

การจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา อะไหล่สำหรับการบำรุงรักษา

เครื่องบินของบริษัทสายการบินแห่งหนึ่ง

INVENTORY MANAGEMENT

A CASE OF SPARES FOR AIRCRAFT MAINTENANCE

OF PUBLIC COMPANY



นายพงศกร อ่อนศรี

นายภาณุพงศ์ ตริถาวรยืนยง

นายวุฒิชัย เหล่าตรงจริง

นายสรสิทธิ์ ประดับญาติ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INVENTORY MANAGEMENT
A CASE OF SPARES FOR AIRCRAFT MAINTENANCE
OF PUBLIC COMPANY

MR. PONGSAKORN ONSRI

MR. PANUPONG TRITHAVORNYUENYONG

MR. WUTTICHAJ LAOTRONGJING

MR. SORRASIT PRADUBYAT

A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED STATISTICS
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา อะไหล่สำหรับการบำรุงรักษา
เครื่องบินของบริษัทสายการบินแห่งหนึ่ง

ชื่อนักศึกษา นายพงศกร อ่อนศรี 54050719
นายภาณุพงศ์ ตริถาวรยีนยง 54050731
นายวุฒิชัย เหล่าตรงจริง 54050757
นายสรสิทธิ์ ประดับญาติ 54050768

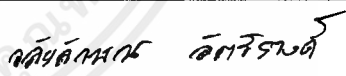

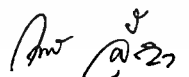
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วลัยลักษณ์ อัครีรวงศ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหา
พิเศษส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์ประจำปีการศึกษา
2557

คณะกรรมการสอบ	ลายชื่อ
รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัครีรวงศ์ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์ กรรมการ	
ดร.กนกวรรณ ลิ้โรจนาประภา กรรมการ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา อะไหล่สำหรับการบำรุงรักษา
เครื่องบินของบริษัทสายการบินแห่งหนึ่ง

ชื่อนักศึกษา	นายพงศกร	อ่อนศรี	54050719
	นายภาณุพงศ์	ตรีถาวรยีนยง	54050731
	นายวุฒิชัย	เหล่าตรงจริง	54050757
	นายสรสิทธิ์	ประดับญาติ	54050768

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2557

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วลัยลักษณ์ อัครีรวงศ์

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการจัดการสินค้าคงคลัง สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด คือ อะไหล่ A, B และ C ของฝ่ายดูแลและซ่อมบำรุงของบริษัทการบินแห่งหนึ่งในท่าอากาศยาน สุวรรณภูมิ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ที่ใช้ในการดูแลและซ่อมบำรุงรายเดือน จำนวน 69 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2552 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2557 มาพยากรณ์ปริมาณความต้องการสั่งซื้ออะไหล่ทั้ง 3 ชนิด (ตุลาคม 2557 ถึง กันยายน 2558) โดยเปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ 2 วิธีคือวิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบและวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ จากนั้นนำผลการพยากรณ์มาวิเคราะห์ปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม การพิจารณาจุดสั่งซื้อและระบบสินค้าคงคลังสำรอง

ผลการวิเคราะห์พบว่าผลิตภัณฑ์ A เทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม คือ เทคนิคปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด โดยมีค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังเท่ากับ 7,662.6310 บาทต่อปี และจุดสั่งซื้อใหม่ คือ 838.0975 หน่วย และไม่มีปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ผลิตภัณฑ์ B เทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม คือ เทคนิคการสั่งเป็นช่วงและเทคนิคการสั่งแบบ Silver Meal โดยมีค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังเท่ากับ 1,053.02 บาทต่อปี จุดสั่งซื้อใหม่ คือ 10 หน่วย และปริมาณสินค้าคงคลังสำรองเท่ากับ 1 หน่วย และผลิตภัณฑ์ C เทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม คือ เทคนิคการสั่งเป็นช่วงและเทคนิคการสั่งแบบ Silver Meal โดยมีค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังเท่ากับ 464.78 บาทต่อปี จุดสั่งซื้อใหม่ คือ 6 หน่วย และปริมาณสินค้าคงคลังสำรองเท่ากับ 3 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Inventory Management a Case of Spares for Aircraft Maintenance of Public Company		
Students	Mr. Pongsakorn	Onsri	54050719
	Mr. Panupong	Trithavornyuenyong	54050731
	Mr. Wuttichai	Laotrongjing	54050757
	Mr. Sorrasit	Pradubyat	54050768
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)		
Department	Statistics		
Academic Year	2014		
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Walailak Atthirawong		

Abstract

The objective of this study for inventory management of three spares quantity data are A, B and C. The department of administer and restore of Suvarnabhumi Airport Company limited. By accumulate the spares quantity data to use for monthly data. The number of 69 months between January 2009 and November 2014. For purchase quantity forecast (Since October 2014 to November 2015). Two forecasting techniques are Exponential Smoothing method and Box-Jen kins method then the forecasting data will be used to determine the optimized purchase quantity, and define the reorder point and safety stock.

The results show that the suitable technique for product A is Economic Order Quantity Technique. The inventory management cost is 7,662.6310 baht per year, reorder point is 838.0975 items and there is no safety stock. The suitable technique for product B is Periodic Order Quantity and Silver Meal techniques. The inventory management cost is 1,053.02 baht per year, reorder point is 10 items and safety stock quantity is 1 items. The suitable technique for product C is Periodic Order Quantity and Silver Meal. The inventory management cost is 464.78 baht per year, reorder point is 6 items and safety stock quantity is 3 items.

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ โดยได้รับความกรุณาจากบุคคลหลายๆฝ่ายที่ให้ความร่วมมือ ซึ่งคณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้คือ

รศ.ดร. วลัยลักษณ์ อัครีวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเพื่อเอกสารต่างๆ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆได้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูง

ผศ.ดร. สิทธิชัย เจริญเศรษฐศิลป์ และ ดร. กนกวรรณ ลีโรจนาประภา คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขเพิ่มเติม ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณชูเกียรติ รักไทยและคุณจักรวาล เย็นใจ ที่เอื้อเพื่อข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่นำมาใช้ในการศึกษา

ขอขอบคุณท่านอาจารย์สาขาสถิติประยุกต์ทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา พร้อมทั้งให้คำแนะนำต่างๆและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สาขาวิชาสถิติทุกท่านที่อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จของการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ จนปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นายพงศกร	อ่อนศรี
นายภาณุพงศ์	ตรีถาวรยืนยง
นายวุฒิชัย	เหล่าตรงจริง
นายสรสิทธิ์	ประดับญาติ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ญ
สารบัญตาราง	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาพยากรณ์	5
2.1.1 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา	5
2.1.2 วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ	7
2.1.2.1 อนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและไม่มีฤดูกาล	7
2.1.2.2 อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล	8
2.1.2.3 อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.2.4 อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรงและ มีอิทธิพลของฤดูกาล	8
2.1.3 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย	9
2.1.4 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล	10
2.1.5 เทคนิคการพยากรณ์แบบบ็อกซ์และเจนกินส์	11
2.1.6 การเปรียบเทียบการพยากรณ์	18
2.2 สินค้าคงคลัง	18
2.2.1 ประเภทของสินค้าคงคลังแบ่งตามลักษณะ	19
2.2.2 ประเภทของสินค้าคงคลัง	19
2.2.3 ต้นทุนของสินค้าคงคลัง	20
2.2.4 รูปแบบของระบบสินค้าคงคลัง	22
2.2.5 การพิจารณาความคงที่ของความต้องการผลิตภัณฑ์	22
2.2.6 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีที่มีความต้องการในแต่ละช่วงเวลามีค่าคงที่	23
2.2.7 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีที่มีความต้องการในแต่ละช่วงมีค่าไม่คงที่	25
2.2.8 การหาจุดสั่งซื้อ และ ระบบสินค้าคงคลังสำรอง	26
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	32
3.2.1 การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม	34
3.2.2 การจัดการสินค้าคงคลัง	34
3.2.2.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ	35
ความต้องการที่จะใช้ EOQ	
3.2.2.2 การคำนวณหาจุดสั่งซื้อ และระบบสินค้าคงคลังสำรอง	36
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์	
4.1 วิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่	37
4.1.1 ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	37
4.1.1.1 วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ	38
4.1.1.2 วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์	40
4.1.1.3 การเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์สำหรับข้อมูล	46
ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	
4.1.1.4 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	46
12 เดือนล่วงหน้า	
4.1.2 ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	48
4.1.2.1 วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ	49
4.1.2.2 วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์	51
4.1.2.3 การเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์สำหรับข้อมูล	56
ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.1.2.4 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	56
12 เดือนล่วงหน้า	
4.1.3 ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	58
4.1.3.1 วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ	59
4.1.3.2 วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์	62
4.1.3.3 การเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์สำหรับข้อมูล	68
ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	
4.1.3.4 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	68
12 เดือนล่วงหน้า	
4.2 การจัดการสินค้าคงคลัง	70
4.2.1 ค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลัง	70
4.2.1.1 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ	71
4.2.1.2 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา	72
4.2.2 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม	73
4.2.2.1 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของ	73
ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	
4.2.2.2 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของ	74
ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	
4.2.2.3 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของ	80
ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต่อใช้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ข้อมูลรายเดือนของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2552 ถึง เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2557	96
ข้อมูลรายเดือนของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2552 ถึง เดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2557	97
ภาคผนวก ข	98
ขั้นตอนในการคำนวณของวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing) ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	99
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ A โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing)	101
ขั้นตอนในการคำนวณของวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing) ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	104
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ C โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing)	106
ภาคผนวก ค	109
ขั้นตอนในการคำนวณของวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Single Exponential Smoothing)	110
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ B โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบง่าย (Single Exponential Smoothing)	111
ภาคผนวก ง	114
ตารางสถิติ	115

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แนวโน้มขึ้นของอนุกรมเวลา	5
2.2	แนวโน้มเส้นตรงที่เพิ่มขึ้นในอัตราคง	6
2.3	แนวโน้มเส้นตรงที่ลดลงในอัตราคงที่	6
2.4	อิทธิพลของฤดูกาลในช่วงเวลา 2 ปี	6
2.5	อิทธิพลของวัฏจักรธุรกิจในช่วงเวลา	7
2.6	อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (Stationary Series)	13
2.7	อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Non Stationary Series)	13
	เนื่องจากมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง	
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษารายปี	24
2.9	จุดสั่งซื้อที่มีความต้องการแน่นอน	27
2.10	จุดสั่งซื้อที่มีความไม่แน่นอน	27
3.1	ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	33
4.1	การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	37
4.2	ผลการวิเคราะห์แนวโน้มกำลังสองของอนุกรมเวลา ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	38
4.3	ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A โดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล ที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.06668$	39
4.4	คอเรลโลแกรม r_k ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	40
4.5	การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง	41
4.6	คอเรลโลแกรม $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	คอเรลโลแกรม $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	42
4.8	ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A โดยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์	45
4.9	การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	48
4.10	ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B โดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0639$	50
4.11	คอเรลโลแกรม r_k ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	51
4.12	คอเรลโลแกรม $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	52
4.13	ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B โดยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์	55
4.14	การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	58
4.15	ผลการวิเคราะห์แนวโน้มกำลังสองของอนุกรมเวลา ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	59
4.16	ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C โดยวิธีการ ปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล ที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0718$	61
4.17	คอเรลโลแกรม r_k ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	62
4.18	การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง	63
4.19	คอเรลโลแกรม $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	63
4.20	คอเรลโลแกรม $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	64

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.21	ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C โดยวิธีของ บ็อกซ์และเงินกินส์	67



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของอะไหล่ A, B และ C	35
4.1	ค่า MSE สำหรับค่าปรับน้ำหนัก α วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	39
4.2	การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลาปริมาณ ความต้องการอะไหล่ชนิด A	43
4.3	การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง	44
4.4	เทคนิคการพยากรณ์ ค่า MSE สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A	46
4.5	ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึง เดือนกันยายน 2558 จากตัวแบบพยากรณ์	47
4.6	ค่า MSE สำหรับค่าปรับน้ำหนัก α วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	49
4.7	การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลาปริมาณ ความต้องการอะไหล่ชนิด B	53
4.8	การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง	54
4.9	เทคนิคการพยากรณ์และค่า MSE สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B	56
4.10	ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือน กันยายน 2558 จากตัวแบบพยากรณ์	57
4.11	ค่า MSE สำหรับค่าปรับน้ำหนัก α วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	60

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.12 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	65
4.13 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง	66
4.14 เทคนิคการพยากรณ์ ค่า MSE สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C	68
4.15 ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 จากตัวแบบพยากรณ์	69
4.16 การกำหนดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ	71
4.17 การกำหนดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา	72
4.18 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ B โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot	75
4.19 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ B โดยเทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง (POQ)	76
4.20 ปริมาณการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ชนิด B โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal	79
4.21 เปรียบเทียบเทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของอะไหล่ชนิด B	80
4.22 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ C โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot	81
4.23 ปริมาณการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ชนิด C โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal	85
4.24 เปรียบเทียบเทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของอะไหล่ชนิด C	86

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.1	เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสม และปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้งหมด 3 ชนิด	89
5.2	เทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม และปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด ของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด	90
5.3	จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด	91



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันธุรกิจการบินมีส่วนสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจเป็นอย่างยิ่ง ทั้งในด้านการขนส่ง การเดินทาง และการท่องเที่ยว อีกทั้งยังเป็นการคมนาคมที่มีความสะดวกรวดเร็วและเป็นที่ยอมรับอย่างยิ่ง ในปัจจุบันดังนั้นจึงมีการแข่งขันที่สูง สำหรับธุรกิจการบินนั้นมีเส้นทางให้เลือกทั้งในและต่างประเทศ แต่สิ่งหนึ่งที่ทุกๆ บริษัทจะต้องคำนึงและให้ความสำคัญมากที่สุดก็คือความปลอดภัย ซึ่งอาจหมายถึง การเดินทางของผู้โดยสารที่สะดวกและราบรื่นตลอดการเดินทาง

ด้วยเหตุนี้สำหรับธุรกิจการบินแล้วความปลอดภัยจึงมาเป็นอันดับหนึ่ง ดังนั้นความพร้อมของ ตัวเครื่องบินจึงมีความสำคัญ จะต้องมีการตรวจสอบความพร้อมก่อนขึ้นบินทุกครั้ง อีกทั้งต้องมีการ บำรุงรักษาเครื่องบินอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่กำหนด เมื่อมีเหตุขัดข้องหรือมีชิ้นส่วนเสียหาย จำเป็นต้องมีอะไหล่พร้อมสำหรับการบำรุงและซ่อมแซมอยู่เสมอ ดังนั้นจะต้องมีการจัดเตรียมอะไหล่ ให้เพียงพอสำหรับการบำรุงรักษา และการนำแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลังมาเป็นหลักใน การซื้อชิ้นส่วนอุปกรณ์การบิน ก็เพื่อช่วยในการบริหารปริมาณคลังสินค้าให้มีปริมาณที่เหมาะสม เพราะการที่มีสินค้าอยู่ในคลังมากเกินไปจะทำให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากค่าเก็บรักษา ค่า ดูแล สินค้าเสื่อมคุณภาพ หรือแม้กระทั่งสินค้าหมดอายุ แต่ในขณะเดียวกันถ้าในคลังมีสินค้าที่ไม่ เพียงพอก็จะทำให้ไม่สามารถซ่อมแซมหรือบำรุงรักษาเครื่องบินได้ ส่งผลทำให้ไม่สามารถนำ เครื่องบินออกไปใช้งานเพราะบริษัทจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยอยู่เสมอ ดังนั้นการบริหารสินค้าคง คลังอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้บริษัทเสียค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดและสามารถลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นลง ได้

ดังนั้นคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจึงสนใจศึกษาการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ที่สำรองไว้ สำหรับซ่อมบำรุงเครื่องบินของสายการบินแห่งหนึ่งในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ซึ่งบริษัทจำเป็นต้องมีอะไหล่สำหรับซ่อมแซมเครื่องบินอยู่ในคลังสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการในการซ่อม บำรุงรักษาเครื่องบินของทางบริษัทอยู่เสมอ ปัจจุบันบริษัทสายการบินแห่งนี้ให้ความสำคัญในการมี สินค้าคงคลังที่เหมาะสมเพื่อพร้อมที่จะบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องบิน ตอบสนองความต้องการบิน ของลูกค้าและให้เกิดค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกี่ยวข้องกับระบบสินค้าคงคลังมีค่าต่ำสุด

จากที่กล่าวมาข้างต้น บริษัทต้องการปรับปรุงแผนการกำหนดระบบสินค้าคงคลังใหม่ เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการอะไหล่ในปัจจุบัน คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจึงนำทฤษฎีต่างๆ เข้ามา

ช่วยในการแก้ปัญหา โดยทำการคัดเลือกอะไหล่ตัวอย่างมาเป็นตัวแทนเพื่อที่จะศึกษาถึงการจัดการสินค้าคงคลังให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับการจัดการสินค้าคงคลังอื่นๆของสายการบินต่อไป ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะเริ่มจากการใช้อนุกรมเวลามาพยากรณ์ปริมาณความต้องการของอะไหล่ ด้วยวิธีการพยากรณ์ต่างๆ อาทิเช่น วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ วิธีแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ แล้วนำผลของวิธีการต่างๆมาเปรียบเทียบว่าวิธีพยากรณ์วิธีใดให้การพยากรณ์ใกล้เคียงและเหมาะสมมากที่สุดสำหรับอะไหล่ในการซ่อมบำรุงแต่ละประเภท จากนั้นใช้ข้อมูลพยากรณ์ปริมาณความต้องการของอะไหล่ที่ได้ มาคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วย เลือกใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) วิธีการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot วิธีการสั่งซื้อแบบเป็นช่วง (POQ) และวิธีการสั่งซื้อแบบ Silver Meal โดยจะพิจารณาว่าวิธีใดเป็นวิธีการสั่งซื้อที่ดีที่สุดของอะไหล่แต่ละชนิดที่เป็นกรณีศึกษา และหาจุดสั่งซื้อสินค้า (Reorder Point) ซึ่งทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นจะถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อวางแผนการจัดการสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและจะส่งผลให้บริษัทเติบโตและก้าวหน้าต่อไปได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพยากรณ์ปริมาณความต้องการของอะไหล่สำหรับการบำรุงรักษาเครื่องบิน
2. เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ และจุดสั่งซื้ออะไหล่ที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาอะไหล่ที่ไว้สำหรับซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องบินของสายการบินหนึ่งในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จะทำการคัดเลือกศึกษาข้อมูลปริมาณความต้องการของอะไหล่ 3 ชนิด (A , B และ C) เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาข้อมูลที่น่ามาพิจารณาจะเป็นข้อมูลปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้ง 3 รายการ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึงเดือนกันยายน 2557

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม ที่ทำให้บริษัทมีต้นทุนที่ต่ำที่สุดและมีสินค้าคงคลังไว้ตอบสนองความต้องการได้อย่างเพียงพอ
2. สามารถกำหนดแนวทางในการลดระดับของสินค้าคงคลังของบริษัทให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เก็บข้อมูลปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิดเป็นรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึงเดือนกันยายน 2557 รวมทั้งสิ้น 69 ค่า
2. นำข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่มาพยากรณ์โดยใช้วิธีการปรับเรียบ และวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์
3. คัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอะไหล่แต่ละชนิด
4. พยากรณ์หาปริมาณความต้องการของอะไหล่แต่ละชนิดใน 1 ปีล่วงหน้า
5. คำนวณหาปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ที่เหมาะสมและจุดสั่งซื้อใหม่ของอะไหล่แต่ละชนิด
6. สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การพยากรณ์ (Forecast) คือ การประมาณ หรือ การคาดการณ์ถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาในอนาคตและนำค่าพยากรณ์ที่ได้นั้นมาใช้ประโยชน์เพื่อการตัดสินใจ

2. สินค้าคงคลัง (Inventory) หมายถึง วัสดุหรือสินค้าต่างๆ ที่เก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการดำเนินงาน อาจเป็นการดำเนินงานผลิต ดำเนินการขาย หรือดำเนินงานอื่นๆ สินค้าคงคลังแบ่งได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ คือ วัตถุดิบ (Raw Material) คือสิ่งของหรือชิ้นส่วนที่ซื้อมาใช้ในการผลิต งานระหว่างทำ (Work-in-Process) คือชิ้นงานที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตหรือรอคอยที่จะผลิตในขั้นตอนต่อไป โดยที่ยังผ่านกระบวนการผลิตไม่ครบทุกขั้นตอน วัสดุซ่อมบำรุง (Maintenance/Repair/Operating Supplies) คือชิ้นส่วนหรืออะไหล่เครื่องจักรที่สำรองไว้เพื่อเปลี่ยนเมื่อชิ้นส่วนเดิมเสียหรือหมดอายุการใช้งาน สินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods) คือปัจจัยการผลิตที่ผ่านทุกกระบวนการผลิตครบถ้วนพร้อมที่จะขายให้ลูกค้าได้

3. สินค้าคงคลังสำรองหรือสินค้ากันชน (Safety or Buffer Stock) สินค้าคงคลังสำรองหรือสินค้ากันชนเป็นสินค้าจำนวนหนึ่งที่เก็บไว้เกินจากจำนวนสินค้าที่เก็บไว้ตามปกติเนื่องจากความไม่แน่นอนในความต้องการสินค้าหรือช่วงเวลารอคอย ซึ่งปริมาณสินค้าคงคลังโดยเฉลี่ยจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของปริมาณการสั่งซื้อตามปกติบวกกับปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง

4. จุดสั่งซื้อหรือจุดสั่งซื้อสินค้าใหม่ (Reorder Point) จุดสั่งซื้อ หมายถึง การกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังส่วนหนึ่งไว้เป็น “สินค้าปลอดภัย (Safety Stock)” เพื่อป้องกันสินค้าขาด

แคลน การกำหนดปริมาณสินค้าปลอดภัยจะกำหนดเป็นระดับในการให้บริการ (Service level) หรือระดับสินค้าปลอดภัย (Safety Stock)

5.เวลานำ (Lead Time) หมายถึง ระยะเวลานับตั้งแต่ออกไปสั่งซื้อวัตถุดิบ จนกระทั่งได้รับวัตถุดิบจากผู้ขาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาพยากรณ์

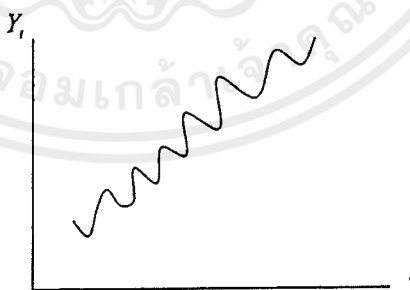
การพยากรณ์หมายถึงการคาดคะเนหรือทำนายลักษณะการเกิดของเหตุการณ์หรือสภาพการณ์ในอนาคตโดยศึกษารูปแบบการเกิดของเหตุการณ์หรือสภาพการณ์จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมอย่างมีระบบ หรือจากความรู้ความสามารถ ประสบการณ์ และวิจรณ์ญาณของผู้พยากรณ์ การพยากรณ์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อบุคคลและองค์กรในงานสาขาต่างๆ ตัวอย่างเช่น การเงิน การบริหารการขาย การวิจัย การศึกษา เศรษฐกิจ อุตุนิยมวิทยา อุตสาหกรรม เพราะเมื่อผู้บริหารองค์กร ทั้งขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่และทั้งของรัฐและเอกชนทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์หรือสภาพการณ์ใดในอนาคตด้วยความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง การวางแผนหรือการตัดสินใจที่ถูกต้องจะให้ประโยชน์สูงสุดแก่องค์กร (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549)

2.1.1 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

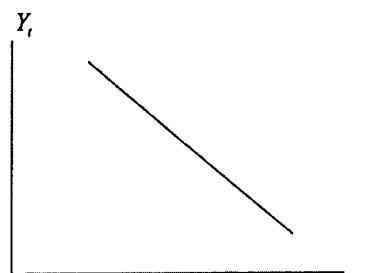
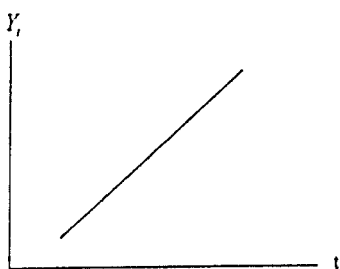
ส่วนประกอบหลักของอนุกรมเวลา (คมสัน สุริยะ, 2548) มีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าแนวโน้ม (Secular Trend or Long-term Movement : T)

หมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในระยะเวลายาวนาน ซึ่งปกติแล้วค่าแนวโน้มจะแสดงถึงทิศทางของการเปลี่ยนแปลงอนุกรมเวลาชุดนั้นๆ ว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2.1) หรือลดลง โดยอาจมีได้หลายรูปแบบลักษณะเป็นเส้นตรง (รูปที่ 2.2.1 และรูปที่ 2.2.2) เส้นโค้ง หรือเป็นลักษณะอื่น ซึ่งในการวิเคราะห์ต้องนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟก่อนเพื่อให้ทราบถึงลักษณะของสมการเพื่อใช้ในการพยากรณ์



รูปที่ 2.1 แนวโน้มขึ้นของอนุกรมเวลา



รูปที่ 2.2 แนวโน้มเส้นตรงที่เพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ รูปที่ 2.3 แนวโน้มเส้นตรงที่ลดลงในอัตราคงที่

2. การเคลื่อนไหวตามฤดูกาล (Seasonal Movement : S)

หมายถึง การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในช่วงระยะเวลาอันสั้น ส่วนใหญ่จะไม่เกิน 1 ปี โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงในช่วงวัน การเปลี่ยนแปลงในรอบสัปดาห์หรือการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเดือน โดยรูปแบบที่เกิดขึ้นจะมีการเคลื่อนไหวขึ้น ลง ซ้ำกันอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาเดียวกันของวัน หรือสัปดาห์หรือเดือนในแต่ละปี

ยอดขาย



รูปที่ 2.4 อิทธิพลของฤดูกาลในช่วงเวลา 2 ปี

3. การเคลื่อนไหวตามวัฏจักร (Cyclical Movement : C)

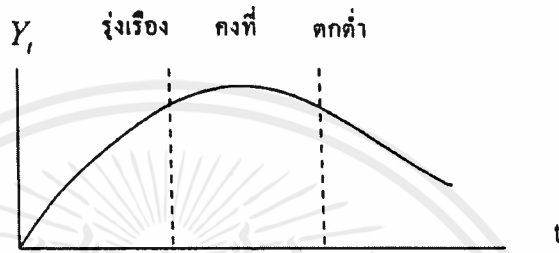
หมายถึง การเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นสม่ำเสมอในระยะเวลายาว เช่นเดียวกับค่าแนวโน้ม แต่ลักษณะและรูปแบบแตกต่างกัน โดยที่จะมีการเคลื่อนไหวของข้อมูลที่เกิดขึ้นซ้ำๆ กัน คล้ายกับการเคลื่อนไหวตามฤดูกาล แต่การเคลื่อนไหวตามวัฏจักรจะมีระยะเวลามากกว่า 1 ปี

วัฏจักรเหล่านี้จะมีแบบแผนที่ไม่แน่นอนจึงยากที่จะพยากรณ์ การเคลื่อนไหวตามวัฏจักรมีสาเหตุจากสภาพเศรษฐกิจ นโยบายรัฐบาล การเปลี่ยนแปลงทางด้านรสนิยม ซึ่งโดยทั่วไปวัฏจักรจะประกอบไปด้วย 4 ช่วง ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระยะรุ่งเรือง (Prosperity)
2. ระยะหดตัว (Recession)
3. ระยะตกต่ำ (Depression)
4. ระยะฟื้นตัว (Recovery)

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรจะเป็นเช่นนี้ไปอย่างสม่ำเสมอคล้ายกับรูปแบบของการเคลื่อนไหวตามฤดูกาล แต่จะแตกต่างที่ว่าระยะเวลาของการเกิดวัฏจักรหนึ่งไปสู่อีกวัฏจักรหนึ่งนั้น จะใช้เวลานานมากกว่าและยากแก่การพยากรณ์



รูปที่ 2.5 อิทธิพลของวัฏจักรธุรกิจในช่วงเวลา

4. การเคลื่อนไหวผิดปกติ (Irregular movement: I)

หมายถึงการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีได้คาดคิดมาก่อน มักจะเกิดขึ้นโดยบังเอิญและรวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถจะจัดเข้าไปอยู่ในลักษณะการเปลี่ยนแปลงทั้ง 3 ที่กล่าวมาข้างต้น การเคลื่อนไหวที่ไม่แน่นอน เกิดขึ้นเนื่องด้วยปัจจัยต่างๆ เช่น ภัยธรรมชาติ น้ำท่วม ฝนแล้ง แผ่นดินไหว สงคราม และการนัดหยุดงาน เป็นต้น ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ได้มีการเกิดขึ้นเป็นประจำ

2.1.2 วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ

การปรับให้เรียบ (Smoothing Method) เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ใช้หลักการของการปรับให้เรียบ คือการใช้ค่าสังเกตในอดีตส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะแตกต่างกัน วิธีปรับให้เรียบมีหลายวิธีจะแบ่งเป็นกลุ่มตามลักษณะของอนุกรมเวลาดังนี้ (สมศรี บันชิตวิไล, 2551)

2.1.2.1 อนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและไม่มีฤดูกาล

2.1.2.1.1 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย (Simple Moving Average Method) หรือ SMA ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตล่าสุดจำนวนหนึ่ง โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะเท่ากัน

2.1.2.1.2 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average Method) หรือ WMA ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตล่าสุดจำนวนหนึ่ง โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะไม่เท่ากัน

2.1.2.1.3 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Single Exponential Smoothing Method) หรือ SES ค่าพยากรณ์จะใช้ค่าสังเกตที่ผ่านมาทั้งหมด โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะไม่เท่ากัน น้ำหนักที่ให้กับค่าที่เกิดขึ้นล่าสุดจะมากและลดหลั่นไปสำหรับค่าสังเกตที่อยู่ห่างออกไป ซึ่งการลดหลั่นของน้ำหนักจะเป็นการลดแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

2.1.2.2 อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล

แนวโน้มอาจจะมีลักษณะแบบต่างๆ เช่น แบบเส้นตรง แบบกำลังสอง แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เป็นต้น การปรับให้เรียบสำหรับแต่ละลักษณะจะมีวิธีการแตกต่างกันดังนี้

2.1.2.2.1 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (Double Moving Average Method: DMA) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง ค่าจุดตัด Y และค่าลาดชันของสมการแนวโน้มจะได้จากการหาเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้งของอนุกรมเวลา

2.1.2.2.2 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing Method: DES) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง โดยมีหลักการที่ว่าค่าจุดตัดแกน Y และค่าลาดชันของสมการแนวโน้มสุดท้ายที่ใช้ในการพยากรณ์จะได้มาจากค่าจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชันในอดีต โดยการให้น้ำหนักกับค่าจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชันในอดีตต่างกัน

2.1.2.2.3 วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบเส้นตรง (Linear Exponential Smoothing Method: LES) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง แต่จะมีค่าปรับน้ำหนัก 2 ค่า ซึ่งต่างก็มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งจะเป็นค่าปรับน้ำหนักของจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชัน

2.1.2.2.4 วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริเปิ้ล (Triple Exponential Smoothing Method: TES) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบกำลังสอง

2.1.2.2.5 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Moving Average of Percentage Change: MAPC) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

2.1.2.3 อนุกรมเวลาที่ไม่มีความโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล

จะใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบฤดูกาล (Seasonal Single Exponential Smoothing: SSES) สมการพยากรณ์จะสร้างขึ้นโดยใช้หลักการปรับให้เรียบที่มีค่าปรับน้ำหนัก 2 ค่า สำหรับค่าคงที่และค่าฤดูกาล ค่าปรับน้ำหนักมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2.1.2.4 อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล

จะใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing Method: HWS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ 3 ชนิด โดยอนุกรมเวลาที่น่ามาพิจารณานั้น หากเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล จะเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย ในการนำมาวิเคราะห์และหาตัวแบบการพยากรณ์ ดังนั้นจะแสดงขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์โดยรายละเอียด ดังนี้

2.1.3 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Single Exponential Smoothing Method: SES)

วิธีนี้ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตที่ผ่านมาทั้งหมด น้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าไม่เท่ากัน น้ำหนักที่ให้จะให้ให้กับค่าที่เกิดขึ้นล่าสุดสูงที่สุด และจะลดหลั่นกันไปสำหรับค่าสังเกตที่อยู่ห่างออกไป น้ำหนักที่ให้กับค่าที่เกิดขึ้นอยู่กับค่าปรับน้ำหนัก (α) สมการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ ณ เวลา t เมื่อใช้ค่าสังเกต Y_t, Y_{t-1}, \dots

ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักทั้งหมดจะรวมกันเป็น 1 อาจเขียนสมการพยากรณ์ใหม่อีกสองแบบได้แก่ แบบปรับให้เรียบ (Smoothing form) และแบบปรับค่าเดิมด้วยความคลาดเคลื่อน (Error correction form) ดังนี้

$$Y_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha) Y_t \quad (2.1)$$

$$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t + \alpha e_t \quad (2.2)$$

แบบปรับให้เรียบจะได้จากการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของค่าจริงและค่าพยากรณ์ ณ เวลา t ส่วนแบบปรับค่าเดิมด้วยความคลาดเคลื่อนจะได้จากการปรับค่าพยากรณ์ ณ เวลา t ด้วย α เท่าของความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

การสร้างสมการพยากรณ์โดยวิธี SES มีรายละเอียดคือ

1. ค่าเริ่มต้น (Initial value) ด้วยหลักการของการปรับให้เรียบ การหาค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+1$ \hat{Y}_{t+1} จะต้องทราบค่าพยากรณ์ ณ เวลา t \hat{Y}_t มาก่อน ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าพยากรณ์เพื่อให้ค่าพยากรณ์ต่อไปได้ ค่าเริ่มต้นจะกำหนดได้หลายวิธีดังนี้ (เมื่อให้ \hat{Y}_{init} เป็นค่าเริ่มต้น)

$\hat{Y}_{init} = \hat{Y}_1 = \bar{Y}$ โดย \bar{Y} เป็นค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา และจะทำให้หาค่าพยากรณ์ \hat{Y}_t สำหรับ $t = 2, 3, 4, \dots$

$\hat{Y}_{init} = \hat{Y}_2 = Y_1$ จะทำให้หาค่าพยากรณ์ \hat{Y}_t สำหรับ $t = 3, 4, \dots$ ได้

$$\hat{Y}_{\text{init}} = \hat{Y}_{m+1} = \bar{Y}_m = \text{ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต } m \text{ ค่าแรกจะทำให้หาค่าพยากรณ์ } \hat{Y}_t$$

สำหรับ $t = m+2, m+3, \dots$

2. ค่าปรับน้ำหนัก (α) เป็นค่าคงที่ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดย α ที่เหมาะสมจะเป็นค่าที่ทำให้ค่า MSE มีค่าต่ำสุด นั่นคือจะเป็นค่าที่ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุดเมื่อใช้ค่าปรับน้ำหนักต่างกัน สมการพยากรณ์ที่ได้จะต่างกัน

2.1.4 วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing Method: DES)

สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล จะเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล ในการนำมาวิเคราะห์และหาตัวแบบการพยากรณ์ ดังนั้นจะแสดงขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์โดยมีรายละเอียด ดังนี้

วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิลหรือวิธีของ Brown เป็นวิธีที่ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรง โดย

$$A_t = \text{ค่าปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา } t$$

$$A'_t = \text{ค่าปรับให้เรียบครั้งที่สองแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา } t$$

ซึ่ง A_t หาได้จากการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่าง A_{t-1} และ Y_t และ A'_t หาได้จากการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่าง A'_{t-1} และ A_t นั่นคือ

$$A_t = (1-\alpha)A_{t-1} + \alpha Y_t$$

$$A'_t = (1-\alpha)A'_{t-1} + \alpha A_t$$

จะได้

$$\hat{T}_t(t) = \text{ค่าแนวโน้ม ณ เวลา } t = 2A_t - A'_t$$

$$\hat{\beta}_1(t) = \text{ค่าประมาณของ } \beta_1 \text{ ณ เวลา } t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(A_t - A'_t)$$

จะเขียน $\hat{T}_t(t)$ และ $\hat{\beta}_1(t)$ ในเทอมของ e_t ได้เป็น

$$\hat{T}_t(t) = \hat{Y}_t(t-1) + (1-(1-\alpha)^2) e_t \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{\beta}_1(t) = \hat{\beta}_1(t-1) + \alpha^2 e_t \quad (2.4)$$

การสร้างสมการพยากรณ์จะเกี่ยวข้องกับค่าที่สำคัญ 2 ค่า ได้แก่

1. ค่าเริ่มต้นจะกำหนดได้หลายวิธี ได้แก่
 - ก. กำหนด $A_t = A_1 = Y_1$ หรือ $\hat{T}_1(1) = Y_1$ และ $\hat{\beta}_1(1) = 0$ เพื่อหา $\hat{Y}_2(1)$ เป็นต้นไป
 - ข. กำหนด $A_t = A_1 = Y_1$ หรือ $\hat{T}_1(1) = Y_1$ และ $\hat{\beta}_1(1) = 0, \hat{\beta}_1(2) = Y_2 - Y_1 = \Delta Y_2$

$\hat{\beta}_1(3) = \frac{Y_3 - Y_1}{2}$ และ $\hat{\beta}_1(4) = \frac{(Y_2 - Y_1) + (Y_4 - Y_3)}{2} = \frac{\Delta Y_2 + \Delta Y_4}{2}$ เพื่อหา $\hat{Y}_5(4)$ เป็นต้นไป

- ค. นำอนุกรมเวลาในอดีตส่วนหนึ่งมาสร้างสมการเพื่อหา Y-intercept และ slope เช่น จาก อนุกรมเวลาในอดีตขนาด m จะได้ $\hat{T}_m(m)$ และ $\hat{\beta}_1(m)$ ซึ่งค่าที่ได้จะใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณเพื่อสร้างสมการพยากรณ์ต่อไป
 2. ค่าปรับน้ำหนัก (α) จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และทำให้ ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) มีค่าต่ำสุด
- สมการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล คือ

$$\hat{Y}_{17+p}(t) = \hat{T}_t(t) + \hat{\beta}_1(t)p \quad \text{สำหรับ } p=1,2,\dots \quad (2.5)$$

2.1.5 เทคนิคการพยากรณ์แบบบ็อกซ์และเจนกินส์

เป็นวิธีการพยากรณ์ค่าในอนาคตที่พัฒนาโดยนักสถิติที่มีชื่อเสียงสองท่านคือ George E.P.Box และ Gwilym M.Jenkins ได้นำเสนอรูปแบบ Integrated Autoregressive and Moving Average: (ARIMA) ไว้ในหนังสือ Time Series Analysis: Forecasting and Control ที่เริ่มเผยแพร่ในปี ค.ศ. 1970 และปรับปรุงในปี ค.ศ. 1994 ซึ่งได้รับความนิยมมากจนถึงปัจจุบัน โดยกำหนดรูปแบบ ARIMA ซึ่งเป็นรูปแบบที่อธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่ค่าสังเกตมีสหสัมพันธ์ในตนเองและเป็นสเตชันนารี แม้ว่าอนุกรมเวลาที่เก็บรวบรวมโดยทั่วไปจะมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้ม และฤดูกาลซึ่งลักษณะของอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี แต่สามารถใช้รูปแบบ ARIMA กับอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารีได้ โดยแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารีให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่เป็นสเตชันนารี แล้วจึงกำหนดรูปแบบ ARIMA ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ที่เป็นสเตชันนารี (สมศรี บัณฑิตวิไล, 2551)

รูปแบบที่กำหนดให้อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีเป็นรูปแบบใหม่ในกลุ่มของรูปแบบ ARIMA (p,q) (Autoregressive and Moving Average Order p and q Model) ที่เกิดจากการรวมส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของรูปแบบ AR(p) และรูปแบบ MA(q) โดยรูปแบบ AR(p) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่าค่าสังเกต Y_t ขึ้นอยู่กับค่าสังเกตก่อนหน้าที่เวลา $t-1, \dots, t-p$ ได้แก่ Y_{t-1}, \dots, Y_{t-p} ส่วนรูปแบบ MA(q) เป็นรูปแบบที่กำหนดค่าสังเกต Y_t ขึ้นอยู่กับความคลาดเคลื่อน ก่อนหน้าที่เวลา $t-1, \dots, t-p$ ได้แก่ $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-p}$ ทุกรูปแบบมีค่าคงที่ θ_0 และค่าความคลาดเคลื่อน ตัวอย่างเช่น

รูปแบบ AR(1) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่า Y_t ขึ้นกับ Y_{t-1}

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2.6)$$

รูปแบบ MA(1) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่า Y_t ขึ้นกับ ε_{t-1}

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (2.7)$$

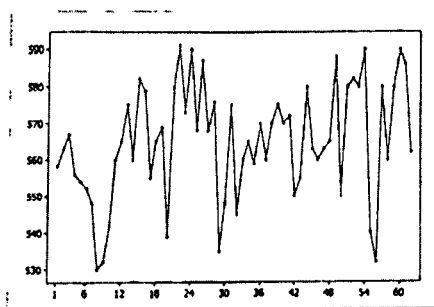
รูปแบบ ARMA (1,1) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่า Y_t ขึ้นกับ Y_{t-1} และ ε_{t-1}

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (2.8)$$

การกำหนดรูปแบบ ARMA(p,q) ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา จะได้จากการพิจารณาว่า อนุกรมเวลาที่มีค่าวัดลักษณะบางค่า ได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของตัวอย่าง (r_k และ r_{kk}) สอดคล้องกับค่าวัดลักษณะ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของประชากร (ρ_k และ ρ_{kk}) ของรูปแบบ ARMA(p,q) ไต ขนาดของอนุกรมเวลาต้องใหญ่พอสมควร ซึ่งควรมีขนาดเกิน 30 เพราะจะต้องหาค่า เพื่อให้ค่า r_k และ r_{kk} หลายค่าเพื่อจะได้นำมาเปรียบเทียบกับ ρ_k และ ρ_{kk}

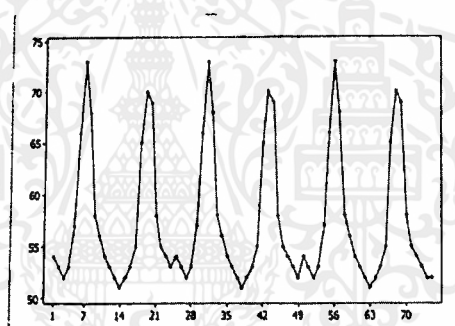
อนุกรมเวลาที่จะนำมาใช้เพื่อการพยากรณ์มักมีลักษณะการเคลื่อนไหวที่ต่างกัน โดยทั่วไปจะอธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาด้วยส่วนประกอบของอนุกรมเวลา วิธีการพยากรณ์แบบบ็อกซ์และเจนกินส์แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (Stationary Series) เป็นอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ ที่มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของ Y_t คงที่ สำหรับแต่ละเวลา t และอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองที่ lag k ขึ้นอยู่กับ k อย่างเดียว อนุกรมเวลาที่จะกำหนดรูปแบบ ARMA(p,q) ให้ จะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีเท่านั้น ลักษณะข้อมูลที่เป็นสเตชันนารีแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (Stationary Series)

2. อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Non Stationary Series) เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่มีความสมบัติเป็นสเตชันนารี จะหารูปแบบ ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมเวลาดังกล่าวไม่ได้ จะต้องแปลงอนุกรมเวลานั้นให้เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีก่อน จึงหารูปแบบ ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ได้



รูปที่ 2.7 อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Non Stationary Series) เนื่องจากมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

2.1.5.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน

กำหนดรูปแบบ ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมเวลา จะทำได้โดยการเปรียบเทียบกราฟคอเรโลแกรมของ r_k และ r_{kk} จากอนุกรมเวลากับกราฟคอเรโลแกรมของ ρ_k และ ρ_{kk} ของรูปแบบ ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณหาค่า r_k และ r_{kk} สำหรับ k หลายๆค่า สำหรับอนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล ควรหาค่า r_k และ r_{kk} สำหรับ k ที่เป็นจำนวนเท่าของจำนวนฤดูกาลต่อปีหลายๆค่า

r_k เป็นค่าประมาณของ ρ_k ซึ่ง

$$r_k = \frac{\sum (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum (Y_t - \bar{Y})^2} \quad \text{สำหรับ } k=1,2,\dots \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

r_k เป็นค่าวัดสหสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตในอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา หรือค่าวัดสหสัมพันธ์ระหว่าง Y_t และ Y_{t-k}

1. r_k มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 เมื่อขนาดของ r_k ที่วัดด้วย $|r_k|$ มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าสังเกตที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลามีสหสัมพันธ์กันสูง
2. $r_k = r_{-k}$ คือการวัดสหสัมพันธ์ระหว่าง Y_t และ Y_{t-k} หรือระหว่าง Y_t และ Y_{t+k} ซึ่งต่างก็เป็นค่าสังเกตที่อยู่ห่างกัน k ค่า

r_{kk} เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนซึ่งคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง ไว้วัดค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าสังเกตในอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา โดยที่ r_{kk} มีการแจกแจงใกล้เคียงการแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวน เป็น $\sigma_{r_{kk}}^2$

r_{kk} เป็นค่าประมาณของ ρ_{kk} ซึ่ง

$$r_{kk} = \begin{cases} r_1 & , k=1 \\ \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j}^2} & , k=2,3,\dots \end{cases} \quad (2.10)$$

$$\text{โดย } r_{kj} = r_{k-1,j} - r_{kk} r_{k-1,k-j} \quad , j=1,2,\dots,k-1 \quad (2.11)$$

2.1.5.2 ขั้นตอนการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์

แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดตัวแบบ (Identification)

ก่อนการกำหนดตัวแบบให้กับอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ จะต้องพิจารณาว่าอนุกรมเวลานั้นมีคุณสมบัติเป็นสเตชันนารี หากอนุกรมนั้นๆ ยังไม่เป็นสเตชันนารีต้องแปลงอนุกรมเวลาใหม่ให้เป็นสเตชันนารี ก่อน แล้วจึงหาตัวแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลาใหม่

ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์แบบบ็อกซ์และเจนกินส์ เมื่ออนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติเป็นสเตชันนารี มีดังนี้

1. ตัวแบบออโตรีเกรสซีฟอันดับที่ p (Autoregressive Model of Order p : AR(p)) ซึ่ง p คืออันดับที่ของออโตรีเกรสซีฟ มีตัวแบบทั่วไปดังนี้

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.12)$$

โดยที่

Y_t คือ ค่าสังเกตอนุกรมเวลา ณ เวลา t

θ_0 คือ ค่าคงที่

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ คือ พารามิเตอร์ออโตรีเกรสซีฟ (Autoregressive Parameter)

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t มีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ค่าความแปรปรวน เท่ากับ σ^2

2. ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ q (Moving Average Model of Order q : MA(q)) ซึ่ง q คืออันดับที่ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มีตัวแบบทั่วไปดังนี้

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.13)$$

โดยที่

Y_t คือ ค่าสังเกตอนุกรมเวลา ณ เวลา t

θ_0 คือ ค่าคงที่

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ คือ พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Parameters)

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t มีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ค่าความแปรปรวน เท่ากับ σ^2

3. ตัวแบบผสมออโตรีเกรสซีฟและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ p และ q (Mixed Autoregressive and Model of Order p and q : ARMA (p, q)) มีตัวแบบทั่วไป ดังนี้

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.14)$$

กรณีที่อนุกรมเวลาไม่เป็นสเตชันนารี การหาตัวแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลานั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อนซึ่งทำได้หลายวิธีวิธีที่นิยมใช้กันมากได้แก่การหาผลต่าง (Differencing) ของอนุกรมเดิม ผลต่างของอนุกรมเวลานั้นจะทำให้ครั้งขึ้นอยู่กับว่าอนุกรมเวลาผลต่างนั้นมีคุณสมบัติสเตชันนารีแล้วหรือยัง ถ้าไม่ก็ต้องทำต่อไปจนสเตชันนารีแล้วจึงนำอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติสเตชันนารี ไปหาตัวแบบที่เหมาะสมต่อไป

จากอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ หาผลต่างของอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จะใช้การกระทำ ∇ เพื่ออธิบายการหาผลต่างของอนุกรมเวลาเดิมดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ผลต่างครั้งที่ 1} \quad Z_t &= \nabla Y_t \\ &= Y_t - Y_{t-1} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ผลต่างครั้งที่ 2} \quad Z_t &= \nabla^2 Y_t \\ &= Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \end{aligned}$$

จะเรียกตัวแบบอนุกรมเวลาที่ต้องหาผลต่างของอนุกรมเวลาเพื่อให้มีคุณสมบัติสแตชันนารีโดยกำหนดอันดับของการหาผลต่าง ($d > 1$) ว่า ARIMA(p,d,q) โดย d เป็นอันดับที่ผลต่างมีตัวแบบทั่วไปดังนี้

$$Z_t = \theta_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2.15)$$

โดยที่

Z_t คือ ค่าสังเกต ณ เวลา t จากอนุกรมเวลา

θ_0 คือ ค่าคงที่

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ คือ พารามิเตอร์ออโตรีเกรสซีฟ (Autoregressive Parameters)

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$ คือ พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Parameters)

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t มีการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ค่าความแปรปรวน เท่ากับ σ^2

ถ้าอนุกรมเวลาที่พิจารณามีทั้งแนวโน้มและความผันแปรเนื่องจากฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องจะกำหนดตัวแบบ SARIMA(P,D,Q)_L (Seasonal Integrated Autoregressive and Moving Average of Order (P,D,Q) โดย P เป็นอันดับของ SAR (Seasonal Autoregressive) Q เป็นอันดับของ SMA (Seasonal Moving Average) และ D เป็นจำนวนครั้งที่หาผลต่างฤดูกาลเพื่อทำให้อนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ ที่ไม่เป็นสแตชันนารีเนื่องจากฤดูกาลเป็นอนุกรมเวลาชุดใหม่ $\{Z_t\}$ ที่เป็นสแตชันนารีโดย

$$Z_t = \nabla_L^D Y_t$$

เช่น สำหรับอนุกรมเวลารายเดือน $L = 12$

$$\begin{aligned} D=1, \quad Z_t &= \nabla_{12}^1 Y_t \\ &= Y_t - Y_{t-12} \end{aligned}$$

$$D=2 \quad Z_t = \nabla_{12}^2 Y_t$$

$$\begin{aligned}
 &= \nabla_{12}(Y_t - Y_{t-12}) \\
 &= Y_t - 2Y_{t-12} - Y_{t-24}
 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameters Estimation)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวเองจะใช้วิเคราะห์ตัวเลข (Numerical Analysis) ซึ่งจะต้องประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวเองด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Square Method) โดยกำหนดค่าประมาณเบื้องต้น (Initial Estimate) ของพารามิเตอร์เพื่อหาค่าประมาณสุดท้าย (Final Estimate) โดยการซ้ำ (Iteration) ซึ่งค่าประมาณที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน ($\sum e_t^2$) มีค่าต่ำสุดจะเป็นค่าประมาณที่ใช้ในสมการพยากรณ์

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Diagnostic Checking)

เมื่อกำหนดตัวแบบและประมาณค่าพารามิเตอร์แล้ว ต้องมีการตรวจสอบว่าตัวแบบที่เลือกไว้มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาหรือไม่ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบของบ็อกซ์และจุง (Box - Ljung) เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (e_t) ว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ ด้วยการทดสอบสมมติฐาน สำหรับ k บางค่าเมื่อ $k = 1, 2, \dots, m$

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่าเมื่อ } 1, 2, \dots, m$$

หรือ H_0 : สหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเท่ากับ 0

H_1 : สหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนมีอย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0 โดยใช้ตัวทดสอบทางสถิติ

$$Q = n(n+2) \sum_{i=1}^m \frac{r_k^2(e_t)}{n-k} \quad (2.16)$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

m คือ lag สูงสุดที่ต้องการทดสอบ

$r_k(e_t)$ คือค่าของสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา เมื่อ $k = 1, 2, 3, \dots$ ตัวทดสอบสถิติ Q มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ มีองศาความเป็นอิสระเท่ากับ $m - n_p$ ซึ่ง n_p คือ จำนวนพารามิเตอร์ในตัวเอง จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Q > \chi_{\alpha, (m-n_p)}^2$ แสดงว่ารูปแบบ ARMA (p,q) ที่กำหนดยังไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ (Forecasting)

วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ จะให้สมการพยากรณ์ล่วงหน้าได้หลายช่วงเวลา สมการการพยากรณ์จะสร้างจากตัวแบบที่ได้ทดสอบแล้วว่าเหมาะสมกับการพยากรณ์ โดยส่วนใหญ่ค่าพยากรณ์ที่ได้จากสมการพยากรณ์ หากเป็นการพยากรณ์ระยะยาว ค่าพยากรณ์นั้นจะให้สาระข้อมูลจริงน้อยลง และความแม่นยำที่ได้จากการพยากรณ์ก็จะมีค่าลดลงกว่าการพยากรณ์ระยะสั้น

2.1.6 การเปรียบเทียบการพยากรณ์

การเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีพยากรณ์ที่ต่างกัน อาจพิจารณาเปรียบเทียบความเอนเอียงของค่าพยากรณ์หรือเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์โดยเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์สามารถพิจารณาได้จาก ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error : MSE) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากค่าความคลาดเคลื่อน โดยค่า MSE จะวัดต่อความคลาดเคลื่อนที่มีขนาดใหญ่ เพราะได้จากการนำค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามายกกำลังสอง

$$MSE = \frac{\sum e_i^2}{n} \quad (2.17)$$

วิธีพยากรณ์ซึ่งให้ค่า MSE น้อยกว่าวิธีพยากรณ์อื่นๆ เป็นวิธีที่ดีที่สุด

2.2 สินค้าคงคลัง

สินค้าคงคลัง หมายถึง หมายถึงวัสดุหรือสินค้าต่างๆ ที่เก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการดำเนินงาน อาจเป็นการดำเนินงานผลิต ดำเนินการขาย หรือดำเนินงานอื่นๆ สินค้าคงคลัง หรือสินค้าคงเหลือ (Inventory) เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับธุรกิจ เพราะจัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนรายการหนึ่งซึ่งธุรกิจพึงมีไว้เพื่อให้การผลิตหรือการขาย สามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น การมีสินค้าคงคลังมากเกินไปอาจเป็นปัญหากับธุรกิจ ทั้งในเรื่องต้นทุนการเก็บรักษาที่สูง สินค้าเสื่อมสภาพ หมดอายุ ล้าสมัย ถูกขโมย หรือสูญหาย

นอกจากนี้ยังทำให้สูญเสียโอกาสในการนำเงินที่จมอยู่กับสินค้าคงคลังนี้ไปหาประโยชน์ในด้านอื่นๆ แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าธุรกิจมีสินค้าคงคลังน้อยเกินไป ก็อาจประสบปัญหาสินค้าขาดแคลนไม่เพียงพอ (Stock out) สูญเสียโอกาสในการขายสินค้าให้แก่ลูกค้า เป็นการเปิดช่องให้คู่แข่งแข่งขัน และก็ต้องสูญเสียลูกค้าไปในที่สุด นอกจากนี้ถ้าสิ่งของที่ขาดแคลนนั้นเป็นวัตถุดิบที่สำคัญ การดำเนินงานทั้งการผลิตและการขายก็อาจต้องหยุดชะงัก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของธุรกิจในอนาคตได้ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ประกอบการในการจัดการสินค้าคงคลังของตนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่มาก หรือน้อยจนเกินไป เพราะการลงทุนในสินค้าคงคลังต้องใช้เงินจำนวนมาก และอาจส่งผลกระทบต่อสภาพคล่องของธุรกิจได้ (www.it.tru.ac.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ประเภทของสินค้าคงคลัง

แบ่งตามลักษณะของสินค้าได้ดังนี้

1) สินค้าคงคลังที่เป็นวัตถุดิบ (Raw Material Inventory) คือสินค้าที่ซื้อเข้ามาเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับซัพพลายเออร์ ดังนั้นควรเลือกซัพพลายเออร์ที่มีความแน่นอนในเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปริมาณ และความตรงต่อเวลาในการจัดส่ง

2) สินค้าคงคลังระหว่างการผลิต (Work-in-Process (WIP) Inventory) คือสินค้าที่ผ่านกระบวนการผลิตมาบ้างแล้วแต่ยังไม่เสร็จสิ้นครบตามกระบวนการผลิต ซึ่งต้องรอเข้ากระบวนการถัดไปเพื่อให้ครบรอบเวลาของการผลิต (Cycle Time)

3) สินค้าคงคลังประเภทอะไหล่สำหรับการซ่อมบำรุง (Maintenance / Repair / Operating (MROs)) คือกลุ่มสินค้าประเภทอะไหล่และอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีสำรองไว้เพื่องานซ่อมบำรุง ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะอะไหล่ขาดแคลนหรือหาซื้อไม่ได้ในยามที่อุปกรณ์ชำรุดเสียหาย

4) สินค้าคงคลังประเภทสินค้าสำเร็จรูป (Finished Good Inventory) คือกลุ่มสินค้าที่ผ่านกระบวนการผลิตขั้นสุดท้ายแล้ว มีความพร้อมที่จะส่งขายทันทีทำการเก็บรักษาเพื่อสำรองไว้ขายให้ลูกค้าได้ตลอดเวลาและนับว่าเป็นทรัพย์สินของบริษัท

2.2.2 ประเภทของสินค้าคงคลัง

จำแนกประเภทของสินค้าคงคลังได้เป็น 6 ประเภทดังนี้ (www.logisticsconer.com)

1) สินค้าที่เก็บตามรอบ (Cycle Stock) สินค้าที่เก็บตามรอบเป็นสินค้าที่มีไว้เติมสินค้าที่ขายไปหรือสินค้าที่ใช้ไปในการผลิต ซึ่งสินค้าประเภทนี้จะเก็บไว้เพื่อตอบสนองความต้องการสินค้าภายในเงื่อนไขที่มีความแน่นอน คือ อยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่าความต้องการสินค้าและช่วงเวลารอคอยในการสั่งซื้อที่และทราบล่วงหน้า ซึ่งจะต้องสามารถพยากรณ์ความต้องการสินค้าได้แน่นอน เนื่องจากการกำหนดไว้แล้วว่าความต้องการสินค้าและช่วงเวลารอคอยคงที่และทราบล่วงหน้า ดังนั้นการกำหนดวันให้สินค้าในแต่ละรอบมาถึงจะตรงกับเวลาที่สินค้าชั้นสุดท้ายหมดพอดี ซึ่งปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดจะไม่เกินปริมาณที่สั่งซื้อไปในแต่ละครั้ง โดยที่ปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อ

2) สินค้าคงคลังระหว่างทาง (In-transit Inventories) สินค้าคงคลังระหว่างทางเป็นสินค้าที่อยู่ระหว่างการลำเลียงจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งซึ่งสินค้าเหล่านี้อาจจะถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของสินค้าที่เก็บไว้ตามรอบ (Cycle Stock) แม้ว่าสินค้าเหล่านี้จะยังไม่สามารถขายหรือขนส่งในลำดับต่อไปจนกว่าสินค้านั้นจะไปถึงผู้ที่สั่งสินค้านั้นเสียก่อน ดังนั้นในการคำนวณต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าของต้นทุนทางควรจะรวมต้นทุนของสินค้าคงคลังระหว่างทางไว้ด้วย เนื่องจากสินค้าเหล่านี้ยังไม่สามารถขายหรือนำไปใช้ที่จุดหมายปลายทางได้

3) **สินค้าคงคลังสำรองหรือสินค้ากันชน (Safety or Buffer Stock)** สินค้าคงคลังสำรองหรือสินค้ากันชนเป็นสินค้าจำนวนหนึ่งที่เก็บไว้เกินจากจำนวนสินค้าที่เก็บไว้ตามรอบปกติเนื่องจากความไม่แน่นอนในความต้องการสินค้าหรือช่วงเวลาการออกขาย ซึ่งปริมาณสินค้าคงคลังโดยเฉลี่ยจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของปริมาณการสั่งซื้อตามปกติบวกกับปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง

4) **สินค้าที่เก็บไว้เพื่อเก็งกำไร (Speculative Stock)** สินค้าที่เก็บไว้เพื่อเก็งกำไรเป็นการเก็บสินค้าคงคลังเผื่อไว้โดยมีเหตุผลในการเก็บมากกว่าเพียงแค่การเตรียมไว้สำหรับความต้องการในปัจจุบัน เช่น การสั่งซื้อวัตถุดิบจำนวนมากกว่าปกติเพื่อต้องการส่วนลดหรือมีการพยากรณ์ว่าวัตถุดิบจะมีการขึ้นราคาหรือขาดแคลนในอนาคต หรือการสั่งซื้อสินค้าเนื่องจากมีแนวโน้มว่าโรงงานของ ซัพพลายเออร์จะมีการสไตรค์เกิดขึ้นนอกจากนั้นการประหยัดจากการผลิต (Production Economies) ทำให้ต้องมีการผลิตสินค้าในแต่ละช่วงในปริมาณที่มากกว่าความต้องการที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาดังกล่าว

5) **สินค้าที่เก็บไว้ตามฤดูกาล (Seasonal Stock)** สินค้าที่เก็บไว้ตามฤดูกาลเป็นรูปแบบหนึ่งของสินค้าที่เก็บไว้เพื่อเก็งกำไร โดยเป็นการสะสมสินค้าคงคลังไว้จำนวนหนึ่งก่อนที่ฤดูกาลของการขายสินค้าจะมาถึง สินค้าประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นผลผลิตทางการเกษตรหรือผลผลิตตามฤดูกาล เป็นต้น หนึ่ง อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับแฟชั่น (Fashion Industry) จัดเป็นส่วนหนึ่งของสินค้าตามฤดูกาลโดยจะมีการสต็อกสินค้ารุ่นใหม่เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าในแต่ละฤดูกาลที่กำลังจะมาถึง

6) **สินค้าไม่เคลื่อนไหว (Dead Stock)** สินค้าประเภทนี้เป็นสินค้าที่กิจการเก็บไว้และไม่มีความต้องการสินค้าเกิดขึ้นในช่วงใดช่วงหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นสินค้าล้าสมัย เสื่อมสภาพ หรือเป็นสินค้าตกค้างอยู่ในคลังสินค้าแห่งใดแห่งหนึ่ง ถ้าเป็นกรณีหลังการขนส่งสินค้าที่ตกค้างไปยังคลังสินค้าแห่งอื่น เพื่อป้องกันการเสื่อมของสินค้าหรือการนำมาขายลดราคาหน้าโรงงานจะช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้

2.2.3 ต้นทุนของสินค้าคงคลัง (Inventory Cost)

ต้นทุนสินค้าคงคลังมี 4 ชนิด (www.Logisticafe.com)

1) **ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (Ordering Cost)** เป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าคงคลังที่ต้องการ ซึ่งจะแปรตามจำนวนครั้งของการสั่งซื้อ แต่ไม่แปรตามปริมาณสินค้าคงคลัง เพราะสั่งซื้อของมากเท่าใดก็ตามในแต่ละครั้ง ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อก็ยังคงที่ แต่ถ้ายิ่งสั่งซื้อบ่อยครั้ง ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อจะยิ่งสูงขึ้น ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อได้แก่ ค่าเอกสารใบสั่งซื้อ ค่าจ้างพนักงานจัดซื้อ ค่าโทรศัพท์ ค่าขนส่งสินค้า ค่าใช้จ่ายในการตรวจรับของและเอกสาร ค่าธรรมเนียมการนำของออกจากศุลกากร ค่าใช้จ่ายในการชำระเงิน เป็นต้น

2) **ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Carrying Cost)** เป็นค่าใช้จ่ายจากการมีสินค้าคงคลังและการรักษาสภาพให้สินค้าคงคลังนั้นอยู่ในรูปที่ใช้งานได้ ซึ่งจะแปรตามปริมาณสินค้าคงคลังที่ถือไว้และระยะเวลาที่เก็บสินค้าคงคลังนั้นไว้ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ได้แก่ ต้นทุนเงินทุนที่จมอยู่กับสินค้าคงคลัง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลังซึ่งคือค่าดอกเบี้ยจ่ายถ้าเงินทุนนั้นมาจากการกู้ยืมหรือเป็นค่าเสียโอกาสถ้าเงินทุนนั้นเป็นส่วนของเจ้าของ ค่าคลังสินค้า ค่าไฟฟ้าเพื่อการรักษาอุณหภูมิ ค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชำรุดเสียหายหรือหมดอายุเสื่อมสภาพจากการเก็บนานเกินไป ค่าภาษีและการประกันภัย ค่าจ้างยามและพนักงานประจำคลังสินค้า เป็นต้น

3) ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลน (Shortage Cost หรือ Stock out Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการมีสินค้าคงคลังไม่เพียงพอต่อการผลิตหรือการขาย ทำให้ลูกค้ายกเลิกคำสั่งซื้อ ขาดรายได้ที่ควรได้ กิจการเสียชื่อเสียง กระบวนการผลิตหยุดชะงักเกิดการว่างงานของเครื่องจักรและคนงาน เป็นต้น ค่าใช้จ่ายนี้จะแปรผกผันกับปริมาณสินค้าคงคลังที่ถือไว้ นั่นคือถ้าถือสินค้าไว้มากจะไม่เกิดการขาดแคลน แต่ถ้าถือสินค้าคงคลังไว้น้อยก็อาจเกิดโอกาสที่จะเกิดการขาดแคลนได้มากกว่า และมีค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลนนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการขาดแคลนรวมทั้งระยะเวลาที่เกิดการขาดแคลนขึ้นด้วย ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลนได้แก่ ค่าสั่งซื้อของล็อตพิเศษทางอากาศเพื่อนำมาใช้แบบฉุกเฉิน ค่าปรับเนื่องจากสินค้าให้ลูกค้าล่าช้า ค่าเสียโอกาสในการขาย ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเสียค่าความนิยม

4) ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรใหม่ (Setup Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการที่เครื่องจักรจะต้องเปลี่ยนการทำงานหนึ่งไปทำงานอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งจะเกิดการว่างงานชั่วคราว สินค้าคงคลังจะถูกทิ้งให้รอกระบวนการผลิตที่จะตั้งใหม่ ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรใหม่นี้จะมีลักษณะเป็นต้นทุนคงที่ต่อครั้ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของล็อตการผลิต ถ้าผลิตเป็นล็อตใหญ่มีการตั้งเครื่องใหม่นานครั้ง ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องใหม่ก็จะต่ำ แต่ยอดสะสมของสินค้าคงคลังจะสูง ถ้าผลิตเป็นล็อตเล็กมีการตั้งเครื่องใหม่บ่อยครั้ง ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องใหม่ก็จะสูง แต่สินค้าคงคลังจะมีระดับต่ำลง และสามารถส่งมอบงานให้แก่ลูกค้าได้เร็วขึ้น

ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสินค้าคงคลังต่างๆ เหล่านี้ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาจะสูงขึ้นถ้ามีระดับสินค้าคงคลังสูง และจะต่ำลงถ้ามีระดับสินค้าคงคลังต่ำ แต่สำหรับค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลน และค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรใหม่ จะมีลักษณะตรงกันข้าม คือ จะสูงขึ้นถ้ามีระดับสินค้าคงคลังต่ำและจะต่ำลงถ้ามีระดับสินค้าคงคลังสูง ดังนั้นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสินค้าคงคลังที่ต่ำสุด ณ ระดับที่ค่าใช้จ่ายทุกตัวรวมกันแล้วต่ำสุด

2.2.4 รูปแบบของระบบสินค้าคงคลัง

รูปแบบของระบบสินค้าคงคลังอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆตามลักษณะความต้องการสินค้าของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา (วลัยลักษณ์ อัครีวงศ์, 2551) ดังนี้

1) รูปแบบที่ความต้องการสินค้าทราบค่าที่แน่นอน (Deterministic Model) ระบบสินค้าคงคลังประเภทนี้มีข้อสมมติที่ว่าทราบความต้องการสินค้าของลูกค้าในอนาคต และสินค้าจะถูกจำหน่ายออกสำหรับช่วงเวลาหนึ่งๆเป็นค่าที่แน่นอนคือ a หน่วย ต่อ 1 หน่วยเวลา จึงถือว่าความต้องการสินค้ามีค่าคงที่

2) รูปแบบที่ความต้องการสินค้าทราบค่าไม่แน่นอน (Stochastic or Probabilistic Model) ระบบสินค้าคงคลังประเภทนี้จะไม่ทราบปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการแน่นอนว่ามีความต้องการเป็นเท่าใดจึงถือว่าความต้องการมีค่าไม่คงที่หรือเป็นแบบสุ่ม (Random Demand) ที่ทราบการแจกแจงความน่าจะเป็น กล่าวคือจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพเศรษฐกิจหรือตามความนิยม เช่น สินค้าประเภทฟุ่มเฟือยต่างๆ และสินค้าประเภทเสื้อผ้า เป็นต้น

2.2.5 การพิจารณาความคงที่ของความต้องการผลิตภัณฑ์

Peterson, (2551) และพิภพ ลลิตาภรณ์ (2552) ได้เสนอแนะขั้นตอนการคำนวณดังนี้

- คำนวณหาค่าเฉลี่ยของความต้องการต่อช่วงเวลา (\bar{d})

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2.18)$$

- คำนวณหาค่าความแปรปรวนของความต้องการ $V(D)$ ต่อช่วงเวลา

$$V(D) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2 - \bar{d}^2 \quad (2.19)$$

- คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแปรปรวนของความต้องการ $V(D)$ กับค่าเฉลี่ยของความต้องการต่อช่วงเวลา (\bar{d}) กำลังสอง

$$VC = \frac{V(D)}{\bar{d}^2} \quad (2.20)$$

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) มีค่าน้อยกว่า 0.20 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะคงที่มีความเหมาะสมที่จะใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (Economic Order Quantity : EOQ) สำหรับคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) มีค่ามากกว่า 0.20 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะไม่แน่นอน จะใช้วิธีการอื่นๆในการคำนวณ เช่น เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง และเทคนิคการสั่งแบบ Silver Meal

2.2.6 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีที่ความต้องการในแต่ละช่วงเวลามีค่าคงที่

จะใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (Economic Order Quantity : EOQ) สำหรับคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

1. ปริมาณความต้องการของลูกค้าต่อปีมีความแน่นอนและเป็นความต้องการที่เกิดขึ้นในลักษณะคงที่และสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา (หน่วยของสินค้าต่อปี)

2. ช่วงเวลานำ (Lead time) คือ ช่วงเวลาที่รอคอยหลังออกไปสั่งซื้อ หรือสั่งผลิตจนกระทั่งได้รับสินค้ามีค่าเป็นศูนย์ หรือทราบค่าที่แน่นอน

3. ไม่ยอมให้มีสินค้าขาดแคลน

4. ระบบสินค้าคงคลังนี้เป็นระบบที่ดำเนินอย่างต่อเนื่อง ปริมาณที่ทำการผลิตหรือสั่งซื้อแต่ละครั้ง และปริมาณสินค้าที่ได้รับ สินค้าคงเหลือที่อยู่ในคลังจะมีค่าเหมือนเดิมตลอด

ต้นทุนการสั่งซื้อสินค้าต่อครั้ง (หน่วยเงินต่อครั้ง) และ ต้นทุนการเก็บสินค้าต่อหน่วย (หน่วยเงินต่อหน่วยสินค้าต่อปี) ราคาสินค้าต่อหน่วย (หน่วยเงินต่อหน่วยสินค้า) จะเป็นค่าคงที่

ในการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดจะพิจารณาความต้องการ

กำหนดให้ K แทน ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าต่อครั้ง (บาทต่อครั้ง)

D แทน ความต้องการสินค้าของลูกค้า (หน่วยสินค้า/หน่วยเวลา)

h แทน ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง

(บาท/หน่วยสินค้า/หน่วยเวลา)

q แทน ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิต (หน่วยสินค้า/ครั้ง)

T แทน ระยะเวลาการสั่งซื้อ

ในการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดจะพิจารณาความต้องการ และค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบสินค้าคงคลังในระยะเวลา 1 ปี ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าใช้จ่ายในการออกใบสั่งซื้อหรือสั่งผลิตในเวลา 1 ปี เท่ากับ $\frac{KD}{q}$

ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาในรอบ 1 ปี จะคำนวณโดยใช้ระดับสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา เมื่อต้นรอบและปลายรอบ ซึ่งมีค่าเป็น q และ 0 ตามลำดับ ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเท่ากับ $\frac{hq}{2}$

ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Total Cost: TC) โดยไม่นับราคาสินค้า จึงเท่ากับผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้ง 2 กรณี นั่นคือ

$$TC(q) = \frac{KD}{q} + \frac{hq}{2} \quad (2.21)$$

ขนาดประหยัดที่เหมาะสมในระบบ EOQ หรือ q^* คือ

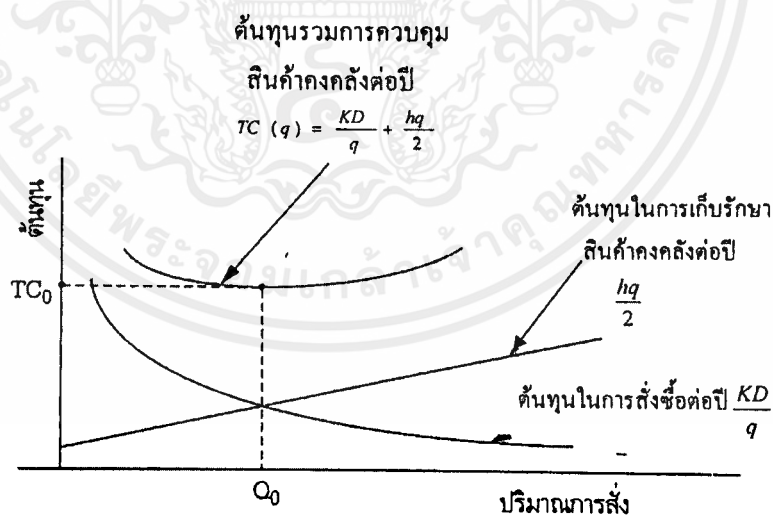
$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (2.22)$$

ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่ต่ำที่สุดคือ

$$TC(q^*) = \sqrt{2hKD} \quad (2.23)$$

โดยรูปที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

รายปี



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษารายปี

ที่มา: พิภพ ลลิตาภรณ์ (2552)

2.2.7 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีที่ความต้องการในแต่ละช่วงมีค่าไม่คงที่

ถ้าค่า VC ของสินค้าที่คำนวณมีค่ามากกว่า 0.20 แสดงว่าปริมาณความต้องการอะไหล่ในแต่ละช่วงเวลาไม่คงที่ จึงไม่สามารถใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) ได้ โดยจะมีสมมติฐานดังนี้

1. ปริมาณความต้องการของลูกค้ามีความไม่แน่นอน
2. ช่วงเวลานำ (Lead time) คือ ช่วงเวลาที่รอกอยหลังออกไปสั่งซื้อ หรือสั่งผลิตจนกระทั่งได้รับสินค้ามีค่าเป็นศูนย์ หรือทราบค่าที่แน่นอน
3. ไม่ยอมให้มีสินค้าขาดแคลน

โดยเทคนิคที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมนั้น มี 3 เทคนิคที่นิยมดังนี้

1. เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot

วิธีการนี้เป็นการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่คงที่ คือ เท่ากับปริมาณความต้องการล่วงหน้าเพียง 1 ช่วงเวลา ด้วยวิธีการนี้ จะทำให้มีต้นทุนการสั่งซื้อสินค้าสูง แต่ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังต่ำ ซึ่งเหมาะสมกับสินค้าหรือวัตถุดิบที่มีราคาสูง หรือสินค้าที่มีความไม่แน่นอนสูงมาก (Lumpy Demand)

2. เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง (Periodic Order Quantity : POQ)

สำหรับการกำหนดขนาดร่นการสั่ง โดยเทคนิค POQ จะใช้นโยบายการทบทวนการสั่งเป็นช่วงๆมากกว่าใช้นโยบายการสั่งตาม EOQ อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความต้องการที่เกิดขึ้นโดยปกติจะไม่คงที่ในทุกช่วงเวลา ดังนั้นขนาดของการสั่งจึงควรที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความต้องการของช่วงเวลาต่างๆอย่างไรก็ตามโดยเทคนิค POQ จำคำนวณจำนวนช่วงเวลาที่จะพิจารณาถึงความต้องการที่เกิดขึ้นเพื่อกำหนดขนาดร่น โดยการกำหนดช่วงเวลานั้นจะพิจารณาจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ยที่ปริมาณ EOQ จะครอบคลุมถึง ซึ่งจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ยสามารถคำนวณจากสูตร

$$N = \frac{EOQ}{d} \quad (2.24)$$

เมื่อ	N	แทน	จำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ย (หาก N ไม่เป็นจำนวนเต็มให้ปัดเศษขึ้น)
	EOQ	แทน	ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด
	d	แทน	ความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อช่วงเวลา(ในอนาคต)

หลังจากนั้นคำนวณการสั่งวัตถุดิบเข้ามาทดแทนก็จะพิจารณาถึงความต้องการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอีก N ช่วงเวลาต่อไป

3. เทคนิคการสั่งแบบ Silver Meal

วิธีนี้เป็นวิธีการหาต้นทุนในการสั่งซื้อ (Ordering Cost) ของงวดการสั่งซื้อ m งวดล่วงหน้า โดยต้องการหาจำนวนงวดการสั่งซื้อ (m) ที่ทำให้ต้นทุนเฉลี่ยของการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุด ต้นทุนที่จะต้องทราบเพื่อวิเคราะห์หาจุดและจำนวนในการสั่งซื้อ ได้แก่

- ต้นทุนในการสั่งซื้อ = A (หน่วย บาท/ครั้งในการสั่งซื้อ)
- ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง = h (หน่วย บาท/ชิ้น/งวดเวลา)
- ปริมาณความต้องการสินค้าในอนาคต n งวด (n periods)

วิธีการคำนวณแบบ Silver Meal

ปริมาณความต้องการสินค้าในอนาคต n งวด = (D_1, D_2, \dots, D_m) ให้ $K(m)$ เป็นต้นทุนเฉลี่ยของต้นทุนแปรผัน ซึ่งได้แก่ ต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการถือครองสินค้าคงคลังที่ซื้อ ณ งวดที่ 1 เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการทั้งหมด m งวด ถ้าสั่งซื้อสินค้าเท่ากับ D_1 หมายความว่า ต้องการซื้อสินค้าให้เพียงพอกับความต้องการในงวดที่ 1 เท่านั้น ดังนั้นจะหาต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ $K(1) = A$ ถ้าสั่งซื้อปริมาณเท่ากับ $D_1 + D_2$ ณ ช่วงเวลาที่ 1 เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการในงวดที่ 1 และ 2 จะได้ต้นทุนเฉลี่ยของ 2 งวดเวลาเท่ากับ $K(2) = \frac{1}{2}(A + hD_2)$ ในทำนองเดียวกัน หากต้องการซื้อสินค้าเพื่อครอบคลุมความต้องการ 3 งวดเวลา จะได้ $K(3) = \frac{1}{3}(A + hD_2 + 2hD_3)$ $K(m) = \frac{1}{m}(A + hD_2 + 2hD_3 + \dots + (m-1)hD_m)$ และจะหยุดเมื่อ $K(m+1) > K(m)$ งวดที่ $K(m+1)$ มีต้นทุนสูงกว่า $K(m)$ จะหยุดและทำการสั่งซื้อ ณ งวดเวลาที่ 1 เพื่อให้ครอบคลุมปริมาณความต้องการ m งวด คือ $Q_1 = D_1 + D_2 + \dots + D_m$ และจะเริ่มคำนวณใหม่ในงวดที่ $m+1$ จนกระทั่งถึงงวดสุดท้ายของการวางแผนสั่งซื้อ (www.excelexperttraining.com)

2.2.8 การหาจุดสั่งซื้อ และ ระบบสินค้าคงคลังสำรอง (Reorder Point and Safety Stock)

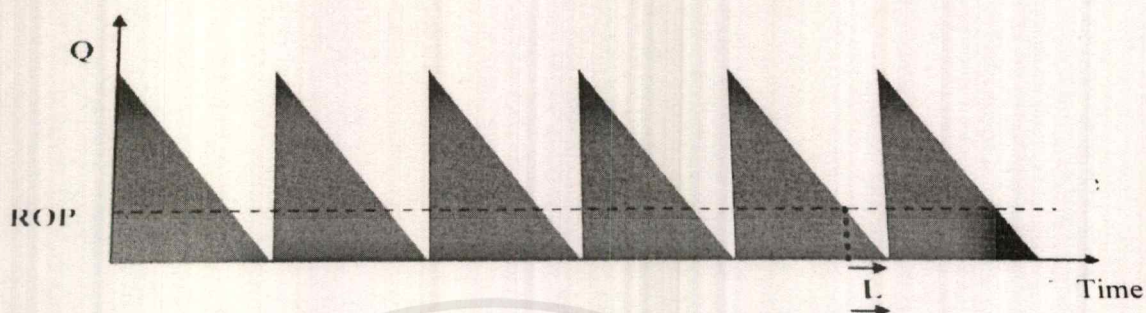
จุดสั่งซื้อสินค้า (Reorder Point : ROP) เป็นจุดที่บ่งบอกถึงปริมาณสินค้าคงคลังที่อยู่ในระบบ ที่ทำให้เราต้องการมีการสั่งซื้อสินค้า โดยจะแบ่งการพิจารณาจุดสั่งซื้อเป็น 2 กรณี (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552) คือ

กรณีที่ 1 เป็นกรณีที่มีความแน่นอนทั้งความต้องการใช้สินค้า และ ช่วงเวลาของผู้จัดส่ง ถ้าช่วงเวลาของผู้จัดส่งเป็นศูนย์ซึ่งหมายถึง สั่งซื้อสินค้าแล้ว ได้รับสินค้าทันที จุดสั่งซื้อเป็นศูนย์ แต่ถ้าช่วงเวลาไม่เป็นศูนย์แต่มีค่าเท่ากับ LT แล้ว

$$\text{จุดสั่งซื้อ} = (\bar{d}) * (LT) \quad (2.25)$$

\bar{d} แทน ความต้องการเฉลี่ยต่อช่วงเวลา

LT แทน ช่วงเวลา ซึ่งช่วงเวลาในที่นี้คือ ช่วงเวลาตั้งแต่สั่งซื้อสินค้าหรือวัตถุดิบจนกระทั่งได้รับสินค้า

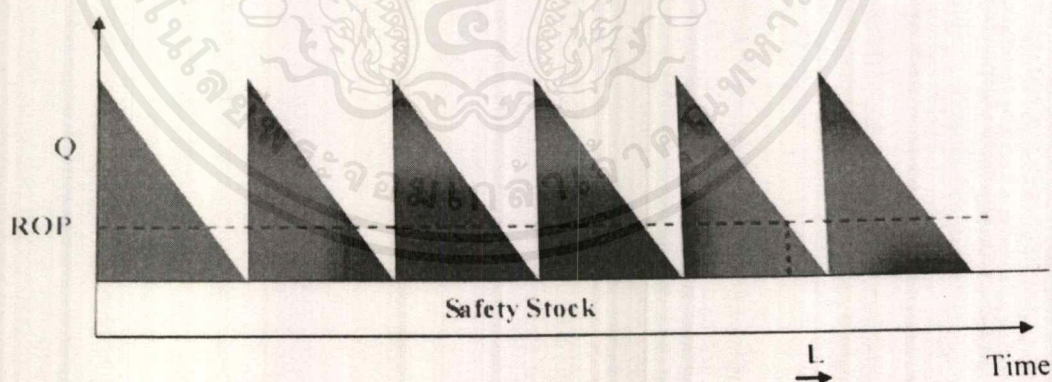


รูปที่ 2.9 จุดสั่งซื้อที่มีความต้องการแน่นอน

ที่มา: พิภพ สถิตาภรณ์ (2552)

กรณีที่ 2 เป็นกรณีที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น ซึ่งอาจมาจากสาเหตุของความต้องการใช้สินค้าของบริษัท หรือ อาจจะมาจากการไม่แน่นอนจากช่วงเวลาของการจัดส่งจากผู้จัดส่งสินค้านั้นๆ จึงมีความจำเป็นต้องมีสินค้าคงคลังสำรองเพื่อไว้จำนวนหนึ่งเพื่อรองรับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น

สินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock : SS) เป็นสินค้าที่มีไว้เพื่อป้องกันความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งจากความต้องการใช้สินค้าของบริษัท หรือความไม่แน่นอนที่เกิดจากช่วงเวลานำซึ่งถ้าความต้องการใช้สินค้าของบริษัท และช่วงเวลานำของผู้จัดส่งสินค้าแน่นอน ก็ไม่จำเป็นต้องมีสินค้าคงคลังสำรอง



รูปที่ 2.10 จุดสั่งซื้อที่มีความไม่แน่นอน

ที่มา: พิภพ สถิตาภรณ์ (2552)

$$\text{จุดสั่งซื้อ} = (\bar{d}) * (\overline{LT}) + SS \quad (2.26)$$

\bar{d} แทน ความต้องการเฉลี่ยต่อช่วงเวลา

\overline{LT} แทน ช่วงเวลานำเฉลี่ย

SS แทน ปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ 2 นี้จะคำนวณด้วยวิธีการทางสถิติ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 2.1 ช่วงเวลานำคงที่อัตราการใช้มีความแปรปรวน

ปริมาณสินค้าคงคลังสำรองจะจัดเตรียมไว้เพื่อป้องกันความผิดพลาดในช่วงเวลานำเท่านั้น ในขั้นนี้จะคำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังสำรองที่ควรจัดเตรียมไว้ ภายใต้สมมติฐานว่า ช่วงเวลานำคงที่ แต่อัตราการใช้มีความแปรปรวน สำหรับอัตราการใช้นี้ โดยทั่วไปแล้วความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมักจะมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

$$ROP = (\bar{d})(LT) + Z\sigma_d\sqrt{LT} \quad (2.27)$$

$$SS = Z\sigma_d\sqrt{LT} \quad (2.28)$$

\bar{d} แทน ค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา

LT แทน ช่วงเวลานำ (หน่วยเวลา)

Z แทน ค่าที่ได้จากการอ่านได้จากตารางการแจกแจงปกติ ณ ระดับการให้บริการ (Service Level)

σ_{LT} แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการหรืออัตราการใช้ต่อหน่วยเวลา

ค่า Z เป็นค่าที่ได้จากตารางการแจกแจงปกติ โดยการกำหนดค่าความเสี่ยงที่ยอมให้ของขาดแคลน เช่น ถ้าในปีหนึ่งๆ มีการสั่งซื้อ 5 ครั้ง และฝ่ายจัดการมีนโยบายให้มีของขาดแคลนได้เพียง 1 ครั้ง นั่นคือยอมให้มีความเสี่ยงที่ของจะขาดแคลนได้ 20 เปอร์เซนต์ ดังนั้นเมื่อค่าที่ได้จากตารางแจกแจงปกติที่ความเสี่ยง 20 เปอร์เซนต์ จะได้ค่า $Z = 0.845$

กรณีที่ 2.2 อัตราการใช้คงที่และช่วงเวลานำมีความแปรปรวน

กรณีเช่นนี้อาจจะเกิดขึ้นไม่บ่อยครั้งนัก เพราะโดยปกติแล้วผู้จัดส่งสินค้าจะส่งของให้กับลูกค้ามักจะพยายามรักษาชื่อเสียง โดยการส่งของมาให้ทันกำหนดวันที่ตกลงกันไว้ แต่ในบางครั้งอาจจะมีการล่าช้าเกิดขึ้นบ้างเนื่องจากเหตุสุดวิสัย โดยเฉพาะการสั่งซื้อสินค้าที่มีระยะทางไกลต้องใช้เวลารสงของเป็นเวลานาน ถ้าหากเรามีข้อมูลเกี่ยวกับเวลาการส่งของในอดีตที่ผ่านมา ก็สามารถที่จะประเมินเวลาของช่วงเวลานำได้

$$ROP = (\bar{d})(LT) + Zd\sigma_{LT} \quad (2.29)$$

$$SS = Zd\sigma_{LT} \quad (2.30)$$

d แทน ความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา

LT แทน ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลานำ (หน่วยเวลา)

σ_{LT} แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของช่วงเวลานำ

กรณี 2.3 อัตราการใช้และช่วงเวลานำมีความแปรปรวน

ในกรณีที่อัตราการใช้และช่วงเวลานำมีความแปรปรวน จุดสั่งซื้อใหม่จะคำนวณได้ดังนี้

$$ROP = (\bar{d})(LT) + Z\sqrt{(LT)\sigma_d^2 + d^2\sigma_{LT}^2} \quad (2.31)$$

$$SS = Z\sqrt{(LT)\sigma_d^2 + \bar{d}^2\sigma_{LT}^2} \quad (2.32)$$

\bar{d} แทน ค่าเฉลี่ยของความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา

LT แทน ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลานำ (หน่วยเวลา)

σ_d แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการหรืออัตราการใช้ต่อหน่วยเวลา

σ_{LT} แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของช่วงเวลานำ

โดยที่ทุกรูปแบบที่กล่าวมานี้ขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่กำหนดไว้ว่า อัตราการใช้และช่วงเวลานำเป็นอิสระต่อกัน



2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กชกร บุญฤทธิผล (2553) วิจัยเรื่อง กลยุทธ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการทางด้านโลจิสติกส์ โดยใช้ทฤษฎีการบริหารลูกค้าสัมพันธ์ แบบสอบถามและเทคนิค การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ด้วยโปรแกรม Arena จากการวิเคราะห์หาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการทางด้านโลจิสติกส์ โดยโปรแกรม SPSS พบว่าควรเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการดังนี้ 1) ด้านสถานที่ให้ลูกค้าสามารถเข้าถึงได้ง่าย 2) ด้านความพอเพียงของรถที่ให้บริการ 3) ด้านส่วนลดหรือโปรโมชั่นตามลำดับ โดยการวิเคราะห์หาสถานที่ตั้ง สำนักงานใหม่ที่มีความเข้าถึงง่ายโดยคำนึงถึงปัจจัยด้านระยะทาง ราคาและการคมนาคม ถัดมาด้านความพอเพียงของรถที่ให้บริการ โดยการเพิ่มจำนวนทรัพยากรเพื่อลดจำนวนการปฏิเสธคำร้องขอของลูกค้า ลดค่าเสียโอกาสในการสร้างรายได้และเพิ่มโอกาสในการรองรับปริมาณลูกค้าที่เพิ่มขึ้นในอนาคตและปรับปรุงด้านส่วนลดหรือโปรโมชั่นโดยการลดราคาตามช่วงเวลา เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าและยังเป็นการเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ในช่วงที่มีอุปสงค์ ของลูกค้าลูกค้าน้อยอีกด้วย

ชานนท์ ชาญเจริญลาภ (2553) วิจัยเรื่องกลยุทธ์การเพิ่มศักยภาพบุคลากรทางด้านโลจิสติกส์ในศูนย์กระจายสินค้า เป็นการวิจัยที่มุ่งศึกษาแนวทางในการกำหนดรายการสมรรถนะหลักและสมรรถนะรอง เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการกำหนดสมรรถนะของบุคลากรทางด้านโลจิสติกส์ภาคในศูนย์กระจายสินค้า การศึกษาบุคลากรในระดับผู้บริหรงานทางด้านโลจิสติกส์ จำนวน 23 ตำแหน่ง โดยเครื่องมือที่รวบรวมข้อมูล มี 46 ฉบับ แตกต่างกันไปตามตำแหน่งงานและแบ่งเป็นตำแหน่งละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 สำหรับประเมินตนเอง ฉบับที่ 2 สำหรับผู้บริหรประเมิน ซึ่งพัฒนามาจากเทคนิคการสัมภาษณ์สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ยและผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่สำคัญมีดังนี้

- 1) สมรรถนะหลักที่องค์กรควรพัฒนาเรียงตามลำดับดังนี้ 1.1 ทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ 44.61%
- 2) สมรรถนะรองที่องค์กรพัฒนาเรียงลำดับดังนี้ 2.1 การมอบหมายงาน 14.13 2.2 การวางแผน 13.78% 2.3 การประสานงาน 8.06%

ปวีณรัตน์ เพียรไรสง (2553) วิจัยเรื่อง การศึกษาการบริหารคลังสินค้าและการตรวจนับสินค้าคงคลังกรณีศึกษาบริษัท ไฮย์ คออลิตี้ การ์เมนท์ พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการที่ผู้บริหารยังไม่ได้ให้ความสำคัญกับการบริหารคลังสินค้าและการตรวจนับสินค้าทุกสิ้นเดือนและยังไม่มีกรออกแบบแผนผังของคลังสินค้า เจ้าหน้าที่ยังขาดการวางแผนการจัดการและการดำเนินงานในคลังสินค้า ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงคลังสินค้าใหม่ทั้งระบบ โดยได้ทำการออกแบบแผนผังสินค้ารวมถึงการออกแบบภาพรวมของคลังสินค้า มีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ในคลังสินค้า มีการวัดผลการดำเนินงาน (KPI) และมีการตรวจนับสินค้าในสิ้นเดือน ผลจากการวัดผลจากการปรับปรุงคลังสินค้า ให้อัตราการใช้พื้นที่ในคลังสินค้าลดลงถึง 20% ลดระยะเวลาในการหยิบจ่ายวัตถุดิบ 34% ลดอัตราการหยิบวัตถุดิบผิดพลาด 92% ลดจำนวนการวางวัตถุดิบไม่ถูกที่ 100% และลดจำนวนครั้งที่วัตถุดิบกับตัวเลขที่ผิดพลาดไม่ตรงกัน 96%

ฐิตารีย์ สาริกัน (2553) วิจัยเรื่อง ประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า ศึกษาเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพการจัดการสินค้าบริษัทเนสท์เล่(ไทย) จาก สาขา บางปูผลการวิจัยพบว่า ข้อมูล ปัจจัยส่วนบุคคล ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชายมีอายุระหว่าง 21-30 ปีมีการศึกษาระดับปริญญาตรีและมีระยะเวลาในการทำงานอายุระหว่าง 6-10 ปี ข้อมูลปัจจัยด้านองค์กร ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระยะเวลาในการดำเนินธุรกิจ 20 ปีขึ้นไป ลักษณะของสินค้าส่วนใหญ่เป็นสินค้าสำเร็จรูปและข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าพบว่าโดยรวมและรายด้านมีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการเปรียบเทียบสมมติฐานพบว่าปัจจัยส่วนบุคคลของพนักงาน เพศ อายุและระยะเวลาในการปฏิบัติงานแตกต่างกัน มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าไม่แตกต่างกัน ส่วนพนักงานที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีระดับ ความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าแตกต่างกัน และปัจจัยด้านองค์กร ระยะเวลาที่ดำเนินกิจการ ลักษณะของสินค้าที่แตกต่างกัน มีระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าไม่แตกต่างกัน



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไปของบริษัท กรณีศึกษา วิธีการพยากรณ์ปริมาณความต้องการของอะไหล่ชนิด A, B และ C และวิธีการวิเคราะห์ เพื่อหาปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม โดยมีรายละเอียดดังนี้

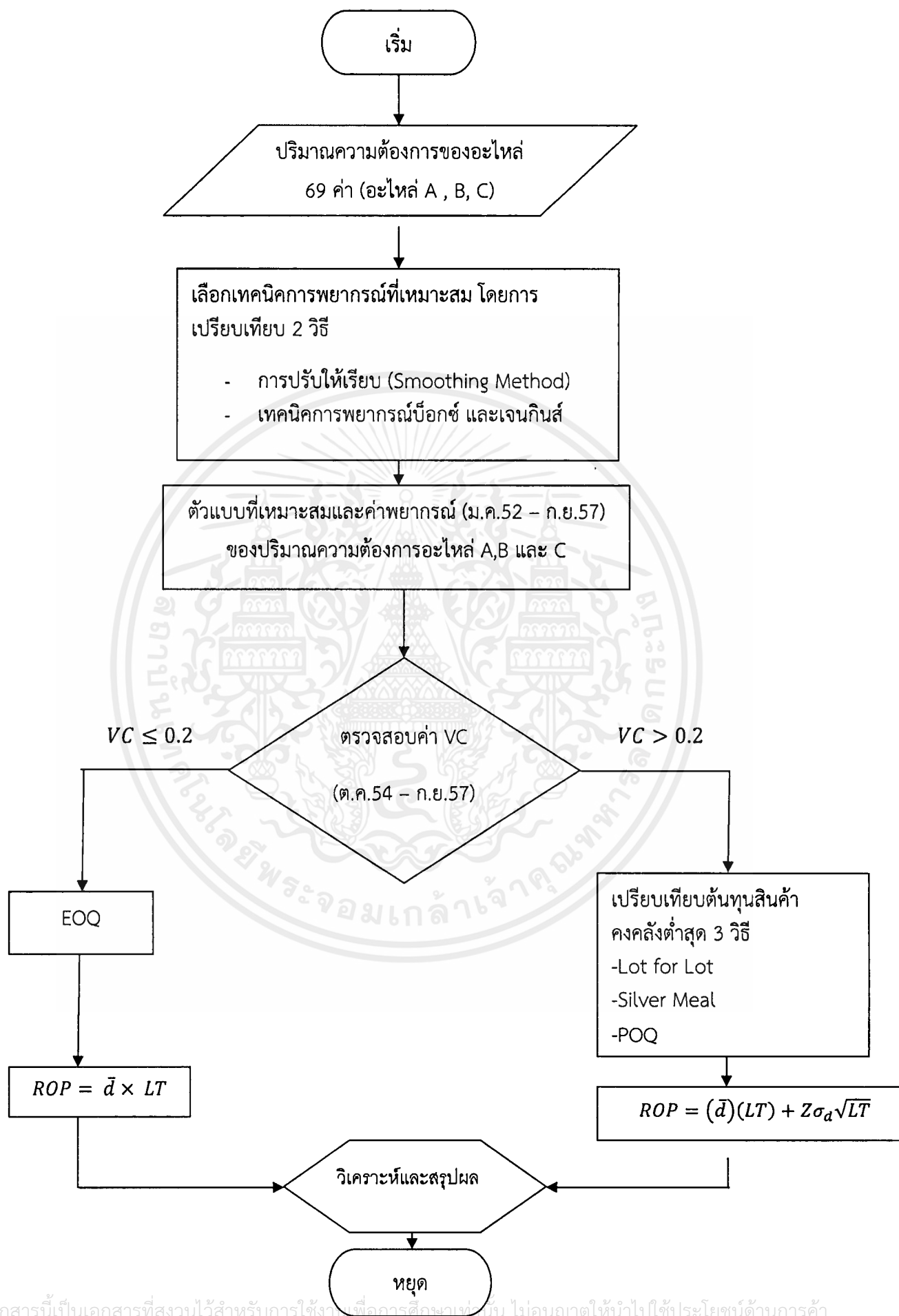
3.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

บริษัทกรณีศึกษา คือ บริษัทสายการบินแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นบริษัทดำเนินธุรกิจการบินที่เป็นหนึ่งในผู้นำในการบำรุงรักษา ซ่อมแซมส่วนประกอบต่างๆของเครื่องบินพาณิชย์ มีวิศวกรมืออาชีพ มีกลไกที่ได้รับความน่าเชื่อถือและมีความปลอดภัย ให้บริการลูกค้าตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าเครื่องบินของลูกค้า จะมีความปลอดภัย มีคุณภาพ และได้รับการบริการดูแลรักษาเป็นอย่างดี เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าสูงสุด

ดังนั้นคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจึงสนใจที่จะวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม และสามารถตอบสนองปริมาณความต้องการของอะไหล่ในการซ่อมบำรุงเครื่องบินได้อย่างเพียงพอ แต่เนื่องจากบริษัทมีอะไหล่ในคลังสินค้าเป็นจำนวนมาก จึงได้คัดเลือกอะไหล่มา 3 ชนิด มาทำการศึกษา เนื่องจากบริษัทไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลชื่ออะไหล่ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจะสมมติชื่ออะไหล่ คือ อะไหล่ชนิด A, B และ C โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณความต้องการของอะไหล่รายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี พ.ศ.2552 ถึง เดือนกันยายน ปี พ.ศ.2557 เพื่อทำการพยากรณ์ปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิดล่วงหน้า 1 ปี (เดือนตุลาคม ปี พ.ศ.2557 ถึง เดือนกันยายน ปี พ.ศ.2558)

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด คือ อะไหล่ A, B และ C ว่าควรจะสั่งซื้อในปริมาณเท่าใดจึงจะทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบสินค้าคงคลังมีค่าต่ำสุด โดยแบ่งขั้นตอนการจัดการสินค้าคงคลัง ดังรูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือข้อมูลปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ปริมาณความต้องการของอะไหล่ชนิด A,B และ C โดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึงเดือนกันยายน 2557 รวม 69 ค่า ในการเลือกสมการสำหรับพยากรณ์ความต้องการล่วงหน้าที่เหมาะสมนั้น คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจะทำการเปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ

1. เทคนิคการปรับเรียบ (Smoothing Method)
2. เทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจะใช้โปรแกรม MINITAB version 16 มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล และใช้ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error : MSE) ในการเปรียบเทียบความถูกต้องของการพยากรณ์โดยจะเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square Error : MSE) มีค่าน้อยที่สุด โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$MSE = \frac{\sum e_i^2}{n}$$

3.2.2 การจัดการสินค้าคงคลัง

การจัดการสินค้าคงคลังมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะหาปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบสินค้าคงคลังมีค่าต่ำสุด สำหรับตัวแบบที่เหมาะสมกับการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่แต่ละประเภทนั้น โดยการจัดการสินค้าคงคลังครั้งนี้ คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษได้ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบความต้องการที่จะหาปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) หากไม่มีความเหมาะสมที่จะใช้ EOQ จะประยุกต์ใช้วิธีการอื่นๆในการคำนวณ คือ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot For Lot , เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง (POQ)และเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal มาคำนวณหารูปแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยวิธีที่เลือกใช้ในกรณีความแปรปรวนไม่คงที่ จะเปรียบเทียบจากเทคนิคที่ให้ต้นทุนสินค้าคงคลังต่ำสุด และในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาหาจุดสั่งซื้อ และ ระบบคลังสินค้าสำรอง (Reorder Point and Safety Stock)

3.2.2.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบความต้องการที่จะใช้ EOQ

ในการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบความต้องการที่จะใช้ EOQ เพื่อเป็นการตรวจสอบความต้องการอะไหล่ นั้น มีความเหมาะสมที่จะใช้ EOQ หรือไม่ เนื่องจากอะไหล่ที่มีรูปแบบความต้องการไม่แน่นอน การใช้ EOQ จะไม่สามารถทำให้ต้นทุนเกี่ยวกับสินค้าคงคลังมีค่าต่ำสุด ดังนั้นการพิจารณาว่าความต้องการมีความแน่นอนหรือไม่ พิจารณาได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC)

$$VC = \frac{(\text{Est. var } D)}{\bar{d}^2}$$

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะคงที่ มีความเหมาะสมที่จะใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) สำหรับคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.2 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะไม่แน่นอน จะใช้วิธีการอื่น ๆ ในการคำนวณ ได้แก่ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง (POQ) และ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal จากนั้นทำการเปรียบเทียบว่าวิธีใดให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด

3.2.2.1.1 การทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบความต้องการที่จะใช้ EOQ ของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด

การพิจารณาเทคนิคในการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด จะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) โดยใช้ข้อมูลขนาด 36 ค่า (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2557) ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของอะไหล่ A, B และ C

	อะไหล่ A		อะไหล่ B		อะไหล่ C	
	$\sum d$	$\sum d^2$	$\sum d$	$\sum d^2$	$\sum d$	$\sum d^2$
	35,739	37,600,541	355	4,813	455	7,023
VC	0.0598		0.3749		0.2212	

จากตารางที่ 3.1 จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) ของอะไหล่ B และ C มีค่าเท่ากับ 0.3749, 0.2212 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.2 สามารถสรุปได้ว่าระดับความต้องการของอะไหล่มีลักษณะไม่แน่นอน ดังนั้นจะไม่สามารถใช้สูตรประมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) ได้ แต่จะทำการเปรียบเทียบวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดของ 3 เทคนิค คือ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot For Lot เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง (POQ) และ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal เพื่อเลือกเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดในการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ และอะไหล่ A มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) เท่ากับ 0.0598 ซึ่งน้อยกว่า 0.2 สามารถสรุปได้ว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะคงที่ ดังนั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้สูตรประมาณการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) สำหรับคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ

3.2.2.2 การคำนวณหาจุดสั่งซื้อ และระบบสินค้าคงคลังสำรอง (Reorder Point and Safety Stock)

หลังจากทราบวิธีการสั่งซื้ออะไหล่ทั้ง 3 ชนิดว่าควรจะสั่งซื้อเป็นจำนวนเท่าใดแล้วจะทำการพิจารณาว่าจะสั่งซื้ออะไหล่เมื่อใด โดยจะแบ่งการพิจารณาจุดสั่งซื้อเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 เป็นกรณีที่มีความแน่นอนทั้งความต้องการใช้สินค้า และช่วงเวลาของผู้จัดส่งและจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของบริษัทดังกล่าวพบว่าอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด

$$ROP = (\bar{d})(LT)$$

กรณีที่ 2 เป็นกรณีที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น ซึ่งอาจมาจากสาเหตุของความต้องการใช้สินค้าของบริษัทหรืออาจจะมาจากความไม่แน่นอนจากช่วงเวลาของการจัดส่งจากผู้จัดส่งสินค้า ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องมีสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) ไว้จำนวนหนึ่งเพื่อรองรับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น

ในขั้นนี้จะคำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังสำรองที่ควรจัดเตรียมไว้ ภายใต้สมมติฐานว่าช่วงเวลานำคงที่ แต่อัตราการใช้หรือความต้องการของลูกค้ามีความแปรปรวนโดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$ROP = (\bar{d})(LT) + Z\sigma_d\sqrt{LT}$$

$$\text{โดยที่ } SS = Z\sigma_d\sqrt{LT}$$

ในกรณีนี้ คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษเลือกใช้สูตรนี้ เนื่องจากข้อมูลปริมาณความต้องการของอะไหล่มีช่วงเวลานำคงที่และอัตราการใช้มีความแปรปรวน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

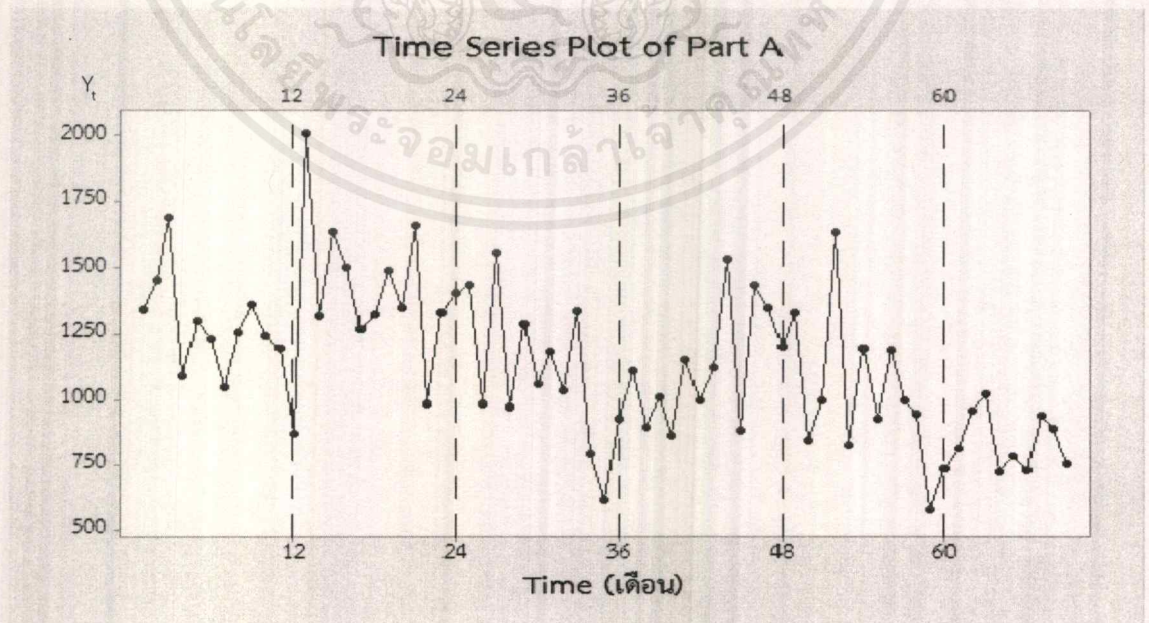
ในบทนี้จะนำเสนอถึงผลการวิจัยโดยเริ่มจากการพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด โดยทำการเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ หลังจากนั้นนำค่าการพยากรณ์ที่ได้มาวิเคราะห์การจัดการสินค้าคงคลัง ข้อมูลการดำเนินการเกี่ยวกับสินค้าคงคลังในปัจจุบัน โดยกำหนดรูปแบบการสั่งซื้อวัตถุดิบที่เหมาะสมและการเปรียบเทียบต้นทุนในการดำเนินการเกี่ยวกับสินค้าคงคลัง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 วิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด คือ อะไหล่ชนิด A, B และ C เพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุด เปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ 2 วิธี คือ วิธีการอนุกรมเวลาปรับเรียบและวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุดคือตัวแบบที่มีค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) ต่ำที่สุด

4.1.1 ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

อนุกรมเวลารายเดือนปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A $\{Y_t\}$ มีขนาด 69 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงดังรูปที่ 4.1 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง

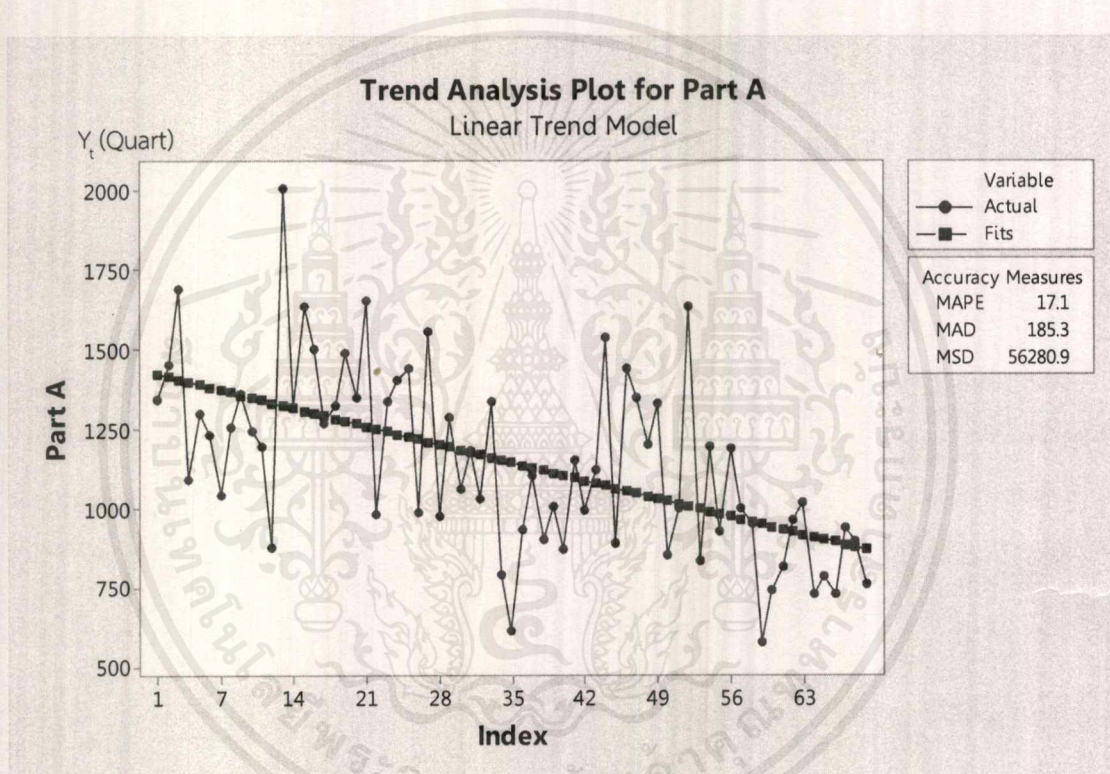


รูปที่ 4.1 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.1 วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ (Smoothing Method)

จากรูปที่ 4.1 พบว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง และเมื่อนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์แนวโน้ม จะพบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม แสดงดังรูปที่ 4.2 ดังนั้นในการพยากรณ์ จะเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล ซึ่งจะทำการประมาณค่า α สำหรับสร้างสมการพยากรณ์ จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่าค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.06668$ ทำให้ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) น้อยที่สุดเท่ากับ 62,715.3863 หน่วย² ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มกำลังสองของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

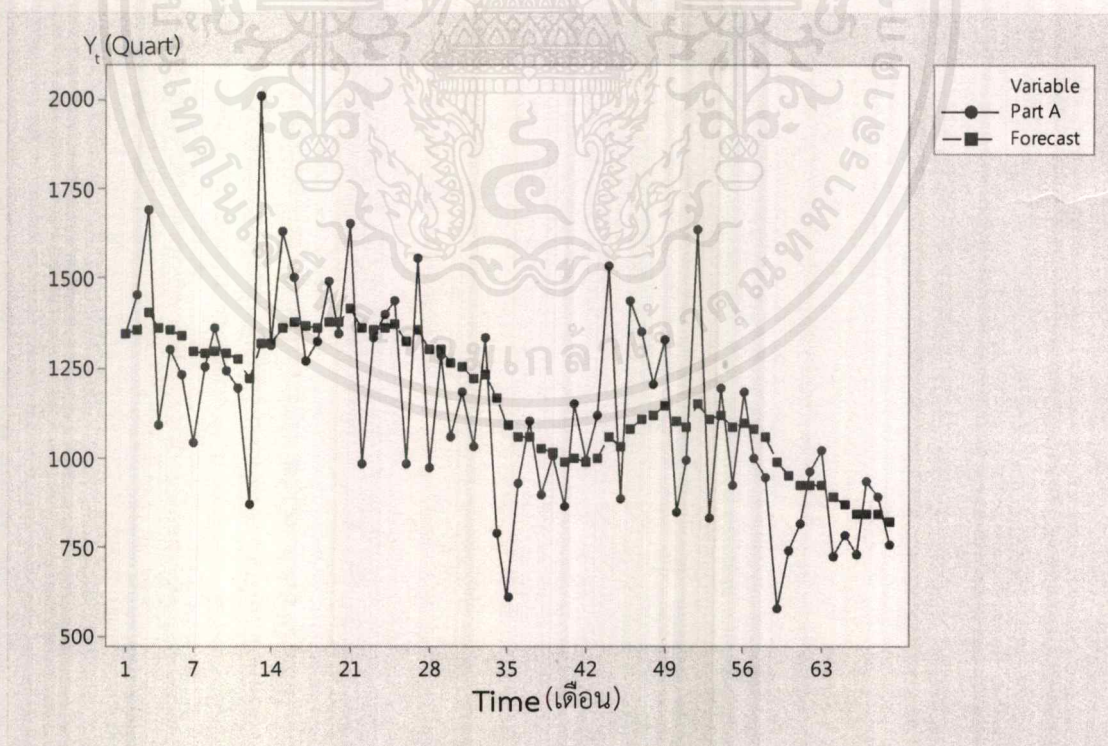
ตารางที่ 4.1 ค่า MSE สำหรับค่าปรับน้ำหนัก α วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิลของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

α	MSE
0.05	63,154.1472
0.06	62,768.4043
0.06668	62,715.3863
0.07	62,725.6597
0.08	62,850.7385

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A เมื่อแทนค่าประมาณพารามิเตอร์ในสมการพยากรณ์ จะได้สมการพยากรณ์เมื่อ $t = 69$ คือ

$$\hat{Y}_{69+p}(69) = 817.6978 - 10.4537p \text{ เมื่อ } p = 1, 2, \dots$$

ซึ่งจะได้ค่า MSE = 62715.3863 หน่วย²

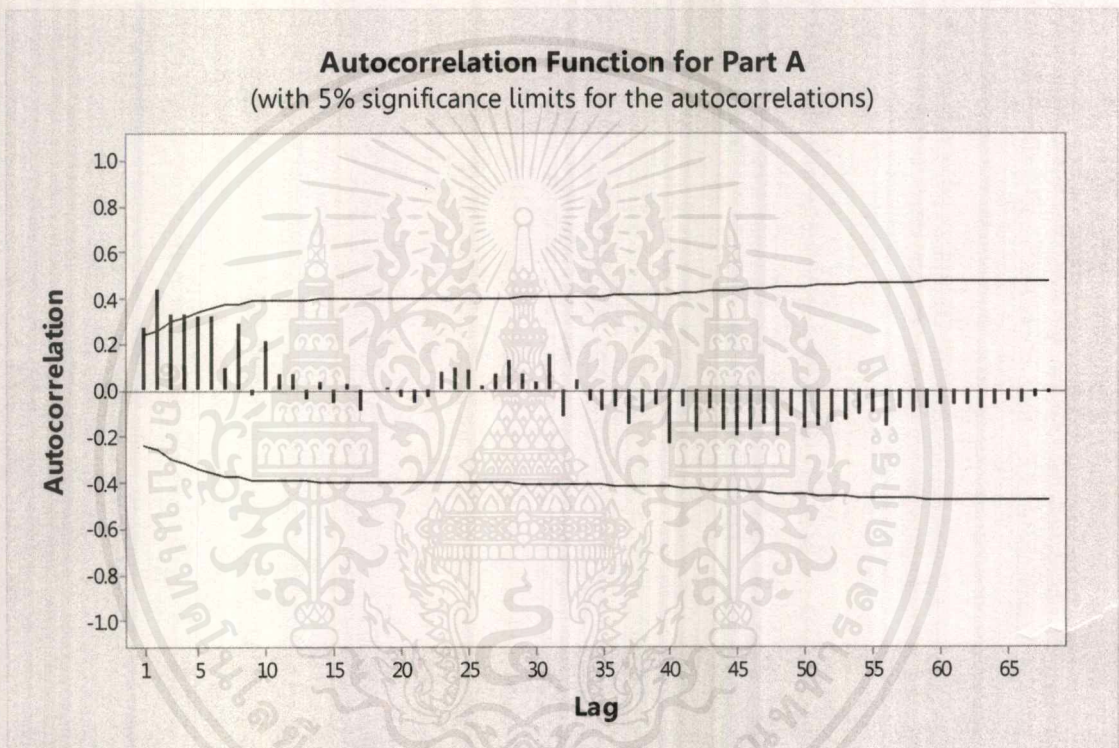


รูปที่ 4.3 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A โดยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล ที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.06668$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box – Jenkins Method) ของอะไหล่ชนิด A

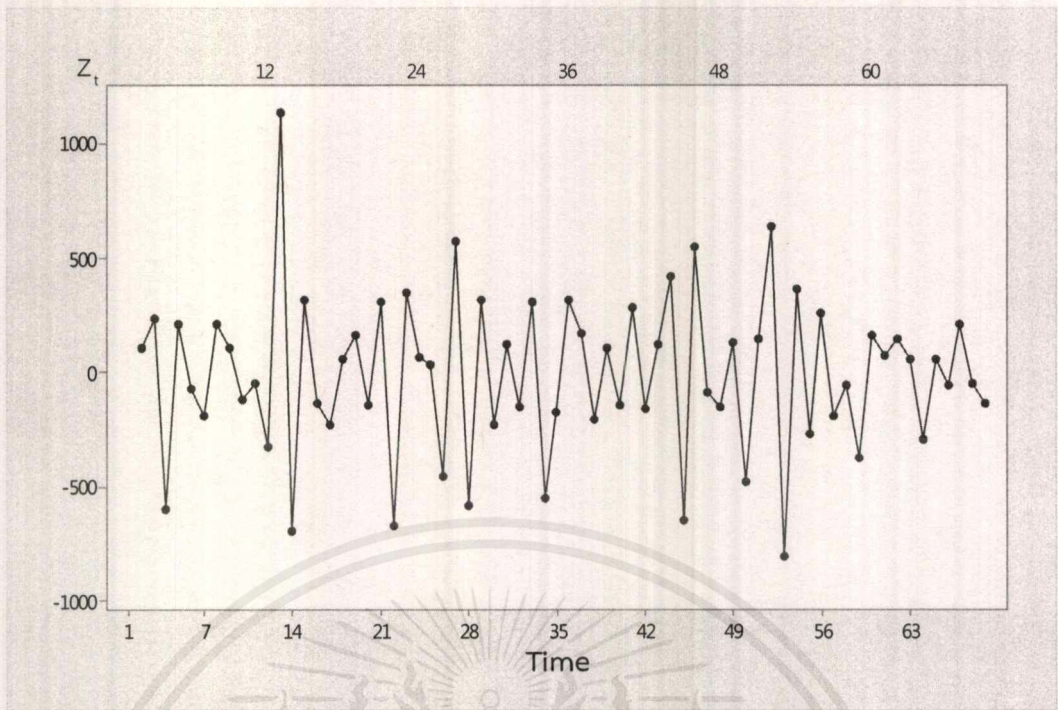
จากรูปที่ 4.1 พบว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง และจากการพิจารณาคอเรโลแกรม r_k ดังรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าเมื่อ k มีค่าเพิ่มขึ้นแล้วค่า r_k มีค่าลดลงช้าๆ ลักษณะของคอเรโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง



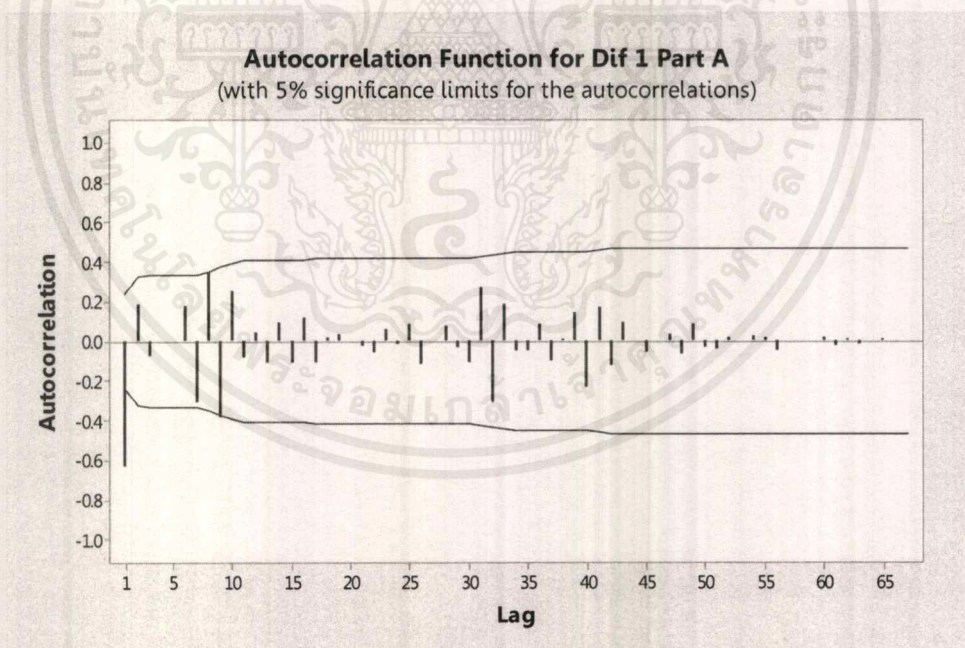
รูปที่ 4.4 คอเรโลแกรม r_k ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อนเพื่อกำจัดแนวโน้ม จึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างแนวโน้ม 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-1}$) เมื่อหาผลต่างแล้วนำไปพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่า Z_t เป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีแล้ว สามารถนำอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อตคอเรโลแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function : ACF) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function : PACF) จำนวน 69 ค่า ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 ตามลำดับเพื่อกำหนดรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

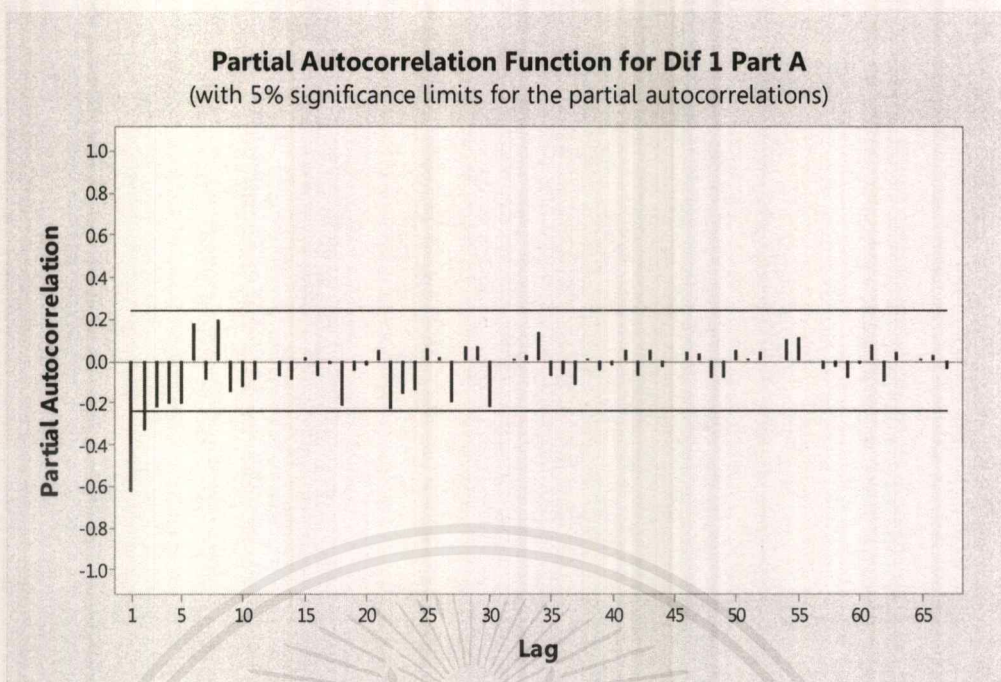


รูปที่ 4.5 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง



รูปที่ 4.6 คอเรโลแกรม $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 คอเรโลแกรม $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

การกำหนดรูปแบบ ARIMA(p,d,q) x SARIMA (P,D,Q)_L ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จะพิจารณาจากรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A cut off ที่ lag 1 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่า cut off ที่ lag 2 และเมื่อพิจารณาความเหมาะสมโดยใช้โปรแกรม MINITAB พบว่าตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A คือ ARIMA (1,1,1) จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลาปริมาณความ
ต้องการอะไหล่ชนิด A

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.3163	0.1457	-2.17	0.034
MA 1	0.6507	0.1164	5.59	0.000

Differencing: 1 regular difference
 Number of observations: Original series 69, after differencing 68
 Residuals: SS = 3966968 (backforecasts excluded)
 MS = 60106 DF = 66

จากตารางที่ 4.2 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดได้ค่า $\phi = -0.3163$, $\theta = 0.6507$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นมาว่าควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่ โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB โดยการตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \phi = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \phi \neq 0$$

จากตารางที่ 4.2 พบว่ามีค่า p-value = 0.034 ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value < α จึงสรุปได้ว่า ϕ มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ ϕ อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.2 พบว่ามีค่า p-value = 0.000 ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value < α จึงสรุปได้ว่า θ_1 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_1 อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ ARIMA(1,1,1) เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาชุดนี้ จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ ARIMA(1,1,1) โดยการทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐานของบ็อกซ์-จังก์

ตารางที่ 4.3 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	13.1	23.2	38.5	51.6
DF	10	22	34	46
P-Value	0.220	0.389	0.272	0.265

จากตารางที่ 4.3 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุงจะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ โดยใช้ Chi-Square ทดสอบและดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานในการทดสอบและสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่า p-value = 0.220 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่า p-value = 0.389 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

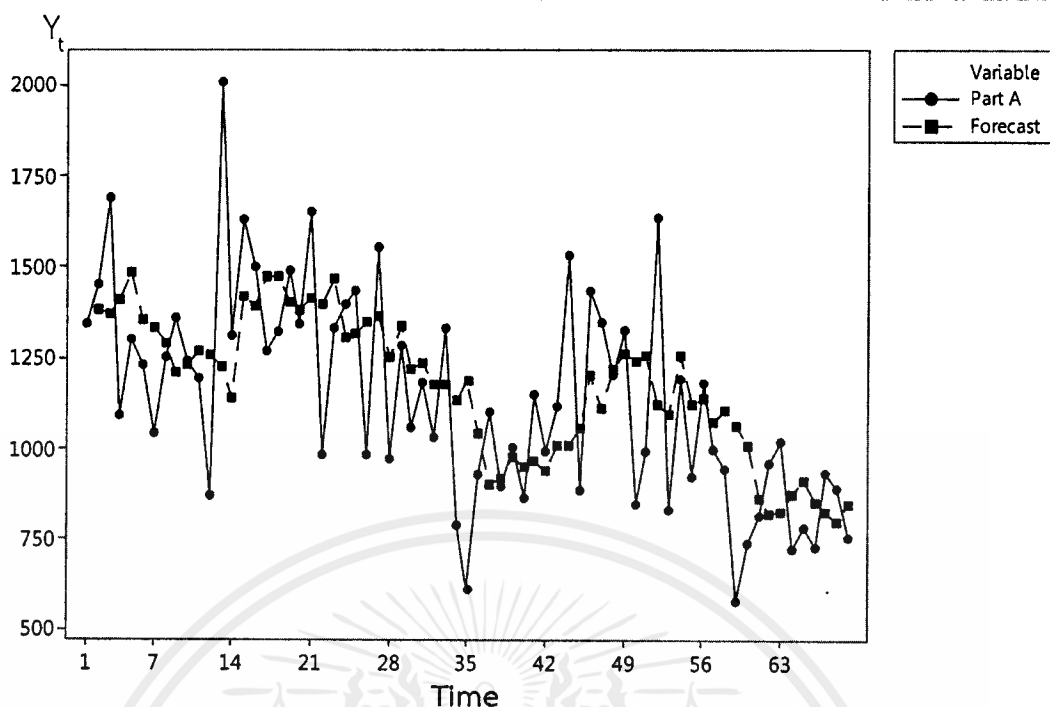
จากตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่า p-value = 0.272 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.3 พบว่ามีค่า p-value = 0.265 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง พบว่าค่า p-value ที่ lag 12 , 24 , 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ ARIMA(1,1,1)เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว



รูปที่ 4.8 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A โดยวิธีของ บ็อกซ์และเจนกินส์

จากรูปแบบ ARIMA(1,1,1) จะได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y_t = \theta_0 + (1 - 0.3163)Y_{t-1} + 0.3163Y_{t-2} + \varepsilon_t + 0.6507\varepsilon_{t-1}$$

$$\hat{Y}_t(l) = \begin{cases} (1 - 0.3163)\hat{Y}_t + 0.3163\hat{Y}_{t-1} - 0.6507e_t & , l = 1 \\ (1 - 0.3163)\hat{Y}_t(l-1) + 0.3163\hat{Y}_{t-2+l} & , l \geq 2 \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.3 การเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

การเปรียบเทียบเทคนิคในการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี โดยพิจารณาจากค่า MSE ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.4 ดังนี้

ตารางที่ 4.4 เทคนิคการพยากรณ์ ค่า MSE สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A
(หน่วย : หน่วย²)

เทคนิคการพยากรณ์/ตัวแบบ	MSE
1.วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิลที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.06668$	62,715.3863
2.วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(1,1,1)	60,106.9177

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเทคนิคที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A คือวิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(1,1,1) เนื่องจากมีค่า MSE ต่ำกว่าวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล โดยมีค่า MSE เท่ากับ 60,106.9177 หน่วย²

4.1.1.4 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A 12 เดือนล่วงหน้าตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558

จากตารางที่ 4.4 พบว่าการพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(1,1,1) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลหอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์คือ

$$Y_t = \theta_0 + (1 - 0.3163)Y_{t-1} + 0.3163Y_{t-2} + \varepsilon_t + 0.6507\varepsilon_{t-1}$$

$$Y_t(l) = \begin{cases} (1 - 0.3163)Y_t + 0.3163Y_{t-1} - 0.6507e_t & , l = 1 \\ (1 - 0.3163)Y_t(l-1) + 0.3163Y_{t-2+l} & , l \geq 2 \end{cases}$$

จากสมการพยากรณ์ข้างต้น นำไปพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A พยากรณ์แบบจุด ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 แสดงดังตารางที่ 4.5

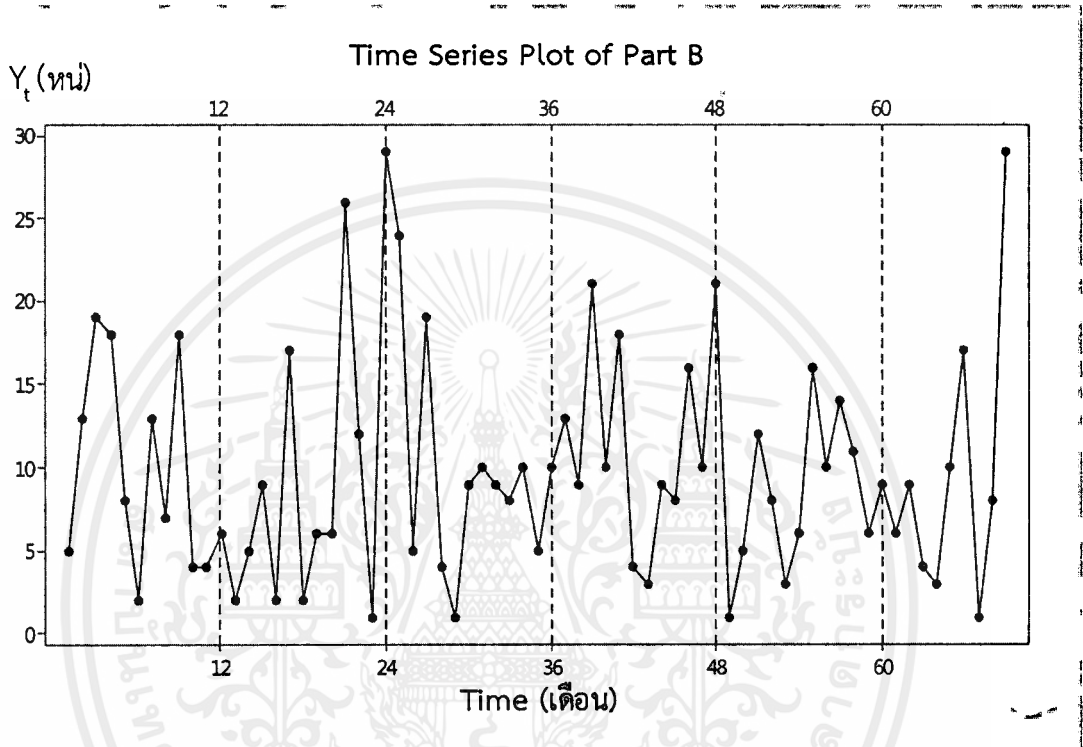
ตารางที่ 4.5 ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 จากตัวแบบพยากรณ์ (หน่วย : หน่วย)

ปี (พ.ศ.)	เดือน	ค่าพยากรณ์
2557	ตุลาคม	858.78
2557	พฤศจิกายน	826.90
2557	ธันวาคม	836.99
2558	มกราคม	833.80
2558	กุมภาพันธ์	834.81
2558	มีนาคม	834.49
2558	เมษายน	834.59
2558	พฤษภาคม	834.56
2558	มิถุนายน	834.57
2558	กรกฎาคม	834.56
2558	สิงหาคม	834.56
2558	กันยายน	834.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B

อนุกรมเวลารายเดือนปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B $\{Y_t\}$ มีขนาด 69 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.9 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลของแนวโน้มและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลมาเกี่ยวข้อง



รูปที่ 4.9 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B

4.1.2.1 วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ (Smoothing Method)

จากรูปที่ 4.9 พบว่าอนุกรมเวลาชุดนี้ไม่มีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นในการพยากรณ์จะเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลอย่างง่าย ซึ่งจะทำให้การประมาณค่า α สำหรับสร้างสมการพยากรณ์ จากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่าค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0639$ จะทำให้ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) น้อยที่สุดเท่ากับ 52.4845 หน่วย² ดังตารางที่ 4.6

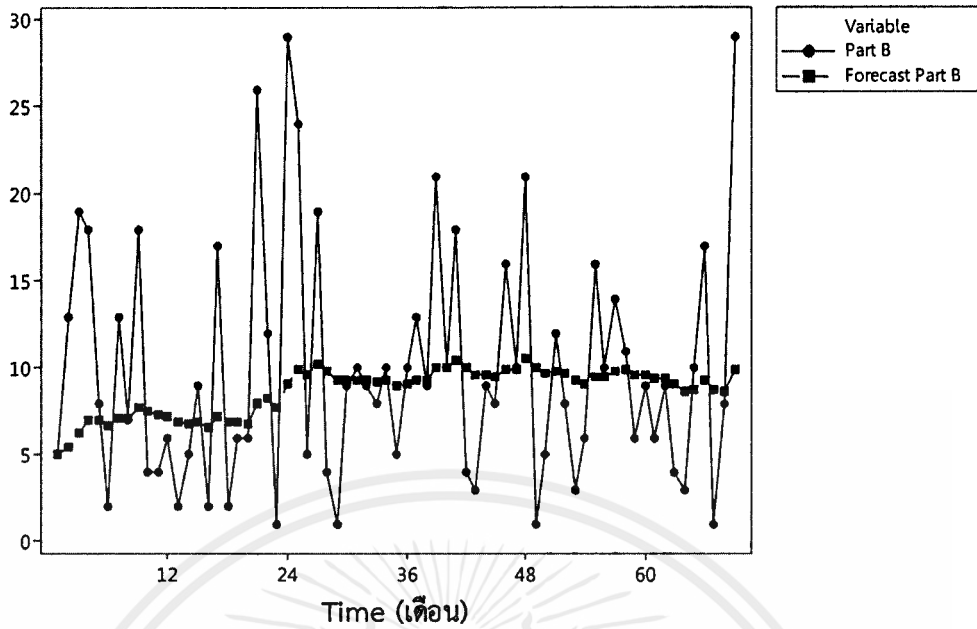
ตารางที่ 4.6 ค่า MSE สำหรับค่าปรับน้ำหนัก α วิธีการปรับให้เรียบเอ็กโปเนนเชียลอย่างง่ายของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B

α	MSE
0.05	52.6285
0.06	52.4941
0.0639	52.4845
0.07	52.5039
0.08	52.6040

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B เมื่อแทนค่าในสมการพยากรณ์ จะได้สมการพยากรณ์เมื่อ $t = 69$ คือ

$$\hat{Y}_{69+p} = \hat{Y}_{70} = 9.9481 \quad \text{เมื่อ } p = 1, 2, \dots$$

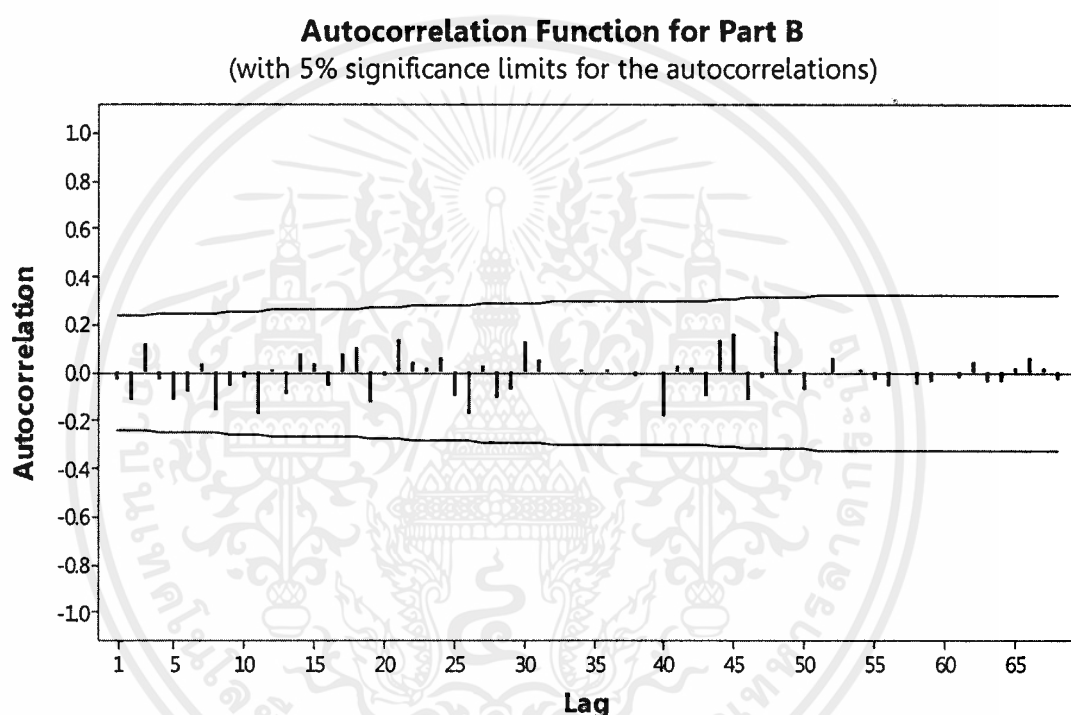
ซึ่งมีค่า MSE = 52.4845 หน่วย²



รูปที่ 4.10 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B โดยวิธีการปรับให้เรียบ
เอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0639$

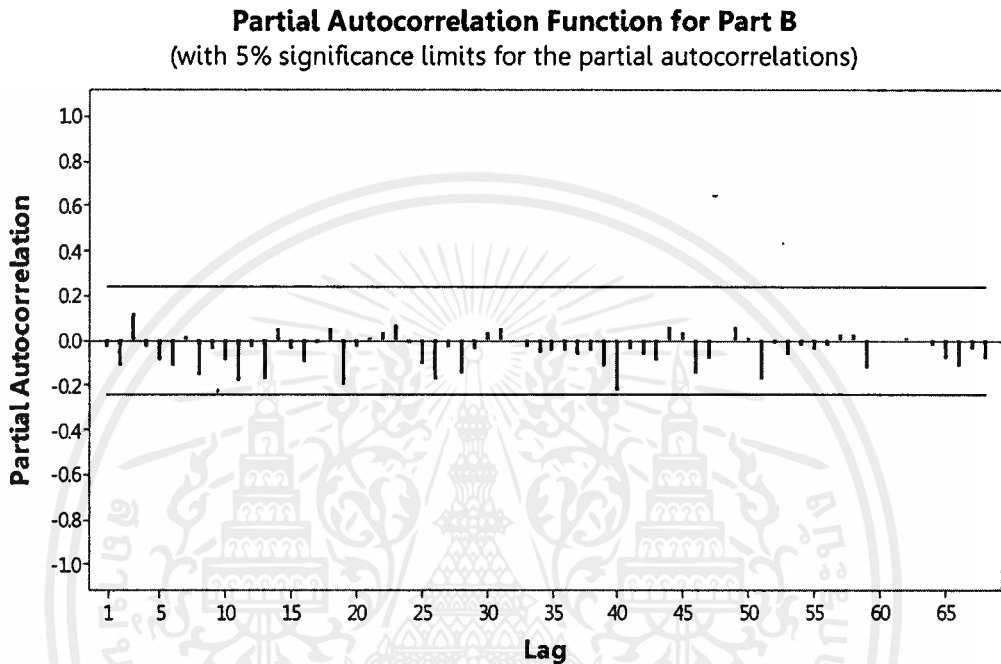
4.1.2.2 วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box – Jenkins Method) ของอะไหล่ชนิด B

จากรูปที่ 4.9 พบว่าอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว เนื่องจากข้อมูลไม่มีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง และจากการพิจารณาคอเรโลแกรม r_k ดังรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าค่า r_k มีค่าลดลงช้าๆ เมื่อ k มีค่าเพิ่มขึ้น ลักษณะของคอเรโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้สเตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.11 คอเรโลแกรม r_k ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B

เนื่องจากอนุกรมเวลาของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B สเตชันนารีแล้ว สามารถนำอนุกรมเวลาไปพล็อตคอเรโลแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function : ACF) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function : PACF) จำนวน 69 ค่า ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 ตามลำดับเพื่อกำหนดรูปแบบ



รูปที่ 4.12 คอเรโลแกรม $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B

การกำหนดรูปแบบ $ARIMA(p,d,q) \times SARIMA(P,D,Q)_L$ ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ จะพิจารณาจากรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B ไม่มีการ cut off และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่า ไม่มีการ cut off เช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาความเหมาะสมโดยใช้โปรแกรม MINITAB พบว่าตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B คือ $ARIMA(1,0,1)$ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.7 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลาปริมาณความ
ต้องการอะไหล่ชนิด B

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0.8016	0.1190	6.74	0.000
MA 1	0.9559	0.0964	9.92	0.000
Constant	1.93946	0.06024	32.19	0.000
Mean	9.7749	0.3036		
Number of observations: 69				
Residuals: SS = 2962.70 (backforecasts excluded)				
MS = 44.89 DF = 66				

จากตารางที่ 4.7 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดได้ค่า $\theta = 1.9395$, $\phi_1 = 0.8016$, $\theta_1 = 0.9559$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นมาควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่ โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB ในการตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0: \theta = 0 \quad \text{และ} \quad H_1: \theta \neq 0$$

จากตารางที่ 4.7 พบว่ามีค่า p-value = 0.000 ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value < α จึงสรุปได้ว่า θ มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0: \phi_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1: \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.7 พบว่ามีค่า p-value = 0.000 ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value < α จึงสรุปได้ว่า ϕ_1 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ ϕ_1 อยู่ในตัวแบบ

$$3. H_0: \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1: \theta_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.7 พบว่ามีค่า p-value = 0.000 ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value < α จึงสรุปได้ว่า θ_1 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_1 อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ ARIMA(1,0,1) เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาชุดนี้ จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ ARIMA(1,0,1) โดยการทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐานของบ็อกซ์จังก์

ตารางที่ 4.8 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	9.2	15.4	24.4	48.9
DF	9	21	33	45
P-Value	0.416	0.804	0.860	0.319

จากตารางที่ 4.8 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุงจะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ โดยใช้ Chi-Square ทดสอบและดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานในการทดสอบและสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.8 พบว่ามีค่า p-value = 0.416 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.8 พบว่ามีค่า p-value = 0.804 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

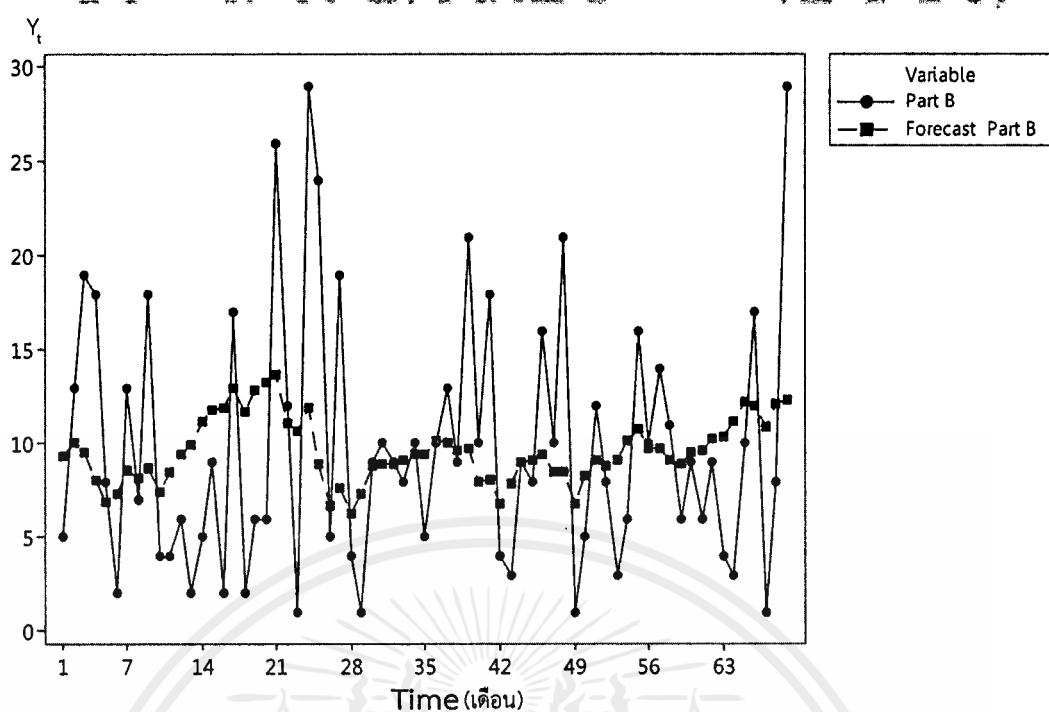
จากตารางที่ 4.8 พบว่ามีค่า p-value = 0.860 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.8 พบว่ามีค่า p-value = 0.319 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ซึ่งการทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง พบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ ARIMA(1,0,1)เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว



รูปที่ 4.13 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B โดยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์

จากรูปแบบ ARIMA(1,0,1) จะได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y_t = 1.9395 + 0.8016Y_{t-1} + \varepsilon_t - 0.9559e_{t-1}$$

$$\hat{Y}_t(l) = \begin{cases} 1.9395 + 0.8016Y_t - 0.9559e_t & , l=1 \\ 1.9395 + 0.8016Y_t(l-1) & , l \geq 2 \end{cases}$$

4.1.2.3 การเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B

การเปรียบเทียบเทคนิคในการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี โดยพิจารณาจากค่า MSE ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.9 เทคนิคการพยากรณ์และค่า MSE สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B

(หน่วย : หน่วย²)

เทคนิคการพยากรณ์/ตัวแบบ	MSE
1.วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0639$	52.4845
2.วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(1,0,1)	44.8992

จากตารางที่ 4.9 พบว่าเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B คือวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(1,0,1) เนื่องจากมีค่า MSE ต่ำกว่าวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย โดยมีค่า MSE เท่ากับ 44.8992 หน่วย²

4.1.2.4 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B 12 เดือนล่วงหน้าตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558

จากตารางที่ 4.9 พบว่าการพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(1,0,1) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์คือ

$$Y_t = 1.9395 + 0.8016Y_{t-1} + \varepsilon_t - 0.9559e_{t-1}$$

$$\hat{Y}_t(l) = \begin{cases} 1.9395 + 0.8016Y_t - 0.9559e_t & , l=1 \\ 1.9395 + 0.8016Y_t(l-1) & , l \geq 2 \end{cases}$$

จากสมการพยากรณ์ข้างต้นนำไปพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ ชนิด B พยากรณ์แบบจุด ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 แสดงดังตารางที่ 4.10

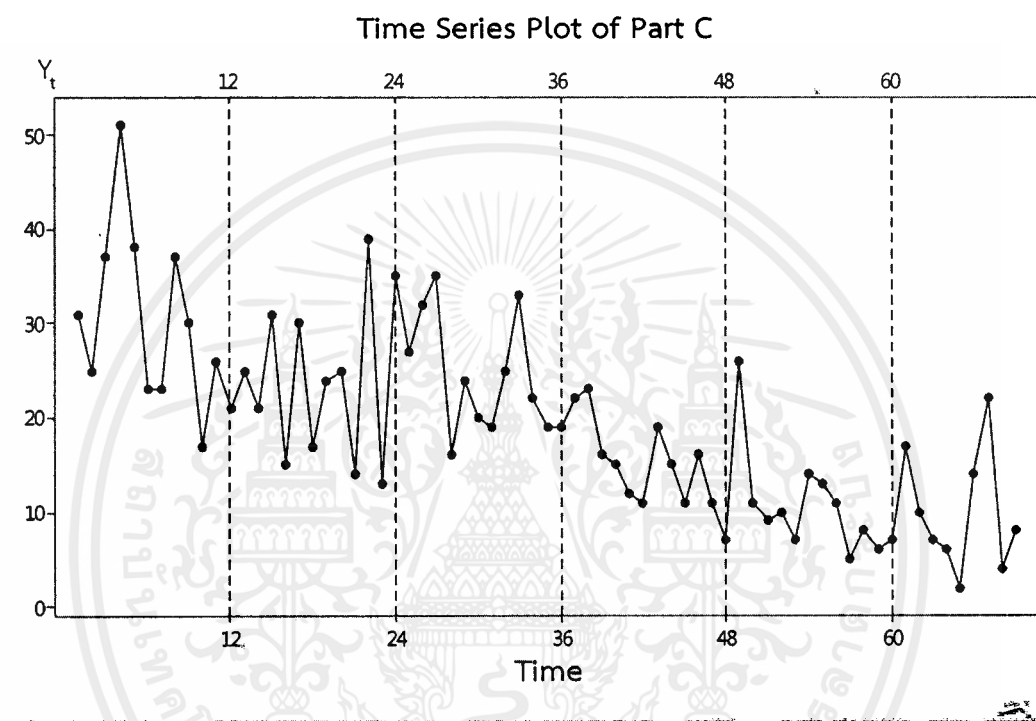
ตารางที่ 4.10 ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 จากตัวแบบพยากรณ์ (หน่วย : หน่วย)

ปี (พ.ศ.)	เดือน	ค่าพยากรณ์
2557	ตุลาคม	9.2420
2557	พฤศจิกายน	9.3477
2557	ธันวาคม	9.4325
2558	มกราคม	9.5004
2558	กุมภาพันธ์	9.5549
2558	มีนาคม	9.5986
2558	เมษายน	9.6336
2558	พฤษภาคม	9.6616
2558	มิถุนายน	9.6841
2558	กรกฎาคม	9.7021
2558	สิงหาคม	9.7166
2558	กันยายน	9.7281

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

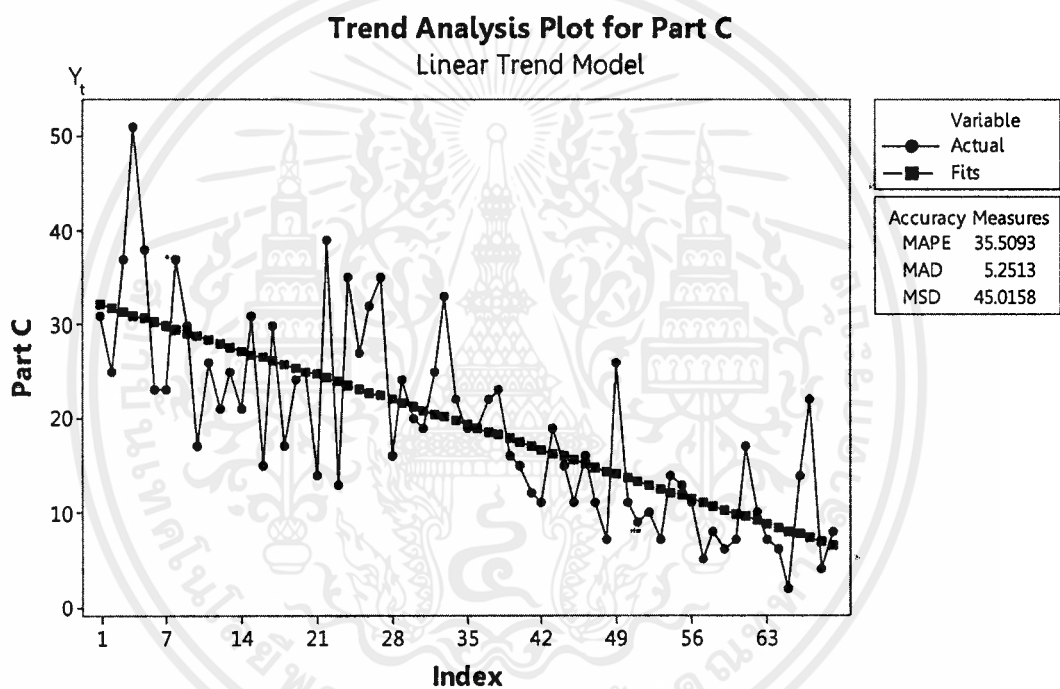
อนุกรมเวลารายเดือนปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C $\{Y_t\}$ มีขนาด 69 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงดังรูปที่ 4.14 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง



รูปที่ 4.14 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

4.1.3.1 วิธีอนุกรมเวลาปรับเรียบ (Smoothing Method)

จากรูปที่ 4.14 พบว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง และเมื่อนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์แนวโน้ม จะพบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้ม แสดงดังรูปที่ 4.15 ดังนั้นในการพยากรณ์จะเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล ซึ่งจะทำการประมาณค่า α สำหรับสร้างสมการพยากรณ์ จากการวิเคราะห์ที่ใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่าค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0718$ ทำให้ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) น้อยที่สุดเท่ากับ 52.4894 หน่วย² ดังตารางที่ 4.11



รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์แนวโน้มกำลังสองของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

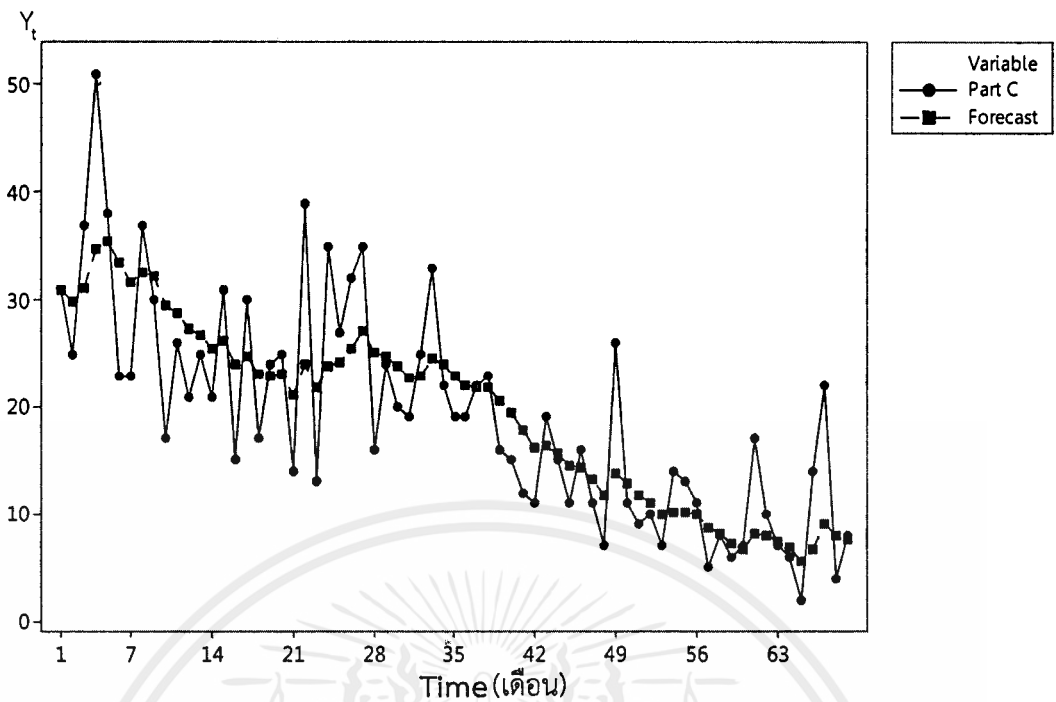
ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C เมื่อแทนค่าประมาณพารามิเตอร์ในสมการพยากรณ์ จะได้สมการพยากรณ์เมื่อ $t = 69$ คือ

$$\hat{Y}_{69+p}(69) = 7.9009 - 0.2855p \text{ เมื่อ } p = 1, 2, \dots$$

ซึ่งจะได้ค่า $MSE = 52.4894$ หน่วย²

ตารางที่ 4.11 ค่า MSE สำหรับค่าปรับน้ำหนัก α วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิลของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

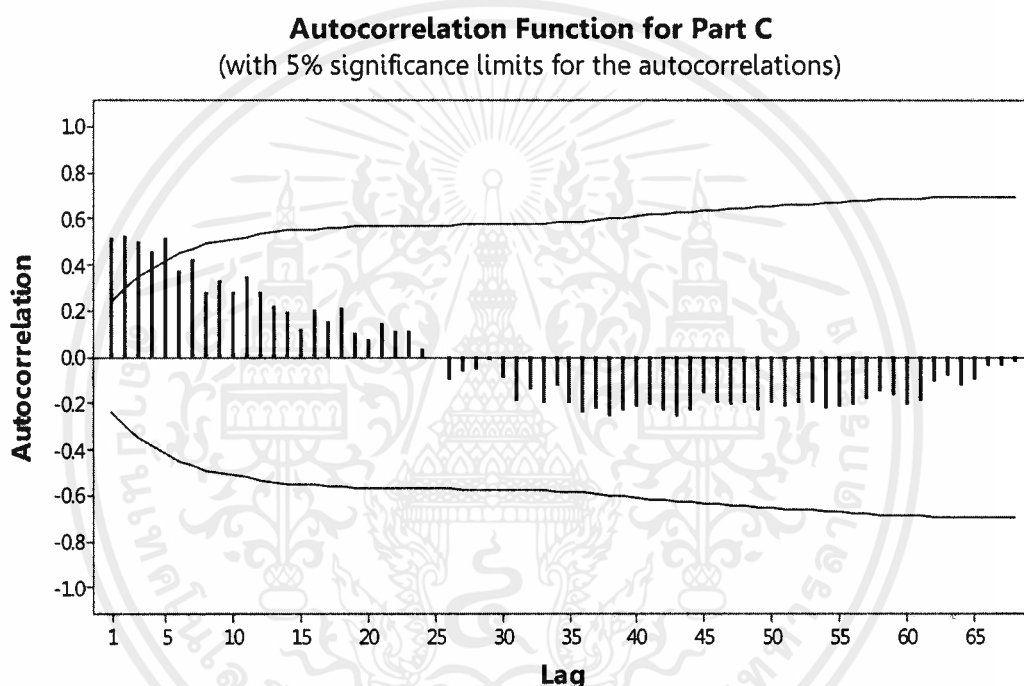
α	MSE
0.06	52.7696
0.07	52.4946
0.0718	52.4894
0.08	52.5728
0.09	52.8348



รูปที่ 4.16 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C โดยวิธีการปรับให้เรียบ
เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล ที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0718$

4.1.3.2 วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box - Jenkins Method) ของอะไหล่ชนิด C

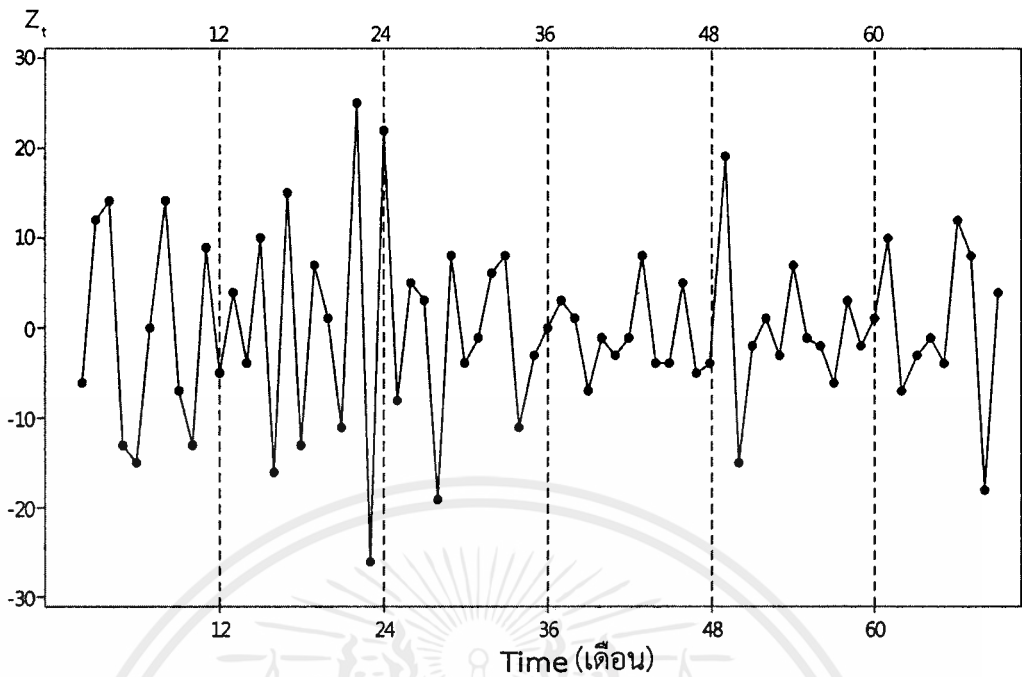
จากรูปที่ 4.15 พบว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี เนื่องจากข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง และจากการพิจารณาคอเรโลแกรม r_k ดังรูปที่ 4.17 จะเห็นว่าค่า r_k มีค่าลดลงช้าๆเมื่อ k มีค่าเพิ่มขึ้น ลักษณะของคอเรโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง



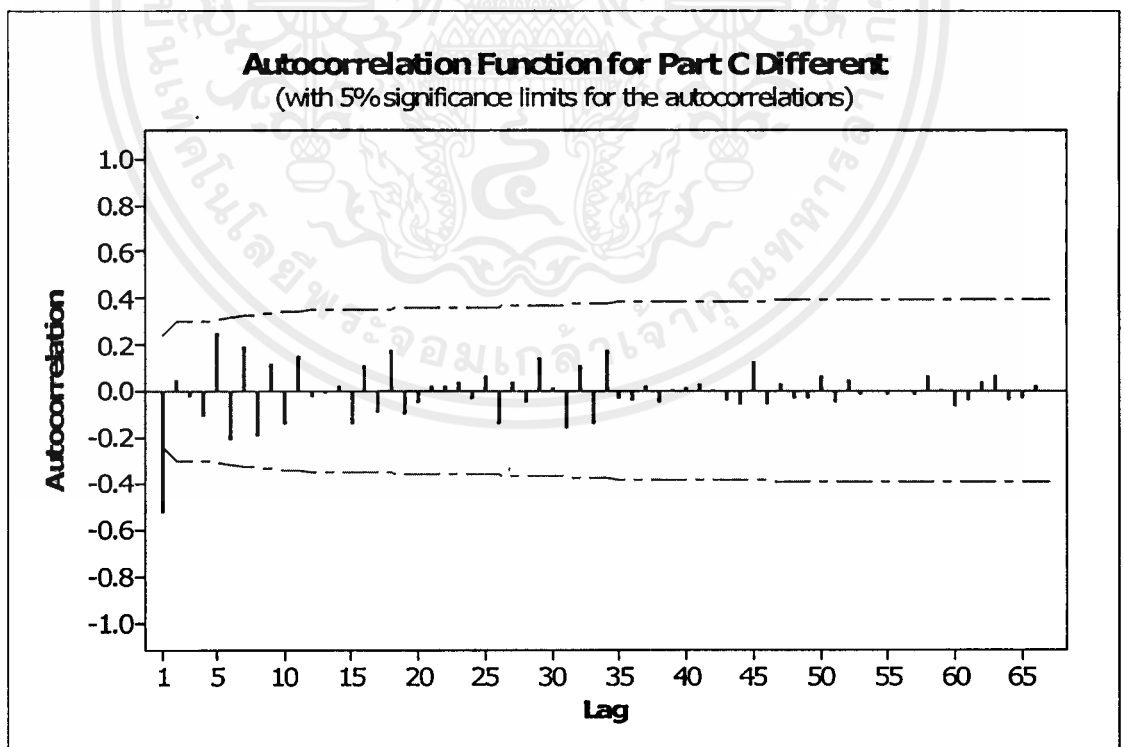
รูปที่ 4.17 คอเรโลแกรม r_k ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อนเพื่อกำจัดแนวโน้ม จึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างแนวโน้ม 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-1}$) เมื่อหาผลต่างแล้วนำไปพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.18 ซึ่งอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.18 จะเห็นว่า z_t เป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีแล้ว สามารถหาอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีไปพล็อตคอเรโลแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function : ACF) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function : PACF) จำนวน 69 ค่า ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20 ตามลำดับเพื่อกำหนดรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

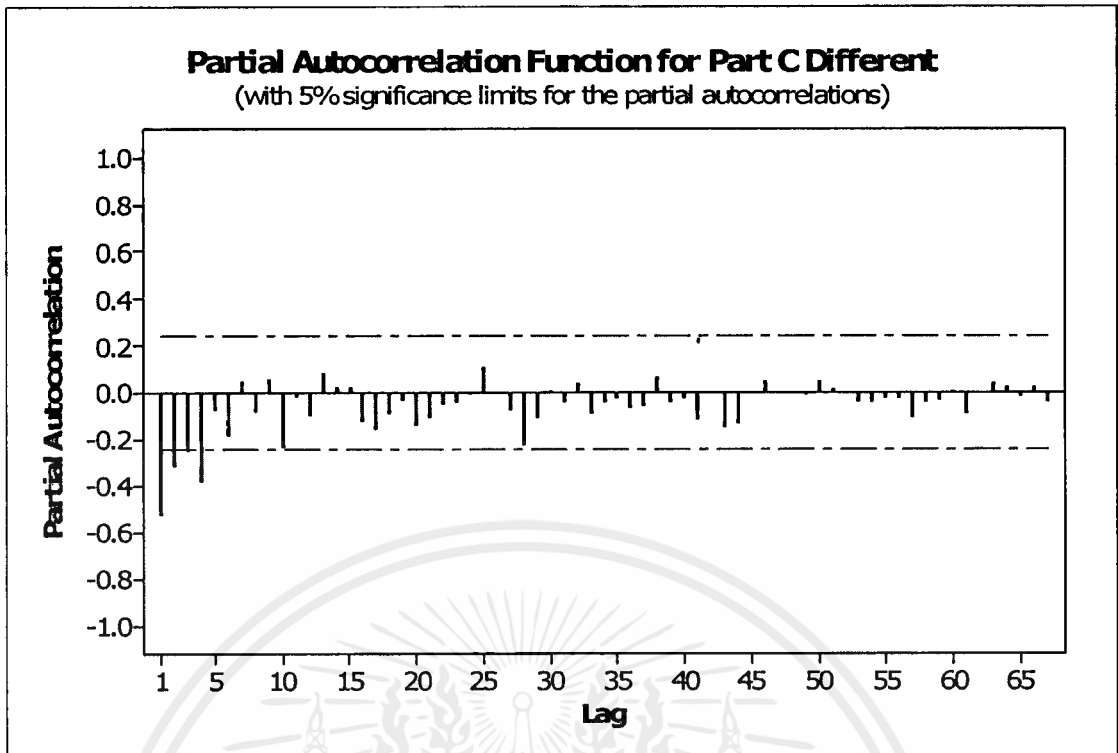


รูปที่ 4.18 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเมื่อหาผลต่าง 1 ครั้ง



รูปที่ 4.19 คอเรโลแกรม $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 คอเรลโลแกรม $r_{kk}(z_t)$ ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

การกำหนดรูปแบบ ARIMA(p,d,q) x SARIMA (P,D,Q)_s ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จะพิจารณาจากรูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20 ซึ่งพบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C cut off ที่ lag 1 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่า cut off ที่ lag 4 และเมื่อพิจารณาความเหมาะสมโดยใช้โปรแกรม MINITAB พบว่าตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C คือ ARIMA (0,1,1) จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.12 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.12 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	0.9797	0.0618	15.85	0.000
Constant	-0.3795	0.0630	-6.02	0.000
Differencing: 1 regular difference				
Number of observations: Original series 69, after differencing 68				
Residuals: SS = 3175.80 (backforecasts excluded)				
MS = 48.1224 DF = 66				

จากตารางที่ 4.12 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดได้ค่า $\theta = 0.6507$ และ $\theta_1 = -0.3795$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นมา ว่าควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่ โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB โดยการตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta \neq 0$$

จากตารางที่ 4.12 พบว่ามีค่า p-value = 0.000 ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value < α จึงสรุปได้ว่า θ มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.12 พบว่ามีค่า p-value = 0.000 ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value < α จึงสรุปได้ว่า θ_1 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_1 อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ ARIMA(0,1,1) เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาชุดนี้ จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ ARIMA(0,1,1) โดยการทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐานของบ็อกซ์จุง

ตารางที่ 4.13 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	8.8	20.2	36.3	43.9
DF	10	22	34	46
P-Value	0.547	0.568	0.363	0.560

จากตารางที่ 4.13 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุงจะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ โดยใช้ Chi-Square ทดสอบและดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานในการทดสอบและสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.13 พบว่ามีค่า p-value = 0.547 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.13 พบว่ามีค่า p-value = 0.568 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

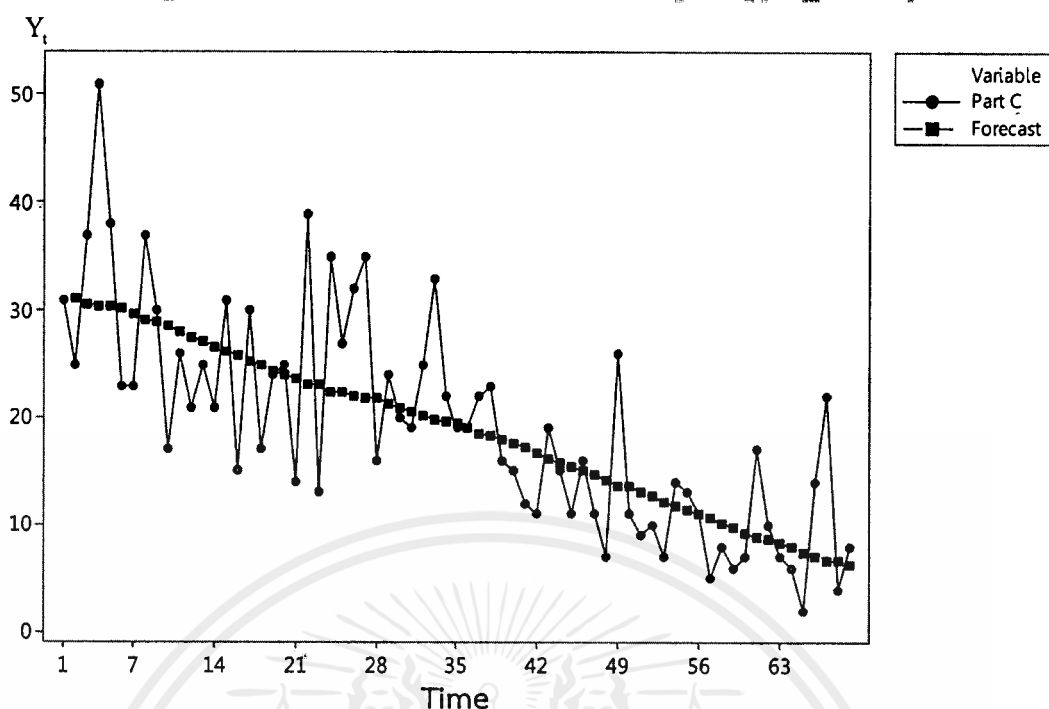
จากตารางที่ 4.13 พบว่ามีค่า p-value = 0.363 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.13 พบว่ามีค่า p-value = 0.560 ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ เนื่องจาก p-value > α จึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

การทดสอบสมมติฐานโดยวิธีของบ็อกซ์จุง พบว่าค่า p-value ที่ lag 12 , 24 , 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าช่วงอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ ARIMA(0,1,1)เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว



รูปที่ 4.21 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C โดยวิธีของบ็อกซ์ และเจนกินส์

จากรูปแบบ ARIMA(0,1,1) จะได้สมการพยากรณ์ ดังนี้

$$Y_t = -0.3796 + Y_{t-1} + \varepsilon_t - 0.9797\varepsilon_{t-1}$$

$$\hat{Y}_t(l) = \begin{cases} -0.3796 + Y_t - 0.9797e_t & , l=1 \\ -0.3796 + \hat{Y}_t(l-1) & , l \geq 2 \end{cases}$$

4.1.3.3 การเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

การเปรียบเทียบเทคนิคในการพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี โดยพิจารณาจากค่า MSE ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.14 ดังนี้

ตารางที่ 4.14 เทคนิคการพยากรณ์ ค่า MSE สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C
(หน่วย : หน่วย²)

เทคนิคการพยากรณ์/ตัวแบบ	MSE
1.วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิลที่มีค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0718$	52.4894
2.วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(0,1,1)	48.1224

จากตารางที่ 4.14 พบว่าเทคนิคที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C คือวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(0,1,1) เนื่องจากมีค่า MSE ต่ำกว่าวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล โดยมีค่า MSE เท่ากับ 48.1224 หน่วย²

4.1.3.4 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C 12 เดือนล่วงหน้าตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558

จากตารางที่ 4.14 พบว่าการพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์รูปแบบ ARIMA(0,1,1) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C ซึ่งมีตัวแบบพยากรณ์คือ

$$Y_t = -0.3796 + Y_{t-1} + \varepsilon_t - 0.9797\varepsilon_{t-1}$$

$$\hat{Y}_t(l) = \begin{cases} -0.3796 + Y_t - 0.9797e_t & , l=1 \\ -0.3796 + \hat{Y}_t(l-1) & , l \geq 2 \end{cases}$$

จากสมการพยากรณ์ข้างต้น ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลแบบจุดของปริมาณความต้องการอะไหล่ ชนิด C ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 จากตัวแบบพยากรณ์ (หน่วย : หน่วย)

ปี (พ.ศ.)	เดือน	ค่าพยากรณ์
2557	ตุลาคม	5.8994
2557	พฤศจิกายน	5.5198
2557	ธันวาคม	5.1402
2558	มกราคม	4.7607
2558	กุมภาพันธ์	4.3811
2558	มีนาคม	4.0015
2558	เมษายน	3.6220
2558	พฤษภาคม	3.2424
2558	มิถุนายน	2.8628
2558	กรกฎาคม	2.4833
2558	สิงหาคม	2.1037
2558	กันยายน	1.7241

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การจัดการสินค้าคงคลัง

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลังครั้งนี้ คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจะทำการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบความต้องการของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดว่ามีความเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้เทคนิคปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) หรือไม่โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (VC) ถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมากกว่า 0.20 จะไม่มีความเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้เทคนิคปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัดและจะประยุกต์ใช้วิธีการอื่นในการคำนวณนั้นคือ

1. เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot
2. เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง POQ
3. เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal

ซึ่งการคำนวณหารูปแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสม จะพิจารณาเลือกเทคนิคใดเทคนิค 1 ใน 3 เทคนิคนี้ที่ค่าใช้จ่ายต่ำสุดรวมทั้งพิจารณาหาจุดสั่งซื้อ (Reorder Point) และระบบสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock) สำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลัง

สำหรับค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทกรณีศึกษาจะประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของอะไหล่ที่ศึกษา ซึ่งจะไม่รวมค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลนเนื่องจากบริษัทกรณีศึกษามีนโยบายที่จะเก็บสินค้าคงคลังไว้ให้เพียงพอกับปริมาณความต้องการของอะไหล่แต่ละชนิด ซึ่งค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อจะคำนวณได้จากจำนวนการสั่งซื้ออะไหล่ที่ต้องการเก็บไว้เพื่อการใช้งานต่อไป ตารางที่ 4.16 แสดงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการสั่งซื้อ โดยการสั่งซื้อแต่ละครั้งจะมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 309.17 บาท/คำสั่งซื้อ และตารางที่ 4.17 แสดงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษาสินค้า โดยจากการคำนวณพบว่าค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 0.7887 บาท/หน่วย/เดือน

4.2.1.1 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ

จากการรวบรวมข้อมูลจากบริษัทสายการบินแห่งหนึ่ง ใน 60 รายการใบคำสั่งซื้อ สามารถสรุปรายการค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (K) แสดงได้ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การกำหนดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (บาท/คำสั่งซื้อ)

รายการ	ค่าใช้จ่าย(บาท)	ที่มา
1.เงินเดือนพนักงานแผนกจัดซื้อ	291.67	17,500.00/เดือน/60 คำสั่งซื้อ = 291.67 บาท/คำสั่งซื้อ
2.ค่าอุปกรณ์ต่างๆ	4.17	250.00/เดือน/60 คำสั่งซื้อ = 4.17 บาท/คำสั่งซื้อ
3.ค่าโทรศัพท์	5.00	300.00/เดือน/60 คำสั่งซื้อ = 5.00 บาท/คำสั่งซื้อ
4.ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	8.33	500.00/เดือน/60 คำสั่งซื้อ = 8.33 บาท/คำสั่งซื้อ
รวม	309.17	

4.2.1.2 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากบริษัทสายการบินแห่งหนึ่ง สามารถสรุปรายการค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาโดยรวมต่อปี (h) แสดงได้ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การกำหนดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (บาท/ปี)

รายการ	ค่าใช้จ่าย(บาท)	ที่มา
1.เงินเดือนพนักงานคลัง	7,431,980.76	$619,331.73/\text{เดือน} \times 12\text{เดือน}$ $= 7,431,980.76$ บาท/ปี
2.เงินเดือนพนักงานรักษาความปลอดภัย	720,000.00	$60,000/\text{เดือน} \times 12\text{เดือน}$ $= 720,000.00$ บาท/ปี
3.ค่าบำรุงรักษาคลัง	5,383,710.28	$448,642.5/\text{เดือน} \times 12\text{เดือน} =$ $5,383,710.28$ บาท/ปี
4.ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์คลัง	1,942,009.80	$161,834.15/\text{เดือน} \times 12\text{เดือน}$ $= 1,942,009.80$ บาท/ปี
5.ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	3,451,191.00	$287,599.25/\text{เดือน} \times 12\text{เดือน}$ $= 3,451,191.00$ บาท/ปี
รวม	18,928,891.84	

ซึ่งรวมเป็นค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเป็นเงิน 18,928,891.84 บาท และปริมาณยอดรวมการสั่งซื้ออะไหล่ต่อปี = 20,000,000 หน่วย (โดยเฉลี่ยขนาดเท่ากัน)

$$\text{ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง} = 18,928,891.84/20,000,000$$

$$= 9.4645 \text{ บาท/หน่วย/ปี}$$

$$= 0.7887 \text{ บาท/หน่วย/เดือน}$$

4.2.2 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

การพิจารณาหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นทุนรวมมีค่าต่ำสุด คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจะใช้ข้อมูลจากการพยากรณ์ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 ที่คำนวณได้จากหัวข้อที่ 4.1 มาทำการพิจารณาหาปริมาณการสั่งซื้อด้วยเทคนิคที่เหมาะสมของแต่ละอะไหล่ โดยจะแสดงผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.2.1 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

จากตารางที่ 3.1 พบว่าอะไหล่ชนิด A มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) เท่ากับ 0.0598 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.20 สามารถสรุปได้ว่าปริมาณความต้องการอะไหล่มีลักษณะคงที่ ดังนั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้ประยุกต์ใช้เทคนิคปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) สำหรับคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ แสดงการคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนในการสั่งซื้อ} \quad K = 309.17 \text{ บาท/คำสั่งซื้อ}$$

$$\text{ต้นทุนในการเก็บรักษา} \quad h = 9.4645 \text{ บาท/จำนวนอะไหล่/ปี}$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ} \quad D = 10,033 \text{ จำนวนอะไหล่/ปี}$$

1. ขนาดประหยัดที่เหมาะสมต่อคำสั่งซื้อในระบบ EOQ หรือ q^* คือ

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} = \sqrt{\frac{2(309.17)(10,033)}{9.4645}} = 809.5968 \text{ หน่วย}$$

2. ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่ต่ำที่สุดคือ

$$TC(q^*) = \sqrt{2hKD} = \sqrt{2(9.4645)(309.17)(10,033)} = 7,662.63 \text{ บาท}$$

3. จำนวนครั้งในการสั่งใน 1 ปี (N)

$$N = \frac{D}{q^*} = \frac{10033}{809.5968} = 12.3925 \approx 13 \text{ ครั้ง}$$

4. ระยะเวลาในการสั่งแต่ละครั้ง (T)

$$T = \frac{q^*}{D} = \frac{809.5968}{10,033} = 0.0806 \text{ ปี}$$

$$T = 0.0806 \times 12 = 0.9672 \text{ เดือน}$$

ดังนั้น ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของอะไหล่ชนิด A เท่ากับ 809.5968 หน่วย โดยจำนวนการสั่งซื้อใน 1 ปี เท่ากับ 13 ครั้ง และมีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำสุด 7,662.63 บาท

4.2.2.2 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B

จากตารางที่ 3.1 พบว่าปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) เท่ากับ 0.3749 ซึ่งมีความมากกว่า 0.20 สามารถสรุปได้ว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะไม่แน่นอน ดังนั้นจะไม่สามารถใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) ได้ แต่จะทำการเปรียบเทียบวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดของ 3 เทคนิค คือ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง และเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal เพื่อเลือกเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดในการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ

4.2.2.2.1 เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot

เทคนิคการสั่งซื้อสินค้าให้เพียงพอเฉพาะความต้องการในช่วงเวลาเดียวโดยจะไม่มี การเก็บสินค้าไว้ในช่วงเวลาถัดไป การคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลัง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 โดยใช้เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot แสดงได้ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ B โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด(หน่วย)	ปริมาณการสั่งซื้อ(หน่วย)	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ(บาท/เดือน)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา(บาท/เดือน)
ตุลาคม 2557	9.2420	9.2420	309.17	0
พฤศจิกายน 2557	9.3477	9.3477	309.17	0
ธันวาคม 2557	9.4325	9.4325	309.17	0
มกราคม 2558	9.5004	9.5004	309.17	0
กุมภาพันธ์ 2558	9.5549	9.5549	309.17	0
มีนาคม 2558	9.5986	9.5986	309.17	0
เมษายน 2558	9.6336	9.6336	309.17	0
พฤษภาคม 2558	9.6616	9.6616	309.17	0
มิถุนายน 2558	9.6841	9.6841	309.17	0
กรกฎาคม 2558	9.7021	9.7021	309.17	0
สิงหาคม 2558	9.7166	9.7166	309.17	0
กันยายน 2558	9.7281	9.7281	309.17	0
รวม	114.8022	114.8022	3,710.00	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.18 พบว่าค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อมีค่าเท่ากับ 3,710 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 0 บาท/ปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ชนิด B มีค่าเท่ากับ 3,710 บาท/ปี

4.2.2.2 เทคนิคการสั่งซื้อแบบเป็นช่วง (Periodic Order Quantity : POQ)

โดยเทคนิค POQ จะคำนวณหาจำนวนช่วงเวลาที่จะพิจารณาถึงความต้องการที่เกิดขึ้นเพื่อมากำหนดขนาดรุ่น โดยการกำหนดช่วงเวลานั้นจะพิจารณาจากจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ยที่ปริมาณ EOQ จะครอบคลุมถึง ซึ่งจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ยสามารถคำนวณได้ดังนี้

1. คำนวณปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ)

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} = \sqrt{\frac{2(309.17)(114.8022)}{9.4645}} = 86.6044$$

2. คำนวณหาปริมาณความต้องการโดยเฉลี่ย

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n} = \frac{114.8022}{12} = 9.5669$$

3. คำนวณหาจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ย

$$N = \frac{EOQ}{\bar{d}} = \frac{86.6044}{9.5669} = 9.0525 \approx 10 \text{ เดือน}$$

แสดงปริมาณการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลัง โดยใช้เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ B โดยเทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง (POQ)

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด(หน่วย)	ปริมาณการสั่งซื้อ(หน่วย)	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ(บาท/เดือน)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา(บาท/เดือน)
ตุลาคม 2557	9.2420	95.36	309.17	67.92
พฤศจิกายน 2557	9.3477		0	60.55
ธันวาคม 2557	9.4325		0	53.11
มกราคม 2558	9.5004		0	45.61
กุมภาพันธ์ 2558	9.5549		0	38.08
มีนาคม 2558	9.5986		0	30.51
เมษายน 2558	9.6336		0	22.91
พฤษภาคม 2558	9.6616		0	15.29
มิถุนายน 2558	9.6841		0	7.65
กรกฎาคม 2558	9.7021		0	0.00
สิงหาคม 2558	9.7166	19.44	309.17	7.66
กันยายน 2558	9.7281		0	0.00
รวม	114.8022	114.8022	618.34	349.29

จากตารางที่ 4.19 พบว่าค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อมีค่าเท่ากับ 618.34 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 349.29 บาท/ปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ B มีค่าเท่ากับ 967.63 บาท/ปี

4.2.2.3.3 เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal

เทคนิคการสั่งซื้อสินค้าให้ครอบคลุมช่วงเวลา m เพื่อให้ต้นทุนรวมต่อช่วงเวลา m ต่ำสุด โดยต้นทุนรวมประกอบด้วย ต้นทุนในการสั่งซื้อ+ต้นทุนการเก็บในช่วงเวลา m โดยแสดงการคำนวณหาค่าต้นทุนเฉลี่ยของต้นทุนแปรผัน ($A(m)$) ได้ดังนี้

$$\text{หาค่า } A(m) \text{ จากสูตร } A(m) = \frac{1}{m}(K + hD_2 + 2hD_3 + \dots + (m-1)hD_m)$$

- พิจารณาเดือนตุลาคม 2557 ดังนั้นกำหนดให้ $m = 1$
 - ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 1 เดือน ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน 9.24 หน่วย

$$A(1) = 309.17 \text{ บาท}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 2 เดือน ($m=2$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420+9.3477 = 18.59$ หน่วย

$$A(2) = \frac{1}{2}(309.17+(0.7887 \times 9.3477))=158.27$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 3 เดือน ($m=3$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420+9.3477+9.4325 = 28.02$ หน่วย

$$A(3) = \frac{1}{3}(309.17+(0.7887 \times 9.3477)+(2 \times 0.7887 \times 9.4325))=110.47 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 4 เดือน ($m=4$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420+9.3477+9.4325+9.5004 = 37.52$ หน่วย

$$A(4) = \frac{1}{4}(309.17+(0.7887 \times 9.3477)+(2 \times 0.7887 \times 9.4325)+(3 \times 0.7887 \times 9.5004))$$

$$= 88.48 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 5 เดือน ($m=5$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420+9.3477+9.4325+9.5004+9.5549 = 47.08$ หน่วย

$$A(5) = \frac{1}{5}(309.17+(0.7887 \times 9.3477)+(2 \times 0.7887 \times 9.4325)+(3 \times 0.7887 \times 9.5004)+$$

$$(4 \times 0.7887 \times 9.5549))$$

$$= 76.81 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 6 เดือน ($m=6$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420+9.3477+9.4325+9.5004+9.5549+9.5986 = 56.68$ หน่วย

$$A(6) = \frac{1}{6}(309.17+(0.7887 \times 9.3477)+(2 \times 0.7887 \times 9.4325)+(3 \times 0.7887 \times 9.5004)+$$

$$(4 \times 0.7887 \times 9.5549)+(5 \times 0.7887 \times 9.5986))$$

$$= 70.32 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 7 เดือน ($m=7$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420+9.3477+9.4325+9.5004+9.5549+9.5986+9.6336 = 66.31$ หน่วย

$$A(7) = \frac{1}{7}(309.17+(0.7887 \times 9.3477)+(2 \times 0.7887 \times 9.4325)+(3 \times 0.7887 \times 9.5004)+$$

$$(4 \times 0.7887 \times 9.5549)+(5 \times 0.7887 \times 9.5986)+(6 \times 0.7887 \times 9.6336))$$

$$= 66.78 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 8 เดือน ($m=8$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420+9.3477+9.4325+9.5004+9.5549+9.5986+9.6336+9.6616$

$$= 75.97 \text{ หน่วย}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 A(8) &= \frac{1}{8} (309.17 + (0.7887 \times 9.3477) + (2 \times 0.7887 \times 9.4325) + (3 \times 0.7887 \times 9.5004) + \\
 &\quad (4 \times 0.7887 \times 9.5549) + (5 \times 0.7887 \times 9.5896) + (6 \times 0.7887 \times 9.6336) + \\
 &\quad (7 \times 0.7887 \times 9.6616)) \\
 &= 65.10 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 9 เดือน ($m=9$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420 + 9.3477 + 9.4325 + 9.5004 + 9.5549 + 9.5986 + 9.6336 + 9.6616 + 9.6841$
 $= 85.66$ หน่วย

$$\begin{aligned}
 A(9) &= \frac{1}{9} (309.17 + (0.7887 \times 9.3477) + (2 \times 0.7887 \times 9.4325) + (3 \times 0.7887 \times 9.5004) + \\
 &\quad (4 \times 0.7887 \times 9.5549) + (5 \times 0.7887 \times 9.5896) + (6 \times 0.7887 \times 9.6336) + \\
 &\quad (7 \times 0.7887 \times 9.6616) + (8 \times 0.7887 \times 9.6841)) \\
 &= 64.66 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 10 เดือน ($m=10$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $9.2420 + 9.3477 + 9.4325 + 9.5004 + 9.5549 + 9.5986 + 9.6336 + 9.6616 + 9.6841$
 $+ 9.7021 = 95.36$ หน่วย

$$\begin{aligned}
 A(10) &= \frac{1}{10} (309.17 + (0.7887 \times 9.3477) + (2 \times 0.7887 \times 9.4325) + (3 \times 0.7887 \times 9.5004) + \\
 &\quad (4 \times 0.7887 \times 9.5549) + (5 \times 0.7887 \times 9.5896) + (6 \times 0.7887 \times 9.6336) + \\
 &\quad (7 \times 0.7887 \times 9.6616) + (8 \times 0.7887 \times 9.6841) + (9 \times 0.7887 \times 9.7021)) - \\
 &= 65.08 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $A(10) > A(9)$ จึงหยุดและคำนวณปริมาณการสั่งซื้อครั้งแรก $Q_1 = 85.6554$ หน่วย ซึ่งพบว่าการสั่งซื้อสินค้าเพื่อใช้ 9 เดือนเป็นการสั่งซื้อที่มีต้นทุนต่อช่วงเวลาต่ำสุด ดังนั้นการสั่งซื้อครั้งที่ 1 จึงเป็นการสั่งซื้อสินค้าเพื่อใช้ 9 เดือน โดยจะสั่งซื้อจำนวน 85.6554 หน่วย

2. ถัดไปจะพิจารณาเดือนกรกฎาคม 2558 เป็น $m = 1$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 1 เดือน ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน 9.70 หน่วย

$$A(1) = 309.17 \text{ บาท}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 2 เดือน ($m=2$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน

$$9.7021 + 9.7166 = 19.42 \text{ หน่วย}$$

$$A(2) = \frac{1}{2} (309.17 + (0.7887 \times 9.7166)) = 158.42 \text{ บาท}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 3 เดือน ($m=3$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน

$$9.7021+9.7166+9.7281 = 29.15 \text{ หน่วย}$$

$$A(3) = \frac{1}{3}(309.17+(0.7887 \times 9.7166)+(2 \times 0.7887 \times 9.7281)) = 110.73 \text{ บาท}$$

เนื่องจาก $A(3)$ เป็นเดือนสุดท้ายที่พิจารณาหาปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม สามารถคำนวณปริมาณการสั่งซื้อครั้งที่สอง $Q_2 = 29.1468$ หน่วย แสดงปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ชนิด B โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ปริมาณการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ชนิด B โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด(หน่วย)	ปริมาณการสั่งซื้อ(หน่วย)	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ(บาท/เดือน)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา(บาท/เดือน)
ตุลาคม 2557	9.2420	85.66	309.17	78.37
พฤศจิกายน 2557	9.3477		0	69.04
ธันวาคม 2557	9.4325		0	59.63
มกราคม 2558	9.5004		0	56.06
กุมภาพันธ์ 2558	9.5549		0	48.53
มีนาคม 2558	9.5986		0	40.95
เมษายน 2558	9.6336		0	33.36
พฤษภาคม 2558	9.6616		0	25.74
มิถุนายน 2558	9.6841		0	0.00
กรกฎาคม 2558	9.7021	29.15	309.17	15.34
สิงหาคม 2558	9.7166		0	7.67
กันยายน 2558	9.7281		0	0.00
รวม	114.80	114.80	618.34	434.68

จากตารางที่ 4.20 พบว่าค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อมีค่าเท่ากับ 618.34 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 434.68 บาท/ปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ B มีค่าเท่ากับ 1053.02 บาท/ปี

- จากนั้นทำการเปรียบเทียบเทคนิคทั้ง 2 วิธี เพื่อพิจารณาว่าเทคนิคใดเหมาะสมสำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบเทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของอะไหล่ชนิด B

วิธีการ	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บ รักษา(บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการจัดการ สินค้าคงคลัง(บาท/ปี)
เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot	3,710	0	3,710
เทคนิคการสั่งซื้อแบบ POQ	618	349	968
เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal	618	434	1,052

จากตารางที่ 4.21 พบว่าเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ชนิด B คือ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ POQ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 968 บาท/ปี

4.2.2.3 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

จากตารางที่ 3.1 พบว่าปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B มีค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (VC) เท่ากับ 0.2212 ซึ่งมีความมากกว่า 0.20 สามารถสรุปได้ว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะไม่แน่นอน ดังนั้นจะไม่สามารถใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) ได้ แต่จะทำการเปรียบเทียบวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดของ 3 เทคนิค คือ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง และเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal เพื่อเลือกเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดในการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ

4.2.2.3.1 เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot

เทคนิคการสั่งซื้อสินค้าให้เพียงพอเฉพาะความต้องการในช่วงเวลาเดียวโดยจะไม่มี การเก็บสินค้าไว้ในช่วงเวลาถัดไป การคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลัง ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 โดยใช้เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot แสดงได้ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ C โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด(หน่วย)	ปริมาณการสั่งซื้อ(หน่วย)	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ(บาท/เดือน)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา(บาท/เดือน)
ตุลาคม 2557	5.8994	5.8994	309.17	0
พฤศจิกายน 2557	5.5198	5.5198	309.17	0
ธันวาคม 2557	5.1402	5.1402	309.17	0
มกราคม 2558	4.7607	4.7607	309.17	0
กุมภาพันธ์ 2558	4.3811	4.3811	309.17	0
มีนาคม 2558	4.0015	4.0015	309.17	0
เมษายน 2558	3.622	3.622	309.17	0
พฤษภาคม 2558	3.2424	3.2424	309.17	0
มิถุนายน 2558	2.8628	2.8628	309.17	0
กรกฎาคม 2558	2.4833	2.4833	309.17	0
สิงหาคม 2558	2.1037	2.1037	309.17	0
กันยายน 2558	1.7241	1.7241	309.17	0
รวม	45.741	45.741	3,710.00	0

จากตารางที่ 4.20 พบว่าค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อมีค่าเท่ากับ 3,710 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 0 บาท/ปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ชนิด C มีค่าเท่ากับ 3,710 บาท/ปี

4.2.2.3.2 เทคนิคการสั่งซื้อแบบเป็นช่วง (Periodic Order Quantity : POQ)

โดยเทคนิค POQ จะคำนวณหาจำนวนช่วงเวลาที่จะพิจารณาถึงความต้องการที่เกิดขึ้นเพื่อกำหนดขนาดรุ่น โดยการกำหนดช่วงเวลานั้นจะพิจารณาจากจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ยที่ปริมาณ EOQ จะครอบคลุมถึง ซึ่งจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ยสามารถคำนวณได้ดังนี้

1. คำนวณปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ)

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} = \sqrt{\frac{2(309.17)(45.741)}{9.4645}} = 54.6660 \text{ หน่วย}$$

2. คำนวณหาจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ย

$$N = \frac{EOQ}{\bar{d}} = \frac{54.6660}{3.8118} = 14.3413 \approx 15 \text{ เดือน}$$

จากการคำนวณหาจำนวนช่วงเวลาโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 15 เดือน ซึ่งเกินขนาดช่วงเวลา 12 เดือนที่พิจารณาและไม่สามารถกำหนดขนาดรุ่นได้ ดังนั้นเทคนิคการสั่งซื้อแบบเป็นช่วงจะไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดได้

4.2.2.3.3 เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal

เทคนิคการสั่งซื้อสินค้าให้ครอบคลุมช่วงเวลา m เพื่อให้ต้นทุนรวมต่อช่วงเวลา m ต่ำสุด โดยต้นทุนรวมประกอบด้วย ต้นทุนในการสั่งซื้อ+ต้นทุนการเก็บในช่วงเวลา m โดยแสดงการคำนวณหาค่าต้นทุนเฉลี่ยของต้นทุนแปรผัน $A(m)$ ได้ดังนี้

หาค่า $A(m)$ จากสูตร
$$A(m) = \frac{1}{m}(K + hD_2 + 2hD_3 + \dots + (m-1)hD_m)$$

1. พิจารณาเดือนตุลาคม 2557 ดังนั้นกำหนดให้ $m = 1$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 1 เดือน ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน 5.90 หน่วย

$$A(1) = 309.17 \text{ บาท}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 2 เดือน ($m=2$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน

$$5.8994 + 5.5198 = 11.42 \text{ หน่วย}$$

$$A(2) = \frac{1}{2}(309.17 + (0.7887 \times 5.5198)) = 156.76 \text{ บาท}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 3 เดือน ($m=3$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน

$$5.8994 + 5.5198 + 5.1402 = 16.56 \text{ หน่วย}$$

$$A(3) = \frac{1}{3}(309.17 + (0.7887 \times 5.5198) + (2 \times 0.7887 \times 5.1402)) = 107.21 \text{ บาท}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 4 เดือน ($m=4$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994+5.5198 + 5.1402+4.7607 = 21.32$ หน่วย

$$A(4) = \frac{1}{4}(309.17+(0.7887 \times 5.5198)+(2 \times 0.7887 \times 5.1402)+(3 \times 0.7887 \times 4.7607))$$

$$= 83.22 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 5 เดือน ($m=5$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994+5.5198 + 5.1402+4.7607+4.3811 = 25.70$ หน่วย

$$A(5) = \frac{1}{5}(309.17+(0.7887 \times 5.5198)+(2 \times 0.7887 \times 5.1402)+(3 \times 0.7887 \times 4.7607)+(4 \times 0.7887 \times 4.3811))$$

$$= 69.34 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 6 เดือน ($m=6$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994+5.5198 + 5.1402+4.7607+4.3811+4.0015 = 29.70$ หน่วย

$$A(6) = \frac{1}{6}(309.17+(0.7887 \times 5.5198)+(2 \times 0.7887 \times 5.1402)+(3 \times 0.7887 \times 4.7607)+(4 \times 0.7887 \times 4.3811)+(5 \times 0.7887 \times 4.0015))$$

$$= 60.42 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 7 เดือน ($m=7$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994+5.5198 + 5.1402+4.7607+4.3811+4.0015+3.6220 = 33.32$ หน่วย

$$A(7) = \frac{1}{7}(309.17+(0.7887 \times 5.5198)+(2 \times 0.7887 \times 5.1402)+(3 \times 0.7887 \times 4.7607)+(4 \times 0.7887 \times 4.3811)+(5 \times 0.7887 \times 4.0015)+(6 \times 0.7887 \times 3.6220))$$

$$= 54.23 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 8 เดือน ($m=8$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994+5.5198 + 5.1402+4.7607+4.3811+4.0015+3.6220+3.2424$
 $= 36.57$ หน่วย

$$A(8) = \frac{1}{8}(309.17+(0.7887 \times 5.5198)+(2 \times 0.7887 \times 5.1402)+(3 \times 0.7887 \times 4.7607)+(4 \times 0.7887 \times 4.3811)+(5 \times 0.7887 \times 4.0015)+(6 \times 0.7887 \times 3.6220)+(7 \times 0.7887 \times 3.2424))$$

$$= 49.69 \text{ บาท}$$
- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 9 เดือน ($m=9$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994+5.5198 + 5.1402+4.7607+4.3811+4.0015+3.6220+3.2424+2.8628$
 $= 39.43$ หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 A(9) &= \frac{1}{9} (309.17 + (0.7887 \times 5.5198) + (2 \times 0.7887 \times 5.1402) + (3 \times 0.7887 \times 4.7607) + \\
 &\quad (4 \times 0.7887 \times 4.3811) + (5 \times 0.7887 \times 4.0015) + (6 \times 0.7887 \times 3.6220) + \\
 &\quad (7 \times 0.7887 \times 3.2424) + (8 \times 0.7887 \times 2.8628)) \\
 &= 46.18 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 10 เดือน ($m=10$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994 + 5.5198 + 5.1402 + 4.7607 + 4.3811 + 4.0015 + 3.6220 + 3.2424 + 2.8628$
 $+ 2.4833 = 41.91$ หน่วย

$$\begin{aligned}
 A(10) &= \frac{1}{10} (309.17 + (0.7887 \times 5.5198) + (2 \times 0.7887 \times 5.1402) + (3 \times 0.7887 \times 4.7607) + \\
 &\quad (4 \times 0.7887 \times 4.3811) + (5 \times 0.7887 \times 4.0015) + (6 \times 0.7887 \times 3.6220) + \\
 &\quad (7 \times 0.7887 \times 3.2424) + (8 \times 0.7887 \times 2.8628) + (9 \times 0.7887 \times 2.4833)) \\
 &= 43.32 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 11 เดือน ($m=11$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994 + 5.5198 + 5.1402 + 4.7607 + 4.3811 + 4.0015 + 3.6220 + 3.2424 + 2.8628$
 $+ 2.4833 + 2.1037 = 44.02$ หน่วย

$$\begin{aligned}
 A(11) &= \frac{1}{11} (309.17 + (0.7887 \times 5.5198) + (2 \times 0.7887 \times 5.1402) + (3 \times 0.7887 \times 4.7607) + \\
 &\quad (4 \times 0.7887 \times 4.3811) + (5 \times 0.7887 \times 4.0015) + (6 \times 0.7887 \times 3.6220) + \\
 &\quad (7 \times 0.7887 \times 3.2424) + (8 \times 0.7887 \times 2.8628) + (9 \times 0.7887 \times 2.4833) + \\
 &\quad (10 \times 0.7887 \times 2.1037)) \\
 &= 40.89 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

- ปริมาณการสั่งซื้อเพื่อใช้ 12 เดือน ($m=12$) ดังนั้นจะสั่งซื้อจำนวน
 $5.8994 + 5.5198 + 5.1402 + 4.7607 + 4.3811 + 4.0015 + 3.6220 + 3.2424 + 2.8628$
 $+ 2.4833 + 2.1037 + 1.7241 = 45.74$ หน่วย

$$\begin{aligned}
 A(12) &= \frac{1}{12} (309.17 + (0.7887 \times 5.5198) + (2 \times 0.7887 \times 5.1402) + (3 \times 0.7887 \times 4.7607) + \\
 &\quad (4 \times 0.7887 \times 4.3811) + (5 \times 0.7887 \times 4.0015) + (6 \times 0.7887 \times 3.6220) + \\
 &\quad (7 \times 0.7887 \times 3.2424) + (8 \times 0.7887 \times 2.8628) + (9 \times 0.7887 \times 2.4833) + \\
 &\quad (10 \times 0.7887 \times 2.1037) + (11 \times 0.7887 \times 1.7241)) \\
 &= 38.73 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $A(12)$ เป็นเดือนสุดท้ายที่พิจารณาหาปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม สามารถคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ $Q = 45.7410$ หน่วย แสดงปริมาณการสั่งซื้อสินค้าและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ชนิด C โดยเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal ดังตารางที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ปริมาณการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ชนิด C โดย
เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal

เดือน	ค่าพยากรณ์ แบบจุด(หน่วย)	ปริมาณการ สั่งซื้อ(หน่วย)	ค่าใช้จ่ายในการ สั่งซื้อ(บาท/เดือน)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บ รักษา(บาท/เดือน)
ตุลาคม 2557	5.8994	45.74	309.17	31.42
พฤศจิกายน 2557	5.5198		0	27.07
ธันวาคม 2557	5.1402		0	23.02
มกราคม 2558	4.7607		0	19.26
กุมภาพันธ์ 2558	4.3811		0	15.81
มีนาคม 2558	4.0015		0	12.65
เมษายน 2558	3.622		0	9.79
พฤษภาคม 2558	3.2424		0	7.24
มิถุนายน 2558	2.8628		0	4.98
กรกฎาคม 2558	2.4833		0	3.02
สิงหาคม 2558	2.1037		0	1.36
กันยายน 2558	1.7241		0	0.00
รวม	45.74		114.8022	309.17

จากตารางที่ 4.22 พบว่าค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อมีค่าเท่ากับ 309.17 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 155.61 บาท/ปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ C มีค่าเท่ากับ 464.78 บาท/ปี

จากนั้นทำการเปรียบเทียบเทคนิคทั้ง 2 วิธี เพื่อพิจารณาว่าเทคนิคใดเหมาะสมสำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบเทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของอะไหล่ชนิด C

วิธีการ	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บ รักษา(บาท/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการจัดการ สินค้าคงคลัง(บาท/ปี)
เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot	3,710	0	3,710
เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal	309.17	155.61	464.78

จากตารางที่ 4.24 พบว่าเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหาปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ชนิด C คือ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 464.78 บาท/ปี



4.2.3 การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง

ในการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง จุดสั่งซื้อเป็นจุดที่บ่งบอกถึงปริมาณสินค้าคงคลังที่อยู่ในระบบที่ทำให้มีการสั่งซื้อสินค้า ส่วนปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock : SS) เป็นสินค้าที่มีไว้เพื่อป้องกันความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งจากความต้องการใช้สินค้าของบริษัท หรือความไม่แน่นอนที่เกิดจากช่วงเวลานำ แสดงการวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้

4.2.3.1 การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของอะไหล่ชนิด A

เนื่องจากอะไหล่ชนิด A มีระดับความต้องการอะไหล่ที่แน่นอน และช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 1 เดือน แสดงการหาค่าจุดสั่งซื้อ ดังนี้

$$\text{สูตร } ROP = (\bar{d})(LT)$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } \bar{d} = 838.0975 \text{ หน่วยต่อเดือน}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลานำ } LT = 1 \text{ เดือน}$$

$$\text{ดังนั้น } ROP = (838.0975)(1) = 838.0975 \text{ หน่วย}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อ เท่ากับ 838.0975 หน่วย

4.2.3.2 การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของอะไหล่ชนิด B

เนื่องจากอะไหล่ชนิด B มีระดับความต้องการอะไหล่ที่ไม่แน่นอน ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 1 เดือน และบริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดระดับบริการไว้ที่ร้อยละ 95 หรือหมายความว่ามีความน่าจะเป็นหรือโอกาส 95% ที่ความต้องการจะไม่มากกว่าปริมาณสินค้าคงคลังที่มีอยู่ในช่วงเวลานำ แสดงการหาค่าจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง (ROP) ดังนี้

$$\text{สูตร } ROP = (\bar{d})(LT) + Z\sigma_d\sqrt{LT}$$

$$\text{โดยที่ } SS = Z\sigma_d\sqrt{LT}$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } \bar{d} = 9.5668 \text{ หน่วยต่อเดือน}$$

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อเดือน } \sigma_d = 0.1570 \text{ หน่วย}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลานำ } LT = 1 \text{ เดือน}$$

$$\text{ค่า } Z \text{ ที่ระดับการให้บริการ} = 1.65 \text{ (ภาคผนวก ค)}$$

ดังนั้น $ROP = (9.5668)(1) + (1.65 \times 0.1570) \sqrt{1} = 9.8259 \approx 10$ หน่วย

$$SS = (1.65 \times 0.1570) \sqrt{1} = 0.2590 \approx 1 \text{ หน่วย}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อเท่ากับ 10 หน่วยและสินค้าคงคลังสำรองเท่ากับ 1 หน่วย

4.2.3.3 การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของอะไหล่ชนิด C

เนื่องจากอะไหล่ชนิด C มีระดับความต้องการอะไหล่ที่ไม่แน่นอน ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 1 เดือน และบริษัทกรณีศึกษาได้กำหนดระดับบริการไว้ที่ร้อยละ 95 หรือหมายความว่ามีความน่าจะเป็นหรือโอกาส 95% ที่ความต้องการจะไม่มากไปกว่าปริมาณสินค้าคงคลังที่มีอยู่ในช่วงเวลานำ แสดงการหาค่าจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ดังนี้

$$\text{สูตร } ROP = (\bar{d})(LT) + Z\sigma_d\sqrt{LT}$$

$$\text{โดยที่ } SS = Z\sigma_d\sqrt{LT}$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } \bar{d} = 3.8118 \text{ หน่วยต่อเดือน}$$

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อเดือน } \sigma_d = 1.3686 \text{ หน่วย}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลานำ } LT = 1 \text{ เดือน}$$

$$\text{ค่า } Z \text{ ที่ระดับการให้บริการ} = 1.65 \text{ (ภาคผนวก ค)}$$

ดังนั้น $ROP = (3.8118)(1) + (1.65 \times 1.3686) \sqrt{1} = 6.069 \approx 6$ หน่วย

$$SS = (1.65 \times 1.3686) \sqrt{1} = 2.2581 \approx 3 \text{ หน่วย}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อเท่ากับ 6 หน่วยและสินค้าคงคลังสำรองเท่ากับ 3 หน่วย

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการจัดการสินค้าคงคลัง สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด คือ อะไหล่ชนิด A,B และ C ของบริษัทสายการบินแห่งหนึ่ง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึงเดือนกันยายน 2557 มาพยากรณ์ปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด 1 ปีข้างหน้า (ตุลาคม 2557 ถึง กันยายน 2558) เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม การพิจารณาจุดสั่งซื้อ และระบบสินค้าคงคลังสำรองต่อไป สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด คืออะไหล่ชนิด A,B และ C เพื่อหาตัวแบบการพยากรณ์ที่ดีที่สุดซึ่งเปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ 2 วิธี คือวิธีการอนุกรมเวลาปรับเรียบและวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์

5.1.1 เทคนิคการพยากรณ์และตัวแบบที่ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด คืออะไหล่ชนิด A, B และ C โดยใช้ข้อมูลรายเดือน 69 ค่า ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2557 พบว่าปริมาณความต้องการอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด สรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสม และปริมาณความต้องการของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด

อะไหล่	วิธีการพยากรณ์	ปริมาณความต้องการอะไหล่ (หน่วย/ปี)
A	วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์ รูปแบบ ARIMA(1,1,1)	10,033 หน่วย
B	วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์ รูปแบบ ARIMA(1,0,1)	115 หน่วย
C	วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของบ็อกซ์และเจนกินส์ รูปแบบ ARIMA(0,1,1)	46 หน่วย

5.2 การจัดการสินค้าคงคลัง

โดยการจัดการสินค้าคงคลังครั้งนี้ จะทำการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบความต้องการที่จะใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) ซึ่งพบว่า อะไหล่ชนิด B และ C ไม่สามารถใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัดได้ จึงทำการเปรียบเทียบวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดของ 3 เทคนิค คือ เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง และเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal และอะไหล่ชนิด A มีความเหมาะสมที่จะใช้สูตรปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด สำหรับคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์การจัดการสินค้าคงคลังได้ดังนี้

5.2.1 ค่าใช้จ่ายของการจัดการสินค้าคงคลัง

ในการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทกรณีศึกษามีค่าใช้จ่ายประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ดังนี้

ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ = 309.17 บาท/คำสั่งซื้อ

ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา = 0.7887 บาท/หน่วย/เดือน

5.2.2 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 พบว่าวิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมในการจัดการสินค้าคงคลัง สรุปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เทคนิคการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม และปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ในการจัดการสินค้าคงคลังของอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด

อะไหล่	วิธีการ	ปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ (หน่วย/ปี)
A	ปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด	10,525 หน่วย
B	เทคนิคการสั่งซื้อแบบช่วง	115 หน่วย
C	เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal	46 หน่วย

5.2.3 การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 พบว่าจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง สรุปได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของอะไหล่ชนิดทั้ง 3 ชนิด

อะไหล่	จุดสั่งซื้อ	ปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง
A	839 หน่วย	-
B	10 หน่วย	1 หน่วย
C	6 หน่วย	3 หน่วย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น บริษัทกรณีศึกษาสามารถนำไปกำหนดนโยบายปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของอะไหล่ชนิด A, B และ C ในเดือนตุลาคม 2557 ถึงเดือนกันยายน 2558 หากมีข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่เพิ่มเติม จะต้องนำข้อมูลใหม่มาทำการพยากรณ์ปริมาณความต้องการอะไหล่ต่อไป จึงจะสามารถนำผลการพยากรณ์ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม และการวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองได้ และจากการวิเคราะห์สามารถนำไปกำหนดแนวทางในการลดระดับของสินค้าคงคลังสำหรับอะไหล่ชนิดตัวอื่นๆได้เช่นกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัญหาพิเศษ มีข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาดังนี้

1. หากองค์กรต่างๆจะนำวิธีการต่างๆที่ได้นำเสนอไว้ในปัญหาพิเศษนี้ไปประยุกต์ใช้ ควรใช้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลนั้นๆ เพื่อให้เกิดความแม่นยำ เนื่องจากสินค้าแต่ละประเภทมีลักษณะรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป
2. รูปแบบการพยากรณ์ที่วิเคราะห์ในปัญหาพิเศษนี้ ควรใช้กับองค์กรหรือบริษัทที่มีปัญหาสินค้าคงคลังหรือมีการสั่งซื้อที่ไม่คงที่ เพื่อที่นำมาวิเคราะห์และหาแนวทางการลดระดับสินค้าคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นทุนโดยรวมของบริษัทมีค่าต่ำสุด

บรรณานุกรม

- จิยาอุทธ คิ้วเที่ยง. 2551. การบริหารสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุง กรณีศึกษา บริษัทผลิตเครื่องตีพิมพ์ประเภทขวดแก้ว SG จำกัด. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ โลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพฯ.
- ดาวประกาย บุญเลี้ยง และคณะ. 2552. การจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท สเปเชียลตี้ เท็ค คอร์ปอเรชั่น จำกัด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธิดิมา ปัทมาพงษ์ และคณะ. 2548 การพยากรณ์มูลค่าการส่งออกสินค้าประเภทอุตสาหกรรม สิ่งทอของประเทศไทย. ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- พิภพ ลลิตาภรณ์. 2552 การบริหารพัสดุคงคลัง. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.
- วัลย์ลักษณ์ อัครธีรวงศ์. 2551. การวิจัยดำเนินงาน 2. โครงการตำราภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สมศรี บัณฑิตวิไล. 2551. อนุกรมเวลาและเลขดัชนี. โครงการตำราภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- Logisticafe. 2558. ประเภทของสินค้าคงคลัง ในเส้นทางของระบบลอจิสติกส์.
[Online]. Available : <http://www.logisticafe.com/2015/03/logistics-pipeline/>
- Logisticscorner. 2552. ความรู้ในการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง.
[Online]. Available : <http://logisticscorner.com/>
- Excelexperttraining. 2012. วิธีการคำนวณแบบ Silver Meal.
[Online]. Available : <http://www.excelexperttraining.com/forums/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

ข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ทั้ง 3 ชนิด
ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึง เดือนกันยายน 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1 ข้อมูลรายเดือนของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552
เดือนกันยายน 2557 (หน่วย)

พ.ศ. เดือน	2552	2553	2554	2555	2556	2557
มกราคม	1,344	2,010	1,437	1,105	1,332	817
กุมภาพันธ์	1,452	1,315	986	899	851	962
มีนาคม	1,689	1,634	1,557	1,007	996	1,020
เมษายน	1,092	1,500	974	868	1,635	726
พฤษภาคม	1,302	1,269	1,288	1,152	832	786
มิถุนายน	1,231	1,325	1,059	994	1,195	730
กรกฎาคม	1,043	1,491	1,184	1,119	927	938
สิงหาคม	1,254	1,348	1,032	1,536	1,186	894
กันยายน	1,360	1,655	1,337	886	998	758
ตุลาคม	1,241	983	790	1,438	949	
พฤศจิกายน	1195	1333	614	1,349	578	
ธันวาคม	873	1402	930	1,203	739	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก2 ข้อมูลรายเดือนของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด B ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึง
เดือนกันยายน 2557 (หน่วย)

พ.ศ. เดือน	2552	2553	2554	2555	2556	2557
มกราคม	5	2	24	13	1	6
กุมภาพันธ์	13	5	5	9	5	9
มีนาคม	19	9	19	21	12	4
เมษายน	18	2	4	10	8	3
พฤษภาคม	8	17	1	18	3	10
มิถุนายน	2	2	9	4	6	17
กรกฎาคม	13	6	10	3	16	1
สิงหาคม	7	6	9	9	10	8
กันยายน	18	26	8	8	14	59
ตุลาคม	4	12	10	16	11	
พฤศจิกายน	4	1	5	10	6	
ธันวาคม	6	29	10	21	9	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก3 ข้อมูลรายเดือนของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึง
เดือนกันยายน 2557 (หน่วย)

พ.ศ. เดือน	2552	2553	2554	2555	2556	2557
มกราคม	31	25	27	22	26	17
กุมภาพันธ์	25	21	32	23	11	10
มีนาคม	37	31	35	16	9	7
เมษายน	51	15	16	15	10	6
พฤษภาคม	38	30	24	12	7	2
มิถุนายน	23	17	20	11	14	14
กรกฎาคม	23	24	19	19	13	22
สิงหาคม	37	25	25	15	11	4
กันยายน	30	14	33	11	5	8
ตุลาคม	17	39	22	16	8	
พฤศจิกายน	26	13	19	11	6	
ธันวาคม	21	35	19	7	7	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ A และ C

โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการคำนวณของวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing) ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด A

1. กำหนดค่าเริ่มต้น

กำหนด $A'_1 = A_1 = Y_1$ หรือ $\hat{T}_1(1) = Y_1$ และ $\hat{\beta}_1(1) = 0$ จะหา $\hat{Y}_2(1)$ เป็นต้นไป

2. ค่าปรับน้ำหนัก (α) จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และทำให้ MSE มีค่าต่ำสุด สมการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล คือ

$$\hat{Y}_{69+p}(t) = \hat{T}_t(t) + \hat{\beta}_1(t)p \quad \text{สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

วิธีทำ กำหนด $\hat{T}_1(1) = Y_1 = 1,344$ และ $\hat{\beta}_1(1) = 0$ จะได้

$$\hat{Y}_2(1) = \hat{T}_1(1) + \hat{\beta}_1(1) = 1,344$$

เมื่อ $t=2$ มี $Y_2 = 1,452$ และ $e_2 = Y_2 - \hat{Y}_2(1) = 1,452 - 1,344 = 108$

$$\hat{T}_2(2) = \hat{Y}_2(1) + (0.1289)e_2 = 1,344 + (0.1289)(108) = 1,358$$

$$\hat{\beta}_1(2) = \hat{\beta}_1(1) + (0.0044)e_2 = 0 + (0.0044)(108) = 0.4752$$

$$\hat{Y}_3(2) = \hat{T}_2(2) + \hat{\beta}_1(2) = 1,358 + 0.4752 = 1,358.4752$$

จะทำทำนองเดียวกันจนถึง $t=69$ จะได้ $\hat{T}_{69}(69) = 831.8812$ และ $\hat{\beta}_1(69) = -9.3378$

ดังนั้นจะได้สมการพยากรณ์ ณ เวลา 69 เป็น

$$\hat{Y}_{69+p}(69) = 831.8812 - 9.3378p \quad \text{สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

เมื่อใช้สมการ $\hat{T}_1(t)$ และ $\hat{\beta}_1(t)$ แบบเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก กำหนด $A'_1 = A_1 = Y_1 = 1,344$

จะได้ $\hat{T}_1(1) = 2A_1 - A'_1 = 2Y_1 - Y_1 = 1,344$, $\hat{\beta}_1(t) = \hat{T}_1(1) = \frac{\alpha}{(1-\alpha)}(A_1 - A'_1) = 0$ และ

$$\hat{Y}_2(1) = 1,344 + 0 = 1,344 \quad \text{เมื่อ } t=2$$

$$A_2 = (0.9333)A_1 + (0.06668)Y_2 = (0.9333)(1,344) + (0.06668)(1,452) = 1,351.1745$$

$$A'_2 = (0.9333)A'_1 + (0.06668)A_1 = (0.9333)(1,344) + (0.06668)(1,351.1745) = 1,344.4515$$

$$\hat{T}_2(2) = 2A_2 - A'_2 = 1,357.9232$$

$$\hat{\beta}_1(2) = (0.07)(1,351.1745 - 1,344.4515) = 0.4706$$

$$\hat{Y}_3(2) = \hat{T}_2(2) + \hat{\beta}_1(2) = 1,357.9232 + 0.4706 = 1358.4034$$

จะทำการทํางานเดียวกันจนถึง $t=69$ จะได้สมการพยากรณ์เช่นเดียวกับกรณีกำหนดค่าเริ่มต้น

$$\hat{T}_1(1) = Y_1 \text{ และ } \hat{\beta}_1(1) = 0$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ A โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล
แบบดับเบิล(Double Exponential Smoothing)

t	\dot{Y}_t	e_t	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
1	1,344		1,344.0000	0.0000	1,344.0000
2	1,452	108.0000	1,357.9232	0.4802	1,358.4034
3	1,689	330.5966	1,401.0235	1.9502	1,402.9737
4	1,092	-310.9737	1,362.8834	0.5675	1,363.4509
5	1,302	-61.4509	1,355.5287	0.2942	1,355.8230
6	1,231	-124.8230	1,339.7310	-0.2608	1,339.4702
7	1,043	-296.4702	1,301.2497	-1.5791	1,299.6706
8	1,254	-45.6706	1,293.7828	-1.7821	1,292.0007
9	1,360	67.9993	1,300.7671	-1.4798	1,299.2873
10	1,241	-58.2873	1,291.7730	-1.7390	1,290.0340
11	1,195	-95.0340	1,277.7824	-2.1615	1,275.6208
12	873	-402.6208	1,223.7155	-3.9518	1,219.7637
13	2,010	790.2363	1,321.6398	-0.4380	1,321.2018
14	1,315	-6.2018	1,320.4023	-0.4656	1,319.9368
15	1,634	314.0632	1,360.4253	0.9309	1,361.3563
16	1,500	138.6437	1,379.2300	1.5474	1,380.7775
17	1,269	-111.7775	1,366.3673	1.0504	1,367.4177
18	1,325	-42.4177	1,361.9493	0.8618	1,362.8110
19	1,491	128.1890	1,379.3370	1.4318	1,380.7688
20	1,348	-32.7688	1,376.5443	1.2861	1,377.8304
21	1,655	277.1696	1,413.5627	2.5185	1,416.0812
22	983	-433.0812	1,360.2490	0.5928	1,360.8418
23	1,333	-27.8418	1,357.2525	0.4690	1,357.7215
24	1,402	44.2785	1,363.4298	0.6659	1,364.0957
25	1,437	72.9043	1,373.4944	0.9901	1,374.4845
26	986	-388.4845	1,324.4017	-0.7373	1,323.6643
27	1,557	233.3357	1,353.7456	0.3002	1,354.0458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ A โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล(Double Exponential Smoothing)

t	Y_t	e_t	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
28	974	-380.0458	1,305.0509	-1.3897	1,303.6612
29	1,288	-15.6612	1,301.6422	-1.4593	1,300.1828
30	1,059	-241.1828	1,269.0899	-2.5318	1,266.5581
31	1,184	-82.5581	1,255.9148	-2.8989	1,253.0160
32	1,032	-221.0160	1,224.5229	-3.8816	1,220.6413
33	1,337	116.3587	1,235.6421	-3.3642	1,232.2778
34	790	-442.2778	1,175.2600	-5.3309	1,169.9292
35	614	-555.9292	1,098.2596	-7.8028	1,090.4568
36	930	-160.4568	1,069.7709	-8.5163	1,061.2546
37	1,105	43.7454	1,066.8942	-8.3218	1,058.5724
38	899	-159.5724	1,038.0006	-9.0313	1,028.9692
39	1,007	-21.9692	1,026.1370	-9.1290	1,017.0080
40	868	-149.0080	997.7981	-9.7916	988.0065
41	1,152	163.9935	1,009.1483	-9.0624	1,000.0859
42	994	-6.0859	999.3013	-9.0895	990.2119
43	1,119	128.7881	1,006.8150	-8.5168	998.2982
44	1,536	537.7018	1,067.6180	-6.1259	1,061.4921
45	886	-175.4921	1,038.8679	-6.9062	1,031.9617
46	1,438	406.0383	1,084.3076	-5.1007	1,079.2068
47	1,349	269.7932	1,113.9882	-3.9011	1,110.0871
48	1,203	92.9129	1,122.0653	-3.4879	1,118.5774
49	1,332	213.4226	1,146.0915	-2.5389	1,143.5526
50	851	-292.5526	1,105.8371	-3.8398	1,101.9973
51	996	-105.9973	1,088.3323	-4.3111	1,084.0212
52	1,635	550.9788	1,155.0526	-1.8612	1,153.1914
53	832	-321.1914	1,111.7839	-3.2893	1,108.4945
54	1,195	86.5055	1,119.6467	-2.9047	1,116.7420

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ A โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล(Double Exponential Smoothing)

t	Y_t	e_t	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
55	927	-189.7420	1,092.2807	-3.7484	1,088.5323
56	1,186	97.4677	1,101.0977	-3.3150	1,097.7827
57	998	-99.7827	1,084.9189	-3.7587	1,081.1602
58	949	-132.1602	1,064.1223	-4.3463	1,059.7760
59	578	-481.7760	997.6661	-6.4886	991.1775
60	739	-252.1775	958.6672	-7.6099	951.0572
61	817	-134.0572	933.7748	-8.2060	925.5688
62	962	36.4312	930.2654	-8.0440	922.2214
63	1,020	97.7786	934.8269	-7.6092	927.2176
64	726	-201.2176	901.2770	-8.5040	892.7730
65	786	-106.7730	879.0080	-8.9787	870.0292
66	730	-140.0292	851.9769	-9.6014	842.3755
67	938	95.6245	854.7033	-9.1762	845.5271
68	894	48.4729	851.7761	-8.9606	842.8155
69	758	-84.8155	831.8812	-9.3378	822.5434

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการคำนวณของวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing) ของปริมาณความต้องการอะไหล่ชนิด C

1. กำหนดค่าเริ่มต้น

กำหนด $A'_1 = A_1 = Y_1$ หรือ $\hat{T}_1(1) = Y_1$ และ $\hat{\beta}_1(1) = 0$ จะหา $\hat{Y}_2(1)$ เป็นต้นไป

2. ค่าปรับน้ำหนัก (α) จะเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และทำให้ MSE มีค่าต่ำสุด สมการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล คือ

$$\hat{Y}_{69+p}(t) = \hat{T}_t(t) + \hat{\beta}_1(t)p \quad \text{สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

วิธีทำ กำหนด $\hat{T}_1(1) = Y_1 = 31$ และ $\hat{\beta}_1(1) = 0$ จะได้

$$\hat{Y}_2(1) = \hat{T}_1(1) + \hat{\beta}_1(1) = 31$$

เมื่อ $t=2$ มี $Y_2 = 25$ และ $e_2 = Y_2 - \hat{Y}_2(1) = 25 - 31 = -6$

$$\hat{T}_2(2) = \hat{Y}_2(1) + (0.1385)e_2 = 31 + (0.1385)(-6) = 30.1689$$

$$\hat{\beta}_1(2) = \hat{\beta}_1(1) + (0.0051)e_2 = 0 + (0.0051)(-6) = -0.0310$$

$$\hat{Y}_3(2) = \hat{T}_2(2) + \hat{\beta}_1(2) = 30.1689 - 0.0310 = 30.1380$$

จะทำการนองเดียวกันจนถึง $t=69$ จะได้ $\hat{T}_{69}(69) = 7.5893$ และ $\hat{\beta}_1(69) = -0.3132$

ดังนั้นจะได้สมการพยากรณ์ ณ เวลา 69 เป็น

$$\hat{Y}_{69+p}(69) = 7.5893 - 0.3132p \quad \text{สำหรับ } p = 1, 2, \dots$$

เมื่อใช้สมการ $\hat{T}_1(t)$ และ $\hat{\beta}_1(t)$ แบบเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก กำหนด $A'_1 = A_1 = Y_1 = 31$

$$\text{จะได้ } \hat{T}_1(1) = 2A_1 - A'_1 = 2Y_1 - Y_1 = 31, \hat{\beta}_1(t) = \hat{T}_1(1) = \frac{\alpha}{(1-\alpha)}(A_1 - A'_1) = 0 \text{ และ}$$

$$\hat{Y}_2(1) = 31 + 0 = 31 \text{ เมื่อ } t=2$$

$$A_2 = (0.9282)A_1 + (0.07184)Y_2 = (0.9282)(31) + (0.07184)(25) = 30.5702$$

$$A'_2 = (0.9282)A'_1 + (0.07184)A_1 = (0.9282)(31) + (0.07184)(30.5702) = 2.1961$$

$$\hat{T}_2(2) = 2A_2 - A'_2 = 30.1689$$

$$\hat{\beta}_1(2) = (-0.0010)(30.5702 - 2.1961) = -0.0310$$

$$\hat{Y}_3(2) = \hat{T}_2(2) + \hat{\beta}_1(2) = 30.1689 - 0.0310 = 30.1380$$

จะทำทำนองเดียวกันจนถึง $t=69$ จะได้สมการพยากรณ์เช่นเดียวกับกรณีกำหนดค่าเริ่มต้น

$$\hat{T}_1(1) = Y_1 \text{ และ } \hat{\beta}_1(1) = 0$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ C โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล
แบบดับเบิ้ล (Double Exponential Smoothing)

t	Y_t	e_t	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_t(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
1	31		31.0000	0.0000	31.0000
2	25	-6.0000	30.1689	-0.0310	30.1380
3	37	6.8620	31.0884	0.0044	31.0929
4	51	19.9071	33.8502	0.1072	33.9574
5	38	4.0426	34.5173	0.1280	34.6454
6	23	-11.6454	33.0324	0.0679	33.1003
7	23	-10.1003	31.7013	0.0158	31.7171
8	37	5.2829	32.4489	0.0431	32.4920
9	30	-2.4920	32.1468	0.0302	32.1770
10	17	-15.1770	30.0748	-0.0481	30.0267
11	26	-4.0267	29.4690	-0.0689	29.4001
12	21	-8.4001	28.2366	-0.1122	28.1244
13	25	-3.1244	27.6916	-0.1283	27.5633
14	21	-6.5633	26.6542	-0.1622	26.4920
15	31	4.5080	27.1164	-0.1390	26.9774
16	15	-11.9774	25.3184	-0.2008	25.1177
17	30	4.8823	25.7939	-0.1756	25.6184
18	17	-8.6184	24.4246	-0.2200	24.2046
19	24	-0.2046	24.1763	-0.2211	23.9552
20	25	1.0448	24.0999	-0.2157	23.8842
21	14	-9.8842	22.5151	-0.2667	22.2484
22	39	16.7516	24.5687	-0.1803	24.3884
23	13	-11.3884	22.8110	-0.2390	22.5720
24	35	12.4280	24.2934	-0.1749	24.1185
25	27	2.8815	24.5176	-0.1600	24.3576
26	32	7.6424	25.4161	-0.1206	25.2955
27	35	9.7045	26.6397	-0.0705	26.5692

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ C โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิ้ล (Double Exponential Smoothing)

t	Y_t	e_t	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_1(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
28	16	-10.5692	25.1053	-0.1251	24.9802
29	24	-0.9802	24.8444	-0.1301	24.7143
30	20	-4.7143	24.0613	-0.1544	23.9069
31	19	-4.9069	23.2272	-0.1798	23.0475
32	25	1.9525	23.3179	-0.1697	23.1482
33	33	9.8518	24.5128	-0.1188	24.3940
34	22	-2.3940	24.0624	-0.1312	23.9312
35	19	-4.9312	23.2482	-0.1566	23.0915
36	19	-4.0915	22.5248	-0.1778	22.3470
37	22	-0.3470	22.2990	-0.1796	22.1194
38	23	0.8806	22.2414	-0.1750	22.0664
39	16	-6.0664	21.2261	-0.2063	21.0198
40	15	-6.0198	20.1860	-0.2374	19.9486
41	12	-7.9486	18.8477	-0.2784	18.5693
42	11	-7.5693	17.5208	-0.3175	17.2034
43	19	1.7966	17.4522	-0.3082	17.1441
44	15	-2.1441	16.8471	-0.3192	16.5278
45	11	-5.5278	15.7622	-0.3478	15.4144
46	16	0.5856	15.4955	-0.3447	15.1508
47	11	-4.1508	14.5758	-0.3662	14.2097
48	7	-7.2097	13.2111	-0.4034	12.8077
49	26	13.1923	14.6350	-0.3353	14.2997
50	11	-3.2997	13.8426	-0.3523	13.4903
51	9	-4.4903	12.8683	-0.3755	12.4928
52	10	-2.4928	12.1476	-0.3884	11.7592
53	7	-4.7592	11.1000	-0.4129	10.6871
54	14	3.3129	11.1460	-0.3958	10.7501

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ C โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing)

t	Y_t	e_t	$\hat{T}_t(t)$	$\hat{\beta}_t(t)$	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
55	13	2.2499	11.0618	-0.3842	10.6776
56	11	0.3224	10.7222	-0.3825	10.3397
57	5	-5.3397	9.6001	-0.4101	9.1900
58	8	-1.1900	9.0251	-0.4162	8.6089
59	6	-2.6089	8.2475	-0.4297	7.8178
60	7	-0.8178	7.7046	-0.4339	7.2706
61	17	9.7294	8.6182	-0.3837	8.2345
62	10	1.7655	8.4791	-0.3746	8.1045
63	7	-1.1045	7.9515	-0.3803	7.5712
64	6	-1.5712	7.3535	-0.3884	6.9651
65	2	-4.9651	6.2774	-0.4140	5.8634
66	14	8.1366	6.9904	-0.3721	6.6183
67	22	15.3817	8.7488	-0.2927	8.4562
68	4	-4.4562	7.8389	-0.3157	7.5233
69	8	0.4767	7.5893	-0.3132	7.2761

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการอะไหล่ B

โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Single Exponential Smoothing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการคำนวณของวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Single Exponential Smoothing)

1. กำหนดค่าเริ่มต้น (Initial value) ด้วย $\hat{Y}_{init} = \hat{Y}_2 = Y_1$ จะทำให้หาค่าพยากรณ์

$$\hat{Y}_t \text{ สำหรับ } t = 3, 4, \dots \text{ ได้}$$

2. ค่าปรับน้ำหนัก (α) เป็นค่าคงที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 α ที่เหมาะสมจะเป็นค่าที่ทำให้ค่า MSE มีค่าต่ำสุด

วิธีทำ

$$\hat{Y}_1 = \hat{Y}_{init} = 5$$

$$\text{เมื่อ } t=2 \quad \hat{Y}_2 = 0.0639Y_1 + 0.9361\hat{Y}_1 = 0.0639(5) + 0.9361(5) = 5$$

เมื่อ $t=3$

$$\hat{Y}_3 = 0.0639Y_2 + 0.9361\hat{Y}_2 = 0.0639(13) + 0.9361(5) = 13.4884$$

⋮

เมื่อ $t=70$

$$\hat{Y}_{70} = 0.0639Y_{69} + 0.9361\hat{Y}_{69} = 0.0639(29) + 0.9361(8.6954) = 9.9938$$

จะได้สมการพยากรณ์ ณ เวลา $69+p$ เป็น

$$\hat{Y}_{69+p} = \hat{Y}_{70} = 9.9938 \text{ สำหรับ } p=1, 2, 3 \dots$$

ตารางที่ ค ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ B โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing)

t	Y_t	\hat{Y}_{t+1}	e_t
1	5	5	8
2	13	5.5116	13.4884
3	19	6.3741	11.6259
4	18	7.1175	0.8824
5	8	7.1739	-5.1739
6	2	6.8431	6.1569
7	13	7.2368	-0.2367
8	7	7.2216	10.7783
9	18	7.9109	-3.9108
10	4	7.6608	-3.6607
11	4	7.4267	-1.4267
12	6	7.3355	-5.3354
13	2	6.9943	-1.9942
14	5	6.8668	2.1332
15	9	7.0032	-5.0031
16	2	6.6832	10.3167
17	17	7.3430	-5.3429
18	2	7.0013	-1.0013
19	6	6.9373	-0.9372
20	6	6.8773	19.1226
21	26	8.1001	3.8998
22	12	8.3495	-7.3495
23	1	7.8796	21.1204
24	29	9.2301	14.7699
25	24	10.1746	-5.1745
26	5	9.8437	9.1563
27	19	10.4292	-6.4291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ B โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing)

t	Y_t	\hat{Y}_{t+1}	e_t
28	4	10.0181	-9.0180
29	1	9.4414	-0.4414
30	9	9.4132	0.5868
31	10	9.4507	-0.4507
32	9	9.4219	-1.4218
33	8	9.3310	0.6690
34	10	9.3737	-4.3737
35	5	9.0941	0.9059
36	10	9.1520	3.8480
37	13	9.3981	-0.3980
38	9	9.3726	11.6274
39	21	10.1161	-0.1161
40	10	10.1087	7.8913
41	18	10.6133	-6.6133
42	4	10.1904	-7.1904
43	3	9.7306	-0.7306
44	9	9.6839	-1.6839
45	8	9.5762	6.4237
46	16	9.9870	0.0130
47	10	9.9878	11.0121
48	21	10.6920	-9.6920
49	1	10.0722	-5.0722
50	5	9.7479	2.2521
51	12	9.8919	-1.8919
52	8	9.7709	-6.7709
53	3	9.3380	-3.3379
54	6	9.1245	6.8754

ตารางที่ ค(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการอะไหล่ B โดยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing)

t	Y_t	\hat{Y}_{t+1}	e_t
55	16	9.5642	0.4358
56	10	9.5920	4.4079
57	14	9.8739	1.1260
58	11	9.9459	-3.9459
59	6	9.6936	-0.6935
60	9	9.6492	-3.6492
61	6	9.4159	-0.4158
62	9	9.3893	-5.3893
63	4	9.0447	-6.0446
64	3	8.6581	1.3418
65	10	8.7440	8.2560
66	17	9.2719	-8.2718
67	1	8.7429	-0.7429
68	8	8.6954	20.3045
69	29	9.9938	-9.9938

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

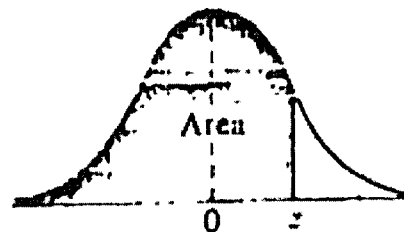


Table 2
Areas Under the Normal Curve

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
-3.2	0.0007	0.0007	0.0007	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026	0.0025
-2.6	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0056	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0087	0.0084	0.0082	0.0080	0.0078	0.0077	0.0075	0.0073	0.0071	0.0070
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0133	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0164	0.0158	0.0152	0.0145	0.0138	0.0131	0.0124
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0444	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2234	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2705	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8868	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9113	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9983	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998