดการสินค้าคงคลังในแบบหลายระดับ นโยบายสต็อกรวมศูนย์ต้องการข้อมูลความต้องการทั้งหมดทุกหน่วยเพื่อกำหนดจุดสั่งซื้อ ในขณะที่นโยบายสต็อกแยกศูนย์จะใช้ข้อมูลความต้องการของแต่ละหน่วยเพียงเท่านั้นในการคำนวณ ซึ่งแสดงให้เห็นถึง

ความสำคัญของการเลือกใช้รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าคงคลัง (Chen, 1998)

ในทางปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการชั้นอะไหล่ด้านการบิน เอกสารของ IATA (2015) ได้ให้แนวทางการคำนวณจุดสั่งซื้อซ้ำในคลังสินค้า โดยใช้ปัจจัยการบริการ (Service Factor) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ (standard deviation of demand) เพื่อกำหนดจุดสั่งซื้อซ้ำและสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย การใช้จุดสั่งซื้อซ้ำเป็นการบริหารจัดการสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยลดต้นทุนการถือครองสินค้าและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการลูกค้า นอกจากนี้ ยังมีการคำนวณจุดสั่งซื้อซ้ำสำหรับชั้นอะไหล่ต่าง ๆ ในคลังสินค้า เช่น o-ring, seal, filter, fastener, และ gasket โดยใช้ข้อมูลความต้องการรายวันและระยะเวลาการคอยสินค้า ที่แตกต่างกันไป ดังนั้น การกำหนดจุดสั่งซื้อซ้ำ จะช่วยให้มั่นใจว่าระดับสินค้าคงคลังจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมและสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ((IATA), 2015)

สินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง (Safety stock)

การกำหนดสินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) เป็นขั้นตอนสำคัญในการจัดการคลังสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับความต้องการที่อาจเกิดความไม่แน่นอนหรือความผันผวน เพื่อป้องกันการขาดแคลนสินค้า จึงจำเป็นต้องมีการจัดเก็บสินค้าคงคลังสำรองในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งช่วยให้สามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างต่อเนื่อง แม้ในช่วงที่ความต้องการสูงเกินคาด (วาตานาเบะ 2023)

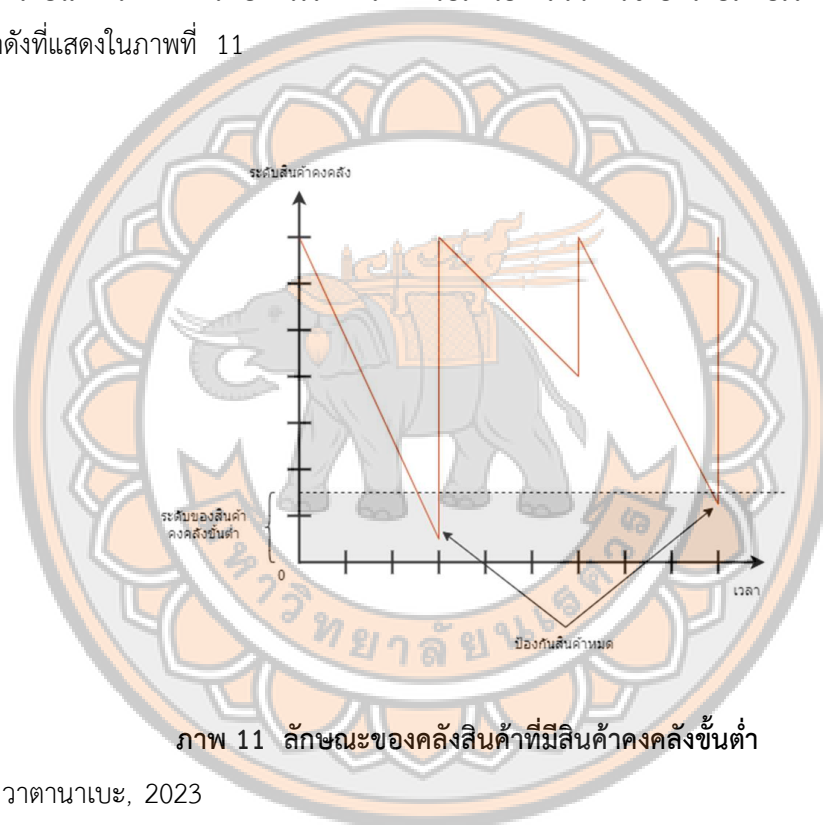


ภาพ 10 ลักษณะของสินค้าคงคลังเมื่อความต้องการไม่คงที่

ที่มา: วาตานาเบะ, 2023

ภาพที่ 10 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของระดับสินค้าคงคลังเมื่อความต้องการของลูกค้ามีความผันผวนโดยเส้นสีแดงแสดงถึงระดับของสินค้าคงคลัง ซึ่งในบางช่วงอาจลดลงจนติดลบ ซึ่งหมายถึงองค์กรอาจสูญเสียโอกาสในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า

เพื่อป้องกันปัญหานี้ การกำหนดสินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือ Safety Stock จึงมีความจำเป็น เมื่อความต้องการของลูกค้ามีความผิดปกติในช่วงเวลารอคอยสินค้า การมีสินค้าคงคลังขั้นต่ำจะช่วยลดความเสี่ยงจากการขาดสินค้า การจัดการสินค้าคงคลังในระดับต่ำที่สุดจึงเป็นวิธีที่สามารถทำได้ โดยไม่ทำให้เกิดการพยากรณ์ผิดพลาดหรือลดโอกาสในการขาย โดยลักษณะของสินค้าคงคลังขั้นต่ำดังที่แสดงในภาพที่ 11



ภาพ 11 ลักษณะของคลังสินค้าที่มีสินค้าคงคลังขั้นต่ำ

ที่มา: วาตานาเบะ, 2023

ภาพที่ 11 เส้นกราฟสีส้มแสดงถึงความต้องการสินค้าที่มีความผันผวนในช่วงเวลารอคอย แต่สิ่งที่เพิ่มเติมเข้ามาคือการมีสินค้าคงคลังสำรองอยู่ในระดับขั้นต่ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่า แม้ว่าสินค้าคงคลังจะลดลงตามความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้น แต่คลังสินค้าก็ยังคงมีสินค้าสำรองเพียงพอ ทำให้ไม่เกิดปัญหาสินค้าขาดแคลนในคลัง

วิธีที่ง่ายที่สุดในการเริ่มต้นใช้สินค้าขั้นต่ำคือการปรับเปลี่ยนจุดสั่งซื้อใหม่ โดยใช้สมมติฐานเดียวกับการหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) ซึ่งคำนึงถึงความต้องการสินค้าและ

ระยะเวลาารอคอยสินค้าที่คงที่ ปกติแล้ว จุดสั่งซื้อจะถูกกำหนดจากจำนวนสินค้าที่คาดว่าจะใช้ในช่วงเวลาารอคอย (ซึ่งคำนวณจากความต้องการรายวันคูณด้วยจำนวนวันของระยะเวลาารอคอย) ซึ่งเป็นค่าคงที่ ดังนั้น หากจำนวนสินค้าคงคลังมีมากกว่าจุดนี้ ก็ไม่จำเป็นต้องทำการสั่งซื้อใหม่ อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ความต้องการรายวันหรือระยะเวลาารอคอยสินค้าไม่แน่นอนและมีความผันผวน การกำหนดจำนวนสินค้าคงคลังที่แน่นอนเพื่อใช้ในช่วงเวลาารอคอยอาจไม่เพียงพอ ดังนั้น ควรพิจารณาคำนวณสินค้าขั้นต่ำเพิ่มเติมเพื่อรองรับความไม่แน่นอนดังกล่าว และเพื่อหลีกเลี่ยงการขาดแคลนสินค้าในช่วงเวลาารอคอย ควรกำหนดจุดสั่งซื้อใหม่ (ROP) โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$ROP = (\text{ค่าเฉลี่ยของความต้องการในช่วงเวลาารอคอย}) + (\text{ปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือ SS}) \quad (2.20)$$

เมื่อ

$$SS = \text{ปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำที่ควรมีไว้สำรอง}$$

หลังจากทราบจุดสั่งซื้อแล้ว ต้องกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety Stock) โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อไม่มีสินค้าคงคลัง (Stockout cost) และต้นทุนการถือครอง (Holding cost) หากค่าใช้จ่ายจากการขาดแคลนสินค้าสูง ควรเพิ่มสินค้าคงคลังขั้นต่ำเพื่อป้องกันการสูญเสีย แต่ถ้าต้นทุนการถือครองสูง ควรลดปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำลง การปรับสินค้าคงคลังให้เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยไม่เพิ่มต้นทุนเกินไป (วาตานาเบะ 2023)

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการกำหนดจุดสินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง (Safety stock) 3 วิธี ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดปริมาณสินค้าขั้นต่ำด้วยการใช้ระดับการให้บริการ

คือการกำหนดความน่าจะเป็นที่สินค้าคงคลังจะเพียงพอสำหรับตอบสนองความต้องการในช่วงเวลาารอคอย เช่น หากกำหนดระดับการให้บริการที่ 95% หมายถึงโอกาส 95% ที่สินค้าจะเพียงพอ และ 5% ที่สินค้าจะหมด การตัดสินใจนี้ต้องพิจารณาจากต้นทุนการถือครองและความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นหากสินค้าไม่เพียงพอ การกำหนดระดับการบริการ (Cycle-service level) เป็นการคำนวณความน่าจะเป็นที่สินค้าจะไม่หมดในระหว่างช่วงเวลาารอคอยสินค้า โดยใช้ข้อมูลความต้องการสินค้าในช่วงเวลาารอคอยที่มีการกระจายตามปกติ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$SS = \text{ค่ามาตรฐาน} \times \text{ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการตามเวลาารอคอยสินค้า} \quad (2.21)$$

$$= Z\sigma\sqrt{L} \quad (2.22)$$

เมื่อ

Z = ค่ามาตรฐานของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นของระดับบริการ

σ = ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

L = เวลารอคอย

2. การกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำด้วยเมื่อระยะเวลารอคอยไม่คงที่

คือการกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำ ในกรณีที่ผู้ส่งมอบไม่สามารถกำหนดเวลาส่งสินค้าได้อย่างแน่นอน สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$SS = \text{ค่ามาตรฐาน} \times \text{ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลารอคอยสินค้า} \times \text{ความต้องการต่อหนึ่งหน่วยเวลา} \quad (2.23)$$

$$= Z\sigma_l d \quad (2.24)$$

เมื่อ

Z = ค่ามาตรฐานของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นของระดับบริการ

σ_l = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาคอยสินค้า

d = ความต้องการต่อหนึ่งหน่วยเวลา

3. การหาระดับสินค้าคงคลังขั้นต่ำเมื่อความต้องการและระยะเวลารอคอยไม่คงที่

ในกรณีนี้ จะต้องพิจารณาถึงค่าความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้น โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$SS = Z \sqrt{\bar{L}\sigma_d^2 + \bar{d}^2\sigma_l^2} \quad (2.25)$$

เมื่อ

Z = ค่ามาตรฐานของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นของระดับบริการ

σ_d = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ

σ_l = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลารอคอยสินค้า

\bar{d} = ความต้องการเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา

\bar{L} = เวลารอคอยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา

4. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety stock)

Safety stock หรือสินค้าคงคลังสำรองเพื่อความปลอดภัย คือปริมาณสินค้าคงคลังส่วนเกินที่เก็บไว้เพื่อลดความเสี่ยงของการขาดสต็อกเนื่องจากความผันผวนของอุปสงค์และอุปทาน (Eruguz et al., 2016) ความผันผวนนี้อาจเกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น ความต้องการที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างแม่นยำ หรือปัจจัยภายใน เช่น ความล่าช้าในการผลิต ความไม่แน่นอนของเวลานำส่งสินค้า (Lead time) หรือความผิดพลาดในการพยากรณ์ความต้องการ (Simchi-Levi & Zhao, 2005) Safety stock จึงมีบทบาทสำคัญในการบริหารสินค้าคงคลัง โดยทำหน้าที่เป็นกันชนป้องกันไม่ให้เกิดเหตุการณ์สินค้าขาดตลาด ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อความพึงพอใจของลูกค้าและยอดขาย การกำหนดระดับ safety stock ที่เหมาะสมต้องสร้างสมดุลระหว่างต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังกับต้นทุนที่อาจเกิดขึ้นได้จากการขาดสต็อกของสินค้า (Graves & Willems, 2003)

Graves and Willems (2000) ได้นำเสนอ Guaranteed Service Model (GSM) ซึ่งเป็นโมเดลหนึ่งที่ใช้ในการวางตำแหน่ง safety stock ในห่วงโซ่อุปทาน โดยมีสมมติฐานสำคัญคือแต่ละขั้นตอนในห่วงโซ่อุปทานมีเวลารอคอยสินค้า (Lead time) ที่แน่นอนและมีขอบเขตของอุปสงค์ที่จำกัด GSM จะให้ความสำคัญไปที่การกำหนดตำแหน่งและปริมาณของ safety stock ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ความสามารถของการตอบสนองความต้องการของลูกค้าเป็นไปตามตามที่กำหนดไว้ (Graves & Willems, 2000) ต่อมา Graves and Willems (2003) ได้ขยายขอบเขตของการวิจัยเกี่ยวกับ safety stock โดยนำเสนอโมเดลเป็น 2 โมเดลหลัก ได้แก่ Stochastic Service Model (SSM) และ Guaranteed Service Model (GSM) โดย SSM จะให้ความสำคัญกับเวลารอคอยสินค้า (Lead time) ที่ไม่แน่นอน ในขณะที่ GSM จะกำหนดให้เวลารอคอยสินค้า (Lead time) เป็นค่าคงที่ที่ทราบแน่ชัด ซึ่งทั้งสองแนวทางนี้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป และการเลือกใช้โมเดลอันไหนนั้นก็ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของห่วงโซ่อุปทานนั้น ๆ (Graves & Willems, 2003) อย่างไรก็ตาม Eruguz et al. (2016) ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดล GSM โดยให้ความสำคัญไปที่การขยายขอบเขตของโมเดล GSM เพื่อให้สามารถรองรับสถานการณ์ต่างๆ ในสถานการณ์จริงที่พบเจอ เช่น ความต้องการที่ไม่คงที่ ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต และเวลารอคอยสินค้า (Lead time) ที่ไม่แน่นอน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า GSM เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าคงคลังแบบหลายระดับ และมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้หลากหลาย (Eruguz et al., 2016)

ดังนั้น Safety stock หรือสินค้าคงคลังสำรองเพื่อความปลอดภัย มีบทบาทสำคัญในการป้องกันปัญหาสินค้าขาดสต็อก อันเนื่องมาจากความผันผวนของอุปสงค์และอุปทาน หรือจากปัจจัยอื่น

แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือที่มักเรียกว่าแผนภูมิ ก้างปลา (Fishbone Diagram) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาเพื่อช่วยในการระบุและวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานโดยนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แผนผังนี้มีโครงสร้างที่สามารถช่วยให้ผู้ใช้เห็นภาพรวมของปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้อย่างชัดเจน โดยแสดงสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดในลักษณะเหมือนก้างปลาซึ่งเชื่อมโยงไปสู่ปัญหาหรือผลลัพธ์ที่ต้องการวิเคราะห์ การนำแผนผังสาเหตุและผลมาใช้มีข้อดีหลายประการ เช่น การช่วยสร้างการมองเห็นภาพรวมของปัญหา ทำให้การระดมความคิดในการวิเคราะห์สาเหตุทำได้อย่างมีระบบและประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังช่วยประหยัดเวลาและทรัพยากร เนื่องจากช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถมุ่งไปที่สาเหตุที่สำคัญและลดการตรวจสอบปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องลงได้ (Kumah et al., 2024)

แผนผังสาเหตุและผลช่วยแบ่งแยกปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปัญหาออกเป็นหมวดหมู่หลัก ๆ เพื่อการวิเคราะห์เชิงลึก ซึ่งมักประกอบไปด้วยปัจจัยที่เรียกว่า 5M1E ได้แก่ Man (คน), Machine (เครื่องจักร), Method (วิธีการ), Material (วัตถุดิบ), Measurement (การวัด), และ Environment (สภาพแวดล้อม) แต่ละหมวดหมู่เหล่านี้มีบทบาทในการระบุและเข้าใจถึงสาเหตุที่ส่งผลต่อปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างเป็นระบบ และทำให้ทีมงานสามารถระดมความคิดเพื่อหาแนวทางแก้ไขที่มีประสิทธิภาพได้ (Sugiarto & Suprayitno, 2023)

1. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนผังสาเหตุและผล หรือที่นิยมเรียกกันโดยทั่วไปว่า แผนภูมิ ก้างปลา หรือที่รู้จักในชื่อแผนภูมิอิชิกาวะ (Ishikawa Diagram) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาโดย Dr.Kaoru Ishikawa ในช่วงปี ค.ศ. 1960 เพื่อช่วยวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหรือข้อบกพร่องในระบบการทำงาน โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมการผลิต (Kumah et al., 2024) แผนภูมิ ก้างปลาได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เพราะช่วยให้ทีมงานสามารถระบุและจัดลำดับสาเหตุที่เป็นไปได้ในลักษณะภาพ ทำให้การวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพมากขึ้น (Sugiarto & Suprayitno, 2023)

Sugiarto และ Suprayitno (2023) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาความคลาดเคลื่อนของสินค้าคงคลังในคลังสินค้าของบริษัท P T Dai Nippon Printing โดยใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุหลัก พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ บุคลากร เครื่องจักร วิธีการ วัสดุ และสภาพแวดล้อม ซึ่งการจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพในแต่ละด้านนั้นนำไปสู่ปัญหาสินค้าคงคลังไม่ตรงตามความเป็นจริง จากการวิเคราะห์พบว่าวิธีการแก้ไขที่เหมาะสมควรประกอบด้วย การฝึกอบรมพนักงาน การปรับปรุงอุปกรณ์ขนส่ง การซ่อมแซมเครือข่ายระบบคอมพิวเตอร์ การจัดเก็บสินค้าที่มีปัญหาในพื้นที่เฉพาะ และการสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่เอื้อต่อประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพื่อช่วยลดปัญหาความคลาดเคลื่อนของสินค้าคงคลังในคลังสินค้าของบริษัทได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sugiarto & Suprayitno, 2023)

Djuhana และ Gozali (2020) ได้นำแผนผังสาเหตุและผล (Fishbone Diagram) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาความไม่สมดุลของสินค้าคงคลังวัตถุดิบในบริษัท PT. XYZ แผนผังนี้ช่วยให้เห็นภาพรวมของสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดปัญหา เช่น การคืนสินค้าที่ไม่ตรงจำนวน การสื่อสารที่ผิดพลาดกับผู้จัดการ และความล่าช้าจากสภาพอากาศ ด้วยการวิเคราะห์นี้ ทีมงานสามารถจัดลำดับและระบุสาเหตุที่สำคัญที่สุด เพื่อวางแผนแก้ไขและปรับปรุงการจัดการสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Djuhana & Gozali, 2020)

แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาที่ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถระบุและจัดหมวดหมู่สาเหตุของปัญหาได้อย่างชัดเจน สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่าย การใช้แผนผังนี้สามารถนำไปสู่การระบุแนวทางแก้ไขที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการขององค์กร ทำให้สามารถปรับปรุงกระบวนการทำงานและเพิ่มคุณภาพได้

ตารางแสดงการทบทวนข้อมูลจากรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
1	Inventory control models for spare parts in aviation logistics	Kenzheva va et al. (2021)	ประเมินรูปแบบสินค้าคงคลังสองรูปแบบ ได้แก่ Order-Up-To (OUT) inventory model ใช้ร่วมกับ Negative Binomial Distribution (NBD) และ (s, S) inventory model ใช้ร่วมกับ Revised Power Approximation Method โดยเปรียบเทียบรูปแบบทั้งสอง เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อขึ้นส่วนอะไหล่อากาศยานที่เหมาะสมที่สุด	1) Order-Up-To (OUT) inventory model ร่วมกับ Negative Binomial Distribution (NBD) 2) (s, S) inventory model ร่วมกับ Revised Power Approximation Method 3) Croston's forecasting method	ผลการศึกษพบว่ารูปแบบสินค้าคงคลัง OUT ร่วมกับ Poisson distribution จะสามารถสั่งซื้อสินค้าได้ในปริมาณที่ต่ำที่สุด และ model (s, S) กับ Revised Power Approximation จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าในแง่ของต้นทุนสินค้าคงคลังโดยรวมเฉลี่ย
2	Analysis of aircraft maintenance processes and cost	Mofokenga et al. (2020)	ศึกษาการซ่อมบำรุงอากาศยานโดยการวิเคราะห์ข้อมูลจาก รายงานข้อบกพร่องของนักบิน สถิติความน่าเชื่อถือในการส่งข้อมูล และ รายงานด้านการเงิน โดยใช้การวิเคราะห์ Pareto เพื่อระบุปัจจัยของต้นทุนการซ่อมบำรุง	การวิเคราะห์ Pareto	การศึกษพบว่าอากาศยานที่มีชั่วโมงบินสูงนั้น จะมีค่าบำรุงรักษาสูงสุด สรุปได้ว่า ชั่วโมงบินเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อบำรุงรักษา

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
3	A comparison of forecasting methods for rotatable spare parts in a Thai low-cost airline	Supannika (2020)	เปรียบเทียบและประเมินวิธีการพยากรณ์ความต้องการอะไหล่อากาศยานจำนวน 3 วิธี ได้แก่ วิธีของ Croston, วิธีปรับเรียบเชิงพีชคณิตแบบโฮลต์ (Holt's Linear Method) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่ย้อนกลับ (Multi-Layer Perceptron) ใช้วิธีวัดความคลาดเคลื่อน 3 วิธี คือ ME, MSE, MAPE ประเภท Rotable parts	วิธีการพยากรณ์ 3 วิธี 1. วิธี Croston 2. วิธี Holt's Linear Method 3. วิธี Multi-Layer Perceptron	วิธีการพยากรณ์แบบโครงสร้างประสาทเทียมหลายชั้นแบบแพร่ย้อนกลับ (Multi-Layer Perceptron) มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 วิธี และมีความแม่นยำถึง 81% เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจริงในปี 2562
4	Demand forecasting methods for spare parts logistics for aviation: a real-world implementation of the Bootstrap method	Baisariyev et al. (2021)	นำเสนอวิธีการพยากรณ์แบบ Bootstrap method เพื่อนำไปใช้ในกรณีศึกษา และทดสอบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีดังกล่าว	วิธีการพยากรณ์ 2 วิธี 1. Bootstrap method 2. Regression analysis	พบว่า Bootstrap method ไม่ใช่วิธีที่แม่นยำที่สุด แต่ก็สามารถใช้งานได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ ที่ใช้ในการพยากรณ์ชิ้นอะไหล่สำหรับความคล่องตัว เนื่องจากมีความคล่องตัวมากกว่าและสามารถจัดการกับความต้องการได้หลายรูปแบบ

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
5	Slow Moving and Dead Stock: Some Alternative Solutions	Sugiono & Alimbudiono (2020)	ทำการวิจัยโดยใช้การสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ และการวิเคราะห์เอกสาร เพื่อสำรวจทางเลือกและวิธีแก้ปัญหาในการจัดการกับสินค้าที่เคลื่อนไหวช้า (Slow Moving) และสินค้าที่ไม่มีค่าเคลื่อนไหว (Dead stock) ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิก	การสัมภาษณ์, การสังเกตการณ์, การวิเคราะห์เอกสาร	การพยากรณ์ความต้องการที่แม่นยำนั้น จะเป็นวิธีป้องกันปัญหาสินค้าไม่มีความเคลื่อนไหวได้ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สวยงามดูดีจะสามารถลดอัตราสินค้าที่ไม่มีค่าเคลื่อนไหวได้
6	Economic Order Quantity Model of Aircraft Turnover Parts in Aviation Industry	Chaofeng Wang and Yamiao Wen (2021)	วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการสั่งซื้อ ที่ประหยัดที่สุด (EOQ) โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าเสื่อมราคา ต้นทุนการซ่อมบำรุง ต้นทุนสินค้าคงคลัง และต้นทุนสินค้าขาดมือ จากนั้นจึงนำเสนอรูปแบบการประยุกต์ EOQ ใช้สำหรับชิ้นอะไหล่ประเภท Rotable Parts ของอากาศยาน และตรวจสอบความเป็นไปได้ และวิเคราะห์ เพื่อระบุปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ EOQ	รูปแบบปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (EOQ)	การศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีความอ่อนไหวสูงและส่งผลกระทบต่อ EOQ ได้แก่ จำนวนครั้งของการเปลี่ยนชิ้นอะไหล่ต่อปี และต้นทุนสินค้าขาดมือต่อหน่วย ในขณะที่ราคาซื้อนั้นมีผลต่อ EOQ เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
7	Optimization economic order quantity method for a support system reorder point stock	Wanti et al. (2020)	พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อจัดการสินค้าคงคลัง โดยใช้แนวคิดปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) และจุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point) เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อและเวลาที่เหมาะสมในการสั่งซื้อสินค้า	1. Economic Order Quantity (EOQ) 2. Reorder Point Stock 3. Safety Stock 4. User Centered Design (UCD)	การศึกษาพบว่าการใช้ EOQ ร่วมกับ Reorder Point และ Safety Stock ช่วยลดต้นทุนการจัดเก็บ และป้องกันปัญหาสินค้าขาดแคลนหรือสินค้ามากเกินไปได้
8	Aircraft spare parts inventory management analysis on airframe product using continuous review methods.	Harimansyah & Imaroh (2020)	ศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่อากาศยาน ในส่วนโครงสร้าง (Airframe) โดยใช้วิธีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง (Continuous Review Methods) และใช้แผนภูมิแกงปลา (Fishbone Diagram) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาสินค้าคงคลังสูง และนำเสนอวิธีการพยากรณ์และควบคุมสินค้าคงคลังเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน	1. แผนภูมิแกงปลา 2. การพยากรณ์ด้วยวิธี Moving Average, Single Exponential Smoothing, Syntetos-Boylan 3. การวิเคราะห์ ABC 4. วัดความคลาดเคลื่อนด้วยวิธี Mean Square Error - MSE	การศึกษพบว่าปัญหามูลค่าสินค้าคงคลังสูงเกิดจากการพยากรณ์ความต้องการที่ไม่แม่นยำ การใช้การพยากรณ์แบบ SES และ Syntetos-Boylan กับวิธี วิธีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์และระดับการบริการได้

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
9	demand forecasting for irregular demand in business aircraft spare parts supply chains by using AI	Nemati Amirkolai et al. (2017)	นำเสนอการพยากรณ์ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network - NN) และใช้การวัดประสิทธิภาพของกรพยากรณ์ ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error - MSE) เพื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์กับวิธีการพยากรณ์อื่นๆ ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป	1.วิธีการพยากรณ์โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network - NN), 2.วิธีวัดความแม่นยำ Mean Square Error (MSE)	การศึกษาพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (NN) สามารถเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ และมีความแม่นยำกว่าวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ ในการพยากรณ์ความต้องการที่มีรูปแบบไม่แน่นอน
10	Classification of Critical Spares for Aircraft Maintenance	Rad et al. (2011)	ศึกษาการจำแนกประเภทของอะไหล่สำหรับการบินรักษาอากาศยาน โดยเปรียบเทียบ 3 วิธี คือ 1) วิธีดั้งเดิม (ABC analysis) 2) กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) 3) การวิเคราะห์การจัดกลุ่มข้อมูล (DEA) โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอะไหล่ ได้แก่ ราคาต่อหน่วย อัตราการใช้งาน ระยะเวลารอคอย และความน่าเชื่อถือ	1.การวิเคราะห์ ABC 2.กระบวนการวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) 3.การวิเคราะห์การจัดกลุ่มข้อมูล (DEA)	การศึกษาพบว่าการจัดกลุ่มสินค้าคงคลังด้วยวิธี DEA มีประสิทธิภาพที่สุด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำแนกสินค้าคงคลังได้ดี และช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถจัดลำดับความสำคัญของอะไหล่ และจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
11	Efficient aircraft spare parts inventory management under demand uncertainty	Gu et al. (2015)	นำเสนอแบบจำลองที่ใช้พยากรณ์ความต้องการ อิงจากรูปแบบการกระจายตัว ความล้มเหลวของชิ้นอะไหล่ที่ติดตั้ง รูปแบบ ได้แก่ 1) Non-linear programming 2) Iteration method จากนั้นจึงใช้วิธีการวนซ้ำและ GAMS เพื่อแก้ไขปัญหาและเปรียบเทียบผลลัพธ์	1. Non-linear programming – NLP 2. Iteration method 3. GAMS (General Algebraic Modeling System)	การศึกษาพบว่าทั้งสองวิธีสามารถแก้ปัญหาและให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน โดยแบบจำลองที่สอง (iteration method) ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่าเล็กน้อยเหตุผลเนื่องจากพิจารณาเวลาการขาดแคลนที่คงที่
12	Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: A predictive model.	Ghobbar et al. (2003)	เปรียบเทียบการพยากรณ์ความต้องการของการใช้ชิ้นอะไหล่ที่ใช้ซ่อมบำรุงอากาศยาน และวิเคราะห์ผลลัพธ์ด้วยแบบจำลอง General Linear Model (GLM) เพื่ออธิบายความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ และพัฒนาแบบจำลอง Predictive Error-Forecasting Model เพื่อเปรียบเทียบและประเมินวิธีการพยากรณ์	1. General Linear Model (GLM) 2. Microsoft Excel 3. Visual Basic for Applications	พบว่าการพยากรณ์แบบ Weighted Moving Average, Holt และ Croston มีความแม่นยำสูงสุดสำหรับความต้องการที่ไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่วิธีการที่สายการบินใช้ในการพยากรณ์ยังมีความแม่นยำเท่าที่ควร

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
13	Reliability and operations: Keys to lumpy aircraft spare parts demands.	Lowas & Ciarallo (2016)	ใช้การจำลอง Monte Carlo simulation เพื่อศึกษาลักษณะการสึกหรอของชิ้นอะไหล่อากาศยานและการตัดสินใจในการจัดการฝูงบิน ส่วนผลต่อรูปแบบการฝูงบินส่วนอะไหล่อย่างไร โดยใช้แบบจำลองความน่าจะเป็นของการชำรุดเสียหายของชิ้นส่วนอะไหล่ (Weibull Distribution) และพารามิเตอร์อินพุตที่ครอบคลุมสถานการณ์ต่างๆ ที่เป็นไปได้ในการดำเนินงานของฝูงบิน	1.การจำลองแบบ Monte Carlo simulation 2.การแจกแจงแบบ Weibull Distribution	การศึกษาพบว่าขนาดของฝูงบินมีผลกระทบต่อความถี่ของการใช้งานชิ้นอะไหล่ โดยมีขนาดเฉลี่ยที่ไม่แน่นอนมากกว่าฝูงบินขนาดใหญ่ และปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความต้องการ คือ ระยะเวลาการจัดหาที่นานขึ้นจะทำให้มีความผันผวนมากขึ้น
14	Forecasting and stock control for intermittent demands.	Croston (1972)	นำเสนอวิธีการพยากรณ์และการควบคุมสินค้าคงคลังเมื่อความต้องการมีรูปแบบ ความต้องการที่เป็นศูนย์ในหลายช่วงเวลา เรียกว่าความต้องการไม่ต่อเนื่องโดยแยกการประมาณค่าเฉลี่ยของขนาดความต้องการและการและช่วงเวลาระหว่างความต้องการ จากนั้นจึงรวมเข้าด้วยกันเพื่อทำการพยากรณ์	1. คำนวณพหุสถิติ 2. ใช้การจำลอง	การศึกษาพบว่าวิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการพยากรณ์แบบดั้งเดิม และ วิธีการนี้ยังช่วยปรับปรุงความแม่นยำในการพยากรณ์และลดต้นทุนทุนการถือครองสินค้าคงคลังสำหรับสินค้าที่มีความต้องการไม่ต่อเนื่อง

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
15	Adaptive Holt-Winters forecasting.	Williams (1987)	พัฒนาวิธีการ Adaptive Holt-Winters โดยปรับค่าคงที่ smoothing constants แบบเบนามิกตามแนวคิดของ Trigg and Leach และทำการทดสอบเชิงตัวเลขเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธี Holt-Winters แบบดั้งเดิม	1. Holt-Winters, 2. Trigg and Leach adaptive method 3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE) 4. Sum of Squares of Errors (SSE)	การศึกษพบว่าวิธี Adaptive Holt-Winters มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธี Holt-Winters แบบดั้งเดิม วิธีนี้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วและแม่นยำกว่า ทำให้เหมาะสมสำหรับความต้องการที่ไม่ต่อเนื่อง
16	Determination of the spare parts demand for maintenance, repair and overhaul service providers.	Dombrowski & Weckenborg (2013)	นำเสนอวิธีการหาปริมาณความต้องการอะไหล่สำหรับผู้ให้บริการซ่อมบำรุงอากาศยาน (Maintenance, Repair, and Overhaul - MRO) ทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความต้องการอะไหล่ โดยใช้การหาค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือตามลำดับชั้น และการประเมินพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือ	1. การหาค่าพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือตามลำดับชั้น 2. การประเมินพารามิเตอร์ความน่าเชื่อถือ	การศึกษพบว่าการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความต้องการอะไหล่มีความสำคัญต่อการจัดการอะไหล่ใหม่ ประสิทธิภาพและวิธีการใหม่ที่นำเสนอช่วยให้สามารถระบุความเกี่ยวข้องกันของปัจจัยต่างๆ และวิเคราะห์ขั้นตอนให้คล่องคล่องได้แม่นยำมากขึ้น

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
17	A stochastic model for joint spare parts inventory and planned maintenance optimization.	Wang (2012)	พัฒนาแบบจำลองสโตแคสติกเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของการควบคุมสินค้าคงคลังอะไหล่ของการซ่อมบำรุงแบบ Preventive Maintenance (PM) โดยใช้แนวคิดเรื่อง "delay-time" เพื่อสร้างความน่าจะเป็นของจำนวนครั้งที่เกิดความล้มเหลวในช่วงเวลา PM จากนั้นใช้อัลกอริทึมร่วมกับ stochastic dynamic programming เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด	1. Stochastic dynamic programming 2. delay-time concept	พบว่าการจัดการสินค้าคงคลังและการบำรุงรักษาเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งควรปรับให้เหมาะสมที่สุดร่วมกันแบบจำลองสามารถหาช่วงเวลาการสั่งซื้อ ช่วงเวลา PM และปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้
18	ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs	Teunter et al. (2010)	เปรียบเทียบเกณฑ์การจัดอันดับสินค้าคงคลังแบบ ABC ที่ใช้กันทั่วไป (เช่น มูลค่า ความต้องการ ปริมาณความต้องการ) กับเกณฑ์ใหม่ที่เสนอในงานวิจัยนี้ ซึ่งพิจารณาจากต้นทุนรวมของสินค้าคงคลัง การศึกษาใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาต้นทุนสินค้าคงคลังภายใต้เกณฑ์การจัดอันดับที่แตกต่างกัน	1. แบบจำลองสินค้าคงคลัง 2. การวิเคราะห์เชิงตัวเลข	พบว่าเกณฑ์ใหม่ที่พิจารณาจากต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังมีประสิทธิภาพดีกว่า ทั้งยังมีควมยืดหยุ่น และสามารถพิจารณาความสำคัญของสินค้าแต่ละรายการได้

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
19	ABC inventory classification with multiple -criteria using weighted linear optimization.	Ramanathan (2006)	นำเสนอรูปแบบการจำแนกประเภทสินค้าคงคลังโดยใช้การปรับน้ำหนักเชิงเส้นให้เหมาะสมที่สุด (weighted linear optimization) เพื่อจัดการปัญหาการจำแนกประเภทสินค้าคงคลังที่มีหลายเกณฑ์ (multi-criteria inventory classification - MCIC)	1. Weighted linear optimization 2. Data envelopment analysis (DEA)	พบว่ารูปแบบการจำแนกประเภทสินค้าคงคลัง โดยใช้การปรับน้ำหนักเชิงเส้น ซึ่งคล้ายกับ DEA เหมาะสำหรับการจำแนกสินค้าคงคลังที่มีหลายเกณฑ์
20	Classification methods for problem size reduction in spare part provisioning.	Sheikh-Zadeh and Rossetti (2020)	นำเสนอวิธีการจำแนกประเภทของสินค้าคงคลังโดยใช้ Artificial Stocking Policy - ASP - ASP เพื่อจัดกลุ่มสินค้าในระบบ Multi-Echelon โดยแปลง ASP หลายมิติให้เป็นเกณฑ์เดียว และใช้วิธีการแบ่งกลุ่มแบบ Equal-Size Partitioning (EP) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการอื่นๆ เมื่อประเมินด้วยแบบจำลอง VARI-METRIC	1. Artificial Stocking Policy - ASP 2. Weighted Linear Scoring 3. Equal-Size Partitioning - EP 4. โมเดล VARI-METRIC	พบว่าการใช้ Artificial Stocking Policy มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการ ABC และวิธีจัดกลุ่มแบบ K-means แบบดั้งเดิม ช่วยลดความซับซ้อนของระบบการจัดทออะไหล่ ปรับปรุงระดับการบริการ และใช้แรงงานน้อยโดยไม่ต้องใช้ซอฟต์แวร์หรือเทคโนโลยีที่ซับซ้อน

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
21	Multi-item generic inventory stock control policies.	Cohen & Ernst (1988)	นำเสนอวิธีการในการจัดกลุ่มสินค้าคงคลังด้วยวิธี ORG (operations-related groups) ซึ่งผสมผสานกระบวนการจัดกลุ่มทางสถิติและข้อจำกัดในการดำเนินงาน จากนั้นนำวิธีการ ORG ไปเปรียบเทียบกับวิธี ABC	1. ABC Analysis 2. ORG (operations-related groups)	พบว่าวิธี ORG ให้ผลลัพธ์ดีกว่าวิธี ABC แต่ในทางปฏิบัติอาจนำไปใช้ได้ยากกว่าวิธี ORG สามารถปรับปรุงสมมูลระหว่างประสิทธิภาพการดำเนินงานและสถิติได้ การเลือกวิธีที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับ การพิจารณา ต้นทุน ระดับ การบริการ และวิธีการคำนวณ
22	Multi-criteria ABC inventory classification with mixed quantitative and qualitative criteria.	Hatefi et al. (2014)	นำเสนอรูปแบบ modified linear optimization ที่สามารถแก้ปัญหาการจำแนกประเภทสินค้าคงคลังที่มีหลายเกณฑ์ (multi-criteria inventory classification - MCC) ทั้งเชิงปริมาณและเชิง และเสนอวิธี การเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มความสามารถในการแยกแยะระหว่างสินค้าคงคลัง	1. Weighted linear optimization 2. Data envelopment analysis (DEA)	พบว่ารูปแบบ Weighted linear optimization ใช้งานง่าย ช่วยให้สามารถจำแนกสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้น โดยพิจารณาจากทั้งเกณฑ์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
23	A simple classifier for multiple criteria ABC analysis.	Wan Lung Ng (2007)	นำเสนอรูปแบบการปรับน้ำหนักเชิงเส้น (weighted linear optimization model) เพื่อแก้ไขปัญหาการจัดประเภทสินค้าคงคลังหลายเกณฑ์ (Multi-criteria inventory classification - MIC) โดยแปลงเกณฑ์หลายมิติให้เป็นคะแนนรวม และจัดประเภทสินค้าคงคลังตามหลักการ ABC	1. weighted linear optimization 2. transformation 3. ABC Analysis	พบว่าวิธีนี้ไม่ต้องใช้ตัวแก้ปัญหาเชิงเส้น ทำให้คำนวณง่ายและรวดเร็ว สามารถใช้สเปรตติซที่ทั่วไปในการจัดกลุ่มสินค้าได้ จึงเหมาะสมสำหรับการจัดการสินค้าคงคลังที่มีหลายเกณฑ์ และมีสินค้าจำนวนมาก
24	SKU classification: A literature review and conceptual framework.	van Kampen et al. (2012)	ทบทวนวรรณกรรม (Systematic literature review) ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนสิ่งตระหาทางวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกประเภท SKU ในสาขาการจัดการผลิ ต และปฏิบัติการ	การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาของบทความที่เลือก	พบว่า การจำแนกประเภท SKU นั้นได้รับอิทธิพลจากวัตถุประสงค์ บริบท และลักษณะของ SKU

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
25	การจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่เครื่องปรับอากาศ	พจนารถ ชาญตระกูล (2013)	วิเคราะห์การจัดการจัดการสินค้าคงคลังโดยการแยกสินค้าตามลำดับความสำคัญด้วย ABC Analysis ร่วมกับ การใช้กระบวนการใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการกำหนดลำดับชั้นของสินค้าตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น มูลค่าสินค้า ความคลาดเคลื่อนในการส่งมอบ และจำนวนผู้ส่งมอบ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจัดกลุ่มสินค้า	วิเคราะห์การจัดการสินค้าคงคลังโดยการใช้ ABC Analysis, AHP, EOO, ROP, ระบบถังคู่	การกำหนดค่าน้ำหนักคะแนนตามปัจจัยต่าง ๆ ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ช่วยให้การจัดกลุ่มสินค้า ABC มีความแม่นยำยิ่งขึ้น ส่งผลให้การจัดการสินค้าคงคลังมีประสิทธิภาพและต้นทุนรวมลดลงอย่างเห็นได้ชัด
26	การประยุกต์ใช้ตัวแบบการตัดสินใจแบบสองระดับในการจัดกิจกรรมโลจิสติกส์สำหรับร้านขายส่ง	พรวิสา ทาระคำ (2016)	ศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังและวางแผนการขนส่งโดยแบ่งการตัดสินใจเป็นสองระดับ	ตัวแบบการตัดสินใจแบบสองระดับ (Bi-level Decision Making Model), วิธีวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) สำหรับกำหนดค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ	การกำหนดค่าน้ำหนักคะแนนช่วยให้สามารถแบ่งประเภทสินค้าตามความสำคัญและจัดการสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ลดต้นทุนรวมรายปีได้ 30.23%

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
27	The role of prescriptive data and non-linear dimension-reduction methods in spare part classification.	Sheikh-Zadeh et al. (2023)	นำเสนอวิธีการจัดอันดับและจำแนกประเภทสินค้าคงคลังอะไหล่ โดยใช้ข้อมูล ราคา ความต้องการ ระยะเวลา รอสินค้า จุดสั่งซื้อ ปริมาณการสั่งซื้อ ที่ได้จากการแก้ปัญหาการจัดหารสินค้าคงคลังหลายรายการและหลายระดับชั้น (MIME)	1.การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) 2.การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักแบบเคอร์เนล (KPCA)	พบว่าข้อมูล จุดสั่งซื้อ และปริมาณการสั่งซื้อ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกประเภท และ KPCA เหมาะสำหรับการรับรอบที่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในระบบที่มีความซับซ้อน
28	comprehensive survey of guaranteed-service models for multi-echelon inventory optimization.	Eruguz et al. (2016)	ศึกษาและสรุปงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Guaranteed-Service Model (GSM) สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพสินค้าคงคลังหลายระดับชั้น	1. guaranteed service Model 2. multi-echelon inventory system 3. Safety stock optimization 4. Safety stock placement	พบว่าโมเดล GSM รองรับสถานการณ์ต่างๆ ได้ดี เช่น ความต้องการที่ไม่คงที่ เวลา รอคอยสินค้าที่ไม่แน่นอน จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับสินค้าคงคลังแบบหลายระดับ และโมเดลนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
29	Performance evaluation of stochastic multi-echelon inventory systems: A survey.	Simchi-Levi And Zhao (2012)	สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาปัญหาการวางตำแหน่งสินค้าสำรองในห่วงโซ่อุปทานที่มีหลายชั้นตอน และมีโครงสร้างแบบต้นไม้ (tree network) โดยแต่ละชั้นตอนจะมีการควบคุมสินค้าคงคลังด้วยนโยบาย base-stock แบบต่อเนื่อง และมีความต้องการจากภายนอกเป็นอิสระต่อกันตาม Poisson process	1. Recursive equations 2. Two-moment approximations 3. Dynamic programming 4. Monte-Carlo simulation	แสดงให้เห็นว่า Recursive equations สามารถคำนวณเวลาสินค้าค้างส่งได้ วิธีการประมาณค่าและอัลกอริทึมเพื่อหาตำแหน่งสินค้าสำรองที่เหมาะสมที่สุดสามารถช่วยลดต้นทุนโดยรวมของระบบ โดยที่ยังคงรักษาระดับการบริการลูกค้าได้
30	Supply chain design: Safety stock placement and supply chain configuration.	Graves, S. C., & Willems, S.P. (2003)	ทบทวนวรรณกรรม (Literature review) และนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เชิงแนวคิด สำหรับการวางตำแหน่งสินค้าสำรอง (safety stock) และการกำหนดค่าของห่วงโซ่อุปทาน (supply chain configuration) เพื่อลดต้นทุนรวมของห่วงโซ่อุปทาน	1.แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2. Dynamic Programming	guaranteed-service model สามารถกำหนดเวลาส่งมอบที่แน่นอนได้ การวางตำแหน่งสินค้าสำรองและการกำหนดค่าห่วงโซ่อุปทานร่วมกัน สามารถช่วยลดต้นทุนรวมของห่วงโซ่อุปทานได้อย่างมีนัยสำคัญ

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
31	Optimizing strategic safety stock placement in supply chains.	Graves, S. C., & Willems, S.P. (2000)	พัฒนา Optimization Algorithm สำหรับการทำตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดในการวาง safety stock ในห่วงโซ่อุปทานที่อยู๋ภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอน	1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2. Dynamic Programming	พบว่า การวางตำแหน่ง safety stock และการกำหนดค่าห่วงโซ่อุปทานร่วมกัน ช่วยลดต้นทุนได้ โมเดลนี้ถูกนำไปใช้จริงที่ บริษัท Eastman Kodak และช่วยลดต้นทุนสินค้าคงคลังได้
32	A typology and literature review on stochastic multi-echelon inventory models.	de Kok et al. (2018)	ทบทวนวรรณกรรม (Systematic Literature Review) โดยได้พัฒนา typology เพื่ออธิบายและทบทวนงานวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลังแบบหลายระดับชั้น (multi-echelon inventory management) ภายใต้อุปสงค์ที่ไม่แน่นอน	การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาของบทความที่เลือก	วิธีการคำนวณจุดสั่งซื้อซ้ำในแบบสองระดับ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับจุดสั่งซื้อซ้ำ ตามสถานการณ์และปัจจัยต่าง ๆ มีผลกระทบต่อความต้องการและการนำส่งสินค้า

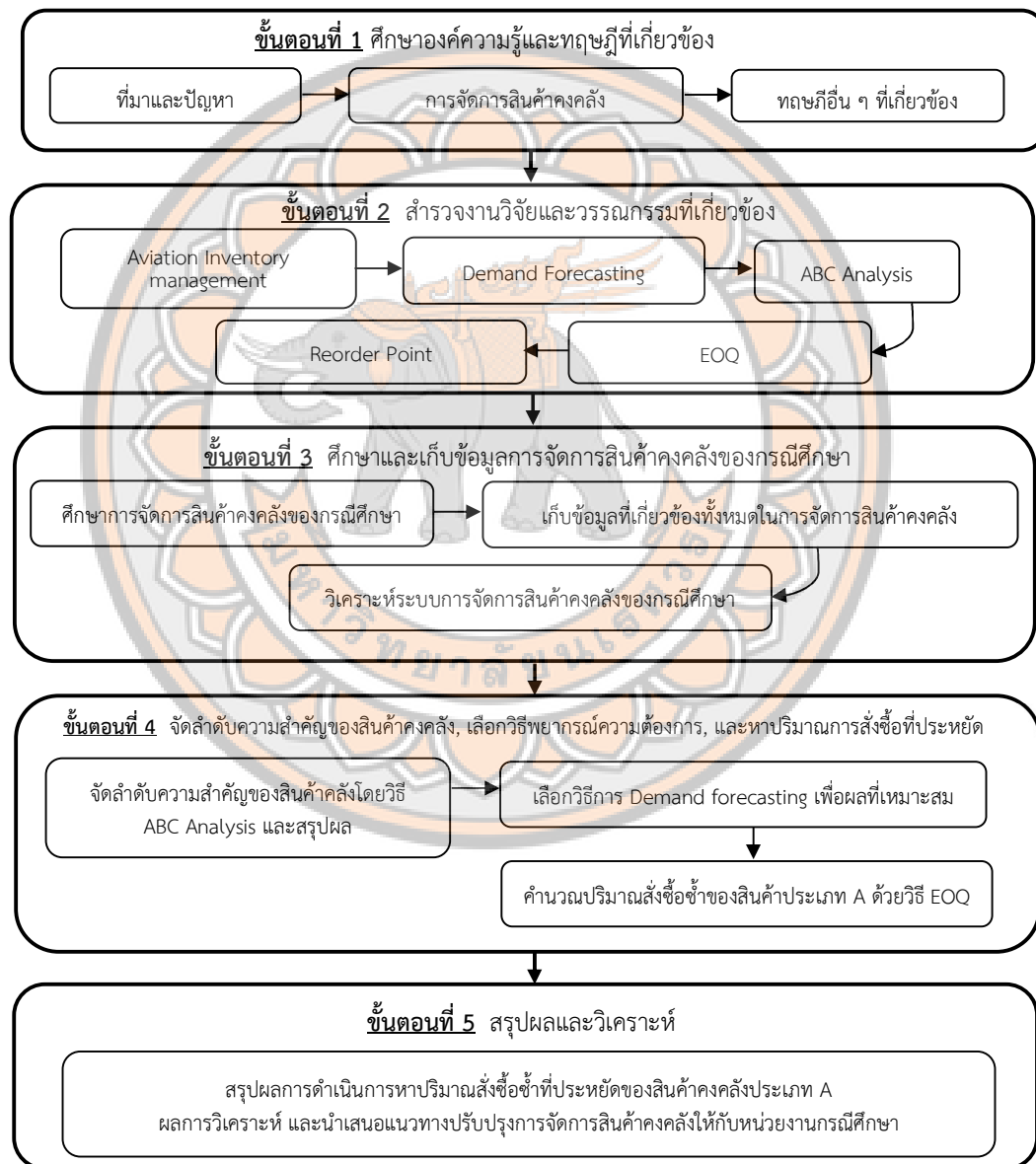
ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
33	A Multi-Echelon Inventory Model for a Repairable Item with One-for-One Replenishment	Stephen C. Graves (1985)	ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์พัฒนาและวิเคราะห์โมเดลสินค้าคงคลังหลายระดับชั้น สำหรับสินค้าที่สามารถซ่อมบำรุงได้ โดยมีการใช้สมมติฐานและการประมาณค่าต่างๆ เพื่อทำให้โมเดลสามารถนำไปใช้ตัดสินใจและคำนวณได้ง่ายขึ้น	1. Mathematical modeling 2. Two-moment approximations 3. Numerical analysis	โมเดลนี้มีประโยชน์ในการประมาณค่าระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมและสามารถประมาณประสิทธิภาพของระบบสินค้าคงคลังได้อย่างแม่นยำ สามารถนำไปใช้เพื่อช่วยในการตัดสินใจเรื่องการจัดการสินค้าคงคลังได้
34	Echelon Reorder Points, Installation and the Value of Centralized Demand Information.	Fangruo Chen (1998)	ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์และเชิงตัวเลขพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับคำนวณหาจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด (optimal reorder points) ทั้งในแบบ echelon reorder points และ installation reorder points ในระบบสินค้าคงคลังแบบหลายระดับชั้นที่มีการสั่งซื้อเป็นชุด (batch ordering) และมีความต้องการแบบสุ่ม (stochastic demand)	1. Mathematical modeling 2. Numerical analysis 3. Simulation	อัลกอริทึมสามารถคำนวณหาจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุดทั้งในแบบ echelon และ installation ในระบบสินค้าคงคลังแบบหลายระดับชั้น ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินค่าของข้อมูลความต้องการจากศูนย์กลาง (centralized demand information) ได้

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ผู้แต่ง	วิธีการศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
35	Integrating deterioration and lifetime constraints in production and supply chain planning A survey	Pahl, J., & Voß, S. (2014)	ใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรม (Literature review) เพื่อสำรวจและวิเคราะห์งานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการผลิตที่เชื่อมโยงกัน การผลกระทบบนจากการเชื่อมโยงสภาพและข้อจำกัดด้านอายุการใช้งานในการวางแผนการผลิตและห่วงโซ่อุปทาน	1. Literature review 2. Content analysis	การวางแผนโดยคำนึงถึงการเสื่อมสภาพและอายุการใช้ งานสามารถช่วยลดความเสี่ยง เพิ่มประสิทธิภาพ และส่งเสริมความยั่งยืนในห่วงโซ่อุปทาน
36	Analysis of inventory management practices using ABC and EOQ models: A case study of Thailand's cleaning supplies company.	Woramol C. et al. (2023)	ศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังของกรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดแห่งประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ ABC และแบบจำลอง EOQ เพื่อลดต้นทุนสินค้าคงคลัง	1. ABC Analysis 2. Economic Order Quantity - EOQ Model	การวิเคราะห์ ABC ช่วยในการจัดกลุ่มสินค้าตามความสำคัญและมูลค่า ทำให้สามารถจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลังได้อย่างเหมาะสม แบบจำลอง EOQ สามารถคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด และช่วยลดค่าใช้จ่ายดำเนินการจัดการสินค้าคงคลังลงได้ 34%

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงวิธีการดำเนินการวิจัยและขั้นตอนในการศึกษา โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังแสดงในภาพ 12



ภาพ 12 กระบวนการขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ศึกษาองค์ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทำการศึกษาที่มาและปัญหาของงานวิจัย ของกรณีศึกษา ได้แก่ ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานจัดการสินค้าคงคลัง ลักษณะการจัดการสินค้าคงคลัง วิธีการดำเนินงานปัจจุบัน ต้นทุนการดำเนินงานและต้นทุนสินค้าคงคลัง ลักษณะและประเภทของการซ่อมบำรุงอากาศยานของหน่วยงานกรณีศึกษา จากนั้นศึกษาองค์ความรู้และทฤษฎีที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาของกรณีศึกษา โดยเครื่องมือที่ใช้คือ การสัมภาษณ์และเก็บข้อมูลโดยลงพื้นที่จริง

สำรวจงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ทำการสำรวจงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ที่ได้ใช้แนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาลักษณะเดียวกัน ได้แก่ การซ่อมบำรุงอากาศยาน (Aircraft Maintenance) การจำแนกรูปแบบความต้องการของอะไหล่อากาศยาน (Demand type) ประเภทของชิ้นอะไหล่อากาศยาน (Aircraft spare parts classification) การจัดการสินค้าคงคลัง การพยากรณ์ความต้องการ (Demand forecasting) การวิเคราะห์ ABC (ABC Analysis) จำนวนสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) จุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder point) และสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock)

ศึกษาและเก็บข้อมูลการจัดการสินค้าคงคลังของกรณีศึกษา

1. ศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังของกรณีศึกษา ในเชิงลึก โดย การลงพื้นที่จริง เพื่อศึกษาการดำเนินงาน การจัดการสินค้าคงคลังของกรณีศึกษาทำอย่างไร ใช้วิธีและเครื่องมือแบบไหนในการจัดการ และเกิดปัญหาอย่างไร

2. เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการจัดการสินค้าคงคลังของกรณีศึกษา เครื่องมือที่ใช้คือ ระบบ ERP (Enterprise Resource Planning) ของหน่วยงาน จะทำการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 6 ปี นับจากวันที่ วันที่ (1 ม.ค. 2018 – 31 ธ.ค. 2023) โดยข้อมูลที่ต้องการมีดังต่อไปนี้

- 2.1 ข้อมูลการเบิกจ่ายอะไหล่
- 2.2 ข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุงอากาศยาน
- 2.3 ข้อมูลสินค้าคงคลัง
- 2.4 ข้อมูลต้นทุนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. เก็บข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติงาน และผู้เกี่ยวข้องโดยการสัมภาษณ์

4. วิเคราะห์ระบบการจัดการสินค้าคงคลังของกรณีศึกษา โดยใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เป็นเครื่องมือในการหาสาเหตุของปัญหา

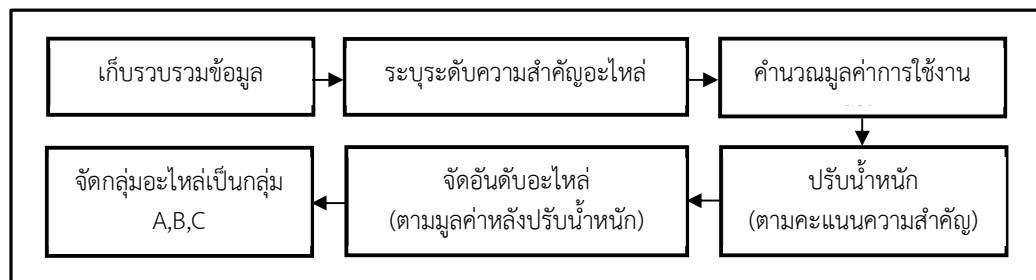
จัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลัง, เลือกวิธีพยากรณ์ความต้องการ, และหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

1. จัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลังโดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ ABC (ABC Analysis)

การจำแนกกลุ่มโดยวิธีวิเคราะห์ ABC นั้น จะใช้ข้อมูลปริมาณการใช้งาน และ มูลค่าของสินค้า เป็นหลักในการพิจารณาจัดกลุ่ม แต่เนื่องจากชิ้นอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุงอากาศยานแบบนอกกำหนดนั้น มีอีก 1 ปัจจัย ที่มีผลต่อการพิจารณาจัดกลุ่มชิ้นอะไหล่ คือ ระดับความสำคัญของชิ้นอะไหล่เหล่านั้น ๆ ว่ามีผลกระทบต่อความปลอดภัย และการดำเนินงานโดยรวมหรือไม่ มาประกอบการพิจารณาจัดกลุ่ม การจัดกลุ่มในงานวิจัยนี้จึง มีการเพิ่มปัจจัยในการพิจารณาอีกหนึ่งอย่าง คือความสำคัญต่ออากาศยาน มาร่วมพิจารณาด้วย โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังต่อไปนี้ เริ่มด้วยการเตรียมข้อมูลจากที่ได้เก็บรวบรวมและทำการเตรียมข้อมูลไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า โดยจะเลือกข้อมูลของอะไหล่ที่ใช้ในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. หมายเลขพัสดุ (Parts Number ID)
2. ข้อมูลรายละเอียดชิ้นอะไหล่ (Parts Description)
3. ปริมาณการใช้งานย้อนหลัง 5 ปี
4. มูลค่าของอะไหล่
5. และระดับผลกระทบต่ออากาศยานของอะไหล่แต่ละรายการ

เมื่อดำเนินการจัดกลุ่มเพื่อทำการระบุกลุ่มอะไหล่ที่มีมูลค่าและความสำคัญสูง (กลุ่ม A) กลุ่มอะไหล่ที่มีมูลค่าและความสำคัญปานกลาง (กลุ่ม B) และกลุ่มอะไหล่ที่มีมูลค่าและความสำคัญต่ำ (กลุ่ม C) โดยเกณฑ์ในการจำแนกกลุ่มของอะไหล่จะพิจารณาจากสัดส่วนของมูลค่าและความสำคัญต่อการทำการบินของชิ้นอะไหล่แต่ละชิ้น โดยกลุ่ม A จะเป็นกลุ่มที่มีสัดส่วนของมูลค่าชิ้นอะไหล่ประมาณ 70-80%, กลุ่ม B มีสัดส่วนของมูลค่าชิ้นอะไหล่ประมาณ 15-20%, และกลุ่ม C มีสัดส่วนมูลค่าชิ้นอะไหล่ประมาณ 5-10% โดยมีขั้นตอนวิธีดำเนินการดังนี้



ภาพ 13 รูปแผนผังลำดับการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC

โดยกระบวนการและรายละเอียดการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
 - 1.1 รวบรวมข้อมูลประวัติการเบี่ยงจ่ายอะไหล่ย้อนหลัง 5 ปี
 - 1.2 ข้อมูลความสำคัญของชิ้นอะไหล่ที่มีผลต่ออากาศยาน
2. กำหนดค่าความสำคัญของอะไหล่ โดยจะกำหนดตามเกณฑ์ต่อไปนี้
 - 2.1 ผลกระทบต่อความปลอดภัย (Safety Impact)
 - 2.2 ผลกระทบต่อการดำเนินงาน (Operational Impact)
 - 2.3 ความพร้อมในการทดแทน (Availability of Substitutes)
 - 2.4 ความถี่ในการใช้งาน (Usage Frequency)

โดยรายละเอียดของเกณฑ์ทั้ง 4 ข้อ ดังต่อไปนี้

1) ผลกระทบต่อความปลอดภัย (Safety Impact)

Critical : อะไหล่ที่มีผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยของอากาศยาน หากขาดหรือชำรุดจะทำให้อากาศยานไม่สามารถบินได้หรือต้องหยุดทำการบินทันที (เช่น ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบการบินหลัก เช่น ระบบเบรก, ระบบควบคุมการบิน)

Important : อะไหล่ที่มีผลกระทบรองลงมา อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของอากาศยาน แต่ไม่ถึงกับทำให้อากาศยานหยุดบิน (เช่น ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบรอง เช่น ระบบไฟฟ้าภายในห้องโดยสาร)

Standard : อะไหล่ที่ไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยหรือการบินโดยตรง เป็นชิ้นส่วนที่สามารถหาทดแทนได้ง่าย หรือไม่ได้จำเป็นต้องใช้งานทันที (เช่น อุปกรณ์เสริม, เพอร์นิเจอร์ภายในห้องโดยสาร)

2) ผลกระทบต่อการดำเนินงาน (Operational Impact)

Critical : อะไหล่ที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานของอากาศยานอย่างรุนแรง หากขาดจะทำให้อากาศยานไม่สามารถปฏิบัติการได้ตามปกติ (เช่น ชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบเครื่องยนต์หรือโครงสร้างหลัก)

Important : อะไหล่ที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานในบางส่วน อาจทำให้อากาศยานปฏิบัติการได้ แต่ประสิทธิภาพหรือความเสถียรลดลง (เช่น ระบบควบคุมสภาพอากาศ หรือ ระบบสื่อสารภายในอากาศยาน)

Standard : อะไหล่ที่มีผลกระทบต่อการดำเนินงานน้อยมากหรือไม่มีผลกระทบเลย (เช่น ป้ายหรือสัญลักษณ์ต่างๆ)

3) ความพร้อมในการทดแทน (Availability of Substitutes)

Critical : ะไหลที่ไม่มีกรทดแทนได้หรือใช้เวลานานในการจัดทา

Important : ะไหลที่มีการทดแทนต้องใช้เวลาในการเตรียมหรือจัดทา

Standard : ะไหลที่สามารถหาทดแทนได้ง่ายและรวดเร็ว

4) ความถี่ในการใช้งาน (Usage Frequency)

Critical : ะไหลที่ใช้งานบ่อยหรือมีความจำเป็นในการใช้งานตลอดเวลา

Important : ะไหลที่ใช้งานเป็นครั้งคราวหรือใช้ในสถานการณ์เฉพาะ

Standard : ะไหลที่ใช้นานๆ ครั้งหรือไม่ค่อยใช้งาน

ทำการระบุความสำคัญของชิ้นอะไหลแต่ละรายการโดยการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการซ่อมบำรุงอากาศยาน ที่มีประสบการณ์ในงานด้านซ่อมบำรุงอากาศยานนานกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน มาทำการให้คะแนนชิ้นอะไหลแต่ละรายการตามตารางในภาพที่ 14 (ภาพตารางการให้คะแนนค่าความสำคัญของอะไหล) โดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะแบ่งรายการชิ้นอะไหลในการให้คะแนนเท่า ๆ กันในการพิจารณาให้คะแนน หลังจากนั้นจะเทียบผลคะแนนเพื่อหาค่าน้ำหนักตามตารางที่ 5 (ตารางกำหนดค่าน้ำหนักให้กับคะแนนรวมที่ได้ โดยกำหนดตามความสำคัญของคะแนนรวม)

3. คำนวณมูลค่าการใช้งานรวม

คำนวณมูลค่าการใช้งานรวมของอะไหลแต่ละชิ้นในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา

4. ปรับน้ำหนักตามความสำคัญ

ใช้คะแนนความสำคัญที่ได้จากข้อ 2 คูณกับมูลค่าการใช้งานรวมเพื่อหามูลค่าที่ปรับแล้ว (ตัวอย่างข้อมูลในภาพที่ 15)

5. จัดอันดับอะไหลตามมูลค่าหลังปรับน้ำหนัก

จัดลำดับอะไหลตามมูลค่าที่ปรับแล้วจากมากไปน้อย

6. จัดกลุ่มอะไหลเป็นกลุ่ม A, B, C

7. วิเคราะห์ผลลัพธ์

8. วิเคราะห์และจัดการอะไหลตามกลุ่มที่จัดลำดับไว้

Part ID :	Part Description :	Weight :	
เกณฑ์	ระดับความสำคัญ	คะแนนที่กำหนด	
เกณฑ์	คำอธิบาย	คะแนนที่ได้	
ผลกระทบต่อความปลอดภัย (Safety Impact)	Critical	มีผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยของอากาศยาน หากขาดจะทำให้อากาศยานไม่สามารถบินได้	5
	Important	มีผลกระทบรองลงมาไม่ถึงขั้นทำให้อากาศยานหยุดบิน แต่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพ	3
	Standard	ไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยหรือการบินโดยตรง	1
ผลกระทบต่อการดำเนินงาน (Operational Impact)	Critical	มีผลกระทบต่อการดำเนินงานของอากาศยานอย่างรุนแรง หากขาดจะทำให้อากาศยานไม่สามารถปฏิบัติงานได้	5
	Important	มีผลกระทบต่อการดำเนินงานบางส่วน	3
	Standard	มีผลกระทบต่อการดำเนินงานน้อยมากหรือไม่มีผลกระทบ	1
ความพร้อมในการทดแทน (Availability of Substitutes)	Critical	ไม่มีทรัพยากรหรือหยาบมาก ต้องใช้เวลาในการสั่งซื้อหรือจัดหา	5
	Important	มีการทดแทนแต่ต้องใช้เวลาในการเตรียมหรือจัดหา	3
	Standard	หาทดแทนได้ง่ายและรวดเร็ว	1
ความถี่ในการใช้งาน (Usage Frequency)	Critical	ใช้งานบ่อยครั้งหรือมีความจำเป็นในการใช้งานตลอดเวลา	5
	Important	ใช้งานเป็นประจำหรือใช้เป็นประจำเฉพาะ	3
	Standard	ใช้นานๆ ครั้งหรือไม่ค่อยใช้งาน	1
Total Score :		_____	

ภาพ 14 ตารางการให้คะแนนค่าความสำคัญของอะไหล่

วิธีการใช้ตารางให้คะแนน

1. ชั้นอะไหล่แต่ละรายการ ให้พิจารณาเกณฑ์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ผลกระทบต่อความปลอดภัย, ผลกระทบต่อการดำเนินงาน, ความพร้อมในการทดแทน, และความถี่ในการใช้งาน
2. ทำเครื่องหมายถูกเพียง 1 ข้อ โดยเลือกตามระดับความสำคัญของชั้นอะไหล่ (Critical, Important, Standard)
3. รวมคะแนนของทั้ง 4 เกณฑ์ เข้าด้วยกัน เพื่อหาค่าความสำคัญรวมของอะไหล่ นั้น ๆ
4. เปรียบเทียบค่าคะแนนที่ได้กับ ค่าน้ำหนักที่กำหนดไว้ในตาราง 3.2
5. ใช้มูลค่าที่ได้จากการคำนวณ ปริมาณการใช้งาน และ มูลค่าของสินค้า มาทำการคูณกับ ค่าปรับน้ำหนัก เพื่อหาค่ามูลค่าหลังปรับน้ำหนัก

ตาราง 5 กำหนดค่าน้ำหนักให้กับคะแนนรวมที่ได้ โดยกำหนดตามความสำคัญของคะแนนรวม

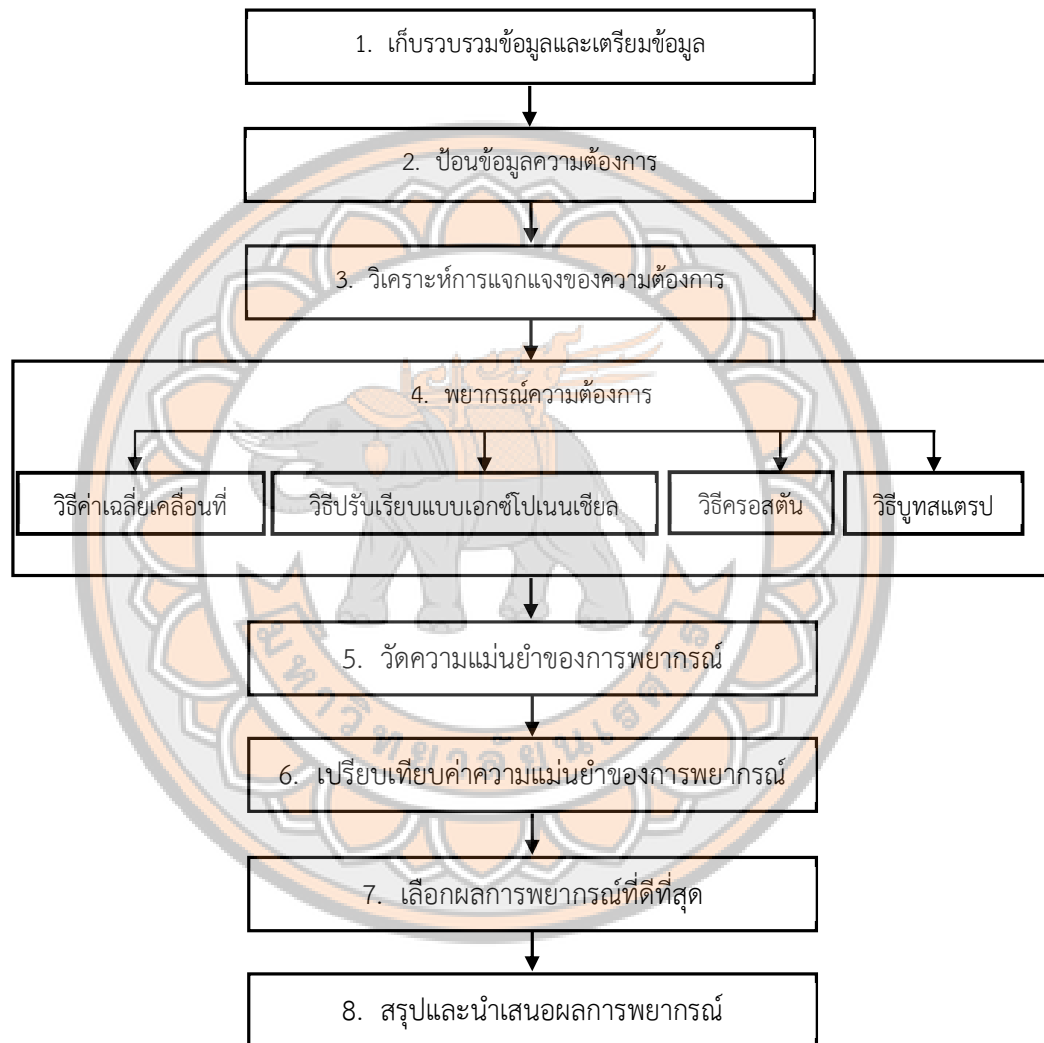
คะแนน	ค่าน้ำหนัก	แสดงถึงความสำคัญ
15-20	1.5	ความสำคัญสูง
10-14	1.2	ความสำคัญปานกลาง
1-9	1.0	ความสำคัญต่ำ

Part ID	Part Description	ปริมาณการใช้ 5 ปี		ปริมาณการใช้ 5 ปี		มูลค่าการลงทุนรวม (5 ปี)		ความถี่ในการทดสอบ		มูลค่าสะสม	% สะสม	กลุ่ม
		ปริมาณการใช้ 5 ปี	สะสม	ปริมาณการใช้ 5 ปี	สะสม	มูลค่าการลงทุนรวม (5 ปี)	สะสม	ความถี่ในการทดสอบ	ค่าปรับน้ำหนัก			
XX004	Test 06	50	8.87	200,000.00	10,000,000.00	26.00	สูง	1.5	15,000,000.00	15,000,000.00	27.03	
XX010	Test 05	50	17.73	150,000.00	7,500,000.00	45.51	สูง	1.5	11,250,000.00	26,250,000.00	47.31	
XX010	Test 07	40	24.82	122,500.00	4,900,000.00	58.25	สูง	1.5	7,350,000.00	33,600,000.00	60.55	A
XX001	Test 02	20	28.37	200,000.00	4,000,000.00	68.65	สูง	1.5	6,000,000.00	39,600,000.00	71.37	
XX004	Test 04	40	35.46	100,000.00	4,000,000.00	79.05	สูง	1.5	6,000,000.00	45,600,000.00	82.18	
XX005	Test 10	60	46.10	50,000.00	3,000,000.00	86.85	ปานกลาง	1.2	3,600,000.00	49,200,000.00	88.67	
XX002	Test 03	30	51.42	50,000.00	1,500,000.00	90.75	ปานกลาง	1.2	1,800,000.00	51,000,000.00	91.91	B
XX007	Test 01	10	53.19	100,000.00	1,000,000.00	93.35	สูง	1.5	1,500,000.00	52,500,000.00	94.62	
XX011	Test 09	20	56.74	40,000.00	800,000.00	95.45	ปานกลาง	1.2	960,000.00	53,460,000.00	96.35	
XX005	Test 11	70	69.15	10,000.00	700,000.00	97.25	ปานกลาง	1.2	840,000.00	54,300,000.00	97.86	
XX011	Test 08	30	74.47	20,000.00	600,000.00	98.81	ปานกลาง	1.2	720,000.00	55,020,000.00	99.16	
XX009	Test 13	30	79.79	5,000.00	150,000.00	99.20	ต่ำ	1	150,000.00	55,170,000.00	99.43	
XX003	Test 18	30	85.11	2,500.00	75,000.00	99.40	ต่ำ	1.0	75,000.00	55,245,000.00	99.56	
XX009	Test 12	20	88.65	3,000.00	60,000.00	99.56	ต่ำ	1	60,000.00	55,305,000.00	99.67	C
XX003	Test 19	15	91.31	3,000.00	45,000.00	99.67	ต่ำ	1.0	45,000.00	55,350,000.00	99.75	
XX006	Test 14	5	92.20	8,000.00	40,000.00	99.78	ต่ำ	1.0	40,000.00	55,390,000.00	99.83	
XX008	Test 16	12	94.33	2,500.00	30,000.00	99.85	ปานกลาง	1.2	36,000.00	55,426,000.00	99.89	
XX006	Test 15	8	95.74	4,000.00	32,000.00	99.94	ต่ำ	1.0	32,000.00	55,458,000.00	99.95	
XX008	Test 17	24	100.00	1,000.00	24,000.00	100.00	ปานกลาง	1.2	28,800.00	55,486,800.00	100.00	

ภาพ 15 ตัวอย่างการจำแนกกลุ่มโดยวิธีวิเคราะห์ ABC

2. การพยากรณ์ความต้องการ (Demand Forecasting)

หลังจากจำแนกประเภทชิ้นอะไหล่ด้วยการวิเคราะห์ ABC แล้ว เลือกชิ้นอะไหล่ประเภท A ซึ่งมีความสำคัญสูงสุดมาทำการพยากรณ์ความต้องการ โดยวิธีการพยากรณ์มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้



ภาพ 16 รูปแผนผังลำดับการพยากรณ์ความต้องการ (Demand forecasting)

1. การเก็บรวบรวมและเตรียมข้อมูล

นำข้อมูลขึ้นอะไหล่ประเภท A ที่ได้จากการจำแนกประเภทขึ้นอะไหล่ด้วยการวิเคราะห์ ABC มาดำเนินการ

2. การป้อนข้อมูลความต้องการ

2.1 ป้อนข้อมูลความต้องการเข้าไปในโปรแกรมพยากรณ์ความต้องการ โดยการนำเข้าจากไฟล์ Excel ที่มีข้อมูลความต้องการย้อนหลัง 5 ปี ของอะไหล่กลุ่ม A

2.2 โปรแกรมพยากรณ์ถูกเขียนด้วยภาษา Python บน Google Colab

2.3 โปรแกรมพยากรณ์นี้ใช้ไลบรารีหลัก 3 ไลบรารี ดังต่อไปนี้

1) NumPy เพื่อใช้ในการสร้างอาร์เรย์สำหรับจัดเก็บข้อมูล และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ตัวอย่างการเรียกใช้ฟังก์ชัน เช่น `np.array()` ใช้ในการสร้างอาร์เรย์เพื่อจัดการกับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการคำนวณ

2) Pandas เพื่อใช้สำหรับ จัดการข้อมูลในรูปแบบตาราง (DataFrame) ที่อ่านเข้ามาจากไฟล์ Excel และการอัปเดตข้อมูลใน DataFrame ตัวอย่างการเรียกใช้ฟังก์ชัน ยกตัวอย่างเช่น `pd.read_excel()` ใช้ในการอ่านข้อมูลจากไฟล์ Excel ซึ่งจะทำการดึงข้อมูลลงในโครงสร้างของ DataFrame เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

3) SciPy (`scipy.stats`) เพื่อใช้สำหรับการคำนวณการแจกแจง (distribution fitting) ยกตัวอย่างการเรียกใช้ฟังก์ชันนี้ได้แก่ `stats.kstest()` ใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลความต้องการอะไหล่ (Demand)

3. การวิเคราะห์การแจกแจงของความต้องการ

หลังจากป้อนข้อมูลแล้วโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลเพื่อระบุรูปแบบการกระจายตัว โดยเรียกใช้ฟังก์ชัน `stats.kstest()` จากไลบรารี SciPy เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลความต้องการว่าเป็นแบบปกติ (norm), ปัวซอง (poisson) หรือ exponential (expon) เป็นต้น

4. การพยากรณ์ความต้องการ

หลังจากขั้นตอนในข้อ 3 ได้กำหนดให้โปรแกรมนำข้อมูลอะไหล่ทุกรายการไปพยากรณ์ด้วยวิธีพยากรณ์ความต้องการทั้ง 4 วิธี ข้อมูลตามที่แสดงในตารางที่ 1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) การพยากรณ์วิธีนี้โปรแกรมจะทำงานด้วยการคำนวณผลการพยากรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน `moving_average_forecast()` ซึ่งฟังก์ชันจะถูกกำหนดให้ใช้หลักการคำนวณ ตามสมการที่ 2.3

4.2 วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing) การพยากรณ์วิธีนี้โปรแกรมจะทำงานด้วยการคำนวณผลการพยากรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน `exponential_smoothing_forecast()` ซึ่งฟังก์ชันนี้จะถูกกำหนดให้ใช้หลักการคำนวณ ตามสมการที่ 2.5

4.3 วิธีครอสตัน (Croston Method) การพยากรณ์วิธีนี้โปรแกรมจะทำงานด้วยการคำนวณผลการพยากรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน `croston_forecast()` ซึ่งฟังก์ชันนี้จะถูกกำหนดให้ใช้หลักการคำนวณ ตามสมการที่ 2.9, 2.10 และ 2.11

4.4 วิธีบูทสเตรป (Bootstrap Forecasting) การพยากรณ์วิธีนี้โปรแกรมจะทำงานด้วยการคำนวณผลการพยากรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน `bootstrap_forecasting()` ซึ่งฟังก์ชันนี้จะถูกกำหนดให้ใช้หลักการคำนวณ ตามสมการที่ 2.12 และ 2.13

5. การวัดความแม่นยำของการพยากรณ์

หลังจากคำนวณค่าพยากรณ์แต่ละวิธีแล้ว ระบบก็จะนำผลของการพยากรณ์เหล่านั้นมาทำการวัดค่าความแม่นยำโดยวิธี ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (The Mean Squared Error :MSE) ซึ่งวิธีนี้จะช่วยเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น โปรแกรมจะทำการคำนวณผลความคลาดเคลื่อนด้วยการใช้ฟังก์ชัน `mean_squared_error()` ซึ่งฟังก์ชันนี้จะถูกกำหนดให้ใช้หลักการคำนวณ ตามสมการที่ 2.16

6. เปรียบเทียบค่าความแม่นยำของการพยากรณ์

หลังจากคำนวณค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย แล้ว โปรแกรมจะเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการพยากรณ์แต่ละวิธีโดยดูจาก ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ได้ โดยค่าที่ต่ำสุดจะเป็นตัวชี้ว่าวิธีการพยากรณ์วิธีใดเหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลนั้น

7. เลือกผลการพยากรณ์ที่ดีที่สุด

หลังจากเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน โปรแกรมจะเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MSE ต่ำสุด

8. สรุปและนำเสนอผลการพยากรณ์

3. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ)

หลังจากได้ค่าความต้องการจากการพยากรณ์มาแล้ว จะหาปริมาณการสั่งซื้อซ้ำที่ประหยัด สำหรับอะไหล่แต่ละรายการ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.18

4. การหาจุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point) และสินค้าคงคลังสำรอง (Safety stock)

หลังจากทำการคำนวณหาค่า ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด ได้แล้วก็จะทำการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point) ลักษณะของสินค้าคงคลังของกรณีศึกษา เน้นเรื่องการตอบสนองความระดับการใช้บริการ ดังนั้นการกำหนดจุดสั่งซื้อซ้ำจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวด้วยเช่นกัน จึงต้องทำการกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำด้วยการใช้ระดับบริการ สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.22

เมื่อทำการกำหนดค่าสินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง (Safety stock) ของอะไหล่แต่ละรายการแล้ว จะทำการคำนวณหาจุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point) โดยจะคำนวณหาจุดสั่งซื้อซ้ำของคลังสินค้าที่มีระดับของสินค้าขั้นต่ำได้จากสมการ

$$ROP = \bar{d}L + SS \quad (3.1)$$

$$ROP = \bar{d}L + Z\sigma\sqrt{L} \quad (3.2)$$

โดยที่

- \bar{d} = ความต้องการสินค้าเฉลี่ย
- L = ระยะเวลารอคอยสินค้า
- Z = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นของระดับบริการ
- σ = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ
- L = ระยะเวลารอคอยสินค้า

สรุปผลและวิเคราะห์

3.5.1 หลังจากได้ผลการวิเคราะห์ของการประยุกต์ใช้เทคนิค ต่าง ๆ ในการจัดการสินค้าคงคลังแล้ว จะเปรียบเทียบการจัดการสินค้าคงคลังและต้นทุนโดยรวมของหน่วยงานกรณีศึกษา โดยการเปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง ต้นทุนมูลค่าสินค้าคงคลัง ระหว่างวิธีที่ปรับปรุงตามกระบวนการวิจัย กับวิธีแบบดั้งเดิม

3.5.2 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการปรับปรุง ว่าสามารถแก้ไขปัญหาการจัดการสินค้าคงคลังเป็นอย่างไร บรรลุเป้าหมายของงานวิจัยที่ตั้งไว้หรือไม่

3.5.3 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและนำเสนอ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การค้นคว้าอิสระเรื่อง การจัดการสินค้าคงคลังสำหรับอะไหล่ที่ใช้ในการตรวจซ่อมอากาศยานแบบนอกกำหนด สามารถนำเสนอผลการศึกษาได้โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสินค้าคงคลัง

4.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลังโดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ ABC Analysis

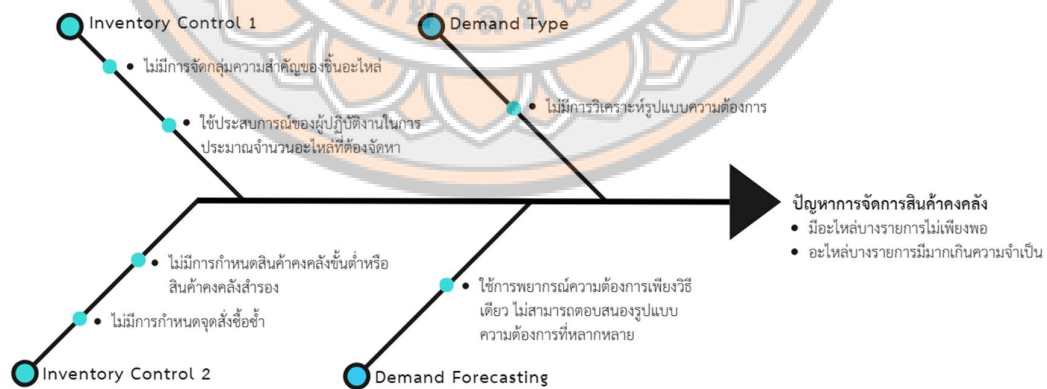
4.3 ผลของการพยากรณ์ความต้องการ (Demand Forecasting)

4.4 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity :EOQ)

4.5 การเปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังโดยรวม (Total Annual Cost)

4.1 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการจัดการสินค้าคงคลัง

ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ในการวิเคราะห์ระบบการจัดการสินค้าคงคลังของกรณีศึกษา เพื่อตรวจสอบสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา โดยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้



ภาพ 17 แผนผังสาเหตุและผลของสาเหตุของปัญหา

จากภาพที่ 17 พบว่าสาเหตุหลักของปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ คือ 1) ไม่มีการวิเคราะห์หรือทำความเข้าใจรูปแบบความต้องการสินค้า ส่งผลให้การเลือกใช้วิธีพยากรณ์ความต้องการ (Demand Forecasting) ไม่สามารถตอบสนองรูปแบบความต้องการที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) การจัดการสินค้าคงคลังยังไม่เป็นตามระบบที่ถูกต้อง โดยไม่มีการจัดกลุ่มชิ้นอะไหล่ที่เหมาะสม ใช้ประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นหลักในการกำหนดปริมาณสินค้าคงคลัง โดยไม่มีการกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety Stock) หรือจุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point) อย่างชัดเจน จากปัญหาทั้งสองจึงส่งผลให้เกิดปัญหาชิ้นอะไหล่บางประเภทขาดแคลนเมื่อมีความต้องการใช้งาน และชิ้นอะไหล่บางประเภทสะสมในคลังสินค้ามากเกินไปจนเกิดความจำเป็น จากที่ได้กล่าวมานั้นจึงสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการจัดการสินค้าคงคลัง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นและลดปัญหาที่เกิดขึ้น

4.2 ผลการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลังโดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ ABC Analysis

จากการเก็บข้อมูลชิ้นอะไหล่ พบว่ามีชิ้นอะไหล่ทั้งหมด 600 รายการ โดยข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ABC Analysis เพื่อจัดลำดับความสำคัญของชิ้นอะไหล่ กระบวนการวิเคราะห์เริ่มจากการระบุระดับความสำคัญของชิ้นอะไหล่แต่ละรายการโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ซึ่งให้ความคิดเห็นและประเมินความสำคัญของชิ้นอะไหล่ตามตารางการให้คะแนนค่าความสำคัญของอะไหล่ (ตัวอย่างการประเมินความสำคัญของชิ้นอะไหล่ในผนวก ก หน้า 101 ผลลัพธ์ของการจัดลำดับความสำคัญมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 6 ตารางตัวอย่างผลการระบุระดับความสำคัญของชิ้นอะไหล่

ประเภทความสำคัญ	จำนวน	ร้อยละ
ความสำคัญสูง (Critical)	108	18.00%
ความสำคัญปานกลาง (Important)	64	10.67%
ความสำคัญต่ำ (Standard)	428	71.33%

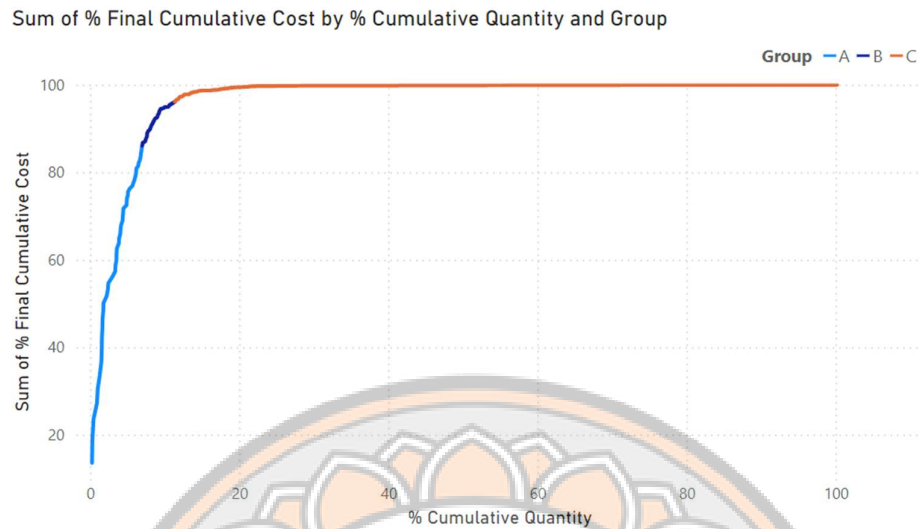
จากการวิเคราะห์ชิ้นอะไหล่ทั้งหมด 600 รายการ สามารถแบ่งระดับความสำคัญออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ชิ้นอะไหล่ที่มีความสำคัญสูง (Critical) จำนวน 108 รายการ คิดเป็น 18.00% ของชิ้นอะไหล่ทั้งหมด ชิ้นอะไหล่ที่มีระดับความสำคัญปานกลาง (Important) 64 รายการ คิดเป็น 10.67% และชิ้นอะไหล่ที่มีระดับความสำคัญต่ำ (Standard) 428 รายการ คิดเป็น 71.33%

หลังจากทำการระบุระดับความสำคัญของชิ้นอะไหล่แล้ว ทำการจัดกลุ่มชิ้นอะไหล่โดยใช้วิธี ABC Analysis พบว่า

ชิ้นอะไหล่กลุ่ม A มีจำนวน 58 รายการ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.77% ของมูลค่าชิ้นอะไหล่
 ชิ้นอะไหล่กลุ่ม B มีจำนวน 62 รายการ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 10.41% ของมูลค่าชิ้นอะไหล่
 ชิ้นอะไหล่กลุ่ม C มีจำนวน 480 รายการ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.82% ของมูลค่าชิ้นอะไหล่
 เนื่องจากข้อมูลการจัดกลุ่มทั้ง 3 กลุ่ม มีจำนวนมาก ดังนั้นจึงขอเสนอตัวอย่างข้อมูลการจัดกลุ่ม
 ชิ้นอะไหล่โดยใช้วิธี ABC Analysis เฉพาะชิ้นอะไหล่กลุ่ม A ดังตารางต่อไปนี้ (ตารางแสดง
 ตัวอย่างข้อมูลการจัดกลุ่ม B และ กลุ่ม C แสดงในผนวก ก หน้า 103 - 104)

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ ABC Analysis ของชิ้นอะไหล่กลุ่ม A

Part ID	Cum (Qty)	Cum % (Qty)	Unit cost	Total cost 5 y	Cum (Cost)	Cum % (Cost)	Importance Level	Weight	Adjusted Cum Cost	Final Cum Cost	% Final Cum Cost	Group
A0004-161	21	0.26	599,061.04	12,590,281.79	12,590,281.79	12.76	Critical	1.50	18,870,422.68	18,870,422.68	13.56	A
A0004-585	25	0.31	1,254,094.60	5,016,138.38	17,596,420.17	17.85	Critical	1.50	7,524,207.58	26,394,630.26	18.97	A
A0004-017	38	0.47	329,736.34	4,286,572.41	21,882,992.58	22.20	Critical	1.50	6,429,832.61	32,824,488.87	23.59	A
A0004-128	76	0.93	112,520.76	4,275,789.00	26,188,781.58	26.54	Important	1.20	5,130,946.79	37,955,435.67	27.28	A
A0004-093	84	1.03	473,107.10	3,784,856.76	29,943,638.34	30.38	Important	1.20	4,541,828.11	42,497,263.78	30.54	A
A0004-203	107	1.31	128,512.83	2,955,795.16	32,899,433.50	33.38	Critical	1.50	4,433,692.74	46,930,956.52	33.73	A
A0004-272	124	1.52	166,298.44	2,826,053.46	35,725,486.96	36.25	Critical	1.50	4,289,080.19	51,170,036.72	36.77	A
A0004-261	128	1.57	672,285.34	2,689,141.37	38,414,628.33	38.97	Critical	1.50	4,035,712.05	55,205,748.77	39.67	A
A0004-259	130	1.59	1,108,362.70	2,216,728.41	40,631,353.74	41.22	Critical	1.50	3,325,232.11	58,528,980.88	42.06	A
A0004-085	155	1.65	415,384.48	2,076,922.38	42,708,276.11	43.33	Critical	1.50	3,115,383.56	61,644,220.44	44.30	A
A0004-581	137	1.68	1,008,679.74	2,017,359.49	44,725,635.60	45.38	Critical	1.50	3,026,039.23	64,670,259.67	46.48	A
A0004-094	145	1.77	264,687.09	2,117,496.71	46,843,132.31	47.53	Important	1.20	2,540,996.06	67,211,255.73	48.30	A
A0004-072	147	1.80	838,796.26	1,677,592.53	48,820,724.84	49.23	Critical	1.50	2,516,388.79	69,727,644.52	50.11	A
A0004-588	182	2.23	42,987.41	1,504,559.25	50,025,284.09	50.75	Critical	1.50	2,256,838.87	71,984,483.40	51.73	A
A0004-406	195	2.39	107,162.42	1,393,111.48	51,418,395.57	52.17	Critical	1.50	2,039,667.22	74,074,150.62	53.23	A
A0004-400	200	2.45	264,489.85	1,322,449.23	52,740,844.82	53.51	Critical	1.50	1,983,873.87	76,057,824.49	54.66	A
A0004-129	242	2.96	87,221.29	1,563,291.54	54,304,136.35	55.09	Important	1.20	1,875,949.84	77,933,774.33	56.01	A
A0004-266	275	3.37	37,739.67	1,245,409.26	55,549,545.61	56.36	Critical	1.50	1,868,113.88	79,801,888.21	57.35	A
A0004-119	279	3.41	310,831.41	1,242,333.63	56,792,079.24	57.62	Critical	1.50	1,863,800.44	81,665,688.65	58.69	A
A0004-488	289	3.54	123,668.93	1,236,659.32	58,028,768.56	58.87	Critical	1.50	1,855,039.99	83,520,722.64	60.02	A
A0004-152	290	3.58	1,207,774.48	1,207,774.48	59,236,543.04	60.10	Critical	1.50	1,811,661.72	85,332,384.36	61.32	A
A0004-247	293	3.59	382,466.85	1,147,400.54	60,383,943.58	61.26	Critical	1.50	1,721,100.80	87,053,485.17	62.56	A
A0004-370	315	3.86	51,963.83	1,143,204.35	61,527,147.93	62.42	Critical	1.50	1,714,206.53	88,768,291.70	63.79	A
A0004-114	319	3.90	264,140.88	1,056,563.50	62,583,711.43	63.49	Critical	1.50	1,584,845.25	90,353,136.95	64.93	A
A0004-189	332	4.06	74,443.35	967,733.92	63,551,474.95	64.48	Critical	1.50	1,451,448.28	91,804,782.23	65.98	A
A0004-208	334	4.09	473,193.36	946,306.72	64,497,781.67	65.44	Critical	1.50	1,419,460.08	93,224,242.31	67.00	A
A0004-395	341	4.17	131,031.27	917,218.92	65,415,000.59	66.37	Critical	1.50	1,375,828.37	94,600,070.68	67.98	A
A0004-296	356	4.36	60,140.67	902,110.09	66,317,110.68	67.28	Critical	1.50	1,353,165.13	95,953,235.81	68.94	A
A0004-120	359	4.39	297,714.64	893,143.91	67,210,254.59	68.19	Critical	1.50	1,339,715.87	97,292,951.69	69.92	A
A0004-235	363	4.44	215,808.32	863,234.07	68,073,488.69	69.06	Critical	1.50	1,294,851.14	98,587,802.83	70.85	A
A0004-238	365	4.47	393,287.11	786,474.22	68,859,962.90	69.56	Critical	1.50	1,179,711.32	99,767,514.15	71.70	A
A0004-182	400	4.90	27,449.83	960,743.94	69,820,706.83	70.84	Important	1.20	1,152,892.71	100,920,406.86	72.53	A
A0004-584	402	4.92	347,974.06	698,948.12	70,516,654.94	71.54	Critical	1.50	1,043,922.17	101,964,329.04	73.28	A
A0004-244	404	4.94	345,898.31	691,796.62	71,208,451.56	72.25	Critical	1.50	1,037,694.93	103,002,023.97	74.02	A
A0004-134	414	5.07	68,573.83	685,738.27	71,894,189.83	72.94	Critical	1.50	1,028,607.40	104,030,631.37	74.76	A
A0004-151	415	5.08	842,694.82	842,694.82	72,736,884.66	73.80	Important	1.20	1,011,233.79	105,041,865.16	75.49	A
A0004-256	432	5.29	39,251.29	667,271.93	73,404,156.59	74.47	Critical	1.50	1,000,907.90	106,042,773.06	76.21	A
A0004-265	464	5.68	20,229.04	647,329.12	74,051,485.71	75.13	Critical	1.50	970,993.69	107,013,766.74	76.91	A
A0004-180	474	5.80	62,005.73	620,057.29	74,671,543.00	75.76	Critical	1.50	930,885.93	107,943,852.67	77.57	A
A0004-207	485	5.94	63,709.13	700,800.47	75,372,343.47	76.47	Important	1.20	840,960.56	108,784,813.24	78.18	A
A0004-593	493	6.03	66,885.82	535,086.56	75,907,430.03	77.01	Critical	1.50	802,629.84	109,587,443.08	78.76	A
A0004-221	500	6.12	75,896.89	531,278.25	76,438,708.28	77.55	Critical	1.50	796,917.37	110,384,360.45	79.33	A
A0004-216	503	6.16	207,601.43	622,804.30	77,061,512.58	78.18	Important	1.20	747,365.16	111,131,725.61	79.86	A
A0004-217	506	6.19	207,601.43	622,804.30	77,684,316.87	78.82	Important	1.20	747,365.16	111,879,090.76	80.40	A
A0004-582	508	6.22	283,360.19	566,720.37	78,251,037.25	79.39	Important	1.20	680,064.45	112,559,155.21	80.89	A
A0004-373	525	6.43	25,538.17	434,148.81	78,685,186.06	79.83	Critical	1.50	651,223.22	113,210,378.43	81.36	A
A0004-243	530	6.49	74,096.55	370,482.74	79,055,668.80	80.21	Critical	1.50	555,724.10	113,766,102.54	81.76	A
A0004-146	533	6.52	123,270.52	369,811.56	79,425,480.36	80.58	Critical	1.50	554,717.34	114,320,819.88	82.16	A
A0004-088	542	6.63	50,490.89	454,418.02	79,879,898.38	81.04	Important	1.20	545,301.63	114,866,121.51	82.55	A
A0004-237	547	6.70	71,432.33	357,161.66	80,237,060.05	81.41	Critical	1.50	535,742.50	115,401,864.00	82.93	A
A0004-121	551	6.74	87,584.73	350,338.92	80,587,398.97	81.76	Critical	1.50	525,508.39	115,927,372.39	83.31	A
A0004-576	555	6.79	85,385.71	341,542.83	80,928,941.81	82.11	Critical	1.50	512,314.25	116,439,686.64	83.68	A
A0004-218	556	6.81	339,968.63	339,968.63	81,268,910.44	82.45	Critical	1.50	509,952.95	116,949,639.59	84.05	A
A0004-371	558	6.83	165,314.80	330,629.60	81,599,540.04	82.79	Critical	1.50	495,944.40	117,445,583.99	84.40	A
A0004-253	562	6.88	80,879.25	323,517.00	81,923,057.04	83.12	Critical	1.50	485,275.50	117,930,859.49	84.75	A
A0004-086	564	6.90	201,016.80	402,033.59	82,325,090.63	83.52	Important	1.20	482,440.31	118,413,299.80	85.10	A
A0004-019	565	6.92	311,364.00	311,364.00	82,636,454.63	83.84	Critical	1.50	467,046.00	118,880,345.80	85.43	A
A0004-005	568	6.95	103,282.18	309,846.54	82,946,301.17	84.15	Critical	1.50	464,769.81	119,345,115.61	85.77	A



ภาพ 18 ผลการจัดกลุ่มชั้นอะไหล่ด้วยวิธี ABC Analysis

ตาราง 8 สรุปผลการจัดกลุ่มชั้นอะไหล่ด้วยวิธี ABC Analysis

ประเภทชั้นอะไหล่	จำนวนรายการ	ร้อยละมูลค่าสะสม	ร้อยละของจำนวนสะสม
A	58	85.77	9.67
B	62	10.41	10.33
C	480	3.82	80

จากผลการวิเคราะห์ ABC Analysis พบว่า ชั้นอะไหล่ประเภท A มีจำนวน 58 รายการ ซึ่งคิดเป็น 85.77% ของมูลค่าคงคลังทั้งหมด แต่มีจำนวนรายการสะสมเพียง 9.67% เท่านั้น ในขณะที่ชั้นอะไหล่ประเภท B มีจำนวน 62 รายการ คิดเป็น 10.41% ของมูลค่าคงคลังทั้งหมด และมีจำนวนรายการสะสม 10.33% ของจำนวนรายการทั้งหมด ส่วนชั้นอะไหล่ประเภท C มีจำนวนมากที่สุดถึง 480 รายการ คิดเป็น 80% ของจำนวนรายการสะสม แต่มีมูลค่าเพียง 3.82% ของมูลค่าคงคลังทั้งหมด ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงความสำคัญในเชิงมูลค่าของชั้นอะไหล่ประเภท A นั้นความสำคัญอย่างยิ่งในแง่ของมูลค่าและจำเป็นต้องได้รับการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกนำชั้นอะไหล่ในกลุ่มนี้ไปดำเนินการในขั้นตอนถัดไป เพื่อพัฒนากระบวนการจัดการให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

4.3 ผลของการพยากรณ์ความต้องการ (Demand Forecasting)

เพื่อให้สามารถแสดงผลต่างของประสิทธิภาพการพยากรณ์ ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอผลการพยากรณ์ของทั้งสองวิธี คือ วิธีการพยากรณ์วิธีปัจจุบันที่กรณีศึกษาใช้ และ วิธีการพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัย โดยเมื่อได้ผลการวิเคราะห์จัดกลุ่มประเภทชิ้นอะไหล่ด้วยวิธี ABC Analysis แล้ว ได้นำชิ้นอะไหล่กลุ่ม A มาทำการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธีการพยากรณ์ปัจจุบันคือ การพยากรณ์ด้วยวิธี Moving Average (3 Period) (ตัวอย่างวิธีคำนวณการพยากรณ์แสดงในภาคผนวก ข หน้า 106) ได้ผลการพยากรณ์ดังต่อไปนี้

ตาราง 9 แสดงผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปัจจุบัน

Item	Part ID	Forecasting Method (Current)	Current Forecasting	MSE (Current)
1	A000A-119	Moving Average (3 period)	0.33	1.39
2	A000A-253	Moving Average (3 period)	0.33	0.72
3	A000A-593	Moving Average (3 period)	2.67	10.89
4	A000A-151	Moving Average (3 period)	0.00	0.06
5	A000A-152	Moving Average (3 period)	0.33	0.11
6	A000A-235	Moving Average (3 period)	0.33	0.94
7	A000A-161	Moving Average (3 period)	3.67	0.56
8	A000A-221	Moving Average (3 period)	0.67	0.72
9	A000A-296	Moving Average (3 period)	2.67	4.72
10	A000A-146	Moving Average (3 period)	0.33	0.56
11	A000A-238	Moving Average (3 period)	0.00	0.28
12	A000A-371	Moving Average (3 period)	0.00	0.28
13	A000A-208	Moving Average (3 period)	0.33	0.56
14	A000A-120	Moving Average (3 period)	0.67	0.56
15	A000A-216	Moving Average (3 period)	0.33	1.00
16	A000A-406	Moving Average (3 period)	2.00	1.61
17	A000A-218	Moving Average (3 period)	0.33	0.56
18	A000A-531	Moving Average (3 period)	0.67	0.72
19	A000A-584	Moving Average (3 period)	0.67	0.72
20	A000A-582	Moving Average (3 period)	0.67	2.00
21	A000A-259	Moving Average (3 period)	0.67	0.28
22	A000A-244	Moving Average (3 period)	0.67	0.28
23	A000A-086	Moving Average (3 period)	0.67	0.72
24	A000A-072	Moving Average (3 period)	0.67	2.22
25	A000A-005	Moving Average (3 period)	0.67	0.72
26	A000A-217	Moving Average (3 period)	0.33	1.00
27	A000A-247	Moving Average (3 period)	0.33	0.72
28	A000A-266	Moving Average (3 period)	5.33	4.06
29	A000A-272	Moving Average (3 period)	3.67	8.11
30	A000A-129	Moving Average (3 period)	7.67	2.06
31	A000A-093	Moving Average (3 period)	2.67	32.00
32	A000A-094	Moving Average (3 period)	2.67	32.00
33	A000A-019	Moving Average (3 period)	0.00	0.06
34	A000A-585	Moving Average (3 period)	1.33	0.89
35	A000A-114	Moving Average (3 period)	0.67	0.06
36	A000A-121	Moving Average (3 period)	0.33	0.94
37	A000A-576	Moving Average (3 period)	0.67	1.11
38	A000A-400	Moving Average (3 period)	1.33	0.89
39	A000A-243	Moving Average (3 period)	0.67	0.56
40	A000A-373	Moving Average (3 period)	4.00	0.11
41	A000A-085	Moving Average (3 period)	1.67	0.56
42	A000A-237	Moving Average (3 period)	0.33	0.56
43	A000A-088	Moving Average (3 period)	3.00	11.22

Item	Part ID	Forecasting Method (Current)	Current Forecasting	MSE (Current)
44	A000A-128	Moving Average (3 period)	7.67	2.06
45	A000A-189	Moving Average (3 period)	3.33	1.89
46	A000A-261	Moving Average (3 period)	1.33	2.89
47	A000A-134	Moving Average (3 period)	2.67	0.94
48	A000A-207	Moving Average (3 period)	1.67	0.11
49	A000A-265	Moving Average (3 period)	6.33	0.44
50	A000A-182	Moving Average (3 period)	4.67	32.44
51	A000A-370	Moving Average (3 period)	5.00	55.39
52	A000A-180	Moving Average (3 period)	3.33	11.11
53	A000A-488	Moving Average (3 period)	0.00	5.56
54	A000A-203	Moving Average (3 period)	4.00	0.94
55	A000A-256	Moving Average (3 period)	4.33	2.50
56	A000A-017	Moving Average (3 period)	2.67	0.28
57	A000A-395	Moving Average (3 period)	1.00	0.44
58	A000A-588	Moving Average (3 period)	6.00	12.28

เมื่อได้ผลลัพธ์ของการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธีปัจจุบันแล้ว ขั้นตอนต่อไปทำการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยโดยใช้ชุดข้อมูลชุดเดียวกัน ทำการพยากรณ์ตามแผนผังลำดับการพยากรณ์ความต้องการตั้งแต่แสดงถึงภาพที่ 16 ในบทที่ 4 ตัวอย่างวิธีการคำนวณหารูปแบบความต้องการที่แสดงใน ภาคผนวก ข (หน้า 107) และตัวอย่างวิธีคำนวณการพยากรณ์แสดงใน ภาคผนวก ข (หน้า 111) จากการพยากรณ์ดังกล่าวได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 10 แสดงผลการพยากรณ์ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย

Item	Part ID	Distribution	Demand Pattern	Forecasting Method	Forecasting	MSE
1	A000A-119	Normal	Intermittent	Croston 's Method	1.09	0.80
2	A000A-253	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.81	0.56
3	A000A-593	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.81	5.02
4	A000A-151	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.20	0.02
5	A000A-152	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.20	0.09
6	A000A-235	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.79	0.80
7	A000A-161	Normal	Smooth	Moving Average	3.67	0.56
8	A000A-221	Normal	Lumpy	Croston 's Method	1.36	0.23
9	A000A-296	Normal	Smooth	Exponential Smoothing	2.38	0.62
10	A000A-146	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.62	0.54
11	A000A-238	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.39	0.24
12	A000A-371	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.40	0.24
13	A000A-208	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.40	0.34
14	A000A-120	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.58	0.23
15	A000A-216	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.58	0.57
16	A000A-406	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	2.53	1.49
17	A000A-218	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.48	0.25
18	A000A-581	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.50	0.26
19	A000A-584	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.50	0.26
20	A000A-582	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.50	0.75
21	A000A-259	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.50	0.25
22	A000A-244	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.50	0.25
23	A000A-086	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.50	0.26
24	A000A-072	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.52	0.74
25	A000A-005	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.59	0.59
26	A000A-217	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.59	0.56
27	A000A-247	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.60	0.44
28	A000A-266	Normal	Smooth	Moving Average	5.33	4.06
29	A000A-272	Normal	Smooth	Moving Average	3.67	8.11
30	A000A-129	Normal	Smooth	Moving Average	7.67	2.06

Item	Part ID	Distribution	Demand Pattern	Forecasting Method	Forecasting	MSE
31	A000A-093	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.77	13.25
32	A000A-094	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.77	13.25
33	A000A-019	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.20	0.03
34	A000A-585	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.80	0.78
35	A000A-114	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.82	0.02
36	A000A-121	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.82	0.86
37	A000A-576	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	0.82	0.98
38	A000A-400	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	1.00	0.81
39	A000A-243	Normal	Smooth	Moving Average	0.70	0.56
40	A000A-373	Normal	Smooth	Moving Average	4.00	0.11
41	A000A-085	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	1.01	0.54
42	A000A-237	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	1.01	0.43
43	A000A-088	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.88	7.31
44	A000A-128	Normal	Smooth	Exponential Smoothing	7.27	1.73
45	A000A-189	Normal	Smooth	Moving Average	3.33	1.89
46	A000A-261	Normal	Intermittent	Croston 's Method	0.60	1.16
47	A000A-134	Normal	Smooth	Moving Average	2.67	0.94
48	A000A-207	Exponential	Smooth	Moving Average	1.67	0.11
49	A000A-265	Normal	Smooth	Moving Average	6.33	0.44
50	A000A-182	Normal	Smooth	Exponential Smoothing	1.25	14.92
51	A000A-370	Normal	Erratic	Bootstrap Method	4.88	18.36
52	A000A-180	Normal	Intermittent	Bootstrap Method	1.95	8.93
53	A000A-488	Normal	Intermittent	Moving Average	0.00	5.56
54	A000A-203	Normal	Smooth	Moving Average	4.00	0.94
55	A000A-256	Normal	Smooth	Moving Average	4.33	2.50
56	A000A-017	Normal	Smooth	Moving Average	2.67	0.28
57	A000A-395	Normal	Smooth	Moving Average	1.00	0.44
58	A000A-589	Normal	Smooth	Exponential Smoothing	5.22	8.02

เมื่อทำการพยากรณ์ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยแล้ว จึงสรุปรายละเอียดผลการพยากรณ์ แจกแจงตามวิธีพยากรณ์ ให้เห็นว่าวิธีพยากรณ์วิธีไหนให้ค่าพยากรณ์ดีที่สุดสำหรับความต้องการ ประเภทใดบ้าง ข้อมูลดังตารางที่แสดงต่อไปนี้

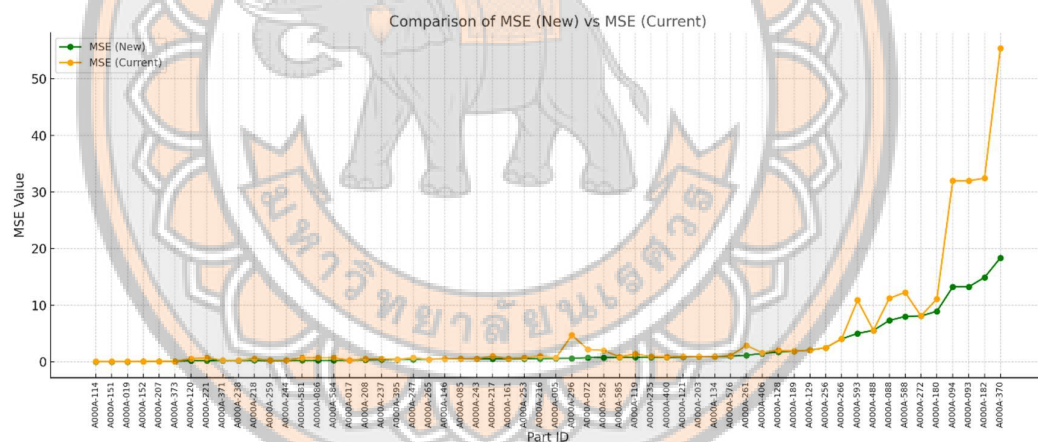
ตาราง 11 การจัดกลุ่มวิธีการพยากรณ์ตามรูปแบบของความต้องการอะไหล่ในงานซ่อมบำรุง แบบนอกกำหนด

Forecasting Method	Demand Pattern				Total
	Intermittent	Smooth	Erratic	Lumpy	
Bootstrap Method	22	0	1	0	23
Croston 's Method	15	0	0	1	16
Moving Average	1	14	0	0	15
Exponential Smoothing	0	4	0	0	4
Total	38	18	1	1	58

ข้อมูลในตารางที่ 11 แสดงการจัดกลุ่มวิธีการพยากรณ์ตามรูปแบบของความต้องการ อะไหล่ในงานซ่อมบำรุงแบบนอกกำหนด โดยระบุจำนวนรายการที่แต่ละวิธีสามารถให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุด (MSE ต่ำที่สุด) จากอะไหล่ทั้งหมด 58 รายการ พบว่า Bootstrap Method

ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดในกลุ่ม Intermittent Demand จำนวน 22 รายการ และ Erratic Demand จำนวน 1 รายการ ขณะที่ Croston's Method ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดในกลุ่ม Intermittent Demand จำนวน 15 รายการ และ Lumpy Demand จำนวน 1 รายการ สำหรับ Moving Average ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดในกลุ่ม Smooth Demand จำนวน 14 รายการ และ Intermittent Demand จำนวน 1 รายการ ส่วน Exponential Smoothing ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดในกลุ่ม Smooth Demand จำนวน 4 รายการ

เมื่อได้ผลการพยากรณ์ครบทั้งสองวิธีแล้ว นำค่าความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ทั้งสองวิธีมาทำการเปรียบเทียบ โดยนำค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ที่คำนวณได้จากวิธีพยากรณ์ของทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 27 ภาคผนวก ข หน้า 126 และนำค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (MSE) ของแต่ละวิธีมาสร้างกราฟเปรียบเทียบ พบความแตกต่างของผลลัพธ์ตามภาพที่ 19 ดังต่อไปนี้



ภาพ 19 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของการพยากรณ์ทั้งสองวิธี

จากภาพ 19 แสดงให้เห็นว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยมีค่า MSE ส่วนใหญ่ต่ำกว่าวิธีปัจจุบัน และข้อมูลตาราง 27 (ภาคผนวก หน้า 126) แสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปัจจุบันและวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย พบว่าวิธีปัจจุบันคือการพยากรณ์ด้วยวิธี Moving Average ให้ค่าเฉลี่ย MSE ของชิ้นอะไหล่ทั้งหมดเท่ากับ 4.47 ในขณะที่วิธีพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัยให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.35 เมื่อนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบพบว่า วิธีการพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัยให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีปัจจุบันเท่ากับ 47.42%

4.4 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity :EOQ)

หลังจากทำการจัดกลุ่มประเภทของชิ้นอะไหล่ด้วยการวิเคราะห์ ABC Analysis และได้ผลการพยากรณ์ความต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการหาปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดของชิ้นอะไหล่แต่ละรายการตามสมการที่ 2.18 แต่ก่อนที่จะทำการคำนวณตามสมการดังกล่าว จะต้องทราบค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost : C_0) และ ต้นทุนการถือครอง (Holding Cost : C_h) ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการคำนวณ ชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งได้ทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ทั้งสองไว้แล้ว ได้แก่ ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) เท่ากับ 293.88 บาท/ครั้ง และต้นทุนการถือครอง (Holding Cost) เท่ากับ 2,627.82 บาท/ชิ้น/ปี (รายละเอียดและวิธีการคำนวณต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) และ ต้นทุนการถือครอง (Holding Cost) ดังแสดงในภาคผนวก ค หน้า 127) เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดแล้ว สามารถคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity :EOQ) ได้จากสมการ 2.18 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ดังนี้

ตัวอย่าง การคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด ของข้อมูลชิ้นอะไหล่กลุ่ม A รายการชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งมีข้อมูลในการพิจารณา ดังนี้ ความต้องการต่อปี (D) เท่ากับ 8 ชิ้น/ปี ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง (C_0) เท่ากับ 293.88 บาท/ปี และ ต้นทุนในการถือครองต่อชิ้นต่อปี (C_h) เท่ากับ 2,627.82 บาท/ปี

$$EOQ = \frac{\sqrt{2DC_0}}{C_h}$$

$$= \frac{\sqrt{2*8*293.88}}{2,627.82}$$

$$= 1.34$$

ผลการคำนวณปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) ของชิ้นอะไหล่ดังกล่าวเท่ากับ 1.34 ชิ้นต่อปี

หลังจากที่คำนวณหาปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) แล้ว จะทำการคำนวณหาสินค้าคงคลังขั้นต่ำ หรือสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.22 ในบทที่ 2 ดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง การคำนวณหาสินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง ของข้อมูลชิ้นอะไหล่กลุ่ม A รายการชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งมีสมการและข้อมูลในการพิจารณา ดังนี้ ค่ามาตรฐานของความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สอดคล้องกับความน่าจะเป็นของระดับบริการ (Z) = 1.26 (หน่วยงานต้องการระดับบริการที่ 90% ค่า Z จะมีค่าเท่ากับ 1.26) ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) = 1.14 และ เวลารอคอย (L) = 0.16 วิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} SS &= Z\sigma\sqrt{L} \\ &= 1.26 * 1.14 * \sqrt{0.16} \\ &= 0.58 \end{aligned}$$

ผลการคำนวณหาสินค้าคงคลังขั้นต่ำของชิ้นอะไหล่ดังกล่าวเท่ากับ 0.58 ชิ้น/ปี ปัดเป็นจำนวนเต็มเท่ากับ 1 ชิ้น/ปี

หลังจากที่คำนวณหาสินค้าคงคลังขั้นต่ำหรือสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) แล้ว จะทำการคำนวณหาจุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point :ROP) สามารถคำนวณได้จากสมการ 3.1 ในบทที่ 3 ดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง การคำนวณหาจุดสั่งซื้อซ้ำ ของข้อมูลชิ้นอะไหล่กลุ่ม A รายการชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งมีข้อมูลในการพิจารณา ดังนี้ ความต้องการ (d) = 8 ชิ้น/ปี ระยะเวลาอคอยสินค้า (L) = 0.16 สินค้าคงคลังขั้นต่ำ (SS) = 0.58

$$\begin{aligned} ROP &= \bar{d}L + SS \\ &= (8 * 0.16) + 0.58 \\ &= 1.86 \end{aligned}$$

ผลการคำนวณจุดสั่งซื้อซ้ำของชิ้นอะไหล่ดังกล่าวเท่ากับ 1.86 ชิ้น ปัดเป็นจำนวนเต็มเท่ากับ 2 ชิ้น

หลังจากนั้นทำการคำนวณ จำนวนครั้งที่ต้องจัดซื้อต่อปี (Number of ordering time) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Number of ordering time } (m) = \frac{D}{Q}$$

โดยที่

D = ความต้องการต่อปี (Demand/Year)

Q = ปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้ง (EOQ)

ตัวอย่าง การคำนวณหาจำนวนครั้งที่ต้องจัดซื้อต่อปี ของข้อมูลชิ้นอะไหล่กลุ่ม A รายการชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งมีข้อมูลในการพิจารณา ดังนี้ (D) เท่ากับ 8 ชิ้นต่อปี ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดที่คำนวณได้ (EOQ) เท่ากับ 1.34 ชิ้นต่อปี เนื่องจากการสั่งซื้อนั้นจำนวนจะต้องเป็นจำนวนเต็มดังนั้นต้องปัดเศษเป็นจำนวนเต็มได้เท่ากับ (Q) เท่ากับ 1 ชิ้นต่อปี

$$\begin{aligned} \text{Number of ordering time } (m) &= \frac{8}{1} \\ &= 8 \end{aligned}$$

ผลการคำนวณจำนวนครั้งที่ต้องจัดซื้อต่อปีของชิ้นอะไหล่ดังกล่าวเท่ากับ 8 ครั้ง/ปี

หลังจากได้ค่าทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง จะทำการคำนวณค่าใช้จ่ายคงคลังโดยรวม (Total Annual Cost : TC) โดยคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$TC = \frac{D}{Q} C_o + \frac{Q}{2} C_h + PD$$

โดยที่

P = ราคาต่อหน่วย (Unit Cost)

D = ความต้องการต่อปี (Demand/Year)

C_o = ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost)

Q = ปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้ง (EOQ)

C_h = ต้นทุนการถือครอง (Holding Cost)

ตัวอย่าง การคำนวณหาค่าใช้จ่ายคงคลังรวมของชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งมีข้อมูลในการพิจารณา ดังนี้ ราคาต่อหน่วย (P) = 37,221.23 บาท ความต้องการต่อปี (D) เท่ากับ 8 ชิ้นต่อปี ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดที่คำนวณได้ (EOQ) เท่ากับ 1.34 ชิ้นต่อปี เนื่องจากการสั่งซื้อนั้นจำนวนจะต้องเป็นจำนวนเต็มดังนั้นต้องปัดเศษเป็นจำนวนเต็มได้เท่ากับ (Q) เท่ากับ 1 ชิ้น ต้นทุนการสั่งซื้อ (C_o) = 293.88 บาทต่อครั้ง และต้นทุนการถือครอง (C_h) = 2,627.82 บาทต่อปี

$$\begin{aligned}
 TC &= \frac{D}{Q} C_o + \frac{Q}{2} C_h + PD \\
 &= \frac{8 * 293.88}{1} + \frac{1 * 2627.82}{2} + (37,221.23 * 8) \\
 &= 2,351.04 + 1,313.91 + 297,769.82 \\
 &= 301,434.79
 \end{aligned}$$

ผลการคำนวณหาค่าใช้จ่ายคงคลังรวม (TC) ของชิ้นอะไหล่ดังกล่าวเท่ากับ 301,434.79 บาท/ปี และยังได้ทราบค่าของมูลค่าสินค้าคงคลังต่อปี (PD) เท่ากับ 297,769.82 บาท/ปี ต้นทุนการสั่งซื้อรวมต่อปี (Annual ordering cost) เท่ากับ 2,351.04 บาท/ปี และต้นทุนการถือครองรวมต่อปี (Annual holding cost) เท่ากับ 1,313.91 บาท/ปี

จากการคำนวณข้างต้นสรุปได้ว่ารายการชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 จะทำการสั่งซื้อเมื่อมีปริมาณคงคลังเหลือเท่ากับ 2 ชิ้น และจะทำการสั่งซื้อครั้งละ 1 ชิ้น จัดซื้อจำนวน 8 ครั้ง/ปี โดยจะตั้งระดับสินค้าคงคลังขั้นต่ำเท่ากับ 1 ชิ้น จะทำให้มีค่าใช้จ่ายคงคลังรวมเท่ากับ 301,434.79 บาทต่อปี

ข้อมูลผลการคำนวณข้อมูล ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) สินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety Stock) จุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder point) และต้นทุนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ต้นทุนมูลค่าสินค้าคงคลัง ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) ต้นทุนการถือครอง (Holding Cost) และต้นทุนรวม (Total Cost) ของชิ้นอะไหล่กลุ่ม A ทั้งหมด 58 ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 แสดงต้นทุนของการจัดการสินค้าคงคลังโดยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย

Item	Part ID	Unit cost	Holding Cost (Ch)	Ordering Cost (Co)	Demand	EOQ	Q	SS	ROP	PD	Annual Ordering Cost	Annual Holding Cost	Total Cost (TC)	Number of Ordering time
1	A000A-119	310,633.41	21,930.72	293.88	1.00	0.16	1	0.37	0.49	310,633.41	293.88	10,965.36	321,892.65	1.00
2	A000A-253	80,879.25	5,710.08	293.88	1.00	0.32	1	0.37	0.49	80,879.25	293.88	2,855.04	84,028.17	1.00
3	A000A-593	66,885.82	4,722.14	293.88	1.00	0.35	1	0.53	0.57	66,885.82	293.88	2,361.07	69,540.77	1.00
4	A000A-151	842,694.82	59,494.25	293.88	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	A000A-152	1,207,774.48	85,268.88	293.88	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	A000A-235	215,808.52	15,236.08	293.88	1.00	0.20	1	0.47	0.55	215,808.52	293.88	7,618.04	223,720.44	1.00
7	A000A-161	599,061.04	42,293.71	293.88	4.00	0.24	1	0.93	1.91	2,396,244.15	1,175.52	21,146.85	2,418,566.53	4.00
8	A000A-221	75,896.89	5,358.32	293.88	1.00	0.33	1	0.39	0.43	75,896.89	293.88	2,679.16	78,869.93	1.00
9	A000A-296	60,140.67	4,245.93	293.88	2.00	0.53	1	0.81	1.14	120,281.35	587.76	2,122.97	122,992.07	2.00
10	A000A-146	123,270.52	8,702.90	293.88	1.00	0.26	1	0.32	0.41	123,270.52	293.88	4,351.45	127,915.85	1.00
11	A000A-238	393,237.11	27,762.54	293.88	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	A000A-371	165,314.80	11,671.22	293.88	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	A000A-208	473,153.36	33,404.63	293.88	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	A000A-120	297,714.64	21,018.65	293.88	1.00	0.17	1	0.28	0.44	297,714.64	293.88	10,509.33	308,517.84	1.00
15	A000A-216	207,601.43	14,656.66	293.88	1.00	0.20	1	0.32	0.41	207,601.43	293.88	7,328.33	215,223.64	1.00
16	A000A-406	107,162.42	7,565.67	293.88	3.00	0.48	1	1.52	2.01	321,487.26	881.64	3,782.83	326,151.74	3.00
17	A000A-218	339,968.63	24,001.79	293.88	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	A000A-581	1,008,679.74	71,212.79	293.88	1.00	0.09	1	0.28	0.44	1,008,679.74	293.88	35,606.39	1,044,580.02	1.00
19	A000A-584	347,974.06	24,566.97	293.88	1.00	0.15	1	0.28	0.44	347,974.06	293.88	12,283.48	360,551.42	1.00
20	A000A-582	283,360.19	20,005.23	293.88	1.00	0.17	1	0.32	0.41	283,360.19	293.88	10,002.61	293,656.68	1.00
21	A000A-259	1,108,362.70	78,250.41	293.88	1.00	0.09	1	0.24	0.37	1,108,362.70	293.88	39,125.20	1,147,781.79	1.00
22	A000A-244	345,898.31	24,420.42	293.88	1.00	0.16	1	0.28	0.44	345,898.31	293.88	12,210.21	358,402.40	1.00
23	A000A-986	201,016.80	14,191.79	293.88	1.00	0.20	1	0.28	0.44	201,016.80	293.88	7,095.89	208,406.57	1.00
24	A000A-972	838,796.26	59,219.02	293.88	1.00	0.10	1	0.32	0.41	838,796.26	293.88	29,619.51	868,699.65	1.00
25	A000A-005	103,282.18	7,291.72	293.88	1.00	0.28	1	0.32	0.41	103,282.18	293.88	3,645.86	107,221.92	1.00
26	A000A-217	207,601.43	14,656.66	293.88	1.00	0.20	0	0.32	0.41	207,601.43	0.00	0.00	207,601.43	0.00
27	A000A-247	382,466.85	27,002.16	293.88	1.00	0.15	0	0.00	0.33	382,466.85	0.00	0.00	382,466.85	0.00
28	A000A-266	37,739.67	2,664.42	293.88	5.00	1.05	1	1.23	2.05	188,698.37	1,469.40	1,332.21	191,499.98	5.00
29	A000A-272	166,239.44	11,736.43	293.88	4.00	0.45	1	1.43	2.08	664,953.76	1,175.52	5,868.22	671,997.49	4.00
30	A000A-129	37,221.23	2,627.82	293.88	9.00	1.34	1	0.58	1.86	297,769.82	2,351.04	1,313.91	301,434.79	9.00
31	A000A-093	473,107.10	33,401.36	293.88	1.00	0.13	1	0.62	0.64	473,107.10	293.88	16,700.68	490,101.66	1.00
32	A000A-094	264,687.09	18,686.91	293.88	1.00	0.18	1	0.62	0.64	264,687.09	293.88	9,343.45	274,324.42	1.00
33	A000A-019	311,364.00	21,982.30	293.88	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	A000A-585	1,254,034.60	88,534.84	293.88	1.00	0.08	1	0.47	0.55	1,254,034.60	293.88	44,267.42	1,298,595.90	1.00
35	A000A-114	264,140.88	18,648.35	293.88	1.00	0.18	1	0.37	0.49	264,140.88	293.88	9,324.17	273,758.93	1.00
36	A000A-121	87,584.73	6,183.48	293.88	1.00	0.31	0	0.47	0.55	87,584.73	0.00	0.00	87,584.73	0.00
37	A000A-576	85,385.71	6,028.23	293.88	1.00	0.31	1	0.40	0.48	85,385.71	293.88	3,014.12	88,693.70	1.00
38	A000A-400	264,489.85	18,672.98	293.88	1.00	0.18	1	0.44	0.52	264,489.85	293.88	9,336.49	274,120.22	1.00
39	A000A-243	74,096.55	5,231.22	293.88	1.00	0.34	1	0.00	0.33	74,096.55	0.00	2,615.61	76,712.16	0.00
40	A000A-373	25,538.17	1,802.99	293.88	4.00	1.14	1	0.58	1.24	102,152.66	1,175.52	901.50	104,229.68	4.00
41	A000A-085	415,384.48	29,326.14	293.88	1.00	0.14	1	0.36	0.44	415,384.48	293.88	14,663.07	430,341.43	1.00
42	A000A-237	71,432.33	5,043.12	293.88	1.00	0.34	0	0.36	0.44	71,432.33	0.00	0.00	71,432.33	0.00
43	A000A-088	50,490.89	3,564.66	293.88	1.00	0.41	1	0.43	0.45	50,490.89	293.88	1,782.33	52,567.10	1.00
44	A000A-128	112,520.76	7,943.97	293.88	7.00	0.72	1	0.58	1.73	787,645.34	2,057.16	3,971.98	793,674.48	7.00
45	A000A-189	74,443.35	5,255.70	293.88	3.00	0.58	1	1.37	2.11	223,330.04	881.64	2,627.85	226,839.53	3.00
46	A000A-261	672,285.34	47,463.35	293.88	1.00	0.11	1	0.40	0.48	672,285.34	293.88	23,731.67	696,310.89	1.00
47	A000A-134	68,573.83	4,841.31	293.88	3.00	0.60	1	0.63	1.37	205,721.48	881.64	2,420.66	209,023.78	3.00
48	A000A-207	63,709.13	4,497.86	293.88	2.00	0.51	1	0.56	0.89	127,418.27	587.76	2,248.93	130,254.96	2.00
49	A000A-265	20,229.04	1,428.17	293.88	6.00	1.57	2	0.28	1.27	121,374.21	881.64	1,428.17	123,684.02	3.00
50	A000A-182	27,449.83	1,937.96	293.88	1.00	0.55	1	0.71	0.73	27,449.83	293.88	968.98	28,712.69	1.00

Item	Part ID	Unit cost	Holding Cost (Ch)	Ordering Cost (Co)	Demand	Q	PD	Annual	Annual	Total Cost (TC)	Number of Ordering time
								Ordering Cost	Holding Cost		
13	A000A-208	473,153.36	33,404.63	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	A000A-120	297,714.64	21,018.65	293.88	1.00	1.00	297,714.64	293.88	10,509.33	308,517.84	1.00
15	A000A-216	207,601.43	14,656.66	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	A000A-406	107,162.42	7,565.67	293.88	2.00	2.00	214,324.84	293.88	7,565.67	222,184.39	1.00
17	A000A-218	339,968.63	24,001.79	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	A000A-581	1,008,679.74	71,212.79	293.88	1.00	1.00	1,008,679.74	293.88	35,606.39	1,044,580.02	1.00
19	A000A-584	347,974.06	24,566.97	293.88	1.00	1.00	347,974.06	293.88	12,283.48	360,551.42	1.00
20	A000A-582	283,360.19	20,005.23	293.88	1.00	1.00	283,360.19	293.88	10,002.61	293,656.68	1.00
21	A000A-259	1,108,362.70	78,250.41	293.88	1.00	1.00	1,108,362.70	293.88	39,125.20	1,147,781.79	1.00
22	A000A-244	345,898.31	24,420.42	293.88	1.00	1.00	345,898.31	293.88	12,210.21	358,402.40	1.00
23	A000A-086	201,016.80	14,191.79	293.88	1.00	1.00	201,016.80	293.88	7,095.89	208,406.57	1.00
24	A000A-072	838,796.26	59,219.02	293.88	1.00	1.00	838,796.26	293.88	29,609.51	868,699.65	1.00
25	A000A-005	103,282.18	7,291.72	293.88	1.00	1.00	103,282.18	293.88	3,645.86	107,221.92	1.00
26	A000A-217	207,601.43	14,656.66	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	A000A-247	382,466.85	27,002.16	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	A000A-266	37,739.67	2,664.42	293.88	5.00	5.00	188,698.37	293.88	6,661.05	195,653.30	1.00
29	A000A-272	166,238.44	11,736.43	293.88	4.00	4.00	664,953.76	293.88	23,472.87	688,720.50	1.00
30	A000A-129	37,221.23	2,627.82	293.88	8.00	8.00	297,769.82	293.88	10,511.27	308,574.97	1.00
31	A000A-093	473,107.10	33,401.36	293.88	3.00	3.00	1,419,321.29	293.88	50,102.04	1,469,717.21	1.00
32	A000A-094	264,687.09	18,686.91	293.88	3.00	3.00	794,061.27	293.88	28,030.36	822,385.51	1.00
33	A000A-019	311,364.00	21,982.30	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	A000A-585	1,254,034.60	88,534.84	293.88	1.00	1.00	1,254,034.60	293.88	44,267.42	1,298,595.90	1.00
35	A000A-114	264,140.88	18,648.35	293.88	1.00	1.00	264,140.88	293.88	9,324.17	273,758.93	1.00
36	A000A-121	87,584.73	6,183.48	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	A000A-576	85,385.71	6,028.23	293.88	1.00	1.00	85,385.71	293.88	3,014.12	88,693.70	1.00
38	A000A-400	264,489.85	18,672.98	293.88	1.00	1.00	264,489.85	293.88	9,336.49	274,120.22	1.00
39	A000A-243	74,096.55	5,231.22	293.88	1.00	1.00	74,096.55	293.88	2,615.61	77,006.04	1.00
40	A000A-373	25,538.17	1,802.99	293.88	4.00	4.00	102,152.66	293.88	3,605.99	106,052.53	1.00
41	A000A-085	415,384.48	29,326.14	293.88	2.00	2.00	830,768.95	293.88	29,326.14	860,388.97	1.00
42	A000A-237	71,432.33	5,043.12	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	A000A-088	50,490.89	3,564.66	293.88	3.00	3.00	151,472.67	293.88	5,346.99	157,113.54	1.00
44	A000A-128	112,520.76	7,943.97	293.88	8.00	8.00	900,166.10	293.88	31,775.86	932,235.85	1.00
45	A000A-189	74,443.35	5,255.70	293.88	3.00	3.00	223,330.04	293.88	7,883.55	231,507.47	1.00
46	A000A-261	672,285.34	47,463.35	293.88	1.00	1.00	672,285.34	293.88	23,731.67	696,310.89	1.00
47	A000A-134	68,573.83	4,841.31	293.88	3.00	3.00	205,721.48	293.88	7,261.97	213,277.33	1.00
48	A000A-207	63,709.13	4,497.86	293.88	2.00	2.00	127,418.27	293.88	4,497.86	132,210.01	1.00
49	A000A-265	20,229.04	1,428.17	293.88	6.00	6.00	121,374.21	293.88	4,284.51	125,952.60	1.00
50	A000A-182	27,449.83	1,937.96	293.88	5.00	5.00	137,249.13	293.88	4,844.89	142,387.91	1.00
51	A000A-370	51,963.83	3,668.65	293.88	5.00	5.00	259,819.17	293.88	9,171.62	269,284.67	1.00
52	A000A-180	62,005.73	4,377.60	293.88	3.00	3.00	186,017.19	293.88	6,566.41	192,877.47	1.00
53	A000A-488	123,668.93	8,731.03	293.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54	A000A-203	128,512.83	9,073.01	293.88	4.00	4.00	514,051.33	293.88	18,146.01	532,491.22	1.00
55	A000A-256	39,251.29	2,771.14	293.88	4.00	4.00	157,005.16	293.88	5,542.28	162,841.32	1.00
56	A000A-017	329,736.34	23,279.39	293.88	3.00	3.00	989,209.02	293.88	34,919.08	1,024,421.98	1.00
57	A000A-395	131,031.27	9,250.81	293.88	1.00	1.00	131,031.27	293.88	4,625.40	135,950.56	1.00
58	A000A-588	42,987.41	3,034.91	293.88	6.00	6.00	257,924.44	293.88	9,104.73	267,323.06	1.00

จากข้อมูลในตารางที่ 13 สามารถสรุปต้นทุนรวมของชิ้นอะไหล่กลุ่ม A จำนวน 58 รายการ จากวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยมีต้นทุนรวมทั้งหมดเท่ากับ 19,554,971.08 บาทต่อปี ซึ่งประกอบด้วยมูลค่าการจัดซื้อรวม (Purchasing Cost: PD) เท่ากับ 18,876,578.77 บาทต่อปี ต้นทุนการสั่งซื้อรวม (Total Ordering Cost) เท่ากับ 12,049.08 บาทต่อปี (มีจำนวนการจัดซื้อ รวมเท่ากับ 41 ครั้งต่อปี) และต้นทุนการถือครองรวม (Total Holding Cost) เท่ากับ 666,343.23 บาทต่อปี

4.5 การเปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังโดยรวม (Total Annual Cost)

ภายหลังจากการคำนวณต้นทุนที่นำเสนอในข้อ 4.4 ข้อมูลต้นทุนที่ได้จากทั้งวิธีปัจจุบัน และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยได้นำมาสรุปและเปรียบเทียบกัน เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างด้านต้นทุน การบริหารสินค้าคงคลังโดยรวม รายละเอียดของการเปรียบเทียบดังกล่าวแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 14 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังของวิธีปัจจุบันและวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย

	Total Cost (TC)	Total Purchasing Cost (PD)	Total Ordering Cost (Baht/year)	Total Holding Cost (Baht/year)	Total Cost (TC min)	Number of Ordering Time
Current	19,554,971.08	18,876,578.77	12,049.08	666,343.23	678,392.31	41.00
EOQ	18,597,528.53	18,157,839.52	28,800.24	410,888.77	439,689.01	98.00
Difference	-957,442.55	-718,739.25	16,751.16	-255,454.46	-238,703.30	57.00
% Difference	-4.90%	-3.81%	39.02 %	-38.33 %	-35.19 %	39.02 %

ตารางที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลังระหว่างวิธีปัจจุบัน (Current) กับวิธีที่เสนอในงานวิจัย (EOQ) โดยผลการวิเคราะห์พบว่า วิธี EOQ สามารถลดต้นทุนรวมทั้งหมดของสินค้าคงคลังได้ 957,442.55 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 4.90% เมื่อเทียบกับวิธีปัจจุบัน และลดต้นทุนรวมขั้นต่ำ (TC min) ได้ 238,703.30 บาท หรือ 35.19% โดยวิธี EOQ ช่วยลดมูลค่าการจัดซื้อรวม (Total Purchasing Cost: PD) ลงได้ 718,739.24 บาท คิดเป็น 3.81% และลดต้นทุนการถือครอง (Total Holding Cost) ได้ 255,454.45 บาท คิดเป็น 38.33% แม้ว่าต้นทุนการสั่งซื้อ (Total Ordering Cost) จะเพิ่มขึ้น 16,751.16 บาท หรือ 39.02% เนื่องจากจำนวนครั้งในการสั่งซื้อเพิ่มขึ้นจาก 41 ครั้ง เป็น 98 ครั้งต่อปี

จากการศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุงอากาศยานแบบนอกกำหนด (Unscheduled Maintenance) พบว่าปัญหาหลักของการจัดการชิ้นอะไหล่คงคลังในปัจจุบันเกิดจากการขาดระบบบริหารคลังสินค้าที่ชัดเจน ทำให้สินค้าคงคลังบางรายการไม่เพียงพอเมื่อจำเป็นต้องใช้งาน ขณะที่บางรายการมีจำนวนมากเกินความจำเป็น การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีวิเคราะห์ ABC Analysis เพื่อจัดลำดับความสำคัญของชิ้นอะไหล่คงคลัง พร้อมทั้งนำแนวคิดการพยากรณ์ความต้องการ (Demand forecasting) และวิธีปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) มาใช้ในการบริหารชิ้นอะไหล่คงคลังให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการวิเคราะห์ชิ้นอะไหล่คงคลังทั้งหมด 600 รายการ โดยใช้ ABC Analysis พบว่าสามารถแบ่งชิ้นอะไหล่คงคลังออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A ซึ่งมีจำนวนเพียง 58 รายการ คิดเป็นร้อยละ 9.67% ของจำนวนชิ้นอะไหล่ทั้งหมด แต่มีร้อยละมูลค่าสูงถึง 85.77% ของมูลค่าชิ้นอะไหล่คงคลัง จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าชิ้นอะไหล่กลุ่ม A เป็นกลุ่มที่ควรได้รับการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ หลังจากได้ข้อมูลการจัดกลุ่มชิ้นอะไหล่แล้วได้ทำการพยากรณ์ความต้องการ พบว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (MSE) ได้ถึง 47.42 % เมื่อเทียบกับวิธี Moving Average ที่ใช้ในปัจจุบัน และการนำผลการพยากรณ์ดังกล่าวมาคำนวณปริมาณการสั่งซื้อด้วยวิธีปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) ทำให้สามารถลดต้นทุนการถือครอง มูลค่าการจัดซื้อรวม รวมถึงต้นทุนรวมขั้นต่ำ และต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าจำนวนครั้งในการสั่งซื้อและต้นทุนการสั่งซื้อจะเพิ่มขึ้นก็ตาม

บทที่ 5

บทสรุป

การค้นคว้าอิสระเรื่อง การจัดการสินค้าคงคลังสำหรับอะไหล่ที่ใช้ในการตรวจซ่อมอากาศยานแบบนอกกำหนด ขอนำเสนอเนื้อหาส่วนของบทสรุป แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการศึกษา
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่อากาศยานที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงแบบนอกกำหนด (Unscheduled Maintenance) โดยลักษณะเฉพาะของการซ่อมบำรุงประเภทนี้ คือไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้หน่วยงานประสบปัญหาทั้งในด้านการขาดแคลนอะไหล่เมื่อมีความต้องการใช้งาน และการมีชิ้นอะไหล่บางรายการคงคลังมากเกินไป ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนสินค้าคงคลังโดยรวมเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น และอาจกระทบต่อประสิทธิภาพการกิจกรรมการซ่อมบำรุงทำให้เกิดสถานการณ์ Aircraft-on-Ground (AOG) เกิดขึ้นได้

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) พบว่าสาเหตุหลักของปัญหาเกิดจากไม่มีการวิเคราะห์หรือทำความเข้าใจรูปแบบความต้องการที่แท้จริงของชิ้นอะไหล่ จึงทำให้วิธีการพยากรณ์ที่ใช้อยู่ไม่สามารถรองรับลักษณะความต้องการที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังพบว่า การบริหารสินค้าคงคลังในปัจจุบันยังใช้ประสบการณ์ของบุคลากรเป็นหลัก โดยขาดระบบการจัดการสินค้าคงคลังอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่นำไปสู่ปัญหาความไม่สมดุลของปริมาณชิ้นอะไหล่คงคลัง จากปัญหาที่วิเคราะห์ข้างต้น การศึกษานี้ได้นำข้อมูลประวัติการใช้งานชิ้นอะไหล่ย้อนหลังตั้งแต่ปี ค.ศ. 2018 ถึง ค.ศ. 2023 มาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ตั้งแต่ปลายปี ค.ศ. 2019 อย่างไรก็ตาม อากาศยานของกรณีศึกษานี้โดยลักษณะการใช้งานปกติแล้วไม่ได้ใช้สำหรับขนส่งผู้โดยสาร แต่เป็นอากาศยานที่ใช้ในการฝึกเฉพาะทาง ทำให้จำนวนชั่วโมงบินและอัตราการซ่อมบำรุงไม่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์โควิด-19 จึงสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการวิเคราะห์ได้

อย่างต่อเนื่องและน่าเชื่อถือ จากนั้นได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ด้วยวิธี ABC Analysis เพื่อจำแนกประเภทของชิ้นอะไหล่ พบว่าชิ้นอะไหล่กลุ่ม A แม้มีสัดส่วนเพียง 9.67% ของจำนวนชิ้นอะไหล่ทั้งหมด แต่มีมูลค่าสูงถึง 85.77% ของมูลค่าคงคลังรวม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าชิ้นอะไหล่กลุ่มนี้ควรได้รับการบริหารจัดการอย่างใกล้ชิด หลังจากนั้นนำชิ้นอะไหล่กลุ่ม A มาทำการพยากรณ์ความต้องการชิ้นอะไหล่ด้วยวิธีการพยากรณ์สองวิธี ได้แก่ วิธีพยากรณ์ที่ใช้อยู่ปัจจุบัน (Moving Average 3 Period) และวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ผลการวิเคราะห์พบว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Squared Error: MSE) ได้ถึง 47.42% เมื่อเทียบกับวิธีปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าวิธีพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัยสามารถพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ได้แม่นยำมากขึ้นกว่าเดิม จากผลการพยากรณ์ดังกล่าวได้นำมาใช้ในการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) ซึ่งช่วยให้สามารถกำหนดปริมาณสั่งซื้อได้อย่างเหมาะสม รวมถึงได้กำหนดจุดสั่งซื้อซ้ำ (Reorder Point: ROP) และสินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety Stock) อย่างเป็นระบบ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างวิธีการบริหารสินค้าคงคลังในปัจจุบันกับวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย พบว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ สามารถลดต้นทุนรวม (TC) ได้ถึง 4.90% หรือคิดเป็นมูลค่า 957,442.55 บาทต่อปี ลดต้นทุนรวมขั้นต่ำ (TC min) ลงได้ 35.19% และลดต้นทุนการถือครอง (Holding Cost) ลง 38.33% แม้ว่าต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) จะเพิ่มขึ้น 39.02% เนื่องจากจำนวนครั้งในการสั่งซื้อเพิ่มขึ้นจาก 41 ครั้งเป็น 98 ครั้งต่อปี ถึงแม้จำนวนครั้งในการสั่งซื้อจะเพิ่มขึ้น แต่วิธี EOQ ก็สามารถช่วยลดต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังส่งผลดีต่อการบริหารจำนวนอะไหล่คงคลัง โดยช่วยให้มีความพร้อมในการใช้งานเมื่อเกิดความต้องการใช้ชิ้นอะไหล่ในการซ่อมบำรุง และช่วยลดปัญหาการเกิดชิ้นอะไหล่คงคลังมากเกินไปได้

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้แนวคิด ABC Analysis การพยากรณ์ความต้องการที่แม่นยำ และการกำหนดปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่อากาศยาน ลดต้นทุนโดยรวม และเสริมความพร้อมของชิ้นอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุงอากาศยานแบบนอกกำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาพบว่า ปัญหาหลักในการจัดการสินค้าคงคลังอะไหล่อากาศยานที่ใช้ในการตรวจซ่อมอากาศยานแบบนอกกำหนด (Unscheduled Maintenance) คือ ชิ้นอะไหล่บางรายการขาดแคลนเมื่อมีความต้องการ และในขณะเดียวกันชิ้นอะไหล่บางรายการกลับมีจำนวนมากเกินความต้องการส่งผลให้เกิดต้นทุนสินค้าคงคลังสูง การใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect

Diagram) เพื่อหาสาเหตุของปัญหาสามารถช่วยให้วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sugiarto & Suprayitno (2023) ที่ได้ใช้แผนผังสาเหตุและผลวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา ทำให้พบปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปัญหาในการบริหารสินค้าคงคลัง ซึ่งนำไปสู่ปัญหาสินค้าขาดแคลนหรือมีสินค้าคงเหลือมากเกินไป ในกรณีของการบริหารสินค้าคงคลังอะไหล่อากาศยานนั้น การนำวิธี ABC Analysis มาใช้ในการจำแนกความสำคัญของอะไหล่ช่วยให้สามารถจัดการชิ้นอะไหล่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการวิจัยพบว่า สินค้ากลุ่ม A มีจำนวนเพียง 9.67% ของปริมาณสินค้าคงคลังทั้งหมด แต่มีมูลค่าสูงถึง 85.77% ของมูลค่าสินค้าคงคลังทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสินค้ากลุ่ม A ควรได้รับความสำคัญสูงสุดในการบริหารสินค้าคงคลัง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ramanathan (2006) ที่ระบุว่า ABC Analysis เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลัง โดยเน้นไปที่สินค้าที่มีมูลค่าสูง เพื่อให้สามารถบริหารจัดการสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่การพยากรณ์ความต้องการเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบการจัดการสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่อากาศยาน โดยผลการวิจัยพบว่าการใช้วิธีการพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัยสามารถลดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (MSE) ได้ถึง 47.42% เมื่อเทียบกับการใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีเดิยคือ วิธี Moving Average ซึ่งแสดงถึงพยากรณ์ความต้องการอะไหล่ที่แม่นยำมากขึ้น ลดโอกาสในการเกิดขึ้นอะไหล่ขาดแคลนและลดปัญหาชิ้นอะไหล่คงคลังมากเกินไปได้ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Harimansyah & Imaroh (2020) ที่พบว่าการใช้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสามารถช่วยลดปัญหาสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดเก็บสินค้าคงคลังได้ นอกจากนี้การวิจัยของ Thummathid (2020) ที่ให้ความสำคัญในการใช้เทคนิคพยากรณ์ที่เหมาะสมในการบริหารจัดการชิ้นอะไหล่อากาศยานที่มีรูปแบบความต้องการไม่แน่นอน (Intermittent Demand) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมและแม่นยำเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการบริหารสินค้าคงคลัง สุดท้ายการนำแนวคิดปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity :EOQ) มาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อ เป็นอีกแนวทางที่ช่วยลดต้นทุนสินค้าคงคลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการศึกษาพบว่า การใช้ EOQ สามารถลดต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังได้ 4.90% หรือคิดเป็นมูลค่า 957,442.55 บาทต่อปี และสามารถลดต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังลงได้ 38.33% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Watanabe (2023) ที่พบว่าการใช้ EOQ และ ABC Analysis สามารถช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายสินค้าคงคลังได้ได้ถึง 34% และการศึกษาโดย Wang & Wen (2021) ที่ได้แสดงให้เห็นว่า EOQ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลัง และลดต้นทุนโดยรวมของอะไหล่อากาศยานได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่า การจัดการสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ที่ใช้สำหรับการซ่อมบำรุงอากาศยานแบบนอกกำหนด จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นหากนำแนวทางการจัดการที่เหมาะสมมาใช้ ได้แก่ การจำแนกชิ้นอะไหล่ตามลำดับความสำคัญด้วยเทคนิค ABC Analysis การพยากรณ์ความต้องการอย่างแม่นยำ และการใช้แนวคิดปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) อย่างไรก็ตามยังมีประเด็นเพิ่มเติมดังต่อไปนี้ สำหรับการประยุกต์ใช้ EOQ นั้น องค์กรจะต้องปรับปรุงและพัฒนานโยบายการสั่งซื้อเพื่อรองรับจำนวนครั้งในการสั่งซื้อที่เพิ่มขึ้นภายใต้แนวคิด EOQ เช่น องค์กรควรพิจารณาแนวทางการเจรจาต่อรองกับตัวแทนจำหน่าย โดยเสนอให้ผู้จำหน่ายเก็บสต็อกสินค้าตามยอดรวมที่ต้องการตลอดทั้งปี เช่น หากมีความต้องการรวม 8 ชิ้นต่อปี และคำนวณ EOQ ได้ 2 ชิ้นต่อรอบ ก็สามารถให้ผู้ขายทยอยส่งสินค้าให้ตามรอบ EOQ แทนการจัดซื้อทั้งหมดในครั้งเดียว แนวทางนี้จะช่วยลดภาระในการชำระเงินครั้งเดียวจำนวนมาก ขณะที่ยังคงข้อดีของการสั่งซื้อตามหลัก EOQ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนรวมของระบบสินค้าคงคลังลดลง นอกจากนี้ควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความแปรปรวนของระยะเวลาจัดซื้อ (Lead Time Variability) และความต้องการ (Demand Variability) เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวางแผนจัดหอะไหล่ นอกจากนี้ควรมีการพัฒนาศักยภาพบุคลากรให้เข้าใจหลักการบริหารสินค้าคงคลังอย่างลึกซึ้ง และควรมีการจัดทำแผนบริหารความเสี่ยงในกรณีเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินขึ้นในห่วงโซ่อุปทาน เช่น ปัญหาการขนส่งหรือภาวะสงคราม ก็เป็นอีกแนวทางสำคัญที่ไม่ควรมองข้าม

สำหรับแนวทางการวิจัยในอนาคต ควรขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมถึงชิ้นอะไหล่ในกลุ่ม B และ C เพื่อให้ได้แนวทางการบริหารสินค้าคงคลังที่ครอบคลุมและสามารถประยุกต์ใช้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพในทุกกลุ่มสินค้า นอกจากนี้ควรศึกษาการประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารนี้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่มีลักษณะความต้องการอะไหล่ใกล้เคียงกัน เพื่อประเมินศักยภาพในการนำไปใช้อย่างกว้างขวาง และควรมีการศึกษานำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เช่น Neural Network Models ซึ่งเหมาะสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะไม่แน่นอนและมีความแปรปรวนสูง มาช่วยในการพยากรณ์ความต้องการ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ รวมทั้งการเพิ่มวิธีการวัดความแม่นยำของการพยากรณ์ในหลายมิติ เพื่อให้สามารถประเมินข้อผิดพลาดได้อย่างรอบด้าน อีกทั้งควรพิจารณาการบูรณาการปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพเศรษฐกิจ แนวโน้มด้านเทคโนโลยี เข้าเป็นองค์ประกอบเพิ่มเติมในการวิเคราะห์แนวโน้มความต้องการ ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะมามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการศึกษาด้านการจัดการสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่อากาศยานครั้งต่อไปในอนาคตได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น



- (IATA), I. A. T. A. (2015). *IATA Guidance Material and Best Practices for Inventory Management*. International Air Transport Association.
- Baisariyev, M. a., Bakytzhanuly, A. a., Serik, Y. a., Mukhanova, B. a., & CT, P. (2021, 15-18 June 2021). Demand forecasting methods for spare parts logistics for aviation: a real-world implementation of the Bootstrap method. 30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2021), Athens, Greece.
- Chen, F. (1998). Echelon reorder points, installation reorder points, and the value of centralized demand information. *Management Science*, 44(12, Part 2), S221–S234. <https://doi.org/10.1287/mnsc.44.12.S221>
- Cohen, M. A., & Ernst, R. (1988). Multi-item classification and generic inventory stock control policies. *Production and Inventory Management Journal*, 29(3), 6–13.
- Croston, J. D. (1972). Forecasting and stock control for intermittent demands. *Journal of the Operational Research Society*, 23(3), 289–303.
- Djuhana, M., & Gozali, L. (2020). *Raw materials inventory analysis with Bayes-fishbone and safety stock in PT. XYZ 3rd TICATE 2020*,
- Dombrowski, U., & Weckenborg, S. (2013). *Determination of the spare parts demand for maintenance, repair, and overhaul service providers APMS 2013, Part I*,
- Erlenkotter, D. (1990). Ford Whitman Harris and the economic order quantity model. *Operations Research*, 38, 937–946. <https://doi.org/10.1287/opre.38.6.937>
- Eruguz, A. S., Sahin, E., Jemai, Z., & Dallery, Y. (2016). A comprehensive survey of guaranteed-service models for multi-echelon inventory optimization. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.11.017>
- Gardner, & Everette. (2006). Exponential smoothing: The state of the art—Part II. *International Journal of Forecasting*, 22, 637–666. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.005>

- Ghobbar, & Freund, C. (2003). Evaluation of forecasting methods for intermittent parts demand in the field of aviation: A predictive model. *Computers & Operations Research*, *30*, 2097–2114. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(02\)00125-9](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(02)00125-9)
- Graves, S. C. (1985). A Multi-Echelon Inventory Model for a Repairable Item with One-for-One Replenishment. *Management Science*, *31*(10), 1247–1256. <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.10.1247>
- Graves, S. C., & Willems, S. P. (2000). Optimizing Strategic Safety Stock Placement in Supply Chains. *Manufacturing & Service Operations Management*, *2*(1), 68–83. <https://doi.org/10.1287/msom.2.1.68.23267>
- Graves, S. C., & Willems, S. P. (2003). Supply Chain Design: Safety Stock Placement and Supply Chain Configuration. In S. C. G. A.G. de Kok (Ed.), *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Vol. 11 (pp. 95–123). Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(03\)11003-1](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(03)11003-1)
- Harimansyah, F. R., & Imaroh, T. S. (2020). Aircraft spare parts inventory management analysis on airframe product using continuous review methods. *Dinasti International Journal of Management Science*, *2*(1), 81–90. <https://doi.org/10.31933/dijms.v2i1>
- Hatefi, S. M., Torabi, S. A., & Bagheri, P. (2013). Multi-criteria ABC inventory classification with mixed quantitative and qualitative criteria. *International Journal of Production Research*, 1–11 <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.838328>
- ingyao, G., Guoqing, Z., W, K., & b, L. (2014). Efficient aircraft spare parts inventory management under demand uncertainty. *Journal of Air Transport Management*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2014.09.006>
- Kampen, T. J. v., Akkerman, R., & Donk, D. P. v. (2012). SKU classification: A literature review and conceptual framework. *International Journal of Operations & Production Management*, *32*(7), 850–876. <https://doi.org/10.1108/01443571211250112>
- Kenzhevayeva, A.a, K., K.a, K., Sarsembayeva, A. a. M. a., & CT.c, P. (2021, 15-18 June 2021). inventory control models for spare parts in aviation logistics. 30th

International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2021), Athens, Greece.

- Kumah, A., Nwogu, C. N., Issah, A.-R., Obot, E., Kanamitie, D. T., Sifa, J. S., A, L., & Aidoo. (2024). Cause-and-Effect (Fishbone) Diagram: A Tool for Generating and Organizing Quality Improvement Ideas. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 7(2), 85–87. <https://doi.org/10.36401/JQSH-23-42>
- Lowas, A. F., & Ciarallo, F. W. (2016). Reliability and operations: Keys to lumpy aircraft spare parts demands. *Journal of Air Transport Management*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.09.004>
- Ng, W. L. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research*, 177, 344–353. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.11.018>
- Pahl, J., & Voß, S. (2014). Integrating deterioration and lifetime constraints in production and supply chain planning: A survey. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.01.060>
- Rad T, Zhang, S., & M., W. M. I. (2011). Classification of Critical Spares for Aircraft Maintenance.
- Ramanathan, R. (2006). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. *Computers & Operations Research*, 33, 695–700. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2004.07.014>
- Sheikh-Zadeh, A., & Rossetti, M. D. (2020). Classification methods for problem size reduction in spare part provisioning. *International Journal of Production Economics*, 219, 99–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.011>
- Sheikh-Zadeh, A., Scott, M. A., & Enayaty-Ahangar, F. (2023). The role of prescriptive data and non-linear dimension-reduction methods in spare part classification. *Computers & Industrial Engineering*, 175, Article 108912. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108912>
- Simchi-Levi, D., & Zhao, Y. (2005). Safety stock positioning in supply chains with stochastic lead times. *Manufacturing & Service Operations Management*, 7(4), 295–318. <https://doi.org/10.1287/msom.1050.0087>

- Simchi-Levi, D., & Zhao, Y. (2012). Performance evaluation of stochastic multi-echelon inventory systems: A survey. *Advances in Operations Research*, 1–34.
<https://doi.org/10.1155/2012/126254>
- Sugiarto, M., & Suprayitno, D. (2023). Analysis of factors causing logistics warehouse inventory mismatch at PT Dai Nippon Printing Indonesia. *Sinergi International Journal of Logistic*, 1, 17–31.
- Sugiono, N. K., & Alimbudiono, R. S. (2020). Slow Moving and Dead Stock: Some Alternative Solutions. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 115.
- Teunter, R. H., Babai, M. Z., & Syntetos, A. A. (2010). ABC inventory classification: Service levels and inventory costs. *Production and Operations Management*, 19(3), 343–352. <https://doi.org/10.3401/poms.1080.01098>
- Thummathid, S. (2020). *A comparison of forecasting methods for rotatable spare parts in a Thai low-cost airline* (Publication Number 185.) Chulalongkorn University]. (Chula ETD).
- Ton de Kok, C. G., Marco Laumanns, Stefan Minner, Jörg Rambau, Konrad Schade. (2018). A typology and literature review on stochastic multi-echelon inventory models. *European Journal of Operational Research*.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.047>
- Wang, C., & Wen, Y. (2021). Economic Order Quantity Model of Aircraft Turnover Parts in Aviation Industry. *Converter Magazine*, 2021(3), 254–261.
- Wang, W. (2012). A stochastic model for joint spare parts inventory and planned maintenance optimisation. *European Journal of Operational Research*, 216, 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.07.031>
- Wanti, L. P., Maharrani, R. H., Prasetya, N. W. A., Tripustikasari, E., & Ikhtiangung, G. N. (2020). Optimation economic order quantity method for a support system reorder point stock. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, Vol. 10, No. 5, October 2020, pp. 4992~5000.
<https://doi.org/DOL: 10.11591/ijece.v10i5.pp4992-5000>
- Watanabe, W. C. (2023). Analysis of Inventory Management Practices using ABC and EOQ Models: A Case Study of Thailand's Cleaning Supplies Company. *Journal*

of Logistics and Digital Supply Chain, Vol. 1 No. 2 May – August 2023.

<https://doi.org/doi.org/10.14456/jldsc.2023.6>

Willemain, T. R., Smart, C. N., & Schwarz, H. F. (2004). A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories. *International Journal of Forecasting*, 20, 375–387. [https://doi.org/10.1016/S0169-2070\(03\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0169-2070(03)00013-X)

Williams, T. M. (1987). Adaptive Holt-Winters forecasting. *Journal of the Operational Research Society*, 38(6), 553–560.

กมลชนก บรรจง. (2562). *กลยุทธ์การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ Big Data และการลดต้นทุนในการบริหารคลังสินค้าอะไหล่รถบรรทุก: กรณีศึกษาร้านอะไหล่แห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยนเรศวร). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พจนารถ หาญตระกูล. (2556). *การจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่เครื่องปรับอากาศ* (การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรวิสา ทาระคำ. (2559). *การประยุกต์ใช้ตัวแบบการตัดสินใจแบบสองระดับในการจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์สำหรับร้านขายส่ง* (การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กรมช่างอากาศ. (2562). *คำสั่งกรมช่างอากาศ (เฉพาะ) เทคนิคที่ ๐๐-๒๐ก-๑ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๒)*.

บรรหาร ลีลา. (2553). *การวางแผนและควบคุมการผลิต* บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.

พิภพ สลิตาภรณ์. (2552). *การบริหารพัสดุคงคลัง (Inventory Management. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)*.

วาตานาเบะ , ว. ิ. (2023). *Logistics and Supply Chain quantitative Analysis and its Applications*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2542). *ระบบพัสดุคงคลัง. . : โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*.



ภาคผนวก ก ตัวอย่างการประเมินความสำคัญของชิ้นอะไหล่ และความเชื่อมโยงกับประเภทของชิ้นอะไหล่ในขั้นตอนการทำ ABC Analysis

ตัวอย่างการประเมินความสำคัญของชิ้นอะไหล่ในขั้นตอนการทำ ABC Analysis

ในขั้นตอนการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าคงคลังโดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ ABC Analysis เพื่อให้ความสำคัญกับชิ้นอะไหล่ที่มีความสำคัญต่อการบิน จึงได้ทำการจัดระดับความสำคัญของชิ้นอะไหล่เหล่านั้น ๆ ว่ามีผลกระทบด้านความปลอดภัย และการดำเนินงานโดยรวมหรือไม่ มาประกอบการพิจารณาในการจัดกลุ่ม ได้ทำการระบุความสำคัญของชิ้นอะไหล่แต่ละรายการโดยการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการซ่อมบำรุงอากาศยาน ที่มีประสบการณ์ในงานด้านซ่อมบำรุงอากาศยานนานมากกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน ให้คะแนนชิ้นอะไหล่แต่ละรายการตามตารางในภาพที่ 14 (ภาพตารางการให้คะแนนค่าความสำคัญของอะไหล่) โดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะแบ่งรายการชิ้นอะไหล่ในการให้คะแนนเท่า ๆ กัน ในการพิจารณาให้คะแนน โดยการให้คะแนนความสำคัญของอะไหล่จะขอยกตัวอย่างการให้คะแนนของชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ดังต่อไปนี้

เกณฑ์	ระดับความสำคัญ	คำอธิบาย	Weight : 1.2	คะแนนที่กำหนด	คะแนนที่ได้
ผลกระทบต่อความปลอดภัย (Safety Impact)	Critical	มีผลกระทบโดยตรงต่อความปลอดภัยของอากาศยาน หากจะทำได้อากาศยานไม่ได้อะไหล่	5	5	
	Important	มีอาวาระบรณงมา ไม่ถึงกับทำให้อากาศยานขุดบิน แต่มีผลต่อประสิทธิภาพ	3		
	Standard	ไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยหรือการบินโดยตรง	1		
ผลกระทบต่อการใช้งาน (Operational Impact)	Critical	มีผลกระทบต่อต้นทุนของอากาศยานอย่างรุนแรง หากจะทำได้อากาศยานไม่สามารถปฏิบัติการได้	5	5	
	Important	มีผลกระทบต่อต้นทุนของอากาศยาน	3		
	Standard	มีผลกระทบต่อต้นทุนของอากาศยานหรือไม่กระทบ	1		
ความพร้อมในการทดแทน (Availability of Substitutes)	Critical	ไม่มีการทดแทนหรือหายาก ต้องใช้ส่วนในการสิ่งซึ่งหือจัดหา	5		
	Important	มีการทดแทนแต่ต้องใช้เวลานานหรือหือจัดหา	3		
	Standard	หาทดแทนได้ง่ายและรวดเร็ว	1	1	
ความถี่ในการใช้งาน (Usage Frequency)	Critical	ใช้งานบ่อยครั้งหรือมีความจำเป็นในการใช้งานตลอดเวลา	5		
	Important	ใช้งานบ่อยครั้งหรือใช้งานในสถานการณ์เฉพาะ	3	3	
	Standard	ใช้งานไม่บ่อยครั้ง	1		
			Total Score :	14	

ผู้ประเมิน

ภาพ 20 ตัวอย่างตารางการให้คะแนนค่าความสำคัญของอะไหล่ Part ID A00A-129

ข้อมูลจากภาพแสดงถึงผลการประเมินชิ้นอะไหล่ดังกล่าวคือ ผลกระทบต่อความปลอดภัยเท่ากับ 5 คะแนน ผลกระทบต่อการดำเนินงานเท่ากับ 5 คะแนน ความพร้อมในการทดแทนเท่ากับ 1 คะแนน และ ความถี่ในการใช้งานเท่ากับ 3 คะแนน ผลรวมคะแนนทั้งหมดเท่ากับ 14 คะแนน หลักจากนั้นนำไปเทียบผลคะแนนเพื่อหาค่าน้ำหนักตามตารางที่ 5 (หน้า 68) ค่าน้ำหนักจะเท่ากับ 1.2 แสดงว่าชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 มีระดับความสำคัญปานกลางเมื่อได้ค่าน้ำหนักของชิ้นอะไหล่ทุกรายการแล้ว ก็จะนำไปคูณกับค่า Cumulative Cost ของมูลค่าผลรวมการใช้งานย้อนหลัง 5 ปี จึงได้ผลรวมของมูลค่าการใช้งานสุดท้าย แล้วจึงทำการเรียงลำดับข้อมูลจากมากไปน้อย หลังจากนั้นจะได้คาร์ร้อยละของมูลค่าการใช้งาน (% Cumulative cost) และกำหนดกลุ่มชิ้นอะไหล่ดังนี้ ชิ้นอะไหล่กลุ่ม A มีจำนวน 58 รายการ มีคาร์ร้อยละของมูลค่า

การใช้งานเท่ากับ 85.77% และมีค่าร้อยละของจำนวนการใช้งานเท่ากับ 9.67% ขึ้นจะไหลกลุ่ม B มีจำนวน 62 รายการ มีค่าร้อยละของมูลค่าการใช้งานเท่ากับ 10.41% และมีค่าร้อยละของจำนวนการใช้งานเท่ากับ 10.33% และ ขึ้นจะไหลกลุ่ม C มีจำนวน 480 รายการ มีค่าร้อยละของมูลค่าการใช้งานเท่ากับ 10.41% และมีค่าร้อยละของจำนวนการใช้งานเท่ากับ 80% ข้อมูลสรุปดังตาราง 8 (หน้า 77) ในบทที่ 4 และข้อมูลตาราง ABC Analysis ของขึ้นจะไหลกลุ่ม A ดังแสดงไปแล้วดังแสดงในตาราง 7 (หน้า 76) ในภาคผนวกนี้จึงขอแสดงตารางของขึ้นจะไหลกลุ่ม B และ C ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 15 แสดงตัวอย่างขึ้นจะไหลกลุ่ม B

Part ID	Cum (Qty)	Cum % (Qty)	Unit cost	Total cost 5 y	Cum (Cost)	Cum % (Cost)	Importance Level	Weight	Adjusted Cum Cost	Final Cum Cost	% Final Cum Cost	Group
A000A-148	571	6.99	100,851.93	302,555.78	83,248,856.95	84.46	Critical	1.50	453,833.88	119,798,949.29	86.09	B
A000A-087	574	7.03	98,830.57	296,491.71	83,545,348.66	84.76	Critical	1.50	444,737.57	120,243,686.85	86.41	B
A000A-268	576	7.05	147,790.53	295,581.06	83,840,929.72	85.06	Critical	1.50	443,371.59	120,687,088.44	86.73	B
A000A-051	604	7.39	13,143.10	368,006.80	84,208,936.52	85.43	Important	1.20	441,606.16	121,128,666.60	87.05	B
A000A-124	609	7.45	71,764.86	358,824.28	84,567,760.80	85.80	Important	1.20	430,839.14	121,559,255.74	87.36	B
A000A-398	611	7.48	137,163.26	274,326.53	84,842,087.33	86.08	Critical	1.50	411,468.79	121,970,745.53	87.65	B
A000A-249	618	7.56	38,248.68	267,740.75	85,109,828.08	86.35	Critical	1.50	401,611.13	122,372,356.65	87.94	B
A000A-147	623	7.63	51,140.59	255,702.93	85,365,531.01	86.61	Critical	1.50	383,554.39	122,755,911.05	88.22	B
A000A-574	624	7.64	253,948.96	253,948.96	85,619,479.97	86.87	Critical	1.50	380,923.44	123,136,834.49	88.49	B
A000A-278	625	7.65	245,900.93	245,900.93	85,865,360.90	87.12	Critical	1.50	368,851.39	123,505,685.88	88.76	B
A000A-583	627	7.67	110,865.90	221,771.79	86,087,152.69	87.34	Critical	1.50	352,657.69	123,838,343.57	89.00	B
A000A-082	633	7.75	46,089.45	276,536.68	86,363,689.37	87.62	Important	1.20	351,844.01	124,170,187.58	89.25	B
A000A-204	637	7.80	54,662.95	218,651.79	86,582,341.16	87.84	Critical	1.50	327,977.69	124,498,165.27	89.47	B
A000A-130	651	7.97	18,990.73	265,870.22	86,848,211.38	88.11	Important	1.20	319,044.27	124,817,209.54	89.70	B
A000A-070	659	8.07	32,112.25	256,898.02	87,105,109.40	88.37	Important	1.20	308,277.62	125,125,487.16	89.92	B
A000A-269	661	8.09	98,247.87	196,495.74	87,301,605.15	88.57	Critical	1.50	294,743.62	125,420,230.78	90.13	B
A000A-024	665	8.14	48,521.78	194,087.10	87,495,692.25	88.77	Critical	1.50	291,130.65	125,711,361.43	90.34	B
A000A-251	670	8.20	38,487.11	192,485.57	87,688,177.82	88.96	Critical	1.50	288,728.36	126,000,089.79	90.55	B
A000A-220	673	8.24	63,631.84	190,895.53	87,879,073.35	89.16	Critical	1.50	286,743.30	126,286,433.09	90.76	B
A000A-405	677	8.29	46,865.77	187,468.09	88,066,836.45	89.35	Critical	1.50	281,194.44	126,567,627.73	90.96	B
A000A-083	686	8.40	28,796.34	223,167.10	88,289,708.55	89.58	Important	1.20	267,800.52	126,855,428.25	91.15	B
A000A-577	690	8.45	44,315.97	177,263.88	88,466,967.42	89.75	Critical	1.50	265,895.82	127,101,324.06	91.34	B
A000A-163	691	8.46	204,284.36	204,284.36	88,671,251.78	89.96	Important	1.20	245,141.23	127,346,465.29	91.52	B
A000A-360	699	8.56	25,143.59	201,148.73	88,872,400.52	90.17	Important	1.20	241,378.48	127,587,843.77	91.69	B
A000A-277	701	8.58	75,809.39	159,618.79	89,032,019.30	90.33	Critical	1.50	239,428.18	127,827,271.95	91.86	B
A000A-078	705	8.63	58,941.83	235,367.34	89,267,886.64	90.57	Standard	1.00	235,367.34	128,062,639.29	92.03	B
A000A-103	711	8.70	38,657.41	231,944.46	89,499,331.09	90.80	Standard	1.00	231,944.46	128,294,583.74	92.20	B
A000A-104	717	8.78	38,657.41	231,944.46	89,731,275.55	91.04	Standard	1.00	231,944.46	128,526,528.20	92.37	B
A000A-416	733	8.97	8,964.85	143,431.55	89,874,713.10	91.18	Critical	1.50	215,156.32	128,741,684.52	92.52	B
A000A-097	737	9.02	38,399.09	141,596.34	90,016,309.44	91.33	Critical	1.50	212,994.52	128,954,079.03	92.67	B
A000A-030	739	9.05	69,005.67	139,011.34	90,184,820.78	91.47	Critical	1.50	207,017.01	129,161,096.05	92.82	B
A000A-164	740	9.06	135,735.17	135,735.17	90,250,085.96	91.60	Critical	1.50	205,802.76	129,364,698.81	92.97	B
A000A-241	743	9.09	67,556.19	202,668.38	90,492,724.53	91.81	Standard	1.00	202,668.38	129,567,367.38	93.11	B
A000A-248	746	9.13	43,943.17	131,829.52	90,624,554.05	91.94	Critical	1.50	197,744.28	129,765,111.67	93.26	B
A000A-372	753	9.22	18,762.83	134,339.80	90,765,538.85	92.08	Critical	1.50	197,009.70	129,962,121.36	93.40	B
A000A-092	755	9.24	94,410.69	188,821.37	90,944,715.23	92.27	Standard	1.00	188,821.37	130,150,942.74	93.53	B
A000A-394	756	9.25	187,800.03	187,800.03	91,132,515.26	92.46	Standard	1.00	187,800.03	130,338,742.77	93.67	B
A000A-575	757	9.27	120,996.91	120,996.91	91,253,512.16	92.58	Critical	1.50	181,495.36	130,520,238.13	93.80	B
A000A-267	758	9.28	113,197.53	113,197.53	91,366,709.69	92.70	Critical	1.50	169,796.29	130,690,034.42	93.92	B
A000A-100	763	9.34	27,557.52	137,787.62	91,504,497.32	92.84	Important	1.20	165,345.15	130,855,379.57	94.04	B
A000A-215	764	9.35	107,108.42	107,108.42	91,611,605.74	92.95	Critical	1.50	160,662.63	131,016,042.20	94.15	B
A000A-098	768	9.40	32,097.94	128,391.76	91,739,997.50	93.08	Important	1.20	154,070.11	131,170,112.31	94.27	B
A000A-219	770	9.42	50,991.88	101,983.76	91,841,981.25	93.18	Critical	1.50	152,975.64	131,323,087.95	94.38	B
A000A-049	773	9.46	33,433.50	100,300.50	91,942,281.75	93.28	Critical	1.50	150,450.75	131,473,538.70	94.48	B
A000A-107	796	9.74	6,540.83	150,439.01	92,092,720.76	93.43	Standard	1.00	150,439.01	131,623,977.71	94.59	B
A000A-592	799	9.78	31,171.03	93,513.10	92,186,233.86	93.53	Critical	1.50	140,269.65	131,764,247.36	94.69	B
A000A-295	817	10.00	5,150.66	92,711.88	92,278,945.74	93.62	Critical	1.50	139,067.82	131,903,315.18	94.79	B
A000A-202	818	10.01	90,960.42	90,960.42	92,369,906.17	93.71	Critical	1.50	136,440.63	132,039,755.82	94.89	B
A000A-209	860	10.53	3,165.25	132,940.67	92,502,946.84	93.85	Standard	1.00	132,940.67	132,172,696.49	94.99	B
A000A-113	863	10.56	43,842.48	131,527.44	92,634,374.28	93.98	Standard	1.00	131,527.44	132,304,223.93	95.08	B
A000A-197	865	10.59	43,822.80	87,645.61	92,722,019.89	94.07	Critical	1.50	131,468.41	132,435,692.34	95.17	B
A000A-590	867	10.61	54,470.78	108,941.56	92,830,961.45	94.18	Important	1.20	130,729.88	132,566,422.22	95.27	B
A000A-245	869	10.64	42,543.16	85,086.32	92,916,047.77	94.27	Critical	1.50	127,629.48	132,694,051.70	95.36	B
A000A-201	872	10.67	27,948.75	83,846.25	92,999,894.02	94.35	Critical	1.50	125,769.37	132,819,821.07	95.45	B
A000A-006	889	10.88	6,095.59	103,624.98	93,103,519.00	94.46	Important	1.20	124,349.97	132,944,171.04	95.54	B
A000A-106	890	10.89	118,266.60	118,266.60	93,221,785.60	94.58	Standard	1.00	118,266.60	133,062,437.64	95.63	B
A000A-073	891	10.91	115,218.63	115,218.63	93,337,004.23	94.70	Standard	1.00	115,218.63	133,177,656.27	95.71	B
A000A-297	908	11.11	4,436.64	75,422.93	93,412,427.16	94.77	Critical	1.50	113,134.40	133,290,790.67	95.79	B
A000A-374	909	11.13	74,927.25	74,927.25	93,487,354.41	94.85	Critical	1.50	112,390.87	133,403,181.54	95.87	B
A000A-089	918	11.24	12,222.82	110,005.35	93,597,359.75	94.96	Standard	1.00	110,005.35	133,513,186.89	95.95	B
A000A-108	921	11.27	23,876.06	71,628.19	93,668,987.94	95.03	Critical	1.50	107,442.29	133,620,629.17	96.03	B
A000A-045	929	11.37	13,986.65	107,189.17	93,776,177.12	95.14	Standard	1.00	107,189.17	133,727,818.34	96.10	B

ตาราง 16 แสดงตัวอย่างขึ้นอะไหล่กลุ่ม C

Part ID	Cum (Qty)	Cum % (Qty)	Unit cost	Total cost 5 y	Cum (Cost)	Cum % (Cost)	Importance Level	Weight	Adjusted Cum Cost	Final Cum Cost	% Final Cum Cost	Group
A000A-029	930	11.38	68,812.93	68,812.93	93,844,990.05	95.21	Critical	1.50	103,219.40	133,831,037.74	96.18	C
A000A-096	931	11.40	67,937.43	67,937.43	93,912,927.48	95.28	Critical	1.50	101,906.15	133,932,943.89	96.25	C
A000A-184	932	11.41	82,573.72	82,573.72	93,995,501.20	95.36	Important	1.20	99,088.46	134,032,032.35	96.32	C
A000A-388	943	11.54	8,925.21	98,177.31	94,093,678.51	95.46	Standard	1.00	98,177.31	134,130,209.66	96.39	C
A000A-138	944	11.55	80,004.80	80,004.80	94,173,683.31	95.54	Important	1.20	96,005.76	134,226,215.42	96.46	C
A000A-205	946	11.58	31,937.78	63,875.57	94,237,558.87	95.61	Critical	1.50	95,813.35	134,322,028.77	96.53	C
A000A-135	948	11.60	39,753.06	79,506.12	94,317,065.00	95.69	Important	1.20	95,407.35	134,417,436.12	96.60	C
A000A-105	963	11.79	6,123.83	91,837.40	94,408,922.40	95.78	Standard	1.00	91,837.40	134,509,293.52	96.67	C
A000A-239	965	11.81	29,756.76	59,513.53	94,468,435.93	95.84	Critical	1.50	89,270.29	134,598,563.81	96.73	C
A000A-160	969	11.86	14,793.75	59,174.98	94,527,610.91	95.90	Critical	1.50	88,762.47	134,687,326.28	96.79	C
A000A-199	970	11.87	58,894.11	58,894.11	94,586,505.02	95.96	Critical	1.50	88,341.17	134,775,667.45	96.86	C
A000A-250	971	11.88	58,450.92	58,450.92	94,644,955.94	96.02	Critical	1.50	87,676.38	134,863,343.83	96.92	C
A000A-190	972	11.90	85,429.32	85,429.32	94,730,385.26	96.11	Standard	1.00	85,429.32	134,948,773.15	96.98	C
A000A-188	975	11.93	28,234.83	84,704.48	94,815,089.74	96.20	Standard	1.00	84,704.48	135,033,477.63	97.04	C
A000A-122	976	11.95	53,955.65	53,955.65	94,869,045.39	96.25	Critical	1.50	80,933.47	135,114,411.10	97.10	C
A000A-074	980	12.00	16,124.96	64,499.84	94,933,545.23	96.32	Important	1.20	77,399.81	135,191,810.91	97.16	C
A000A-212	983	12.03	25,762.35	77,287.05	95,010,832.28	96.39	Standard	1.00	77,287.05	135,269,097.97	97.21	C
A000A-044	984	12.04	49,255.52	49,255.52	95,060,757.81	96.44	Critical	1.50	74,888.29	135,343,986.25	97.27	C
A000A-402	1008	12.34	2,055.39	49,329.25	95,110,087.06	96.49	Critical	1.50	73,993.88	135,417,980.14	97.32	C
A000A-040	1010	12.36	34,450.52	68,901.05	95,175,288.11	96.56	Standard	1.00	68,901.05	135,486,881.18	97.37	C
A000A-186	1017	12.45	9,823.53	68,764.70	95,247,752.80	96.63	Standard	1.00	68,764.70	135,555,645.88	97.42	C
A000A-174	1018	12.46	67,380.73	67,380.73	95,315,133.54	96.70	Standard	1.00	67,380.73	135,623,026.61	97.47	C
A000A-175	1019	12.47	67,380.73	67,380.73	95,382,514.27	96.77	Standard	1.00	67,380.73	135,690,407.34	97.51	C
A000A-291	1024	12.53	11,046.27	55,231.33	95,437,745.60	96.83	Important	1.20	66,277.60	135,756,684.94	97.56	C
A000A-246	1025	12.55	42,592.15	42,592.15	95,480,288.76	96.87	Critical	1.50	63,814.74	135,820,499.68	97.61	C
A000A-153	1026	12.56	58,810.17	58,810.17	95,539,098.93	96.93	Standard	1.00	58,810.17	135,879,309.85	97.65	C
A000A-242	1027	12.57	57,451.68	57,451.68	95,596,550.61	96.99	Standard	1.00	57,451.68	135,936,761.53	97.69	C
A000A-381	1031	12.62	11,841.46	47,365.84	95,643,916.46	97.04	Important	1.20	56,939.01	135,993,600.54	97.73	C
A000A-053	1034	12.66	12,239.78	36,719.34	95,680,635.79	97.07	Critical	1.50	55,079.01	136,048,679.55	97.77	C
A000A-586	1035	12.67	36,534.11	36,534.11	95,717,149.90	97.11	Critical	1.50	54,771.16	136,103,450.71	97.81	C
A000A-407	1084	13.27	920.83	45,120.62	95,762,270.52	97.16	Important	1.20	54,144.74	136,157,595.45	97.85	C
A000A-255	1085	13.28	36,068.50	36,068.50	95,798,339.02	97.19	Critical	1.50	54,102.75	136,211,698.20	97.89	C
A000A-375	1093	13.38	6,545.15	52,361.23	95,850,700.25	97.25	Standard	1.00	52,361.23	136,264,059.43	97.93	C
A000A-417	1094	13.39	52,080.00	52,080.00	95,902,780.25	97.30	Standard	1.00	52,080.00	136,316,139.43	97.96	C
A000A-043	1096	13.41	25,752.33	51,504.66	95,954,284.91	97.35	Standard	1.00	51,504.66	136,367,644.10	98.00	C
A000A-271	1098	13.44	16,194.40	32,388.80	95,986,673.71	97.38	Critical	1.50	48,583.20	136,416,227.30	98.04	C
A000A-376	1102	13.49	12,128.12	45,712.47	96,038,186.18	97.43	Standard	1.00	48,512.47	136,464,739.77	98.07	C
A000A-567	1103	13.50	47,897.44	47,897.44	96,083,083.63	97.48	Standard	1.00	47,897.44	136,513,637.21	98.10	C
A000A-084	1104	13.51	30,968.26	30,968.26	96,114,051.88	97.51	Critical	1.50	46,452.38	136,559,089.59	98.14	C
A000A-169	1107	13.55	14,894.59	44,883.78	96,158,735.67	97.56	Standard	1.00	44,883.78	136,603,773.38	98.17	C
A000A-569	1114	13.64	5,933.40	41,533.80	96,203,269.47	97.60	Standard	1.00	41,533.80	136,645,307.18	98.20	C
A000A-556	1129	13.82	2,676.38	40,145.68	96,240,415.15	97.64	Standard	1.00	40,145.68	136,685,452.86	98.23	C
A000A-191	1131	13.84	19,661.76	39,323.51	96,279,738.66	97.68	Standard	1.00	39,323.51	136,724,776.37	98.26	C
A000A-176	1132	13.86	39,103.03	39,103.03	96,318,841.69	97.72	Standard	1.00	39,103.03	136,763,879.40	98.29	C
A000A-048	1133	13.87	36,573.61	36,573.61	96,357,415.30	97.76	Standard	1.00	36,573.61	136,802,453.01	98.31	C
A000A-570	1134	13.88	25,299.70	25,299.70	96,382,714.99	97.79	Critical	1.50	37,949.54	136,840,402.55	98.34	C
A000A-232	1135	13.89	37,936.55	37,936.55	96,420,651.54	97.82	Standard	1.00	37,936.55	136,878,339.10	98.37	C
A000A-007	1157	14.16	1,422.67	51,298.72	96,451,950.26	97.86	Important	1.20	37,588.95	136,915,897.56	98.39	C
A000A-149	1168	14.30	2,274.10	25,015.08	96,476,965.34	97.88	Critical	1.50	37,622.62	136,953,420.18	98.42	C
A000A-101	1170	14.32	15,628.75	31,257.49	96,508,222.83	97.91	Important	1.20	37,508.99	136,990,929.17	98.45	C
A000A-589	1173	14.36	10,390.34	31,471.03	96,539,393.86	97.94	Important	1.20	37,408.24	137,028,334.41	98.48	C
A000A-591	1174	14.37	31,171.03	31,171.03	96,570,564.89	97.98	Important	1.20	37,405.24	137,065,739.65	98.50	C
A000A-065	1179	14.43	4,782.17	23,910.86	96,594,478.75	98.00	Critical	1.50	35,866.29	137,101,605.93	98.53	C
A000A-038	1188	14.54	3,875.98	35,792.83	96,630,268.58	98.04	Standard	1.00	35,792.83	137,137,398.77	98.55	C
A000A-573	1193	14.60	6,715.84	31,579.20	96,663,247.78	98.07	Standard	1.00	33,579.20	137,170,977.97	98.58	C
A000A-211	1194	14.61	33,491.06	33,491.06	96,697,338.85	98.11	Standard	1.00	33,491.06	137,204,469.03	98.60	C
A000A-228	1196	14.64	16,648.31	33,246.63	96,730,638.47	98.14	Standard	1.00	33,246.63	137,237,765.66	98.63	C
A000A-226	1210	14.81	2,358.69	33,021.67	96,763,657.15	98.17	Standard	1.00	33,021.67	137,270,787.33	98.65	C
A000A-111	1220	14.93	3,291.65	32,916.54	96,795,573.69	98.21	Standard	1.00	32,916.54	137,303,703.87	98.67	C
A000A-494	1236	15.13	2,013.63	32,218.12	96,828,791.81	98.24	Standard	1.00	32,218.12	137,335,921.99	98.70	C
A000A-539	1320	16.16	364.73	30,637.10	96,859,428.91	98.27	Standard	1.00	30,637.10	137,366,559.09	98.72	C
A000A-095	1328	16.25	3,133.67	25,069.33	96,884,498.24	98.30	Important	1.20	30,083.19	137,396,642.28	98.74	C
A000A-025	1329	16.27	29,321.30	29,321.30	96,913,819.54	98.32	Standard	1.00	29,321.30	137,425,963.58	98.76	C
A000A-603	1336	16.35	4,150.33	29,052.31	96,942,871.84	98.35	Standard	1.00	29,052.31	137,455,015.89	98.78	C
A000A-596	1346	16.47	2,901.65	29,016.50	96,971,888.34	98.38	Standard	1.00	29,016.50	137,484,032.39	98.80	C
A000A-598	1356	16.60	2,821.81	28,218.06	97,000,106.40	98.41	Standard	1.00	28,218.06	137,512,250.45	98.82	C
A000A-222	1382	16.92	1,068.04	27,768.96	97,027,875.36	98.44	Standard	1.00	27,768.96	137,540,019.40	98.84	C
A000A-408	1393	17.05	2,077.54	22,852.97	97,050,728.33	98.46	Important	1.20	27,423.56	137,567,442.97	98.86	C
A000A-361	1405	17.20	2,241.05	26,892.62	97,077,620.95	98.49	Standard	1.00	26,892.62	137,594,335.59	98.88	C
A000A-050	1406	17.21	17,853.21	17,853.21	97,095,474.16	98.51	Critical	1.50	26,779.82	137,621,115.41	98.90	C
A000A-422	1410	17.26	6,448.00	25,792.00	97,121,266.16	98.54	Standard	1.00	25,792.00	137,646,907.41	98.92	C
A000A-412	1412	17.28	10,149.66	20,299.32	97,141,865.48	98.56	Important	1.20	24,359.18	137,671,266.59	98.94	C
A000A-587	1415	17.32	8,008.75	24,026.26	97,165,591.75	98.58	Standard	1.00	24,026.26	137,695,292.86	98.95	C
A000A-399	1418	17.36	7,749.70	23,249.11	97,188,840.85	98.60	Standard	1.00	23,249.11	137,718,541.96	98.97	C
A000A-420	1429	17.49	2,047.82	22,526.05	97,211,366.90	98.63	Standard	1.00	22,526.05	137,741,068.02	98.99	C
A000A-198	1430	17.50	18,754.76	18,754.76	97,230,121.67	98.65	Important	1.20	22,505.72	137,763,573.73	99.00	C
A000A-075	1432	17.53	9,375.33	18,750.66	97,248,872.33	98.66	Important	1.20	22,500.79	137,786,074.52	99.02	C
A000A-081	1433	17.54	22,423.50	22,423.50	97,271,295.83	98.69	Standard	1.00	22,423.50	137,808,498.03	99.04	C
A00												

ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์ ABC กับประเภทของชิ้นอะไหล่

เพื่อนำเสนอความเชื่อมโยงที่พบในผลการจัดลำดับความสำคัญชิ้นอะไหล่ด้วยการวิเคราะห์ ABC Analysis กับประเภทของชิ้นอะไหล่ จึงได้จัดทำตารางสรุปจำนวนและสัดส่วนของอะไหล่แต่ละประเภท ได้แก่ Rotable, Repairable และ Expendable ที่ปรากฏในชิ้นอะไหล่กลุ่ม A B และ C เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์และวางแผนทางการบริหารสินค้าคงคลังอย่างเหมาะสม ข้อมูลดังเสนอในตารางต่อไปนี้

ตาราง 17 สรุปจำนวนและสัดส่วนของอะไหล่แต่ละประเภท

Group	Spare Part Classification	Count	% of Total
A (58 Item)	Rotable	7	1.17%
	Repairable	51	8.50%
	Expandable	0	0.00%
B (62 Item)	Rotable	0	0.00%
	Repairable	56	9.33%
	Expandable	6	1.00%
C (480 Item)	Rotable	0	0.00%
	Repairable	47	7.83%
	Expandable	433	72.17%
Total		600	100.00%

จากผลการวิเคราะห์ ABC Analysis เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลประเภทของชิ้นอะไหล่ พบว่าในกลุ่ม A มีชิ้นอะไหล่ประเภท Rotable จำนวน 7 รายการ (1.17%) ซึ่งเป็นชิ้นอะไหล่ที่มีมูลค่าสูงที่สุด และเป็นชิ้นอะไหล่ประเภทที่มีความสำคัญที่สุดมีผลต่อความปลอดภัยในการบิน และมีชิ้นอะไหล่ประเภท Repairable ส่วนที่มีอัตราการใช้งานสูง จำนวน 51 รายการ (8.50%) ต่อไปในชิ้นอะไหล่กลุ่ม B มีชิ้นอะไหล่ประเภท Repairable 56 รายการ (9.33%) และมี Expendable ส่วนที่มีอัตราการใช้งานมาก เท่ากับ 6 รายการ (1%) ขณะที่กลุ่ม C พบชิ้นอะไหล่ประเภท Repairable ส่วนที่มีอัตราการใช้งานน้อย จำนวน 47 รายการ และในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นอะไหล่ประเภท Expendable มากถึง 433 รายการ คิดเป็น 72.17% ของชิ้นอะไหล่ทั้งหมด ซึ่งเป็นอะไหล่ที่มีมูลค่าต่ำเมื่อเกิดการชำรุดไม่สามารถซ่อมแซมได้

ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ชิ้นอะไหล่ประเภท Rotable ซึ่งมีมูลค่าสูงและมีความสำคัญต่อความปลอดภัย มักถูกพบในกลุ่ม A เป็นหลัก ในส่วนของอะไหล่ประเภท Repairable พบมากในกลุ่ม A และ B ซึ่งมีระดับการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ส่วนอะไหล่ประเภท Expendable ซึ่งมีราคาต่ำและไม่สามารถซ่อมแซมแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ส่วนใหญ่พบอยู่ในกลุ่ม C ลักษณะการจัดกลุ่มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงระดับความสำคัญและแนวทางการบริหารสินค้าคงคลังที่ควรแตกต่างกันตามประเภทและกลุ่มของชิ้นอะไหล่

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธีที่ใช้ปัจจุบัน และการพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัย

1. การพยากรณ์ด้วยวิธีที่ใช้ปัจจุบัน (Moving average 3 period)

จากข้อมูลในตารางที่ 9 (หน้า 78) ในบทที่ 4 ซึ่งแสดงผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปัจจุบันของชิ้นอะไหล่กลุ่ม A ทั้งหมด 58 รายการไปแล้ว ในที่นี้จึงขอยกตัวอย่างการคำนวณการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธีดังกล่าวจำนวน 1 รายการ เพื่อแสดงให้เห็นวิธีการคำนวณ โดยตัวอย่างการคำนวณขอใช้ข้อมูลของชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งชิ้นอะไหล่รายการดังกล่าวมีข้อมูลการใช้งานย้อนหลัง 5 ปี คือปี ค.ศ. 2018–2022 และความต้องการในแต่ละปีคือ 7, 8, 6, 9, และ 8 ชิ้นตามลำดับ สามารถคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\hat{x}_t = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

โดยที่

\hat{x}_t = ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา t

x_i = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลาที่ i

n = ช่วงเวลาในอดีตที่สนใจ

ตัวอย่าง การพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งกำหนดให้การพยากรณ์ให้ความสนใจช่วงเวลา 3 ปี ย้อนหลัง โดยผลการพยากรณ์ของปี ค.ศ. 2023 จะมีปริมาณความต้องการใช้ชิ้นอะไหล่เมื่อพิจารณาข้อมูล 3 ปี ย้อนหลังคือ

$$\begin{aligned}\hat{x}_t &= \frac{6+9+8}{3} \\ &= 7.67 \text{ ชิ้น}\end{aligned}$$

ตาราง 18 ตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

ปี	จำนวนการใช้งานย้อนหลัง (ชิ้น/ปี)	ค่าพยากรณ์เมื่อ $n = 3$
2018	7	
2019	8	
2020	6	
2021	9	7.00
2022	8	7.67
2023		7.67

จากข้อมูลในตารางที่ 18 ผลการพยากรณ์ความต้องการชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ในปี ค.ศ. 2023 มีค่าเท่ากับ 7.67 ชิ้นต่อปี จากนั้นทำขั้นตอนการคำนวณดังกล่าวให้ครบทั้ง 58 รายการ

2. การคำนวณหารูปแบบความต้องการ

ก่อนที่จะทำการพยากรณ์โดยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยจะต้องทราบรูปแบบความต้องการของชิ้นอะไหล่แต่ละรายการเสียก่อน ในการวิเคราะห์หารูปแบบความต้องการดังกล่าวงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวชี้วัดในการจำแนกประเภทของความต้องการคือ ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาระหว่างการเกิดความต้องการต่อเนื่อง (Average Demand Interval :ADI) และค่าสัดส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของปริมาณความต้องการที่ไม่เป็นศูนย์ต่อค่าเฉลี่ยของตัวเอง (Squared Coefficient of Variation :CV²) โดยจะใช้ข้อมูลประวัติการใช้ชิ้นอะไหลೆಯ้อนหลัง 5 ปี มาใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีเกณฑ์การจำแนกความต้องการตามค่าตัวชี้วัดดังนี้

ADI ≤ 1.32 และ CV² ≤ 0.49 คือรูปแบบความต้องการแบบ Smooth Demand

ADI ≤ 1.32 และ CV² > 0.49 คือรูปแบบความต้องการแบบ Intermittent Demand

ADI > 1.32 และ CV² ≤ 0.49 คือรูปแบบความต้องการแบบ Erratic Demand

ADI > 1.32 และ CV² > 0.49 คือรูปแบบความต้องการแบบ Lumpy Demand

โดยวิธีการคำนวณ สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง การคำนวณหารูปแบบความต้องการ ของรายการชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 ซึ่งชิ้นอะไหล่รายการดังกล่าวมีข้อมูลการใช้งานย้อนหลัง 5 ปี คือปี ค.ศ. 2018–2022 และความต้องการในแต่ละปีคือ 7, 8, 6, 9, และ 8 ตามลำดับ

เริ่มจากการคำนวณหาค่า ADI ในกรณีตัวอย่างนี้มีความต้องการทุกปีติดต่อกัน (ไม่มีเป็นศูนย์) แสดงว่าการเกิดความต้องการต่อเนื่องทุกงวด สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$ADI = \frac{\text{จำนวนงวดทั้งหมด}}{\text{จำนวนครั้งที่เกิดความต้องการ}}$$

จากข้อมูลของชิ้นอะไหล่ตัวอย่าง

$$\text{จำนวนงวดทั้งหมด} = 5 \text{ งวด (2018 - 2022)}$$

$$\text{จำนวนครั้งที่เกิดความต้องการ} = 5 \text{ ครั้ง}$$

ดังนั้น

$$ADI = \frac{5}{5} = 1$$

จากผลการคำนวณค่า ADI ของชิ้นอะไหล่รายการดังกล่าวจึงมีค่าเท่ากับ 1

เมื่อได้ค่า ADI แล้วขั้นตอนต่อไปทำการคำนวณค่า CV^2 สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i^n - d_i)^2}{N}}}{d_i}$$

โดยที่

N = จำนวนช่วงเวลาที่มีความต้องการไม่เป็นศูนย์

d_i^n = ปริมาณความต้องการในช่วงเวลาที่ t

d_i = ค่าเฉลี่ยของความต้องการในช่วงเวลาที่ไม่เป็นศูนย์

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการหาค่าเฉลี่ยของความต้องการในช่วงเวลาที่ไม่เป็นศูนย์ (d_i)

$$d_i = \frac{7+8+6+9+8}{5} = 7.6$$

ขั้นตอนที่ 2 แทนค่าในสมการ

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{(7-7.6)^2 + (8-7.6)^2 + (6-7.6)^2 + (9-7.6)^2 + (8-7.6)^2}{5}}}{7.6}$$

$$CV = 0.134$$

ขั้นตอนที่ 3 นำค่า CV ยกกำลัง 2

$$CV^2 = (0.134)^2 \approx 0.018$$

จากผลการคำนวณค่า CV^2 ของชิ้นอะไหล่รายการดังกล่าวจึงมีค่าเท่ากับ 0.018

หลังจากได้ค่า ADI และ CV^2 แล้ว นำค่าไปเทียบตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ข้างต้นจากค่าที่คำนวณได้ของชิ้นอะไหล่รายการดังกล่าว $ADI = 1$, $CV^2 = 0.018$ นำค่าไปเทียบกับเกณฑ์

เกณฑ์การจำแนกความต้องการ (หน้า 107) จึงได้ผลว่าชิ้นอะไหล่รายการดังกล่าวมีรูปแบบความต้องการแบบ Smooth Demand ($ADI \leq 1.32$ และ $CV^2 \leq 0.49$) โดยผลการคำนวณหา รูปแบบความต้องการของชิ้นอะไหล่กลุ่ม A ทั้งหมดได้ผลตามตารางต่อไปนี้

ตาราง 19 แสดงผลการคำนวณรูปแบบความต้องการและการวิเคราะห์แจกแจงความต้องการของชิ้นอะไหล่กลุ่ม A

Item	Part ID	2018	2019	2020	2021	2022	ADI	CV ²	Demand Pattern	Distribution
1	A000A-119	1	2	1	0	0	1.667	0.125	Intermittent	Normal
2	A000A-253	2	1	0	0	1	1.667	0.125	Intermittent	Normal
3	A000A-593	0	0	1	5	2	1.667	0.406	Intermittent	Normal
4	A000A-151	1	0	0	0	0	5.000	0.000	Intermittent	Normal
5	A000A-152	0	0	1	0	0	5.000	0.000	Intermittent	Normal
6	A000A-235	3	0	1	0	0	2.500	0.250	Intermittent	Normal
7	A000A-161	4	6	2	5	4	1.000	0.100	Smooth	Normal
8	A000A-221	5	0	1	1	0	1.667	0.653	Lumpy	Normal
9	A000A-296	2	5	3	4	1	1.000	0.222	Smooth	Normal
10	A000A-146	2	0	1	0	0	2.500	0.111	Intermittent	Normal
11	A000A-238	1	1	0	0	0	2.500	0.000	Intermittent	Normal
12	A000A-371	1	1	0	0	0	2.500	0.000	Intermittent	Normal
13	A000A-208	1	0	0	0	1	2.500	0.000	Intermittent	Normal
14	A000A-120	0	1	1	1	0	1.667	0.000	Intermittent	Normal
15	A000A-216	0	2	1	0	0	2.500	0.111	Intermittent	Normal
16	A000A-406	7	0	0	4	2	1.667	0.225	Intermittent	Normal
17	A000A-218	0	0	0	1	0	5.000	0.000	Intermittent	Normal
18	A000A-581	0	0	0	1	1	2.500	0.000	Intermittent	Normal
19	A000A-584	0	0	0	1	1	2.500	0.000	Intermittent	Normal
20	A000A-582	0	0	0	0	2	5.000	0.000	Intermittent	Normal
21	A000A-259	0	0	1	0	1	2.500	0.000	Intermittent	Normal
22	A000A-244	0	0	1	0	1	2.500	0.000	Intermittent	Normal
23	A000A-086	0	0	0	1	1	2.500	0.000	Intermittent	Normal
24	A000A-072	0	0	0	2	0	5.000	0.000	Intermittent	Normal
25	A000A-005	1	0	2	0	0	2.500	0.111	Intermittent	Normal
26	A000A-217	0	2	1	0	0	2.500	0.111	Intermittent	Normal
27	A000A-247	1	1	1	0	0	1.667	0.000	Intermittent	Normal
28	A000A-266	9	8	4	8	4	1.000	0.107	Smooth	Normal
29	A000A-272	6	0	1	6	4	1.250	0.232	Smooth	Normal
30	A000A-129	7	8	6	9	8	1.000	0.018	Smooth	Normal
31	A000A-093	0	0	0	0	8	5.000	0.000	Intermittent	Normal
32	A000A-094	0	0	0	0	8	5.000	0.000	Intermittent	Normal
33	A000A-019	1	0	0	0	0	5.000	0.000	Intermittent	Normal
34	A000A-585	0	0	3	1	0	2.500	0.250	Intermittent	Normal
35	A000A-114	0	2	0	1	1	1.667	0.125	Intermittent	Normal

Item	Part ID	2018	2019	2020	2021	2022	ADI	CV ²	Demand Pattern	Distribution
36	A000A-121	3	0	1	0	0	2.500	0.250	Intermittent	Normal
37	A000A-576	2	0	2	0	0	2.500	0.000	Intermittent	Normal
38	A000A-400	1	0	3	0	1	1.667	0.320	Intermittent	Normal
39	A000A-243	2	1	1	1	0	1.250	0.120	Smooth	Normal
40	A000A-373	2	3	5	3	4	1.000	0.090	Smooth	Normal
41	A000A-085	0	0	2	1	2	1.667	0.080	Intermittent	Normal
42	A000A-237	2	2	0	1	0	1.667	0.080	Intermittent	Normal
43	A000A-088	0	0	4	5	0	2.500	0.012	Intermittent	Normal
44	A000A-128	7	8	6	9	8	1.000	0.018	Smooth	Normal
45	A000A-189	0	3	6	2	2	1.250	0.254	Smooth	Normal
46	A000A-261	0	0	0	2	2	2.500	0.000	Intermittent	Normal
47	A000A-134	1	1	3	3	2	1.000	0.200	Smooth	Normal
48	A000A-207	4	2	1	2	2	1.000	0.198	Smooth	Exponential
49	A000A-265	6	7	6	7	6	1.000	0.006	Smooth	Normal
50	A000A-182	9	12	7	6	1	1.000	0.269	Smooth	Normal
51	A000A-370	5	2	2	1	12	1.000	0.839	Erratic	Normal
52	A000A-180	0	0	10	0	0	5.000	0.000	Intermittent	Normal
53	A000A-488	10	0	0	0	0	5.000	0.000	Intermittent	Normal
54	A000A-203	3	8	3	5	4	1.000	0.163	Smooth	Normal
55	A000A-256	2	2	5	5	3	1.000	0.159	Smooth	Normal
56	A000A-017	3	2	3	3	2	1.000	0.036	Smooth	Normal
57	A000A-395	1	3	0	2	1	1.250	0.224	Smooth	Normal
58	A000A-588	10	7	9	4	5	1.000	0.106	Smooth	Normal

จากข้อมูลในตาราง 19 สามารถสรุปข้อมูลรูปแบบความต้องการของชิ้นอะไหล่กลุ่ม A ได้ดังตารางต่อไป

ตาราง 20 สรุปผลรูปแบบความต้องการของชิ้นอะไหล่กลุ่ม A จำนวน 58 รายการ

Demand Pattern	Count of item	Percentage (%)
Intermittent Demand	38	65.52
Smooth Demand	18	31.03
Erratic Demand	1	1.72
Lumpy Demand	1	1.72

จากข้อมูลในตารางที่ 20 แสดงการสรุปจำนวนชิ้นส่วนอะไหล่ที่จัดแบ่งตามรูปแบบความต้องการ (Demand Pattern) โดยจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะของความต้องการ จากข้อมูลพบว่าอะไหล่ที่มีลักษณะความต้องการแบบ Intermittent มีจำนวนมากที่สุดคือ 38 รายการ คิดเป็น 65.52% ของรายการทั้งหมด รองลงมาคือประเภท Smooth จำนวน 18 รายการ หรือคิดเป็น 31.03% ขณะที่ประเภท Erratic และ Lumpy มีจำนวนเพียงประเภทละ 1 รายการ คิดเป็นสัดส่วนเท่ากันที่ 1.72% ซึ่งถือเป็นกลุ่มที่มีจำนวนและสัดส่วนน้อยที่สุด

3. วิธีพยากรณ์ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย

เมื่อได้ผลของรูปแบบความต้องการของชิ้นอะไหล่แต่ละรายการแล้ว จะนำชิ้นอะไหล่ไปทำการพยากรณ์ ดังต่อไปนี้

3.1 ทำการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี แล้วเลือกใช้ผลการพยากรณ์จากวิธีที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อน MSE น้อยที่สุด โดยตัวอย่างการพยากรณ์ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการของชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-161 ที่มีความต้องการรูปแบบ Smooth Demand ชิ้นอะไหล่รายการดังกล่าวมีข้อมูลการใช้งานย้อนหลัง 5 ปี (ค.ศ.2018–2022) ความต้องการในแต่ละปีคือ 4, 6, 2, 5 และ 4 ตามลำดับ โดยการพยากรณ์แต่ละวิธีจะคำนวณดังตัวอย่างดังต่อไปนี้

3.1.1 ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธี Moving average สามารถคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\hat{x}_t = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

โดยที่

\hat{x}_t = ค่าความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อเวลา t

x_i = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลาที่ i

n = ช่วงเวลาในอดีตที่สนใจ

ตัวอย่างวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

การพยากรณ์ด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) กำหนดให้การพยากรณ์มีความสนใจช่วงเวลา 3 ปี ย้อนหลัง โดยจากชุดข้อมูลสามารถทำการพยากรณ์ได้ 3 ปี คือ ค.ศ. 2021, 2022 และ 2023

$$\begin{aligned}\hat{x}_{(2021)} &= \frac{4 + 6 + 2}{3} \\ &= 4.00 \text{ ชิ้น}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{x}_{(2022)} &= \frac{6 + 2 + 5}{3} \\ &= 4.33 \text{ ชิ้น}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{x}_{(2023)} &= \frac{2 + 5 + 4}{3} \\ &= 3.67 \text{ ชิ้น}\end{aligned}$$

เมื่อได้ผลพยากรณ์แล้ว ก็จะนำผลการพยากรณ์มาทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่าความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในปี 2021 และปี 2022 โดยใช้วิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.16 ต่อไปนี้

$$\text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย} = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}$$

เมื่อ

x_t = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลา t

\hat{x}_t = ค่าพยากรณ์เมื่อเวลา t

N = ช่วงเวลาค่าพยากรณ์ที่ต้องการเปรียบเทียบ

วิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

ปี 2021

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 5 ชั้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4 ชั้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง} &= (5 - 4)^2 \\ &= (1)^2 \\ &= 1 \end{aligned}$$

ปี 2022

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 4 ชั้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4.33 ชั้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง} &= (4 - 4.33)^2 \\ &= (-0.33)^2 \\ &= 0.11 \end{aligned}$$

ปี 2023 ไม่นำมาคำนวณเนื่องจากในสถานการณ์จริงเมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนชั้นอะไหล่ที่ต้องใช้ในปีถัดไปจะยังไม่ทราบค่าจริงเกิดขึ้น

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปี 2021 - 2022 สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย} &= \frac{1 + 0.11}{2} \\ &= 0.56 \end{aligned}$$

เมื่อนำข้อมูลมาเขียนในรูปแบบตารางจะได้ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 21 แสดงตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธี Moving Average

year	Actual	Forecasting	MSE
2018	4		
2019	6		
2020	2		
2021	5	4.00	1.00
2022	4	4.33	0.11
2023		3.67	
Average MSE			0.56

ดังนั้นค่าพยากรณ์ด้วยวิธี Moving average ชิ้นอะไหล่ Part ID A000A-161 ในปี 2023 เท่ากับ 3.67 ชิ้น และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยย้อนหลังของค่าพยากรณ์ปี ค.ศ. 2021 – 2022 เท่ากับ 0.56 (ค่านี้จะใช้เปรียบเทียบเพื่อเลือกค่าพยากรณ์สำหรับวิธีพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัย)

3.1.2 ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธี Exponential Smoothing ในที่นี้จะยกตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการของชิ้นอะไหล่เดียวกันในข้อ 3.1.1 สามารถคำนวณจากสมการที่ 2.5 ต่อไปนี้

$$\hat{x}_{t+1} = \alpha x_t + (1 - \alpha) \hat{x}_t$$

โดยกำหนด Forecast ของปีแรก (ปี 2018) ให้เท่ากับ Actual ปีแรกเสมอ

$$\hat{x}_{2018} = x_{2018}$$

ทำการทดสอบค่า α ทั้งหมด 21 ค่า ตั้งแต่ 0.00, 0.05, 0.10, ..., 1.00 โดยค่าแต่ละตัวจะคำนวณค่าพยากรณ์ (\hat{x}) ของปี ค.ศ. 2019, 2020, 2021 และ 2022 แล้วทำการวัดค่าความคลาดเคลื่อน (MSE) นำมาเทียบกับค่าจริงของปี ค.ศ. 2019-2022 จากนั้นนำค่าความคลาดเคลื่อนของทุกค่ามาเปรียบเทียบว่าค่า α ไหนให้ค่าต่ำที่สุด โดยขั้นตอนการคำนวณในที่นี้ขอแสดงตัวอย่างจากการคำนวณจากค่า α แรกที่ใช้คำนวณคือ 0.00 ส่วนค่า α อื่น ๆ จะถูกคำนวณด้วยวิธีเดียวกัน

ตัวอย่างการคำนวณจากค่า $\alpha = 0.00$

ปี 2018

$$\begin{aligned}\hat{x}_{201} &= x_{2018} \\ &= 4\end{aligned}$$

ปี 2019

$$\begin{aligned}\hat{x}_{201} &= \alpha x_{2018} + (1 - \alpha) \hat{x}_{201} \\ &= (0 \times 4) + (1 \times 4) \\ &= 0 + 4 \\ &= 4.00\end{aligned}$$

ปี 2020

$$\begin{aligned}\hat{x}_{2020} &= \alpha x_{2019} + (1 - \alpha) \hat{x}_{2019} \\ &= (0 \times 6) + (1 \times 4) \\ &= 0 + 4 \\ &= 4\end{aligned}$$

ปี 2021

$$\begin{aligned}\hat{x}_{2021} &= \alpha x_{2020} + (1 - \alpha) \hat{x}_{2020} \\ &= (0 \times 2) + (1 \times 4) \\ &= 0 + 4 \\ &= 4\end{aligned}$$

ปี 2022

$$\begin{aligned}\hat{x}_{2022} &= \alpha x_{2021} + (1 - \alpha) \hat{x}_{2021} \\ &= (0 \times 5) + (1 \times 4) \\ &= 0 + 4 \\ &= 4\end{aligned}$$

ปี 2023

$$\begin{aligned}\hat{x}_{2023} &= \alpha x_{2022} + (1 - \alpha) \hat{x}_{2022} \\ &= (0 \times 4) + (1 \times 4) \\ &= 0 + 4 \\ &= 4\end{aligned}$$

หลังจากนั้น ทำการคำนวณหาความคลาดเคลื่อน (MSE) 2022 โดยใช้วิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.16 เช่นเดียวกับข้อ 3.1.1 ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย} = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}$$

เมื่อ

x_t = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลา t

\hat{x}_t = ค่าพยากรณ์เมื่อเวลา t

N = ช่วงเวลาค่าพยากรณ์ที่ต้องการเปรียบเทียบ

ตัวอย่างวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

ปี 2019

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 6 ชั้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4 ชั้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง} &= (6 - 4)^2 \\ &= (2)^2 \\ &= 4 \end{aligned}$$

ปี 2020

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 2 ชั้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4 ชั้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง} &= (2 - 4)^2 \\ &= (-2)^2 \\ &= 4 \end{aligned}$$

ปี 2021

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 5 ชั้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4 ชั้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง} &= (5 - 4)^2 \\ &= (1)^2 \\ &= 1 \end{aligned}$$

ปี 2022

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 4 ขึ้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4 ขึ้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง} &= (4 - 4)^2 \\ &= (0)^2 \\ &= 0 \end{aligned}$$

ปี 2023 ไม่นำมาคำนวณเนื่องจากในสถานการณ์จริงเมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนขึ้นอะไหล่ที่ต้องใช้ในปีถัดไปจะยังไม่ทราบค่าจริงเกิดขึ้น

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปี 2019 - 2022 สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย} &= \frac{4 + 4 + 1 + 0}{4} \\ &= 2.25 \end{aligned}$$

เมื่อนำข้อมูลมาเขียนในรูปแบบตารางจะได้ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 22 แสดงตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธี Exponential Smoothing ด้วยค่า alpha เท่ากับ 0.00

year	Actual	Forecasting	MSE
2018	4		
2019	6	4	4
2020	2	4	4
2021	5	4	1
2022	4	4	0
2023		4	
Average MSE			2.25

หลังจากนั้นทำซ้ำทุกขั้นตอนในข้อ 3.1.2 โดยเปลี่ยนค่า α อื่น ๆ (0.00, 0.05, 0.10, ..., 1.00) จากนั้นเลือกผลการพยากรณ์ที่ให้ค่า MSE น้อยที่สุด ตัวอย่างผลการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (MSE) ของค่า α อื่น ๆ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 23 แสดงค่า α ทุกค่า และค่า MSE ที่คำนวณได้จากวิธี Exponential Smoothing

Alpha	MSE	Alpha	MSE	Alpha	MSE
0.00	2.25	0.35	3.22	0.70	4.91
0.05	2.36	0.40	3.41	0.75	5.25
0.10	2.47	0.45	3.61	0.80	5.61
0.15	2.60	0.50	3.83	0.85	6.02
0.20	2.74	0.55	4.07	0.90	6.46
0.25	2.89	0.60	4.32	0.95	6.96
0.30	3.05	0.65	4.60	1.00	7.50

จากข้อมูลในตาราง 23 แสดงให้เห็นว่าค่า α เท่ากับ 0.00 ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดคือ 2.25 ดังนั้นจึงเลือกค่าพยากรณ์จากค่า α ดังกล่าว เท่ากับ 4 ชั้น และมีค่า MSE เท่ากับ 2.25 เป็นค่าพยากรณ์และค่าความคลาดเคลื่อนของวิธี Exponential smoothing เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีอื่นๆ

3.1.3 ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธี Croston's Method ในที่นี้จะยกตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการของชิ้นอะไหล่เดียวกันในข้อ 3.11 สามารถคำนวณจากสมการที่ 2.9, 2.10 และ 2.11 ดังต่อไปนี้

สำหรับขนาดของความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ (Y_t) ใช้สมการ

$$Y_t = \alpha X_{t-1} + (1-\alpha) Y_{t-1}$$

สำหรับช่วงระยะเวลาระหว่างการใช้งานที่มีค่าไม่ใช่ศูนย์ (P_t) ใช้สมการ

$$P_t = \alpha Q_{t-1} + (1-\alpha) P_{t-1}$$

หลังจากได้ค่า Y_t และ P_t แล้วจะทำการคำนวณค่าพยากรณ์สุดท้าย โดยค่าพยากรณ์สุดท้าย F_t จะถูกคำนวณจากอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยความต้องการที่ค่าไม่ใช่ศูนย์และช่วงระยะเวลาของความถี่ที่ค่าไม่ใช่ศูนย์ โดยคำนวณจากสมการดังนี้

$$F_t = \frac{Y_t}{P_t}$$

ตัวอย่างวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าเริ่มต้นเพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณ

ปี 2019

เนื่องจากเป็นปีแรกที่มีความต้องการเกิดขึ้น จึงใช้ค่าต่อไปนี้เป็นจุดเริ่มต้นในการคำนวณ โดยกำหนดดังนี้

ความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในปี 2018 คือ 4

ดังนั้นจึงกำหนดค่าเฉลี่ยความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาที่ผ่านมา $Y_{2019} = 4$

ค่าเริ่มต้นของ ช่วงเวลาระหว่างความต้องการ (เริ่มต้นให้เท่ากับ 1) $P_{2019} = 1$

คำนวณค่าพยากรณ์ของปี 2019 จากสมการ

$$F_{2019} = \frac{Y_{2019}}{P_{2019}}$$

$$= \frac{4}{1}$$

$$F_{2019} = 4$$

ปี 2020 ($x_{2019} = 6$)

จำนวนช่วงเวลาที่ผ่านมาตั้งแต่ความต้องการที่ไม่ใช้ศูนย์ครั้งล่าสุด $Q = 1$

$$Y_{2020} = \alpha x_{2019} + (1 - \alpha) y_{2019}$$

$$= (0.1 \times 6) + (0.9 \times 4)$$

$$= 0.6 + 3.6$$

$$= 4.20$$

$$P_{2020} = \alpha Q_{2019} + (1 - \alpha) P_{2019}$$

$$= (0.1 \times 1) + (0.9 \times 1)$$

$$= 1$$

$$\begin{aligned}
 F_{2020} &= \frac{Y_{2020}}{P_{2020}} \\
 &= \frac{4.20}{1} \\
 &= 4.2
 \end{aligned}$$

ปี 2021 ($x_{2020} = 2$)

จำนวนช่วงเวลาที่ผ่านมาตั้งแต่ความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ครั้งล่าสุด $Q = 1$

$$\begin{aligned}
 Y_{2021} &= \alpha x_{2020} + (1 - \alpha) y_{2020} \\
 &= (0.1 \times 2) + (0.9 \times 4.2) \\
 &= 0.2 + 3.78 \\
 &= 3.98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2021} &= \alpha Q_{2020} + (1 - \alpha) P_{2020} \\
 &= (0.1 \times 1) + (0.9 \times 1) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{2021} &= \frac{Y_{2021}}{P_{2021}} \\
 &= \frac{3.98}{1} \\
 &= 3.98
 \end{aligned}$$

ปี 2022 ($x_{2021} = 5$)

จำนวนช่วงเวลาที่ผ่านมาตั้งแต่ความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ครั้งล่าสุด $Q = 1$

$$\begin{aligned}
 F_{2022} &= \alpha x_{2021} + (1 - \alpha) y_{2021} \\
 &= (0.1 \times 5) + (0.9 \times 3.98) \\
 &= 0.5 + 3.58 \\
 &= 4.08
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2022} &= \alpha Q_{2021} + (1 - \alpha) P_{2021} \\
 &= (0.1 \times 1) + (0.9 \times 1) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{2022} &= \frac{Y_{2022}}{P_{2022}} \\
 &= \frac{4.08}{1} \\
 &= 4.08
 \end{aligned}$$

ปี 2023 ($x_{2022} = 4$)

จำนวนช่วงเวลาที่ผ่านมาตั้งแต่ความต้องการที่ไม่ใช่ศูนย์ครั้งล่าสุด $Q = 1$

$$\begin{aligned}
 F_{2023} &= \alpha x_{2022} + (1 - \alpha) y_{2022} \\
 &= (0.1 \times 4) + (0.9 \times 4.08) \\
 &= 0.4 + 3.67 \\
 &= 4.07
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= \alpha Q_{2022} + (1 - \alpha) P_{2022} \\
 &= (0.1 \times 1) + (0.9 \times 1) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{2023} &= \frac{Y_{2023}}{P_{2023}} \\
 &= \frac{4.07}{1} \\
 &= 4.07
 \end{aligned}$$

หลังจากนั้น ทำการคำนวณหาความคลาดเคลื่อน (MSE) โดยใช้วิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) สามารถคำนวณได้จากสมการ 2.16 เช่นเดียวกับข้อ 3.1.1 และ 3.1.2 ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย} = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}$$

เมื่อ

x_t = ค่าความต้องการจริงเมื่อเวลา t

\hat{x}_t = ค่าพยากรณ์เมื่อเวลา t

N = ช่วงเวลาค่าพยากรณ์ที่ต้องการเปรียบเทียบ

ตัวอย่างวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

ปี 2019

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 6 ชิ้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4.2 ชิ้น

ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง = $(6 - 4.2)^2$

= $(1.8)^2$

= 3.24

ปี 2020

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 2 ชิ้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 3.98 ชิ้น

ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง = $(2 - 3.98)^2$

= $(-1.98)^2$

= 3.92

ปี 2021

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 5 ชิ้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4.08 ชิ้น

ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง = $(5 - 4.08)^2$

= $(0.92)^2$

= 0.84

ปี 2022

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 4 ชิ้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4.07 ชิ้น

ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง = $(4 - 4.07)^2$

= $(0.07)^2$

= 0.005

ปี 2023 ไม่นำมาคำนวณเนื่องจากในสถานการณ์จริงเมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนชิ้นอะไหล่ที่ต้องใช้ใน ปีถัดไปจะยังไม่ทราบค่าจริงเกิดขึ้น

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปี ค.ศ. 2019 - 2022 สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย} &= \frac{3.24 + 3.92 + 0.84 + 0.005}{4} \\ &\approx 2.00 \end{aligned}$$

เมื่อนำข้อมูลมาเขียนในรูปแบบตารางจะได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 24 แสดงตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธี Croston's method

year	Actual	Forecasting	MSE
2018	4		
2019	6	4.00	3.24
2020	2	4.20	3.92
2021	5	3.98	0.84
2022	4	4.08	0.005
2023		4.07	
Average MSE			2.00

ดังนั้นค่าพยากรณ์ด้วยวิธี Croston's method ชิ้นอะไหล่ Part ID A000A-161 ในปี ค.ศ. 2023 เท่ากับ 4.07 ชิ้น และมีค่า MSE เท่ากับ 2.00 (ค่านี้จะใช้เปรียบเทียบเพื่อเลือกค่าพยากรณ์สำหรับวิธีพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัย)

3.1.4 ตัวอย่างการพยากรณ์ด้วยวิธี Bootstrap Method ในที่นี้จะยกตัวอย่างการพยากรณ์ความต้องการของชิ้นอะไหล่เดียวกันในข้อที่ผ่านมา สามารถคำนวณจากสมการที่ 2.12 ดังต่อไปนี้

สุ่มตัวอย่างชุดข้อมูลขนาด n ครั้งที่ i จากข้อมูลเดิม

$$x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}\}$$

โดยที่

$$x_{ij} \text{ ถูกสุ่มจาก } \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$$

ตัวอย่างวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

การพยากรณ์ด้วยวิธีนี้ คือการสุ่มตัวอย่างจากข้อมูลเดิม โดยมีการแทนค่าซ้ำ หลาย ๆ ครั้ง (ในงานวิจัยนี้กำหนดจำนวนไว้ที่ 1,000 ครั้ง) ในแต่ละครั้งจะได้ “ชุดข้อมูลจำลอง” จำนวน 5 ตัว (เท่ากับข้อมูลประวัติการใช้งานจริง 5 ปี) แต่เรียงกันแบบสุ่มและตัวเลขที่สุ่มสามารถซ้ำได้แต่ต้องเป็นตัวเลขจากชุดข้อมูลประวัติความต้องการของอะไหล่รายการนั้น ๆ เท่านั้น ในที่นี้ขอแสดงตัวอย่างการคำนวณการสุ่มข้อมูล 1 ครั้ง ดังต่อไปนี้ จากข้อมูลประวัติการใช้งานชิ้นอะไหล่รายการ Part ID A00A-161 ย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2018–2022 ความต้องการในแต่ละปีคือ 4, 6, 2, 5 และ 4 ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 1 ทำการสุ่มข้อมูล

Resample1 = 4, 4, 6, 2, 5 (เป็นการสุ่มจาก 4, 6, 2, 5, 4 โดยตัวเลขสามารถซ้ำได้)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการพยากรณ์หลังจากได้ข้อมูลจำลอง (Resample) แล้ว

งานวิจัยนี้กำหนดใช้วิธี Moving average 3 period ในการคำนวณค่าพยากรณ์ (ในขั้นตอนนี้สามารถใช้วิธีการพยากรณ์ได้หลายวิธี)

วิธีการคำนวณดังนี้

จากชุดข้อมูลที่สุ่มได้จากขั้นตอนที่ 1 สามารถทำการพยากรณ์ได้ 3 ปี คือ 2021, 2022 และ 2023

$$\hat{x}_{(2021)} = \frac{4 + 4 + 6}{3} \\ \approx 4.67 \text{ ชิ้น}$$

$$\hat{x}_{(2022)} = \frac{4 + 6 + 2}{3} \\ = 4 \text{ ชิ้น}$$

$$\hat{x}_{(2023)} = \frac{6 + 2 + 5}{3} \\ \approx 4.33 \text{ ชิ้น}$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (MSE) เทียบกับข้อมูลจริง โดยใช้สมการ 2.16 เช่นเดียวกันกับข้อก่อนหน้า

วิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

ปี 2021

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 5 ชั้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4.67 ชั้น

$$\begin{aligned}\text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง} &= (5 - 4.67)^2 \\ &= (0.33)^2 \\ &= 0.11\end{aligned}$$

ปี 2022

ค่าที่เกิดขึ้นจริง (Actual) = 4 ชั้น

ค่าพยากรณ์ที่ได้ (Forecasting) = 4 ชั้น

$$\begin{aligned}\text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง} &= (4 - 4)^2 \\ &= (0)^2 \\ &= 0\end{aligned}$$

ปี 2023 ไม่นำมาคำนวณเนื่องจากในสถานการณ์จริงเมื่อต้องการพยากรณ์จำนวนชิ้นอะไหล่ที่ต้องใช้ในปีถัดไปจะยังไม่ทราบค่าจริงเกิดขึ้น

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของปี 2021 - 2022 สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned}\text{ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย} &= \frac{0.11 + 0}{2} \\ &= 0.06\end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 4 บันทึกค่า โดยทำการบันทึกค่าพยากรณ์ และค่าความคลาดเคลื่อน ที่ได้จากข้อมูลชุดนี้ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 25 แสดงตัวอย่างการบันทึกค่าพยากรณ์และค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มข้อมูลแต่ละครั้ง

Resample	Forecasting	MSE
1	4.33	0.06

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1-4 ตามจำนวนการสุ่มที่ได้กำหนดไว้ (1,000 ครั้ง)

ขั้นตอนที่ 6 ผลสรุปสุดท้าย

นำข้อมูลทั้ง 1,000 ชุด ทั้งของข้อมูลผลการพยากรณ์ และค่าความคลาดเคลื่อนมาทำการหาค่าเฉลี่ย (MEAN) โดยค่าเฉลี่ยที่ได้ของชิ้นอะไหล่รายการ Part ID A00A-161 ได้ผลดังนี้ ค่าเฉลี่ยผลการพยากรณ์เท่ากับ 4.25 และ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.90

ดังนั้นค่าพยากรณ์ด้วยวิธี Bootstrap ของชิ้นอะไหล่ Part ID A000A-161 ในปี 2023 เท่ากับ 4.25 ชิ้น และมีค่า MSE เท่ากับ 0.90 (ค่านี้จะใช้เปรียบเทียบเพื่อเลือกค่าพยากรณ์สำหรับวิธีพยากรณ์ที่นำเสนอในงานวิจัย)

3.1.5 การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์เพื่อหาค่าพยากรณ์ของชิ้นอะไหล่

เมื่อได้ผลการพยากรณ์และค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์ครบทั้งสี่วิธีแล้ว ทำการนำข้อมูลทั้งหมดมาสรุปดังตารางดังต่อไปนี้เพื่อทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่า MSE ที่น้อยที่สุด

ตาราง 26 แสดงตัวอย่างผลการพยากรณ์และค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นอะไหล่ Part ID A000A-161

Forecasting Method	Forecasting	MSE (2018-2022)
Moving Average (3 period)	3.67	0.56
Exponential Smoothing	4.00	2.25
Croston's method	4.07	2.00
Bootstrap Method	4.25	0.90

เมื่อนำข้อมูลในตาราง 24 มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาว่าวิธีไหนให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จากผลการเปรียบเทียบพบว่าวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธี Moving Average ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จึงเลือกผลการพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์ดังกล่าวมาเป็นค่าพยากรณ์สุดท้ายของชิ้นอะไหล่รายการตัวอย่าง ดังนั้นค่าพยากรณ์ของชิ้นอะไหล่ Part ID A000A-161 จึงเลือกผลการพยากรณ์ด้วยวิธี Moving Average (3 period) ซึ่งให้ผลพยากรณ์ความต้องการชิ้นอะไหล่ดังกล่าวในปี 2023 เท่ากับ 3.67 ชิ้น เป็นค่าพยากรณ์ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย โดยผลการพยากรณ์ด้วยวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยทั้งหมดดังที่ได้แสดงในตารางที่ 10 (หน้า 79)

4. การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของวิธีปัจจุบันกับวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย

หลังจากได้ผลการพยากรณ์ทั้งสองวิธีแล้ว นำข้อมูลค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่าง ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 27 ข้อมูลการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีปัจจุบันและวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย

Item	Part ID	Demand Pattern	Forecasting Method (Current)	Forecasting Method (NEW)	Current Forecasting	New Forecasting	MSE (Current)	MSE (NEW)
1	A000A-119	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.33	1.09	1.39	0.80
2	A000A-253	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.81	0.72	0.56
3	A000A-593	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	2.67	0.81	10.89	5.02
4	A000A-151	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.00	0.20	0.06	0.02
5	A000A-152	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.30	0.11	0.09
6	A000A-235	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.79	0.94	0.80
7	A000A-161	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	3.67	3.67	0.56	0.56
8	A000A-221	Lumpy	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	1.36	0.72	0.23
9	A000A-296	Smooth	Moving Average (3 period)	Exponential Smoothing	2.67	2.38	4.72	0.62
10	A000A-146	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.62	0.56	0.54
11	A000A-238	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.00	0.39	0.28	0.24
12	A000A-371	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.00	0.40	0.28	0.24
13	A000A-208	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.40	0.56	0.34
14	A000A-120	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	0.58	0.56	0.23
15	A000A-216	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.58	1.00	0.57
16	A000A-406	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	2.00	2.53	1.61	1.49
17	A000A-218	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.33	0.48	0.56	0.25
18	A000A-581	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	0.50	0.72	0.26
19	A000A-584	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	0.50	0.72	0.26
20	A000A-582	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	0.50	2.00	0.75
21	A000A-259	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	0.50	0.28	0.25
22	A000A-244	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	0.50	0.28	0.25
23	A000A-086	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	0.50	0.72	0.26
24	A000A-072	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	0.67	0.50	2.22	0.74
25	A000A-005	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.67	0.59	0.72	0.59
26	A000A-217	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.59	1.00	0.56
27	A000A-247	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.60	0.72	0.44
28	A000A-266	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	5.33	5.33	4.06	4.06
29	A000A-272	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	3.67	3.67	8.11	8.11
30	A000A-129	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	7.67	7.67	2.06	2.06
31	A000A-093	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	2.67	0.77	32.00	13.25
32	A000A-094	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	2.67	0.77	32.00	13.25
33	A000A-019	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.00	0.20	0.06	0.03
34	A000A-585	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	1.33	0.80	0.89	0.78
35	A000A-114	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.67	0.82	0.06	0.02
36	A000A-121	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	0.82	0.94	0.86
37	A000A-576	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.67	0.82	1.11	0.98
38	A000A-400	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	1.33	1.00	0.89	0.81
39	A000A-243	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	0.70	0.70	0.56	0.56
40	A000A-373	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	4.00	4.00	0.11	0.11
41	A000A-085	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	1.67	1.01	0.56	0.54
42	A000A-237	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	0.33	1.01	0.56	0.43
43	A000A-088	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	3.00	0.88	11.22	7.31
44	A000A-128	Smooth	Moving Average (3 period)	Exponential Smoothing	7.67	7.27	2.06	1.73
45	A000A-169	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	3.33	3.33	1.89	1.89
46	A000A-261	Intermittent	Moving Average (3 period)	Croston's Method	1.33	0.60	2.89	1.16
47	A000A-134	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	2.67	2.67	0.94	0.94
48	A000A-207	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	1.67	1.67	0.11	0.11
49	A000A-265	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	6.33	6.33	0.44	0.44
50	A000A-182	Smooth	Moving Average (3 period)	Exponential Smoothing	4.67	1.25	32.44	14.92
51	A000A-370	Smooth	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	5.00	4.88	55.39	18.36
52	A000A-180	Intermittent	Moving Average (3 period)	Bootstrap Method	3.33	1.95	11.11	8.93
53	A000A-488	Intermittent	Moving Average (3 period)	Moving Average	0.00	0.00	5.56	5.56
54	A000A-203	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	4.00	4.00	0.94	0.94
55	A000A-256	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	4.33	4.33	2.50	2.50
56	A000A-017	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	2.67	2.67	0.28	0.28
57	A000A-395	Smooth	Moving Average (3 period)	Moving Average	1.00	1.00	0.44	0.44
58	A000A-588	Smooth	Moving Average (3 period)	Exponential Smoothing	6.00	5.22	12.28	8.02
Average :							4.47	2.35
difference % :							47.42%	

ข้อมูลจากตารางที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (MSE) ระหว่างวิธีการพยากรณ์วิธีปัจจุบันกับวิธีที่นำเสนอในงานวิจัย โดยพบว่าวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ลดลงจากวิธีปัจจุบัน 4.47 เหลือ 2.35 คิดเป็นสัดส่วนการลดลงร้อยละ 47.42%

ภาคผนวก ค วิธีการคำนวณต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) และ ต้นทุนการถือครอง (Holding Cost)

ก่อนที่จะทำการคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) ของชิ้นอะไหล่แต่ละรายการนั้น จะต้องทราบค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost : C_o) และ ต้นทุนการครอง (Holding Cost : C_h) ในส่วนนี้จะขอแสดงรายละเอียดและวิธีการคำนวณค่าดังกล่าว โดยมีวิธีคำนวณดังต่อไปนี้

1. ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost)

คือต้นทุนที่เกิดจากเมื่อมีการสั่งซื้อชิ้นอะไหล่ในแต่ละครั้ง จะแปรผันตามจำนวนครั้งในการสั่งซื้อไม่แปรผันตามปริมาณ ต้นทุนการสั่งซื้อในงานวิจัยนี้จะประกอบด้วย

1.1 เงินเดือนพนักงาน เงินเดือนของพนักงานฝ่ายจัดซื้อที่ทำการดูแลจัดซื้อให้กับกรณีศึกษาทั้งหมด 1 คน ซึ่งดูแลการจัดซื้อให้กับส่วนงานทั้งหมด 5 ส่วนงาน ซึ่งมีรายได้เท่ากับ 23,000 บาท/เดือน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนที่ทำการจัดซื้อชิ้นอะไหล่ของกรณีศึกษาคิดเป็น 20% ของงานจัดซื้อทั้งหมดของพนักงานจัดซื้อรายนี้ ดังนั้นคิดค่าใช้จ่ายในส่วนของเงินเดือนพนักงานต่อหนึ่งปีเท่ากับ $20\% \times 12 \text{ เดือน} \times 23,000 \text{ บาท}$ เท่ากับ 55,200 บาท และยังมีเงินเดือนพนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจรับอีก 1 คน มีรายได้เท่ากับ 25,000 บาท/เดือน ซึ่งดูแลการตรวจรับให้กับส่วนงานทั้งหมด 5 ส่วนงาน คิดเป็นสัดส่วน 20% ของการตรวจรับทั้งหมดของพนักงานคนดังกล่าว ดังนั้นจะคิดค่าใช้จ่ายของพนักงานตรวจรับเท่ากับ $20\% \times 12 \text{ เดือน} \times 25,000$ เท่ากับ 60,000 โดยในปีที่ผ่านมาหน่วยงานกรณีศึกษาได้มีการจัดซื้อชิ้นอะไหล่ไปทั้งสิ้น 442 ครั้ง ดังนั้นคิดต้นทุนเงินเดือนพนักงานในการสั่งซื้อจึงเท่ากับ $(55,200 + 60,000)/442 \text{ ครั้ง}$ เท่ากับ 260.63 บาท ต่อครั้ง

1.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการจัดทำเอกสารสั่งซื้อและเอกสารการตรวจรับแต่ละครั้งเท่ากับ 30 บาทต่อครั้ง

1.3 ค่าโทรศัพท์ ในการติดต่อกับตัวแทนจำหน่ายสินค้าในการสั่งซื้อสินค้านั้น จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าโทรศัพท์รายเดือนเดือนละ 599 บาท แต่เนื่องจากพนักงานใช้โทรศัพท์ดูแลการจัดซื้อทั้งหมด 5 ส่วนงาน คิดเป็นสัดส่วน 20% ของการโทรติดต่อจัดซื้อทั้งหมดดังนั้นจะคิดค่าใช้จ่ายในหนึ่งปีเท่ากับ $20\% \times 599 \times 12 \text{ เดือน}$ เท่ากับ 1,437.60 บาทต่อปี ดังนั้นคิดต้นทุนค่าโทรศัพท์จึงเท่ากับ $1,437.60 / 442$ เท่ากับ 3.25 บาทต่อครั้ง

จากข้อมูลที่ผ่านมาจึงสรุปต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) สรุปข้อมูลตามตารางที่ 28 ดังต่อไปนี้

ตาราง 28 ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost)

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
เงินเดือนพนักงาน	260.63
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	30.00
ค่าโทรศัพท์	3.25
รวม	293.88

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ต้นทุนการสั่งซื้อเท่ากันทุกครั้งกับชั้นอะไหล่ทุกรายการเท่ากับ 293.88 บาท ต่อครั้ง เนื่องจากต้นทุนการสั่งซื้อนั้นจะแปรผันตามจำนวนครั้งในการสั่งซื้อไม่แปรผันตามปริมาณ

2. ต้นทุนการถือครอง (Holding Cost)

คือต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการจัดหาชั้นอะไหล่เข้ามาเก็บไว้คงคลัง ต้นทุนจะขึ้นอยู่กับขนาดของชั้นอะไหล่และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา ต้นทุนการเก็บรักษาในงานวิจัยนี้มีดังต่อไปนี้

2.1 เงินเดือนพนักงาน คลังเก็บชั้นอะไหล่ใช้พนักงานในการจัดการสินค้าคงคลัง 3 คน โดยมีรายได้เฉลี่ยต่อคนเท่ากับ 18,000 บาทต่อเดือน ดังนั้นคิดค่าใช้จ่ายในส่วนของเงินเดือนพนักงานเท่ากับ $18,000 \times 3 \text{ คน} \times 12 \text{ เดือน} = 648,000$ บาทต่อเดือน

2.2 ค่าไฟฟ้า ค่าไฟฟ้านับจากค่าไฟในส่วนของคลังเก็บสินค้าเฉลี่ยเท่ากับ 5,500 บาทต่อเดือน ดังนั้น คิดค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟฟ้าเท่ากับ $5,500 \times 12 \text{ เดือน} = 66,000$ บาทต่อปี

2.3 ค่าเสื่อมราคาครุภัณฑ์ คิดจากครุภัณฑ์ที่อยู่ในคลังเก็บพัสดุ ได้แก่ ชั้นเก็บพัสดุซึ่งในคลังเก็บพัสดุมีทั้งหมด 56 ชั้น มีอายุการใช้งาน 6 ปี คำนวณค่าเสื่อมจากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี} = (\text{ราคาซื้อ} - \text{มูลค่าซาก}) / \text{อายุการใช้งาน}$$

ชั้นเก็บพัสดุ 56 ชั้น ราคาซื้อเท่ากับชั้นละ 12,000 บาท มูลค่าซากเท่ากับ 100 บาท กำหนดอายุการใช้งานตลอดช่วงอายุของชั้นเก็บพัสดุดังกล่าว 10 ปี ค่าเสื่อมราคาต่อปีเท่ากับ

$$\text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี} = (12,000 - 100) / 10 = 1,190 \text{ บาท/ปี}$$

เมื่อใช้งานมาแล้ว 6 ปี ค่าเสื่อมราคาสะสมต่อชั้นเท่ากับ $1,190 \times 6 = 7,140$ บาท สำหรับชั้นเก็บพัสดุทั้งหมด 56 ชั้น ค่าเสื่อมราคาสะสมรวมเท่ากับ $7,140 \times 56 = 399,840$ บาท

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมานั้นจึงสรุปเป็นต้นทุนการถือครอง (Holding Cost) ได้ดังข้อมูลในตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 29 ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของต้นทุนการจัดเก็บรักษา (Holding Cost)

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
เงินเดือนพนักงาน	648,000
ค่าไฟฟ้า	66,000
ค่าเสื่อมราคาครุภัณฑ์	399,840
รวม	1,113,840

ตัวกำหนดต้นทุนการถือครองจะต้องทราบข้อมูลของมูลค่าขึ้นอะไหล่คงคลังเฉลี่ยต่อปี สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยมูลค่าการเก็บขึ้นอะไหล่คงคลังของแต่ละเดือนในช่วงเวลาย้อนหลัง 5 ปี (1 ม.ค. 2018 – 31 ธ.ค. 2022) มูลค่าขึ้นอะไหล่คงคลังของขึ้นอะไหล่เท่ากับ 19,713,001.63 บาท ดังนั้น สัดส่วนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง สามารถคิดได้จากสมการต่อไปนี้

อัตราส่วนในการเก็บรักษา = ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเก็บรักษา / มูลค่าขึ้นอะไหล่คงคลังของขึ้นอะไหล่เฉลี่ย

$$= 1,113,840 / 19,713,001.63$$

$$= 0.0565$$

$$\approx 0.06 \%$$

จากผลการคำนวณดังกล่าว ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการเก็บรักษาจึงเท่ากับ 0.06% ของมูลค่าการจัดเก็บขึ้นอะไหล่ต่อช่วงเวลา แต่ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษานั้นจะต้องคำนึงถึงค่าเสียโอกาสจากเงินทุนที่จะนำเงินทุนส่วนดังกล่าวไปลงทุนหรือสร้างรายได้ในด้านอื่น ๆ ดังนั้น ค่าเสียโอกาสนี้จึงเป็นต้นทุนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการวางแผนจัดการคลังสินค้า สำหรับการคำนวณค่าเสีย

โอกาสดังกล่าว ใช้อัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับ 7.00% ต่อปี ดังนั้น อัตราการเก็บรักษาเท่ากับ ผลรวมต้นทุนค่าใช้จ่ายการจัดเก็บรักษากับค่าเสียโอกาส จึงเท่ากับ 7.06% ของมูลค่าการเก็บเฉลี่ย ต่อปี ดังนั้นการสามารถคำนวณต้นทุนการถือครองได้ ดังแสดงในตัวอย่างการคำนวณต้นทุนการถือครอง (Holding Cost) ของชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 คำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนการถือครอง (Holding Cost)} &= \text{ราคาของชิ้นอะไหล่ต่อหน่วย} \times \text{อัตราการเก็บรักษา} \\ &= 37,221.23 \times 7.06\% \\ &= 2,627.82 \text{ บาท/ชิ้น/ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้นทุนการถือครอง (Holding Cost) ของชิ้นอะไหล่ Part ID A00A-129 จึงเท่ากับ 2,627.82 บาท/ชิ้น/ปี

