

การจัดการสินค้าคงคลังผลไม้บนเว็บแอปพลิเคชัน

กรณีศึกษา : บริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง

FRUIT INVENTORY MANAGEMENT ON WEB
APPLICATION: A CASE STUDY OF A COLD-PRESSED
FRUIT JUICE COMPANY



พงศนันท์ หวังยกุลวัฒนา
ศิริภัสสร สมอทอง
สโรชา แซ่ตั้ง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2566
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FRUIT INVENTORY MANAGEMENT ON WEB
APPLICATION: A CASE STUDY OF A COLD-PRESSED
FRUIT JUICE COMPANY



A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED STATISTICS)
DEPARTMENT OF STATISTICS, SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2023
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การจัดการสินค้าคงคลังผลไม้บนเว็บแอปพลิเคชัน		
	กรณีศึกษา : บริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง		
	Fruit Inventory Management on Web Application: A Case Study of a Cold-pressed Fruit Juice Company		
ชื่อนักศึกษา	นายพงศนันท์	หวังยงกุลวัฒนา	รหัสนักศึกษา 63050646
	นางสาวศิริภัสสร	สมอทอง	รหัสนักศึกษา 63050667
	นางสาวสุโรชา	แช่ตั้ง	รหัสนักศึกษา 63050671
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2566		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กนกวรรณ ลีโรจนาประภา		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้
 ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)
 ประจำปีการศึกษา 2566

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.อัศวิน วงศ์วิวัฒน์ ประธานกรรมการ	
ดร.ธัญรดา ชัยขจรวัฒน์ กรรมการ	
ผศ.ดร.กนกวรรณ ลีโรจนาประภา กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุแต่สิ่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การจัดการสินค้าคงคลังผลไม้บนเว็บแอปพลิเคชัน		
	กรณีศึกษา : บริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง		
ชื่อนักศึกษา	นายพงศนันท์	หวังยงกุลวัฒนา	รหัสนักศึกษา 63050646
	นางสาวศิริภัสสร	สมอทอง	รหัสนักศึกษา 63050667
	นางสาวสุโรชา	แช่ตั้ง	รหัสนักศึกษา 63050671
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
คณะ	วิทยาศาสตร์		
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)		
ปีการศึกษา	2566		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.กนกกรรณ ลี้โรจนาประภา		

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการคลังสินค้าประเภทผักและผลไม้สดเป็นสิ่งสำคัญสำหรับธุรกิจน้ำผลไม้สกัดเย็นเนื่องจากมีผลโดยตรงต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของสินค้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ความต้องการ วิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม รวมถึงพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อบริหารจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นกรณีศึกษา โดยแบ่งกลุ่มสินค้าเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 3 รายการยอดขายสูงสุดโดยใช้วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล และ 15 รายการที่เหลือใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอร์ Forecast โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ผลการพยากรณ์พบว่าวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์จากเว็บแอปพลิเคชัน หลังจากนั้นได้หาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) โดยทำการพิจารณาจากค่า $VC \leq 0.2$ และวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) จะพิจารณาจากค่า $VC > 0.2$ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อติดตามสินค้าคงคลัง พยากรณ์ยอดขายและแจ้งเตือนจุดสั่งซื้อใหม่ ช่วยให้การบริหารจัดการคลังสินค้าผักและผลไม้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยสามารถลดต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังที่ไม่รวมราคาวัตถุดิบของสินค้าทั้ง 6 รายการที่เป็นวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) อย่างน้อยร้อยละ 17.28

คำสำคัญ : การจัดการสินค้าคงคลัง, การพยากรณ์ความต้องการสินค้า, ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด, ปริมาณการสั่งซื้อตามระยะเวลา, เว็บแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Fruit Inventory Management on Web Application: A Case Study of a Cold-pressed Fruit Juice Company	
Students	Mr. Pongsanun Wangyougkulwattana	Student ID 63050646
	Miss. Siraphatsorn Samorthong	Student ID 63050667
	Miss. Sarocha Saetang	Student ID 63050671
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)	
Department	Statistics	
School	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2023	
Advisor	Asst.Prof.Dr. Kanogkan Leerojanaprapa	

Abstract

Inventory management of fresh fruit and vegetable warehouses is important for cold-pressed juice businesses, as it impacts product quality and shelf life. This research aimed to forecast demand, analyze optimal order quantities, reorder points and develop a web application to manage inventory for a case study cold-pressed juice company. The products were divided into 2 groups, the top 3 best-selling items by using Triple exponential smoothing method and the remaining 15 items using a web application with the Forecast feature using the Box-Jenkins method. The forecasting results showed that the Triple Exponential Smoothing method outperformed the Box-Jenkins, then finding the appropriate order quantity and reorder point using the economical ordering method (EOQ) by considering the value of $VC \leq 0.2$ and the Silver Meal ordering method considering the value $VC > 0.2$. Additionally, a web application was developed to track inventory, forecast sales, and alert for new reorder points, helping manage the warehouses more efficiently by reducing the total cost of inventory excluding the price of raw materials for all 6 products using the economical ordering method (EOQ) by at least 17.28 %.

เอกสารนี้ **Keywords** : Inventory Management, Demand Forecast, Economic Order Quantity, Period Order Quantity, Web Application ไม่ว่าการจะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากคณะวิจัยได้รับความอนุเคราะห์และความกรุณาจากหลาย ๆ ฝ่ายเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะ ผศ.ดร.กนกวรรณ ลีโรจนาประภา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เอื้อเพื่อเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ ที่ใช้เป็นแนวทางในการค้นคว้าข้อมูลและช่วยตรวจทานปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความใส่ใจ ตลอดจนติดตามผลงาน ความก้าวหน้าทุกขั้นตอนของการจัดทำปัญหาพิเศษนี้จนกระทั่งปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจ ความเมตตาและความทุ่มเทอย่างยิ่งของอาจารย์ จึงขอขอบพระคุณด้วยความเคารพอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.อัศวิน วงศ์วิวัฒน์ และดร.ธัญรดา ชัยขจรวิวัฒน์ ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำปัญหาพิเศษ และชี้ให้เห็นถึงข้อบกพร่อง ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องของประจำภาควิชาสถิติทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้คำแนะนำในเรื่องต่าง ๆ ตลอดจนช่วยประสานงานให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกให้แก่คณะผู้วิจัยตลอดการดำเนินงานนี้

ขอขอบพระคุณ ทางบริษัทผลไม้สกัดเย็น ในกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้ข้อมูล และอำนวยความสะดวกในการทำปัญหาพิเศษเล่มนี้ ตลอดจนพนักงาน ในการให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษเล่มนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ให้โอกาสสูงสุดในชีวิตคือทุนด้านการศึกษาตลอดจนขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้การสนับสนุน ให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจเสมอมา ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามที่ตั้งใจ และคณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปัญหาพิเศษฉบับนี้จะเป็ประโยชน์และแนวทางแก่ท่านที่มีความสนใจหรือเกี่ยวข้องไม่มากก็น้อย

พงศนันท์ หวังยกุลวัฒนา
ศิริภัสสร สมทอง
สโรชา แซ่ตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขต.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ทฤษฎีของส่วนประกอบอนุกรมเวลา.....	5
2.1.1 แนวโน้ม.....	5
2.1.2 อิทธิพลของฤดูกาล.....	6
2.1.3 อิทธิพลของวัฏจักร.....	6
2.1.4 เหตุการณ์ที่ผิดปกติ.....	7
2.2 วิธีการทดสอบองค์ประกอบของอนุกรมเวลา.....	7
2.2.1 การทดสอบการแจกแจงปกติ.....	7
2.2.2 การทดสอบแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล.....	8
2.3 การพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลา.....	10
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง.....	13
2.4.1 ความหมายของสินค้าคงคลัง.....	13
2.4.2 หน้าที่ของสินค้าคงคลัง.....	13
2.4.3 ลักษณะสินค้าคงคลัง.....	14
2.4.4 ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในระบบสินค้าคงคลัง.....	14
2.4.5 ประเภทของสินค้าคงคลัง.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.6 รูปแบบของระบบสินค้าคงคลัง	16
2.4.7 การพิจารณาความคงที่ของความต้องการผลิตภัณฑ์	17
2.4.8 การปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม	18
2.4.9 การหาจุดสั่งซื้อและระบบสินค้าคงคลังสำรอง	23
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูล	26
2.5.1 ความหมายของการจัดการฐานข้อมูล	26
2.5.2 แบบจำลอง E-R Diagram	26
2.5.3 พจนานุกรมข้อมูล	30
2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน	31
2.6.1 โปรแกรม Visual Studio Code	31
2.6.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา SQL	31
2.6.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา REACT	32
2.6.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา HTML	33
2.6.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา JavaScript	34
2.6.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา CSS	35
2.6.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ NodeJS	35
2.7 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	36
2.7.1 ฮาร์ดแวร์	36
2.7.2 ซอฟต์แวร์	36
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	41
3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน	41
3.2 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง	45
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	45
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	47
3.5 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน	48
3.6 ขั้นตอนในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน	52
3.7 การตรวจสอบและการประเมินการใช้งานของเว็บแอปพลิเคชัน	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	54
4.1 ผลการเลือกสินค้าที่มียอดขายมากที่สุด.....	54
4.2 ผลการวิเคราะห์ของอนุกรมเวลา.....	55
4.2.1 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้ม.....	56
4.2.2 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับปะรด	63
4.2.3 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเคล.....	70
4.2.4 ผลการวิเคราะห์สินค้าประเภทที่ 2.....	77
4.3 การจัดการสินค้าคงคลัง	79
4.3.1 ความต้องการวัตถุดิบ.....	79
4.3.2 ค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลัง.....	80
4.3.3 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน	84
4.3.4 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม	87
4.3.5 การวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง.....	92
4.4 ระบบการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง.....	99
4.4.1 การติดตั้งเว็บแอปพลิเคชัน	99
4.4.2 การเปิดใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน	100
4.4.3 เมนูของเว็บแอปพลิเคชัน.....	100
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	113
5.1 การแบ่งกลุ่มสินค้า	113
5.2 การพยากรณ์.....	114
5.3 การจัดการสินค้าคงคลัง	115
5.3.1 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม	115
5.3.2 การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและการสั่งซื้อที่เหมาะสม.....	116
5.4 การพัฒนาระบบสินค้าคงคลังบนเว็บแอปพลิเคชัน.....	118
5.5 การตรวจสอบและการประเมินการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน.....	119
5.6 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบ จากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกับการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ)...	120
5.7 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 บรรณานุกรม..... 125
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	127
ภาคผนวก ก.....	128
ภาคผนวก ข.....	134
ภาคผนวก ค.....	160
ภาคผนวก ง.....	163
ภาคผนวก จ.....	169



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางตัวอย่างของ Data Dictionary	30
2.2 ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐานของ HTML	33
3.1 ตารางรายละเอียดลักษณะข้อมูล	49
3.2 รายละเอียดของ batches	50
3.3 รายละเอียดของ order items.....	50
3.4 รายละเอียดของตาราง order	51
3.5 รายละเอียดของตาราง products.....	51
3.6 รายละเอียดของตาราง suppliers	52
3.7 รายละเอียดของตาราง user	52
4.1 ค่า MSE ของยอดขายน้ำส้มโดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล.....	60
4.2 ผลการวิเคราะห์ค่า A_t, A'_t, A''_t และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของน้ำส้ม โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ตั้งแต่ $t = 25, 26, \dots, 36$	61
4.3 ค่าพยากรณ์ความต้องการของน้ำส้ม จำนวน 12 ค่าล่วงหน้า ตั้งแต่เดือนมกราคมถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566	62
4.4 ค่า MSE ของยอดขายน้ำสับปะรดโดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล....	67
4.5 ผลการวิเคราะห์ค่า A_t, A'_t, A''_t และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของน้ำสับปะรด โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ตั้งแต่ $t = 25, 26, \dots, 36$	68
4.6 ค่าพยากรณ์ความต้องการของน้ำสับปะรด จำนวน 12 ค่าล่วงหน้า ตั้งแต่เดือนมกราคมถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566	69
4.7 ค่า MSE ของยอดขายน้ำเค็มโดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล.....	74
4.8 ผลการวิเคราะห์ค่า A_t, A'_t, A''_t และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของน้ำเค็ม โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ตั้งแต่ $t = 25, 26, \dots, 36$	75
4.9 ค่าพยากรณ์ความต้องการของน้ำเค็ม จำนวน 12 ค่าล่วงหน้า ตั้งแต่เดือนมกราคมถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566	76
4.10 ความต้องการสินค้าประเภทที่ 1	79
4.11 ความต้องการสินค้าประเภทที่ 2	80
4.12 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า.....	81
4.13 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14	ต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บรักษาของสินค้าประเภทที่ 1 83
4.15	ต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บรักษาของสินค้าประเภทที่ 2 84
4.16	ค่าพยากรณ์ความต้องการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของสัม 85
4.17	ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสินค้าประเภทที่ 1 86
4.18	ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสินค้าประเภทที่ 2 86
4.19	สรุปจำนวนการสั่งซื้อ ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษา และต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังตามรายการวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ)..... 92
4.20	ความต้องการฝรั่งแดงแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2566..... 92
4.21	ปริมาณการสั่งซื้อแต่ละงวดของฝรั่งแดงในปี พ.ศ. 2566..... 94
4.22	สรุปผลการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) ปี พ.ศ. 2566 94
4.23	สรุปจำนวนการสั่งซื้อ ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษา และต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังตามรายการวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) 95
5.1	เทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลา ค่า MSE ของสินค้าประเภทที่ 1 ของปี พ.ศ. 2566... 114
5.2	ตัวอย่างผลการวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยพีเจอร์ Forecast บนเว็บแอปพลิเคชัน..... 114
5.3	ยกตัวอย่างค่า MAPE ของน้ำส้มระหว่างวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลากับวิธีการพยากรณ์โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์..... 114
5.4	วิธีการสั่งซื้อที่เหมาะสมและต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังประเภทที่ 1 115
5.5	วิธีการสั่งซื้อที่เหมาะสมและต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังสินค้าประเภทที่ 2..... 116
5.6	จุดสั่งซื้อและการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าประเภทที่ 1..... 117
5.7	จุดสั่งซื้อและการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าประเภทที่ 2..... 117
5.8	ช่วงเวลาในการสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อโดยวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) ปี พ.ศ. 2566 118
5.9	คำนวณต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกรณีที่ 1..... 121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
5.10	เปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกับต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) กรณีที่ 1.....	121
5.11	คำนวณต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่เน้นราคาวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกรณีที่ 2	122
5.12	เปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกับต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) กรณีที่ 2.....	122
ก.1	ข้อมูลยอดขายของน้ำส้ม ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566	128
ก.2	ข้อมูลยอดขายของน้ำสับปะรด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566	129
ก.3	ข้อมูลยอดขายของน้ำเคล ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566	130
ก.4	ค่าพยากรณ์ความต้องการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำส้ม	131
ก.5	ค่าพยากรณ์ความต้องการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำเคล	132
ก.6	ค่าพยากรณ์ความต้องการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำสับปะรด	133
ข.3	การคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำส้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ...	136
ข.4	การพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำส้ม ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$	138
ข.5	ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำส้ม โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล.....	141
ข.8	การคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำสับปะรดแบบไม่ใช้พารามิเตอร์	144
ข.9	การพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำสับปะรด ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$	146
ข.10	ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำสับปะรด โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล.....	149

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.13 การคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำเคล แบบไม่ใช้พารามิเตอร์.....	152
ข.14 การพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำเคล ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$	154
ข.15 ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำเคล โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล.....	157
ข.16 ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำแตงโม โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันในส่วนของหน้าต่าง Forecast ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณ ความต้องการสินค้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....	158
ข.17 ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำส้ม โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันในส่วนของหน้าต่าง Forecast ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณ ความต้องการสินค้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....	159
ค.1 ค่าวิกฤตของการทดสอบแอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง (Anderson – Darling)	160
ค.2 ตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปรกติมาตรฐาน.....	161
ค.3 ตารางค่าวิกฤตการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไคสแควร์ χ^2	162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสั่งซื้อ และการสั่งผลิตแต่ละครั้ง.....	18
2.2 ตัวอย่างสำหรับปริมาณการสั่งซื้อแบบคงที่.....	19
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษารายปี.....	21
2.4 จุดสั่งซื้อที่มีความต้องการแน่นอน.....	24
2.5 ระดับสินค้าคงเหลือเพื่อความปลอดภัย.....	24
2.6 ตัวอย่างเอนทิตี.....	27
2.7 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี.....	27
2.8 ตัวอย่างแอททริบิวต์.....	28
2.9 ตัวอย่างของคีย์.....	28
2.10 ตัวอย่างรูปแบบการเชื่อมต่อฐานข้อมูล.....	29
2.11 โปรแกรม Visual Studio Code.....	31
2.12 โปรแกรม MySQL.....	32
2.13 โปรแกรม NodeJS.....	36
2.14 โปรแกรม Microsoft Excel.....	36
2.15 โปรแกรม Minitab.....	37
2.16 โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 29.0.10.....	37
2.17 โปรแกรม Visual Studio Code เวอร์ชัน 1.88.1.....	37
2.18 โปรแกรม Xampp เวอร์ชัน 8.0.30.....	38
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	43
3.2 ลักษณะการดำเนินงานธุรกิจปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา.....	45
3.3 จำนวนยอดขายรวมทุกรายการจำแนกรายเดือนในปี พ.ศ. 2563 - 2566.....	46
3.4 ปริมาณยอดขายรวมแบบรายเดือนในปี พ.ศ. 2563 - 2566 ของน้ำส้ม.....	46
3.5 ปริมาณยอดขายรวมแบบรายเดือนในปี พ.ศ. 2563 - 2566 ของน้ำสับปะรด.....	47
3.6 ปริมาณยอดขายรวมแบบรายเดือนในปี พ.ศ. 2563 - 2566 ของน้ำเคล.....	47
3.7 แผนภาพแบบจำลองโครงสร้างข้อมูล.....	49
4.1 น้ำส้ม.....	54
4.2 น้ำสับปะรด.....	55
4.3 น้ำเคล.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้ม ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565	56
4.5 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้การทดสอบ แอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง	57
4.6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ความต้องการล่วงหน้าของน้ำส้มใน พ.ศ. 2566	63
4.7 อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับประรด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565	63
4.8 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้การทดสอบ แอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง	64
4.9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ความต้องการล่วงหน้าของน้ำสับประรด ใน พ.ศ. 2566	70
4.10 อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเคล ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565	70
4.11 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้การทดสอบ แอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง	71
4.12 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ความต้องการล่วงหน้าของน้ำเคลใน พ.ศ. 2566	77
4.13 ผลตัวอย่างการพยากรณ์ยอดขายน้ำแตงโมโดยใช้พีเจอร์ Forecast บนเว็บแอปพลิเคชัน	78
4.14 การจัดเก็บผลไม้ในคลังสินค้า	82
4.15 แอปพลิเคชัน XAMPP Control Panel	99
4.16 แอปพลิเคชัน Visual Studio Code	99
4.17 หน้าต่างเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งาน	100
4.18 เมนูต่าง ๆ ในหน้าเมนูของเว็บแอปพลิเคชัน	100
4.19 หน้าต่างรายละเอียดที่จำเป็นต้องกรอกเพื่อสร้างบัญชี	101
4.20 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า User	102
4.21 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Create Supplier	102
4.22 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า View Supplier	103
4.23 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Create Product	104
4.24 หน้าต่างรายละเอียดทั้งหมดของรายการผลไม้	105
4.25 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Create Order	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.26 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า View Orders.....	106
4.27 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า View Safety Stock.....	107
4.28 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า View Safety Stock.....	107
4.29 ตัวอย่างรูปภาพเมื่อดาวน์โหลดไฟล์เป็น PDF.....	108
4.30 ตัวอย่างไฟล์ Excel เมื่อดาวน์โหลดไฟล์เป็น CSV.....	108
4.31 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Inventory.....	109
4.32 หน้าต่างที่แสดงรายการสินค้า.....	109
4.33 หน้าต่างรายละเอียดของระบบแจ้งเตือนเมื่อผลไม้ถึงจุดสั่งซื้อ.....	110
4.34 หน้าต่างแสดงประสิทธิภาพการจัดส่งของ Supplier.....	111
4.35 หน้าต่างแสดงประสิทธิภาพการจัดส่งของ Supplier รายบุคคล.....	111
4.36 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Forecast ผลไม้.....	112
ง.1-1 หน้าต่างของเว็บ XAMPP.....	163
ง.1-2 ตัวแอป XAMPP Control Panel.....	163
ง.1-3 หน้าต่างของ XAMPP Control Panel.....	164
ง.1-4 หน้าต่างของ phpMyAdmin.....	164
ง.1-5 หน้าต่างของหน้า Import ของเว็บ phpMyAdmin.....	165
ง.1-6 หน้าต่างของหน้า phpMyAdmin เมื่อ import ข้อมูลจากไฟล์ FIS ประเภท SQL สำเร็จ.....	165
ง.1-7 หน้าต่างของเว็บ Visual Studio Code เพื่อ Download.....	166
ง.1-8 หน้าต่างสำหรับตัวเปิดไฟล์ในโปรแกรม Visual Studio Code.....	166
ง.1-9 หน้าต่างข้อมูลโค้ดต่าง ๆ ในโปรแกรม Visual Studio Code.....	167
ง.1-10 หน้าต่างที่มีการเลือกไฟล์ run.....	168
ง.1-11 หน้าจอล็อกอินเพื่อเข้าสู่ระบบ.....	168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แนวโน้มคนรักสุขภาพยังเติบโตอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งผลพวงจากการระบาดของโควิด-19 ก็ทำให้ผู้คนหันมาใส่ใจสุขภาพมากยิ่งขึ้น และต้องการหาผลิตภัณฑ์ที่จะมาเสริมสร้างภูมิคุ้มกันมากขึ้นเช่นกัน จึงทำให้ตลาดเครื่องดื่มสุขภาพในไทยยังคงเติบโต และยังเติบโตต่อเนื่องไปอีก 1-2 ปี มูลค่าตลาดเครื่องดื่มสุขภาพ โดยรวมปีพ.ศ. 2564 เป็น 9,654 ล้านบาท ปีพ.ศ. 2565 มีการเติบโตราว 5-7% เป็นมูลค่าตลาดถึง 10,200 ล้านบาท คาดว่าในปีพ.ศ. 2566 ตลาดของเครื่องดื่มสุขภาพก็จะมีแนวโน้มที่เติบโตขึ้นเรื่อย ๆ

โดยน้ำผลไม้เป็นเครื่องดื่มยอดนิยมและมีบทบาทสำคัญในอาหารของผู้บริโภคที่ขอความเป็นธรรมชาติและคำนึงถึงการมีสุขภาพดี น้ำผลไม้ยังเป็นแหล่งของสารอาหารเสริมที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่สามารถสร้างภูมิคุ้มกันที่ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการใช้นวัตกรรมใหม่เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพทางโภชนาการของน้ำผลไม้ เทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่จำนวนมากรวมถึงกระบวนการสกัดด้วยแรงดันสูง (High Pressure Processing) เทคโนโลยีขั้นพื้นฐานการฉายรังสี (Light Based Technologies) อัลตราซาวด์ (Ultrasound) กระบวนการโอโซน (Ozone Processing) และนอนเทอร์มอล - พลาสมา (Non Thermal Plasma) ซึ่งการแปรรูปอาหารมีทั้งแบบที่ไม่ใช้ความร้อนและใช้ความร้อน ถูกนำไปใช้ในการเก็บรักษาการแปรรูปและบรรจุผลไม้เทคโนโลยีใหม่เหล่านี้ถูกนำมาใช้ใน ตลาดน้ำผลไม้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษา การลดการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เพื่อที่จะรักษาคุณภาพของผลผลิตน้ำผลไม้ให้มีความสดใหม่ (Rajauria & Tiwari, 2018) โดยปัจจุบันน้ำผลไม้สกัดเย็น (Cold Pressed Juices) เป็นน้ำผลไม้ 100% จากธรรมชาติที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

น้ำผลไม้สกัดเย็น (Cold Pressed Juice) คือ น้ำผลไม้ 100% ที่เกิดจากการผลิตด้วยวิธีการสกัดเย็น (Cold Pressed) ซึ่งเป็นการผลิตน้ำผลไม้โดยใช้เครื่องไฮดรอลิกแรงดัน (Hydraulic Cold Press Juice Machines) บีบออกแรงกดหรือบีบเนื้อผลไม้เพื่อให้สกัดน้ำผลไม้ออกมาโดยไม่ให้เกิดความร้อน จึงสามารถคงปริมาณวิตามินและเอนไซม์รวมถึงสี สัน และรสชาติตามธรรมชาติของผลไม้ การสกัดเย็นจึงมีความแตกต่างจากการผลิตน้ำผลไม้ด้วยวิธีการอื่นที่เกิดจากการใช้เครื่องปั่น ซึ่งก่อให้เกิดความร้อนหรือน้ำผลไม้สำเร็จรูปที่ต้องผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์จนทำให้เอนไซม์และวิตามินในผลไม้รวมถึงสี สัน และรสชาติตามธรรมชาติของผลไม้ถูกทำลายจนสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการโดยธรรมชาติซึ่งผู้ผลิตจะทำการเติมน้ำตาลและน้ำผลไม้เพื่อเพิ่มความหวาน ทั้งนี้ ล้วนเป็นผลเสียต่อร่างกายจึงถือเป็นความแตกต่างที่สร้างจุดเด่นของน้ำผลไม้สกัดเย็นที่สามารถรักษา

รสนชาติตามธรรมชาติของผลไม้และคงคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

สำหรับธุรกิจการทำน้ำผลไม้สกัดเย็นจะต้องรักษาจุดเด่นของน้ำผลไม้สกัดเย็นไว้ทั้งคุณค่า ความสดและโภชนาการ อีกทั้งยังต้องวางแผนจัดการกับสินค้าที่เป็นของสดและมีเฉพาะฤดูกาล ทางบริษัทกรณีศึกษาจึงจะมีการจัดซื้อสินค้ามาเก็บไว้ในคลังสินค้าเพื่อจัดทำน้ำผลไม้สกัดเย็นและต้องทำการผลิตวันต่อวันเพื่อคงเอกลักษณ์ของน้ำผลไม้สกัดเย็น โดยคลังสินค้าเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการสินค้าคงคลังวัตถุดิบผักและผลไม้สดจึงมีบทบาทสำคัญในธุรกิจนี้ เพื่อให้สินค้ามีความสดใหม่ อยู่ตลอด และไม่ให้อายุวัตถุดิบขาดมือจนทำให้ผลิตสินค้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าหรือมี วัตถุดิบมากเกินไปจนทำให้วัตถุดิบเน่าเสียไม่สามารถนำมาผลิตสินค้าได้

ในงานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง พบว่า ในการบริหารจัดการ คลังสินค้าของบริษัทไม่มีการจัดระบบสินค้าคงคลังและการบันทึกข้อมูล จึงทำให้ข้อมูลของสินค้าที่ ต้องจัดซื้อหรือเก็บในคลังมีความไม่เพียงพอหรือสินค้าล้นคลังจนทำให้ผลไม้เกิดการเน่าเสีย ทางคณะ ผู้จัดทำปัญหาพิเศษได้เห็นถึงปัญหาข้างต้นจึงได้ทำการบริหารจัดการสินค้าคงคลังสำหรับการสั่งซื้อ ผลไม้ของร้านน้ำผลไม้สกัดเย็นผ่านเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) เพื่อช่วยในการจัดการ ข้อมูลผลไม้ให้มีความถูกต้องมากขึ้นและลดความเสี่ยงในการมีผลไม้ไม่เพียงพอหรือผลไม้ล้นคลังจน ทำให้ผลไม้เน่าเสีย

1.2 วัตถุประสงค์

1. พยากรณ์ยอดขายของน้ำผลไม้สกัดเย็นแต่ละชนิด
2. กำหนดนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังของผลไม้ที่เหมาะสม
3. พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการจัดการสินค้าคงคลังของผลไม้

1.3 ขอบเขต

1. ขอบเขตด้านข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สินค้าตามยอดขาย โดยรายการสินค้าทั้งหมดมี 18 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชลอรี่ น้ำเคล น้ำอาโวคาโด น้ำส้ม น้ำสับปะรด น้ำสตอร์วเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำปวยเล้ง น้ำปีทรุท น้ำทับทิม น้ำคอส น้ำกีวี จะทำการจัดกลุ่ม สินค้าเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 คือสินค้าที่มียอดขายสินค้าที่มากที่สุด จำนวน 3 รายการ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรด น้ำเคล และประเภทที่ 2 คือ สินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชลอรี่ น้ำอาโวคาโด น้ำสตอร์วเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำปวยเล้ง น้ำปืทรูท น้ำทับทิม น้ำคอส น้ำกีวี โดยนำสินค้าประเภทที่ 1 มาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการสินค้า โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบการจัดการสินค้าคงคลังบนเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็น เพื่อที่จะช่วยในการวางแผนการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นให้มีประสิทธิภาพซึ่งในข้อมูลที่น่ามาศึกษาจะเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็น ได้แก่ ข้อมูลพนักงาน รายการสินค้า ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า ราคาสินค้าต่อหน่วยโดยเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566

3. ขอบเขตด้านเวลา

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลที่เป็นรายเดือนของปริมาณการสั่งซื้อผักและผลไม้ เริ่มต้นตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 36 ค่า ใช้สำหรับสร้างตัวแบบในการพยากรณ์ และส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือน 1 มกราคม พ.ศ. 2566 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 12 ค่า ใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบพยากรณ์ ก่อนใช้เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อกำหนดนโยบายการจัดการสินค้าคงคลังบนเว็บแอปพลิเคชัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มประสิทธิภาพการสั่งซื้อและบริหารสินค้าคงคลังให้กับบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็น
2. ทางบริษัทสามารถลดต้นทุนในการจัดการสินค้าคงคลังที่ในปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม
3. ทางบริษัทสามารถนำเว็บแอปพลิเคชันไปพัฒนาต่อยอดด้านการตรวจสอบสินค้าคงคลัง

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

สินค้าคงคลัง (Inventory) หมายถึง สินค้าหรือวัตถุดิบที่ถูกเก็บไว้เพื่อรอจำหน่ายหรือการใช้ในอนาคตโดยผ่านการวางแผนการจัดการสินค้าและกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม เพื่อให้การทำงานของร้านน้ำผลไม้สกัดเย็น สามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและไม่เกิดปัญหาสินค้าขาดแคลนหรือสูญเสียโอกาสในการขายสินค้าให้แก่ลูกค้า

เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) หมายถึง Application ที่ถูกเขียนขึ้นมาให้สามารถเปิดใช้ใน Web browser ได้โดยตรง โดยไม่ต้องโหลด Application แบบเต็ม ๆ ลงเครื่อง ทำให้โดยรวมแล้วมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายและสามารถเปิดใช้งานได้ไว

น้ำผลไม้สกัดเย็น (Cold Pressed Fruit Juice) หมายถึง น้ำผลไม้ที่ใช้เครื่องไฮดรอลิกแรงบีบสูง เพื่อสกัดน้ำจากผักและผลไม้ให้กลายเป็นน้ำผักผลไม้สกัดเย็น ซึ่งเป็นการนำมาผ่านกระบวนการสกัดที่ไม่ผ่านความร้อนใด ๆ ทั้งสิ้น โดยกระบวนการสกัดเย็นนี้จะดึงเอาของเหลวและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอาหารออกจากผักและผลไม้ออกมาให้ได้มากที่สุด ทำให้น้ำผักและน้ำผลไม้สกัดเย็นมีสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน และแร่ธาตุที่สูงกว่าการทำน้ำผักผลไม้ที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบอื่น ๆ

วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) หมายถึง ปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละครั้งที่ประหยัดที่สุด โดยการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละครั้งจะสั่งในปริมาณหรือจำนวนที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยต้นทุนรวม ได้แก่ ต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บรักษา

จุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder point: ROP) หมายถึง จุดที่บอกการกำหนดปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อป้องกันสินค้าขาดแคลนเพื่อให้สามารถทำการจำหน่ายสินค้า และสามารถทำการส่งมอบสินค้าแก่ลูกค้า ในปริมาณที่ต้องการ หรือ คุณภาพที่ต้องการ ได้อย่างเหมาะสม

ฐานข้อมูล หมายถึง การเก็บและรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นคำ ตัวเลข รูปภาพ วิดีโอ และไฟล์ การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการรายขายน้ำผลไม้สกัดเย็น ได้แก่ ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลการสั่งซื้อ ข้อมูลชนิดของผลไม้

วิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) หมายถึง เทคนิคการสั่งซื้อสินค้าให้ครอบคลุมช่วงเวลา T เพื่อให้ต้นทุนรวมต่อช่วงเวลา T ต่ำสุด โดยต้นทุนรวมประกอบไปด้วย ต้นทุนการสั่งซื้อรวมกับต้นทุนการเก็บรักษาในช่วงเวลา T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเรื่อง การจัดการสินค้าคงคลังบนเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับบริษัท น้ำผลไม้สกัดเย็น ทางคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษได้ทำการศึกษาบทความทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อประกอบการดำเนินการมีรายละเอียดในหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 ทฤษฎีของส่วนประกอบอนุกรมเวลา
- 2.2 วิธีการทดสอบองค์ประกอบของอนุกรมเวลา
- 2.3 การพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลา
- 2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง
- 2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูล
- 2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน
- 2.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีของส่วนประกอบอนุกรมเวลา

การศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เปลี่ยนไปตามเวลาในอดีตจนถึงปัจจุบัน แล้วนำรูปแบบนั้นมาวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ค่าของตัวแปรนั้นในอนาคต โดยข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่มีระยะห่างเท่า ๆ กันและต่อเนื่องกัน

ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา (คมสัน สุริยะ, 2548) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 แนวโน้ม (Trend: T)

แนวโน้ม หมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในระยะยาวซึ่งอาจจะเป็นแนวโน้มขึ้น (Upward Trend) หรือแนวโน้มลง (Downward Trend) ที่แนวโน้มจะสะท้อนให้เห็นถึงความเจริญและความเสื่อมถอยในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสามารถพิจารณาได้จากกราฟ (t, Y_t) ลักษณะของแนวโน้มพิจารณาจากกราฟอนุกรมเวลา ได้แก่

1. แนวโน้มแบบเส้นตรง (Linear Trend)

$$\text{รูปแบบเป็น } Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t \quad (2.1)$$

ตัวประมาณของพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 จะหาได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด
ในกรณี $t = 1, 2, \dots, n$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ตัวประมาณของ } \beta_1 \text{ คือ } b_1 = \frac{SS_{ty}}{SS_{tt}} = \frac{12SS_{ty}}{n(n^2+1)}$$

$$\text{เมื่อ } SS_{ty} = \sum_{t=1}^n tY_t - \left(\frac{n+1}{2}\right) \sum_{t=1}^n Y_t$$

$$SS_{tt} = \frac{(n(n^2-1))}{12}$$

$$\text{ตัวประมาณของ } \beta_0 \text{ คือ } b_0 = \bar{Y} - \left(\frac{n+1}{2}\right) b_1$$

2. แนวโน้มแบบ Quadratic

$$\text{รูปแบบเป็น } Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \varepsilon_t \quad (2.2)$$

ตัวประมาณของพารามิเตอร์ β_0, β_1 และ β_2 จะหาได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดในกรณี $\sum t = \sum t^3 = 0$ แล้วจะได้สมการปกติ

$$nb_0 + \sum t^2 b_2 = \sum Y \quad (2.3)$$

$$\sum t^2 b_1 = \sum Y$$

$$\sum t^2 b_0 + \sum t^4 b_2 = \sum t^2 Y$$

หาค่า b_0, b_1 และ b_2 จากการแก้สมการปกติ ดังกล่าว

3. แนวโน้มแบบ Exponential

$$\text{รูปแบบเป็น } Y_t = \beta_0 \beta_1^t \varepsilon_t \quad (2.4)$$

จากรูปแบบแนวโน้มแบบ Exponential จะแปลงให้อยู่ในรูปแบบแนวโน้มเส้นตรงโดยการแปลง Y_t เป็น $\ln Y_t$ จากรูปแบบ $Y_t = \beta_0 \beta_1^t \varepsilon_t$

$$\text{แปลงให้เป็น } \ln Y_t = \ln \beta_0 + t \ln \beta_1 + \ln \varepsilon_t \quad (2.5)$$

$$\text{และ } Y'_t = \beta'_0 + \beta'_1 t + \varepsilon'_t \quad (2.6)$$

การประมาณ β'_0 และ β'_1 จะเหมือนกับการประมาณ β_0 และ β_1 ในรูปแบบแนวโน้มเส้นตรง ค่าประมาณ b'_0 และ b'_1 ที่ได้จะทำให้ได้ b_0 และ b_1 โดย $b_0 = \exp(b'_0)$ และ $b_1 = \exp(b'_1)$ ทำให้ได้สมการแนวโน้ม

$$Y_t = b_0 b_1^t Y \quad (2.7)$$

2.1.2 อธิพลของฤดูกาล (Seasonal: S)

การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีผลเนื่องมาจากฤดูกาล โดยการเคลื่อนไหวจะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ กันในแต่ละช่วงเวลาโดยลักษณะการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกัน ปัจจัยที่มีผลต่ออิทธิพลฤดูกาลมีหลายปัจจัย อนุกรมเวลาที่ใช้ในการพิจารณาอิทธิพลของฤดูกาลมักเป็นอนุกรมเวลารายเดือนหรือรายไตรมาสที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้อย่างน้อย 2 ปีขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 อิทธิพลของวัฏจักร (Cyclical Variation: C)

การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลายาวหลายปี การเคลื่อนไหวอาจแสดงอิทธิพลของวัฏจักรที่มีลักษณะคล้ายกับอิทธิพลฤดูกาลโดยวัฏจักรหนึ่งครอบคลุมระยะเวลาหลายปี แต่ช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกันมาก โดยทั่วไปอิทธิพลวัฏจักรจะประกอบไปด้วย 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงรุ่งเรือง (Growth) ช่วงคงที่ (Maturity) และ ช่วงตกต่ำ (Decline)

2.1.4 เหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular: I)

การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเฉพาะส่วนที่ไม่มีแผนแบบที่แน่นอน เหตุการณ์ที่ผิดปกตินี้ส่วนใหญ่จะเป็นเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดมาก่อนหรือไม่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ได้แก่ อุบัติเหตุ น้ำท่วม พายุ เป็นต้น รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ แนวโน้ม ฤดูกาล และวัฏจักร

2.2 วิธีการทดสอบองค์ประกอบของอนุกรมเวลา

2.2.1 การทดสอบการแจกแจงปกติของแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling: AD)

การทดสอบการแจกแจงปกติของแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติหรือไม่ ขั้นตอนการคำนวณค่าเพื่อทดสอบการแจกแจงปกติด้วยวิธีแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง มีดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาที่มีการแจกแจงปกติ

H_1 : อนุกรมเวลาไม่มีการแจกแจงปกติ

2. กำหนดให้ข้อมูลที่เก็บได้เรียงจากน้อยไปมาก มีค่าเป็น $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ โดยที่ x_n มีค่ามากที่สุด

3. ตัวสถิติทดสอบ

$$AD = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(X_i) + \ln [1 - F_x(X_{n+1-i})] \right\} \right] \quad (2.8)$$

เมื่อ $F_x(X_i)$ คือ ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability Function) ของการแจกแจงที่คาดไว้

x_i คือ ข้อมูลลำดับที่ i เมื่อเรียงลำดับจากน้อยไปมาก

n คือ ขนาดตัวอย่าง

ภายหลังคำนวณค่าสถิติทดสอบ AD แล้วทำการปรับค่าตัวสถิติทดสอบเป็น AD^* สูตรในการปรับค่าตัวสถิติทดสอบจะขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง n การแจกแจงที่คาดไว้ และพารามิเตอร์

ของการแจกแจงที่คาดไว้ กรณีการทดสอบการแจกแจงปกติของแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง มีสูตรคำนวณดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$AD^* = AD \left(1 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2} \right)$$

4. เกณฑ์การตัดสินใจ

$$C_\alpha = a_\alpha \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right)$$

เมื่อ C_α คือ ค่าวิกฤตสำหรับทดสอบการแจกแจงปรกติ

a_α, b_0, b_1 คือ ค่าที่เปิดจากตารางค่าวิกฤตของการทดสอบแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ที่ระดับนัยสำคัญ α

โดยมีบริเวณวิกฤต คือ $AD^* \geq C_\alpha$

2.2.2 การทดสอบแนวนอนและอิทธิพลฤดูกาล

การทดสอบแนวนอนและอิทธิพลฤดูกาลมีทั้งแบบใช้พารามิเตอร์และไม่ใช้พารามิเตอร์ จากการทดสอบการแจกแจงปรกติ พบว่าอนุกรมเวลาไม่มีการแจกแจงปรกติ จึงเลือกใช้การทดสอบแนวนอนและอิทธิพลฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

2.2.2.1 ทดสอบแนวนอนแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

การทดสอบของแดเนียล (Daniel's Test) เป็นการทดสอบแนวนอนที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน (Spearman: r_s) ซึ่งเป็นค่าวัดสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร แต่ละตัวแปรใช้ค่าแทนลำดับ (Rank) ของค่าสังเกต หรือแปลงค่าสังเกตเป็นลำดับแล้ว กรณีที่อนุกรมเวลามีแนวนอนขึ้นหรือลง ค่า r_s จะมีค่าเข้าใกล้ 1 หรือ -1 (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549) มีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

H_0 : อนุกรมเวลาไม่มีแนวนอน

H_1 : อนุกรมเวลามีแนวนอน

2. ตัวสถิติทดสอบ

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^n d_t^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2.9)$$

$d_t = t - R(Y_t)$ โดยที่ $R(Y_t)$ เป็นลำดับที่ของ Y_t

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

3.1. สำหรับอนุกรมเวลาขนาดเล็ก ($n < 30$)

บริเวณวิกฤต คือ $|r_s| \geq \frac{r_\alpha}{2}$

ซึ่ง $\frac{r_\alpha}{2}$ เป็นค่าวิกฤตที่ได้จากตารางสถิติ Critical Values of Spearman's Rho

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
3.2 สำหรับอนุกรมเวลาขนาดใหญ่ ($n \geq 30$)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ตัวสถิติทดสอบ

$$Z = \frac{r_s - \mu_{r_s}}{\sigma_{r_s}}$$

เมื่อ $\mu_{r_s} = 0$ และ $\sigma_{r_s} = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$ มีบริเวณวิกฤต คือ $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

2.2.2.2 ทดสอบอหิทธิพลฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

การทดสอบอหิทธิพลฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ จะใช้การทดสอบครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis) เป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างหลายกลุ่ม ซึ่งนำมาปรับใช้ในการทดสอบอหิทธิพลของฤดูกาล (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดสมมติฐาน

1.1. สำหรับรูปแบบบวก

$$H_0 : S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_L = 0$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, L$$

1.2. สำหรับรูปแบบคูณ

$$H_0 : S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_L = 1$$

$$H_1 : S_i \neq 1 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, L$$

2. ตัวสถิติทดสอบ

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \quad (2.10)$$

$$n = \sum_{i=1}^L n_i$$

ซึ่ง n_i คือ จำนวนค่าสังเกตในฤดูกาลที่ i

L คือ จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี

Y'_t คือ ค่าสังเกตที่ปรับแนวโน้มแล้ว ณ เวลา t

R_i คือ ผลรวมของลำดับที่ของ Y'_t ในฤดูกาล i

ตัวสถิติ H มีการแจกแจงประมาณด้วยการแจกแจงไคสแควร์ที่ขึ้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $L-1$

3. เกณฑ์การตัดสินใจ

บริเวณวิกฤต คือ $H \geq \chi^2_{\alpha, L-1}$

ซึ่ง $\chi^2_{\alpha, L-1}$ เป็นค่าวิกฤตที่เปิดได้จากตารางไคสแควร์ (Chi-Square Table)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีของแอนเดอร์สัน-ดาร์ลิง ในการทดสอบการแจกแจงปกติ ซึ่งพบว่าข้อมูลมีลักษณะไม่มีการแจกแจงปกติ จึงทำให้ใช้วิธีการทดสอบแบบไม่มีพารามิเตอร์ในการ

ทดสอบแนวโน้มและฤดูกาล การทดสอบแนวโน้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์จะใช้วิธีการทดสอบของ
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Daniel และ การทดสอบอิทธิพลของฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์จะใช้การทดสอบของ Kruskal และ Wallis นอกจากนี้ยังใช้กราฟเส้นช่วยพิจารณาองค์ประกอบของอนุกรมเวลาร่วมด้วย

2.3 การพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลา

วิธีการพยากรณ์ปัจจุบันมีหลายวิธี ซึ่งข้อมูลที่มีการเก็บรวบรวมมาอย่างต่อเนื่องในแต่ละช่วงเวลา เรียกว่า อนุกรมเวลา (Time Series) ความถูกต้องของการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของรูปแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ โดยวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลามีดังนี้ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549)

1. **วิธีอย่างง่าย (Naive Method)** ค่าพยากรณ์ในอนาคตจะมีค่าเป็นสัดส่วนของค่าสังเกตล่าสุด ซึ่งสัดส่วนจะเป็นอย่างไรนั้นผู้พยากรณ์จะต้องกำหนดขึ้นเอง

2. **วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method)** ค่าพยากรณ์ในอนาคตจะได้จากการรวมค่าวัดสัดส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ได้แก่ ค่าแนวโน้ม ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล ค่าวัฏจักร และค่าวัดเหตุการณ์ผิดปกติ

3. **วิธีปรับให้เรียบ (Smoothing Method)** ค่าพยากรณ์ในอนาคตเป็นค่าที่ได้จากค่าสังเกตในอดีต โดยให้น้ำหนัก (Weight) กับค่าสังเกตแบบต่าง ๆ

4. **วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box – Jenkins Method)** เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลา โดยการหารูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา ซึ่งจะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function: ACF) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (Partial Autocorrelation: PACF) มาเป็นหลักในการพิจารณา

จากข้อมูลผักและผลไม้ในกรณีศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลยอดขายรายเดือนเพียง 3 ปี ไม่สามารถใช้วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ในการพยากรณ์ได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการปรับให้เรียบมาใช้ในการพยากรณ์ด้วยวิธีอนุกรมเวลาในผักและผลไม้ทั้งสามตัวที่มียอดขายมากที่สุด

วิธีปรับให้เรียบ (Smoothing Method)

การปรับให้เรียบ (Smoothing Method) เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาใช้หลักการของการปรับให้เรียบ คือ การใช้ค่าสังเกตในอดีตส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์ โดยน้ำหนักที่ให้ค่าสังเกตแต่ละค่าจะแตกต่างกัน (สมศรี บัณฑิตวิไล, 2562)

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการพยากรณ์ของน้ำส้ม น้ำเคล และน้ำสับปะรด ได้ใช้วิธีทดสอบของ Daniel และ Kruskal และ Wallis ในการทดสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลตามลำดับ ทำให้ทราบว่าข้อมูลชุดนี้มีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล และจากการทดสอบค่า MSE ต่ำที่สุดพบว่า ค่า MSE แบบควอดราติกมีค่าต่ำที่สุด ดังนั้นจึงใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล รายละเอียดของผลการทดสอบที่ได้กล่าวถึง จะนำเสนอในหัวข้อ 4.3 ผลการวิเคราะห์

อนุกรมเวลา ที่จะกล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เผยแพร่ทางเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ จังหวัดปทุมธานี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการปรับให้เรียบมีหลายวิธี ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มตามลักษณะของอนุกรมเวลา

1. อนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้มและไม่มีฤดูกาล จะมีวิธีต่าง ๆ ดังนี้

ก. วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย (Simple Moving Average Method)

หรือ SMA ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตล่าสุดจำนวนหนึ่ง โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะเท่ากัน

ข. วิธีเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average Method)

หรือ WMA ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตล่าสุดจำนวนหนึ่ง โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะไม่เท่ากัน

ค. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบง่าย (Single Exponential Smoothing Method) หรือ SES วิธีนี้ ค่าพยากรณ์จะได้จากค่าสังเกตที่ผ่านมาทั้งหมด โดยน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าไม่เท่ากัน น้ำหนักที่จะให้กับค่าที่เกิดขึ้นล่าสุดจะมากและลดหลั่นกันไป สำหรับค่าสังเกตที่อยู่ห่างออกไป การลดหลั่นของน้ำหนักจะเป็นการลดแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

2. อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล แนวโน้มอาจจะมีลักษณะแบบต่าง ๆ เช่น แบบเส้นตรง แบบกำลังสอง (Quadratic) แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential) เป็นต้น การปรับให้เรียบสำหรับแต่ละลักษณะจะมีวิธีการแตกต่างกันดังนี้

ก. วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (Double Moving Average Method: DMA) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง ค่าจุดตัด Y และค่าความชันของสมการแนวโน้มจะได้รับการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้งของอนุกรมเวลา

ข. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบดับเบิล (Double Exponential Smoothing Method: DES) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง โดยมีหลักการที่ว่า ค่าจุดตัดแกน Y และค่าลาดชันของสมการแนวโน้มสุดท้ายที่ใช้ในการพยากรณ์จะไดมาจากค่าจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชันในอดีต โดยการให้น้ำหนักกับค่าจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชันในอดีตต่างกัน

ค. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบเส้นตรง (Linear Exponential Smoothing Method: LES) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง แต่จะปรับน้ำหนัก 2 ค่า โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งค่าปรับน้ำหนักของจุดตัดแกน Y และค่าความลาดชัน

ง. วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Moving Average of Percentage Change: MAPC) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential)

จ. วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล (Triple Exponential Smoothing Method: TES) จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบควอดราติก (Quadratic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือสงวนชื่อผู้พิมพ์หรือผู้จัดพิมพ์โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ข้อมูลมีแนวโน้มแบบควอดราติก (Quadratic) ดังนั้นจึงขออธิบายในรายละเอียดของวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลดังนี้

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \varepsilon_t \quad (2.11)$$

ซึ่ง $\beta_2 = \frac{\beta_2}{2}$ จะมีสมการพยากรณ์ ณ เวลา t สำหรับ p ช่วงเวลาล่วงหน้าเป็น

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{t+p}(t) &= b_0(t) + b_1(t)(t+p) + \frac{1}{2} b_2(t)(t+p)^2 \\ &= a_0(t) + a_1(t)p + \frac{1}{2} a_2(t)p^2 \end{aligned} \quad (2.12)$$

การสร้างสมการพยากรณ์จะเกี่ยวข้องกับค่าเริ่มต้น โดยทั่วไปจะหา $a_0(0)$, $a_1(0)$ และ $a_2(0)$ จากอนุกรมเวลาที่มีอยู่โดยใช้เพียงบางช่วงของค่าสังเกตแล้วใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากนั้นหา A_0, A_0' และ A_0'' โดย

$$A_0 = a_0(0) - \left(\frac{1-\alpha}{\alpha}\right) a_1(0) + \left(\frac{(1-\alpha)(2-\alpha)}{2\alpha^2}\right) a_2(0) \quad (2.13)$$

$$A_0' = a_0(0) - \left(\frac{2(1-\alpha)}{\alpha}\right) a_1(0) + \left(\frac{2(1-\alpha)(3-2\alpha)}{2\alpha^2}\right) a_2(0)$$

$$A_0'' = a_0(0) - \left(\frac{3(1-\alpha)}{\alpha}\right) a_1(0) + \left(\frac{3(1-\alpha)(4-3\alpha)}{2\alpha^2}\right) a_2(0)$$

เมื่อได้ค่า A_0, A_0' และ A_0'' แล้ว จะทำการหา A_t, A_t' และ A_t'' โดย

$$A_t = \text{ค่าปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา } t = (1-\alpha)A_{t-1} + \alpha Y_t$$

$$A_t' = \text{ค่าปรับให้เรียบครั้งที่สองแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา } t = (1-\alpha)A_{t-1}' + \alpha Y_t'$$

$$A_t'' = \text{ค่าปรับให้เรียบครั้งที่สามแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ณ เวลา } t = (1-\alpha)A_{t-1}'' + \alpha Y_t''$$

โดย α เป็นค่าปรับน้ำหนักมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

สามารถเขียนสมการพยากรณ์ในเทอมของ A_t, A_t' และ A_t'' ได้เป็น

$$\hat{Y}_{t+p}(t) = \left(6(1-\alpha)^2 + (6-5\alpha)\alpha p + \alpha^2 p^2\right) \left(\frac{A_t}{2(1-\alpha)^2}\right) \quad (2.14)$$

$$- \left(6(1-\alpha)^2 + 2(5-4\alpha)\alpha p + \alpha^2 p^2\right) \left(\frac{A_t'}{2(1-\alpha)^2}\right)$$

$$+ \left(2(1-\alpha)^2 + (2-3\alpha)\alpha p + \alpha^2 p^2\right) \left(\frac{A_t''}{2(1-\alpha)^2}\right) \text{ สำหรับ } p=1,2,\dots$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อนุกรมเวลาที่ไม่มีความโน้มแต่มีอิทธิพลของฤดูกาล จะใช้วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบฤดูกาล (Simple Seasonal Exponential Smoothing: SSES) สมการพยากรณ์จะสร้างขึ้นโดยใช้หลักการปรับให้เรียบที่มีค่าปรับน้ำหนัก 2 ค่า สำหรับค่าคงที่และค่าวัดฤดูกาล ค่าปรับน้ำหนักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

4. อนุกรมเวลาที่มีความโน้มแบบเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล จะใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing Method: HWS) เป็นอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวทั้งจากแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล รูปแบบอาจเป็นไปได้ทั้งรูปแบบบวกและรูปแบบคูณ วิธี HWS มีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ α เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม γ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับความชัน และ δ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง

2.4.1 ความหมายของสินค้าคงคลัง

สินค้าคงคลัง คือ วัสดุ วัสดุการผลิต เชื้อเพลิง สินค้าที่อยู่ระหว่างการผลิตหรือสินค้าสำเร็จรูป ที่บริษัทหรือองค์กรต่าง ๆ เก็บสะสมไว้เพื่อรอจำหน่ายให้แก่ลูกค้าหรือผู้ใช้ ซึ่งสินค้าคงคลังนั้นมีความสำคัญมากในวงการธุรกิจ เพราะในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ บริษัทหรือองค์กรต่าง ๆ จำเป็นต้องมีเงินทุน จำนวนหนึ่งจมอยู่ในรูปแบบสินค้าคงคลังเป็นจำนวนมหาศาล เหตุผลที่กิจการต่าง ๆ จำเป็นต้องมี สินค้าคงคลังไว้เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว จึงเป็นที่มาว่าสินค้าคงคลังมีความสำคัญต่อกิจกรรมหลักของธุรกิจเป็นอย่างมาก การจัดการสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพจึงส่งผล กระทบต่อผลกำไรจากการประกอบการโดยตรงและในปัจจุบันนี้มีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาจัดการกับข้อมูลของสินค้าคงคลัง เพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ และทันเวลามากยิ่งขึ้น การจัดซื้อสินค้าคงคลังมาในคุณสมบัติที่ตรงตามความต้องการ ปริมาณเพียงพอ ราคาเหมาะสม ทันเวลาที่ต้องการ โดยซื้อจากผู้ขายที่ไว้วางใจได้และนำส่งยังสถานที่ที่ถูกต้องตามหลักการจัดซื้อที่ดีที่สุด เป็นจุดเริ่มต้นของการจัดการสินค้าคงคลัง (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552)

2.4.2 หน้าที่ของสินค้าคงคลัง

การมีสินค้าคงคลังจัดเก็บเพื่อไว้ใช้งานในปัจจุบัน หรือในอนาคต เพื่อให้การดำเนินการของกิจการดำเนินไปอย่างราบรื่นละไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนสินค้าและวัตถุดิบจากความสำคัญของสินค้าคงคลังที่ได้กล่าวมาในข้างต้นทำให้เห็นถึงหน้าที่และบทบาทที่สำคัญของสินค้าคงคลังโดยหน้าที่ของสินค้าคงคลังนั้นมีหลากหลายประการ (วัลย์ลักษณ์ อัครธีรวงศ์, 2551) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ทำให้การผลิตหรือการปฏิบัติงานสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างราบรื่น การที่

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาหรือสิทธิของเจ้าของเอกสารฉบับนี้ หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร หรือมีการดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่อง ไม่เกิดปัญหาความล่าช้าจากการผลิตสินค้าและวัตถุดิบให้ไม่ตรงเวลา ตามที่กำหนด

2. เพื่อป้องกันปัญหาสินค้าขาดแคลน ในกรณีที่ความต้องการซื้อสินค้าของผู้บริโภคนั้นไม่มีความแน่นอน บางช่วงผู้บริโภคต้องการสินค้าชนิดนั้นมีปริมาณมากกว่าที่คาดการณ์เอาไว้บางช่วงก็มีปริมาณที่ลดลง ดังนั้นการมีสินค้าคงคลังไว้เพื่อรองรับความต้องการที่ไม่แน่นอนของผู้บริโภค และเพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนสินค้า

3. เพื่อสร้างความยืดหยุ่นในตารางการผลิต เนื่องจากการผลิตในปริมาณที่ค่อนข้างมากอาจทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรลดลง การสำรองสินค้าคงคลังในการผลิตสินค้าก็เป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบการผลิตที่ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร

4. เพื่อให้ได้ส่วนลดจากการสั่งซื้อในปริมาณที่สูง การสั่งซื้อในปริมาณที่สูงในแต่ละรอบของการสั่งซื้อจะทำให้ราคาสินค้าต่อหน่วยนั้นมีราคาถูกลง ทำให้ทางผู้ขายหรือผู้ผลิตจำเป็นต้องกักตุนสินค้าเก็บไว้เพื่อเก็งกำไร และคาดการณ์ล่วงหน้าว่าสินค้าจะมีการปรับราคาสูงขึ้นหรืออาจเกิดการขาดแคลน โดยการสั่งซื้อเพื่อให้ได้ส่วนลดนั้นย่อมก่อให้เกิดสินค้าคงคลัง

2.4.3 ลักษณะสินค้าคงคลัง

แบ่งตามลักษณะของสินค้าได้ดังนี้

1. **สินค้าคงคลังที่เป็นวัตถุดิบ (Raw Material Inventory)** หมายถึง วัตถุดิบที่ซื้อเข้ามาเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูป หรือสินค้าสำเร็จรูป เช่น ผ้า กุ้ง เม็ดพลาสติก เป็นต้น ซึ่งจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับซัพพลายเออร์ ดังนั้นควรเลือกซัพพลายเออร์ที่มีความแน่นอนในเรื่องคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปริมาณ และความตรงต่อเวลาในการจัดส่ง

2. **สินค้าคงคลังระหว่างการผลิต (Work-in-Process Inventory: WIP)** หมายถึง สินค้าที่ผ่านกระบวนการผลิตมาบ้างแล้ว แต่ยังไม่เสร็จสิ้นครบตามกระบวนการผลิต ซึ่งต้องรอเข้าสู่กระบวนการผลิตถัดไปเพื่อให้ครบรอบเวลาของการผลิต (Cycle Time) เช่น ผ้าที่ตัดเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อรอสำหรับการตัดเย็บ กุ้งที่ปลอกเปลือกเรียบร้อยแล้วรอการปรุงแต่ง เม็ดพลาสติกที่ขึ้นรูปเป็นขวด เป็นต้น

3. **สินค้าคงคลังระหว่างประเภทอะไหล่สำหรับการซ่อมบำรุง (Maintenance and Repair Operating Inventory: MROs)** หมายถึง กลุ่มสินค้าประเภทอะไหล่และอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องมีสำรองไว้เพื่องานซ่อมบำรุง ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะอะไหล่ขาดแคลนหรือหาซื้อไม่ได้ในยามที่อุปกรณ์ชำรุดเสียหาย เช่น อะไหล่เครื่องจักร น็อต สกรู เครื่องมือต่าง ๆ เป็นต้น

4. **สินค้าคงคลังประเภทสินค้าสำเร็จรูป (Finished Goods Inventory)** หมายถึง กลุ่มสินค้าที่ผ่านกระบวนการผลิตขั้นสุดท้ายแล้ว มีความพร้อมที่จะส่งขายทันทีทำการเก็บรักษาเพื่อ สำรองไว้ขายให้ลูกค้าได้ตลอดเวลา นับเป็นทรัพย์สินของบริษัท เช่น กระเป๋าผ้า ขนมหีบ กุ้ง ขวดน้ำบรรจุน้ำดื่ม (วลัยลักษณ์ อัครธีรวงศ์, 2551)

2.4.4 ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลัง

ต้นทุนสินค้าคงคลัง (Inventory Cost) คือ ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำธุรกิจค้าขาย รวมถึงธุรกิจออนไลน์ย่อมมีต้นทุนสินค้าคงคลังเกิดขึ้น ทั้งค่าใช้จ่ายในการซื้อสินค้า ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลนและค่าใช้จ่ายในการเตรียมเครื่องจักรใหม่ โดยจะแบ่งออกเป็น 4 ชนิดได้แก่

1. ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (Ordering Cost)

ค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายไปเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าคงคลัง (Inventory) ซึ่งจะแปรผันไปตามจำนวนครั้งของการสั่งซื้อ แต่ไม่แปรผันตามปริมาณสินค้าคงคลัง หมายความว่า ไม่ว่าเราจะสั่งซื้อสินค้ามากเท่าไร ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อก็จะยังคงที่ แต่ถ้าสั่งซื้อบ่อยครั้งหรือสั่งซื้อถี่ขึ้น จะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ เช่น ค่าจ้างพนักงานจัดซื้อ ค่าเอกสารใบสั่งซื้อ ค่าขนส่ง ค่าโทรศัพท์ ค่าธรรมเนียมการชำระเงิน ฯลฯ

2. ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Carrying Cost)

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเก็บรักษาสินค้า เพื่อให้สินค้านั้น ๆ มีสภาพคงเดิมหรืออยู่ในลักษณะพร้อมใช้งาน สามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง (Inventory holding Cost) โดยค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาจะแปรผันตามปริมาณสินค้าคงคลังที่เก็บไว้ รวมถึงระยะเวลาที่เก็บรักษาสินค้าคงคลังนั้นไว้ด้วย ตัวอย่างค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าเก็บรักษาอุณหภูมิ ค่าใช้จ่ายเมื่อสินค้าชำรุด เสียหาย หรือหมดอายุ เสื่อมสภาพจากการเก็บรักษาไว้นานเกินไป ค่าภาษีและประกันภัย ค่าจ้างพนักงานเฝ้าสินค้า ฯลฯ ในขณะเดียวกัน ต้นทุนเงินทุนที่จมอยู่กับสินค้าคงคลัง ถือได้ว่าเป็นค่าดอกเบี้ยจ่าย กรณีที่เงินทุนนั้นมาจากการกู้ยืม หรือเป็นค่าเสียโอกาส กรณีที่เป็นเงินทุนของเจ้าของ ซึ่งไม่ได้มาจากการกู้ยืม

3. ค่าใช้จ่ายเนื่องมาจากสินค้าขาดแคลน (Shortage Cost)

ค่าใช้จ่ายนี้เกิดขึ้นจากกรณีที่สินค้าคงคลังไม่เพียงพอต่อการขาย ส่งผลให้เกิดการยกเลิก ออเดอร์ ทำให้ขาดรายได้ที่ควรจะได้รับ ซึ่งทำให้ภาพลักษณ์ธุรกิจของคุณดูไม่ค่อยดีนัก นอกจากนั้นยังทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงัก เกิดการว่างงาน โดยค่าใช้จ่ายนี้จะแปรผันไปตามปริมาณสินค้าคงคลังที่ถือไว้ หมายความว่าถ้าถือสินค้าไว้มาก จะไม่เกิดปัญหาสินค้าขาดแคลนโดยค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากการขาดแคลนนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณการขาดแคลน รวมถึงระยะเวลาที่เกิดการขาดแคลนด้วย ค่าใช้จ่ายจากการขาดแคลนสินค้า เช่น ค่าปรับที่เกิดจากการส่งสินค้าล่าช้า ค่าเสียโอกาสในการขาย ค่าสั่งซื้อสินค้าล็อตพิเศษนำเข้ามาทางอากาศ เพื่อนำมาใช้ฉุกเฉิน ฯลฯ

4. ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรใหม่ (Setup Cost)

ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการตั้งเครื่องจักรใหม่ เพื่อเปลี่ยนสายการผลิต เปลี่ยนการทำงานอีกอย่างหนึ่งไปเป็นอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งจะเกิดการว่างงานชั่วคราว สินค้าคงคลังจะถูกปล่อยให้รอกระบวนการผลิตที่จะตั้งใหม่ ค่าใช้จ่ายชนิดนี้มีลักษณะเป็นต้นทุนคงที่ต่อครั้ง และเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการผลิตที่สำคัญของธุรกิจ โดยค่าใช้จ่ายตรงจุดนี้จะมากหรือน้อย ก็ขึ้นอยู่กับขนาด

ของลืตการผลิต ถ้าเป็นการผลิตลืตใหญ่อาจมีการตั้งเครื่องใหม่นาน ๆ ครั้ง ทำให้ที่ค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ยอดสะสมสินค้าคงคลังจะสูงแทน แต่ถ้าผลิตลืตขนาดเล็กที่มีการตั้งเครื่องจักรบ่อยครั้งจะมีค่าใช้จ่ายสูง แต่สินค้าคงคลังจะมีระดับต่ำ อีกทั้งยังสามารถส่งงานให้ลูกค้าได้เร็วขึ้น

2.4.5 ประเภทของสินค้าคงคลัง

จำแนกประเภทของสินค้าคงคลังได้ 6 ประเภท ดังนี้

1. สินค้าคงคลังที่เก็บตามรอบ (Cycle Stock) หมายถึง สินค้าที่มีไว้เติมเต็มสินค้าที่ถูกขายออกไป หรือวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งสินค้าประเภทนี้จะเก็บไว้เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีความแน่นอนรวมทั้งช่วงเวลารอคอย (Lead-Time) ในการสั่งสินค้าหรือวัตถุดิบคงที่ โดยการกำหนดวันให้สินค้าในแต่ละรอบมาถึงจะตรงกับเวลาที่สินค้าขึ้นสุดท้ายหมดพอดี ซึ่งปริมาณสินค้าคงคลังจะสูงสุดไม่เกินปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละครั้ง โดยปริมาณสินค้าคงคลังเฉลี่ยจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อ

2. สินค้าคงคลังระหว่างทาง (In-Transit Inventories) หมายถึง สินค้าหรือวัตถุดิบที่อยู่ระหว่างการขนส่งจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง ซึ่งสินค้าเหล่านี้ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของสินค้าคงคลังที่เก็บไว้ตามรอบ (Cycle Stock) แม้ว่าสินค้าหรือวัตถุดิบที่อยู่ระหว่างการขนส่งนั้นจะต้องรอจนกว่าจะไปถึงผู้ที่สั่งสินค้านั้นเสียก่อน จึงจะสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้

3. สินค้าคงคลังสำรองหรือสินค้ากันชน (Safety or Buffer Stock) หมายถึง สินค้าคงคลังจำนวนหนึ่งที่เก็บไว้เกินจากจำนวนสินค้าที่เก็บตามรอบปกติ เนื่องจากความไม่แน่นอนในความต้องการสินค้าของลูกค้า หรือช่วงเวลารอคอย (Lead-Time) จึงจำเป็นที่จะต้องมียังมีสินค้าคงคลังสำรองไว้ในปริมาณที่เพียงพอกับการนำไปใช้ก่อน

4. สินค้าคงคลังที่เก็บไว้เพื่อบริหารความเสี่ยง (Speculative Stock) หมายถึง การเก็บสินค้าคงคลังเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า และยังเผื่อไว้สำหรับความไม่แน่นอนต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การสั่งซื้อสินค้าจำนวนมากกว่าปกติเนื่องจากมีการคาดการณ์ว่าสินค้าจะมีการปรับขึ้นราคา หรือการขาดแคลนของสินค้าในอนาคต เป็นต้น

5. สินค้าคงคลังที่เก็บไว้ตามฤดู (Seasonal Stock) หมายถึง การเก็บสินค้าคงคลังไว้เพื่อบริหารความเสี่ยง โดยเป็นการสะสมสินค้าคงคลังไว้จำนวนหนึ่งก่อนที่ฤดูกาลของการขายสินค้าจะมาถึง ซึ่งสินค้าคงคลังประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นผลผลิตทางเกษตรที่มีตามฤดูกาล รวมทั้งอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับแฟชั่นก็จัดเป็นส่วนหนึ่งของสินค้าตามฤดูกาล โดยผู้ผลิตจะมีการสต็อกสินค้ารุ่นใหม่เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าในแต่ละฤดูกาลที่กำลังจะมาถึง

6. สินค้าคงคลังที่ไม่มีการเคลื่อนไหว (Dead Stock) หมายถึง สินค้าที่เก็บไว้และไม่มีความต้องการใช้ทั้งนี้อาจเป็นสินค้าที่ล้าสมัย เสื่อมสภาพ หรือเป็นสินค้าที่ตกค้างอยู่ในคลังสินค้าเป็นเวลานาน เป็นต้น ในการแก้ไขปัญหาสินค้าตกค้างสามารถทำได้โดยขนส่งสินค้าไปยังคลังสินค้าแห่งอื่น ๆ เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของสินค้า หรือการนำสินค้ามาขายหน้าโรงงาน

2.4.6 รูปแบบของระบบสินค้าคงคลัง

รูปแบบของระบบสินค้าคงคลังอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะความต้องการสินค้าของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา ดังนี้

1. รูปแบบที่ความต้องการสินค้าทราบค่าที่แน่นอน (Deterministic Model)

ระบบสินค้าคงคลังประเภทนี้มีข้อสมมติที่ว่าทราบค่าความต้องการสินค้าของลูกค้าในอนาคต และสินค้าจะถูกจำหน่ายออกสำหรับช่วงเวลาหนึ่ง เป็นค่าที่แน่นอนคือ a หน่วย ต่อ 1 หน่วยเวลา จึงถือว่าความต้องการสินค้ามีค่าคงที่

2. รูปแบบที่ความต้องการสินค้าที่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน (Stochastic Model หรือ Probabilistic Model)

ระบบสินค้าคงคลังประเภทนี้จะไม่ทราบปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าว่าเป็นเท่าใด จึงถือว่าความต้องการสินค้าไม่คงที่ หรือเป็นแบบสุ่ม (Random Demand) ที่ทราบการแจกแจงความน่าจะเป็นกล่าวคือจะเปลี่ยนแปลงไปตามเศรษฐกิจหรือความนิยม เช่น สินค้าฟุ่มเฟือยต่าง ๆ สินค้าประเภทเสื้อผ้า เป็นต้น (วลัยลักษณ์ อัครีวงศ์, 2551)

2.4.7 การพิจารณาความคงที่ของความต้องการผลิตภัณฑ์

การพิจารณาว่าเมื่อใดการตั้งสมมติฐานว่าความคงที่จึงจะมีความสมเหตุสมผลสมมติฐานว่าในระหว่างช่วงเวลา n ช่วง ได้ทำการรวบรวมข้อมูลความต้องการที่เกิดขึ้นตามช่วงเวลาต่าง ๆ เท่ากับ d_1, d_2, \dots, d_n และคาดว่าในอนาคตความต้องการที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับข้อมูลที่รวบรวมได้ การพิจารณาว่าความต้องการมีความแน่นอนและความคงที่โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้ (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552)

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของความต้องการต่อช่วงเวลา

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2.15)$$

2. คำนวณหาค่าความแปรปรวนของความต้องการต่อช่วงเวลา

$$Est. var .D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i^2 - \bar{d}^2 \quad (2.16)$$

3. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Variability Coefficient: VC) โดยความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนของความต้องการ ($Est. var .D$) กับค่าเฉลี่ยความต้องการต่อช่วงเวลา (\bar{d}) กำลังสอง

$$VC = \frac{Est. var .D}{\bar{d}^2} \quad (2.17)$$

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Variability Coefficient: VC) มีค่าน้อยกว่าหรือเอกสารนี้เท่ากับ 0.2 แสดงระดับความต้องการสินค้าค่ามีลักษณะคงที่มีความเหมาะสมที่จะใช้สูตรปริมาณค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) สำหรับคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

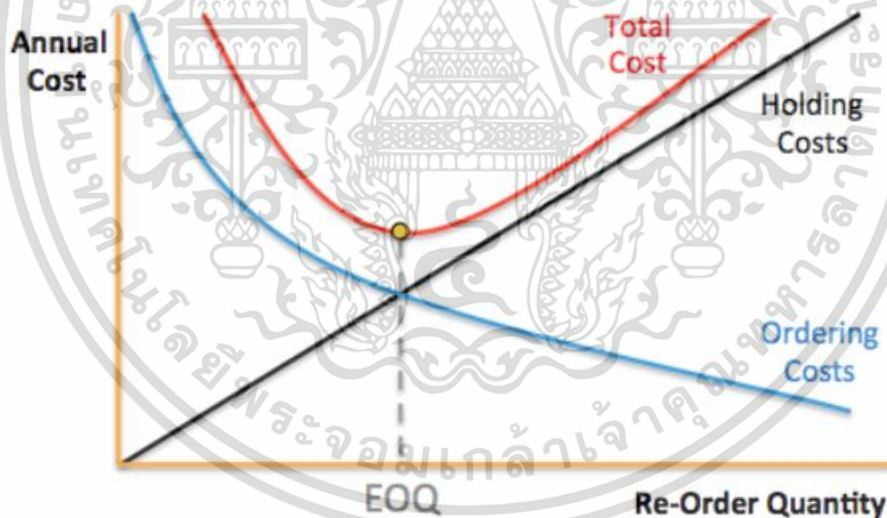
ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Variability Coefficient: VC) มีค่ามากกว่า 0.2 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้าไม่แน่นอน จะใช้วิธีอื่น ๆ ในการคำนวณ เช่น เทคนิคการสั่งซื้อแบบ Lot for Lot เทคนิคการสั่งซื้อเป็นช่วง และเทคนิคการสั่งซื้อแบบ Silver Meal

ในการศึกษาครั้งนี้จะกล่าวเพียง การปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีที่ความต้องการในแต่ละช่วงเวลามีค่าคงที่

2.4.8 การปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

1. กรณีที่ความต้องการในแต่ละช่วงเวลามีค่าคงที่ประเภทการสั่งซื้อสินค้าแล้วได้รับสินค้าเข้าเต็มคลังสินค้าทันที (Instantaneous Replenishments)

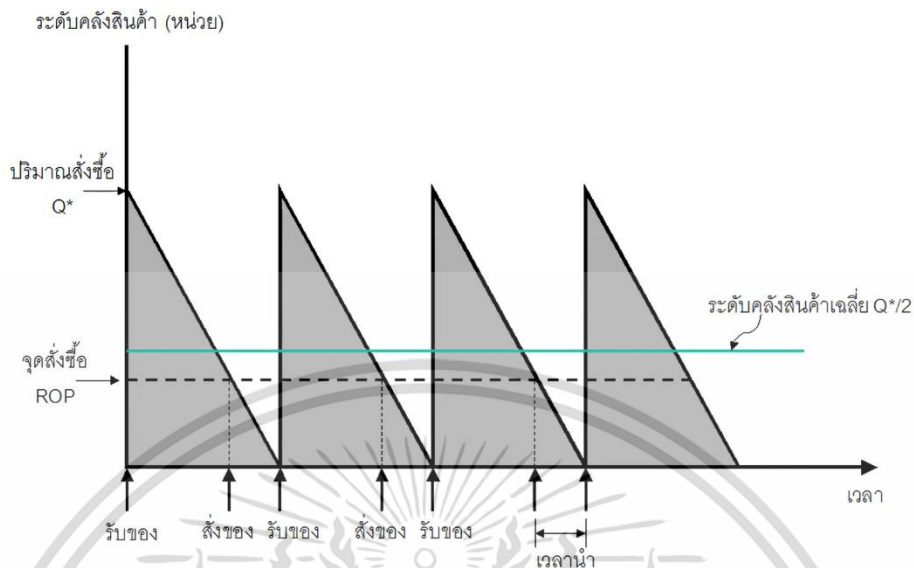
การคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด โดยอาศัยเทคนิคทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อ (พิภพ สถิตินาถ, 2552) ซึ่งวิธีการนี้จะกำหนดปริมาณสินค้าที่ต้องการสั่งซื้อในแต่ละครั้งว่าควรสั่งสินค้าครั้งละเท่าไรในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับระบบสินค้าคงคลังมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสั่งซื้อและการผลิตแต่ละครั้ง
ที่มา: Stevenson (2007)

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายเบื้องต้นว่าถ้าสั่งซื้อสินค้าจำนวนหลายครั้งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสูงเพราะต้องสั่งซื้อหลาย ๆ ครั้ง และถ้าหากสั่งซื้อสินค้าเอกสารนี้เป็นจำนวนมาก จะต้องมีการเก็บสินค้าไว้ในโกดังหรือคลังสินค้า ส่งผลทำให้ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในค่าไม่ว่าการเก็บรักษาก็จะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในตัวแบบปริมาณการสั่งซื้อแบบประหยัดนี้จะใช้กับสินค้าคงคลังที่มี

ลักษณะของความต้อการแบบอิสระ (Independent Demand) โดยไม่เกี่ยวข้องกับความต้อการของสินค้าคงคลังชนิดอื่น ๆ



รูปที่ 2.2 ตัวแบบสำหรับปริมาณการสั่งซื้อแบบคงที่
ที่มา: Jacobs & Chase (2010)

จากรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงระดับสินค้าคงคลัง ณ จุดเริ่มต้นซึ่งมีปริมาณสินค้าคงคลังเท่ากับ Q หน่วยจะถูกนำเข้ามาอยู่ในคลังสินค้าทันทีหลังจากเวลาผ่านไปสินค้าในคลังสินค้าจะมีจำนวนลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากมีการจำหน่ายออกไปหรือถูกนำไปใช้ และเมื่อระดับสินค้าคงคลังในคลังสินค้ามีจำนวนลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อใหม่ (ROP) บริษัทหรือองค์กรก็จะทำการสั่งซื้อใหม่โดยจะมีปริมาณเท่าเดิมคือ Q หน่วย และสินค้าก็จะต้องรอสินค้าในระยะเวลาหนึ่งจึงจะได้รับสินค้าทั้งหมดเข้ามาในคลังสินค้าทันทีเป็นการเริ่มวัฏจักรใหม่ และก็จะเป็นไปในรูปแบบนี้ไปเรื่อย ๆ ซึ่งจะเรียกแบบลักษณะดังกล่าวว่า ฟันเลื่อย หรือ “Saw-tooth Effect”

ในการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) สำหรับการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม มีสมมติฐานดังนี้

1. ปริมาณความต้องการของลูกค้าต่อปีมีความแน่นอนและความต้อการคงที่ที่เกิดขึ้นในลักษณะคงที่และสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา
2. ช่วงเวลานำ (Lead Time) คือช่วงเวลาที่รอคอยหลังออกไปสั่งซื้อหรือสั่งผลิตจนกระทั่งได้รับสินค้า มีค่าเป็นศูนย์หรือทราบค่าที่แน่นอน
3. ไม่ยอมให้สินค้าขาดแคลน
4. ระบบสินค้าคงคลังนี้จะเป็นระบบที่ดำเนินอย่างต่อเนื่อง ปริมาณที่ทำการผลิตหรือสั่งซื้อ

แต่แต่ละครั้ง และปริมาณสินค้าที่ได้รับ สินค้าคงเหลือที่อยู่ในคลังสินค้าจะมีค่าเหมือนเดิมตลอด
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในชื่อของเอกสารนี้ ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษาตัวแบบ EOQ มีดังนี้

- K แทน ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่อครั้ง (บาท/ครั้ง)
 D แทน ความต้องการของลูกค้า (หน่วยสินค้า/หน่วยเวลา)
 h แทน ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (บาท/หน่วยสินค้า/หน่วยเวลา)
 q^* แทน ขนาดการสั่งซื้อต่อครั้งที่ประหยัด (หน่วยสินค้า/ครั้ง)
 q แทน ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิต (หน่วยสินค้า/ครั้ง)
 T แทน ระยะเวลาในการสั่งซื้อ (วันจรรยา/วัฏจักรการสั่งซื้อ)
 C แทน ราคาสินค้า (บาท/หน่วยสินค้า)
 TC แทน ต้นทุนสินค้าคงคลังรวม (หน่วยบาท/ครั้ง)
 T แทน ระยะเวลาในการรอคอยสินค้า (หน่วยเวลา)

ในการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดจะพิจารณาความต้องการ และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบสินค้าคงคลังในระยะเวลา 1 ปี ได้แก่

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการออกไปสั่งซื้อหรือสั่งผลิตในระยะเวลา 1 ปี เท่ากับ } \frac{KD}{q} \quad (2.18)$$

$$\text{เมื่อ } \frac{D}{Q} \text{ คือ จำนวนครั้งที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิตในระยะเวลา 1 ปี} \quad (2.19)$$

ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาในรอบ 1 ปี คำนวณโดยใช้ระดับสินค้าคงคลังเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาเมื่อต้นรอบและปลายรอบ ซึ่งมีค่าเป็น q และ 0 ตามลำดับ ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจึงเท่ากับ

$$H \frac{(q+0)}{2} = \frac{hq}{2} \quad (2.20)$$

1. ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Total Cost : TC) โดยไม่นับราคาวัตถุดิบเท่ากับ ผลรวมของค่าใช้จ่ายทั้ง 2 กรณี คือ

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

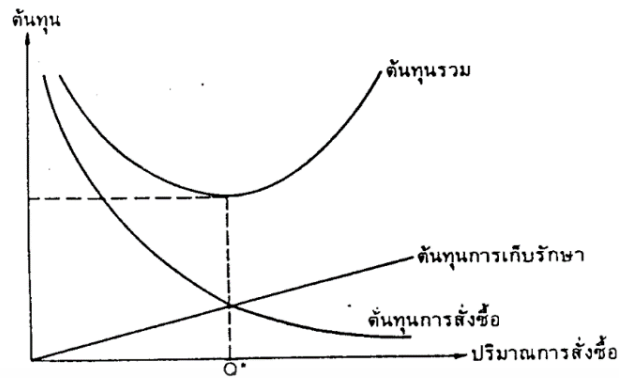
2. ขนาดสั่งซื้อที่เหมาะสมในระบบ EOQ หรือ q^* คือ

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

3. ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด คือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา
ที่มา: พิกพ ลลิตาภรณ์ (2552)

การใช้สูตร EOQ ไม่ว่าจะในรูปแบบของการสั่งซื้อหรือการผลิตได้ตั้งข้อกำหนดการใช้ในความต้องการแบบคงที่ ดังนั้นการลดลงของสินค้าจึงเป็นลักษณะแบบเส้นตรงคงที่ แต่ในสถานการณ์ของความเป็นจริงมักจะโอกาสเกิดขึ้นน้อย ซึ่งอาจมีเหตุผลมาจาก ปัจจัยทางด้านฤดูกาลและอื่น ๆ ของสินค้ารายการดังกล่าว

2. กรณีที่มีความต้องการไม่คงที่

ถ้าความต้องการในแต่ละช่วงเวลามีความไม่แน่นอนหรือไม่คงที่ ซึ่งเป็นกรณีที่กลุ่มตัวอย่างพบได้ในทางปฏิบัติโดยถ้าหากค่า VC ของความต้องการของสินค้าคงคลังมีค่ามากกว่า 0.2 จะไม่สามารถใช้การสั่งซื้อที่ประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) ได้โดยมีข้อกำหนดดังนี้

1) ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่คงที่

2) ช่วงระยะเวลานำ (Lead Time) หมายถึง ระยะเวลาการออกไปสั่งซื้อหรือส่งผลิตจนกระทั่งได้รับสินค้าซึ่งมีค่าที่แน่นอนโดยไม่อนุญาตให้มีสินค้าขาดแคลนเกิดขึ้น โดยจะนำนโยบายหรือเทคนิคที่นิยมนำมาปรับใช้แก้ปัญหาเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมซึ่งมี 3 เทคนิคได้แก่

1. การสั่งซื้อแบบ Lot for Lot เป็นรูปแบบการสั่งซื้อหรือการผลิตที่เพียงพอ กับความต้องการโดยไม่จำเป็นต้องมีสินค้าคงคลังสำรองหรือการสั่งซื้อ การสั่งผลิตสำรองเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาสินค้าขาดแคลน อีกทั้งยังไม่มีต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ซึ่งเหมาะสมกับสินค้าหรือวัตถุดิบที่มีราคาสูงหรือสินค้าที่มีความไม่แน่นอน

2. การสั่งซื้อแบบช่วงเวลา (Periodic Order Quantity: POQ) เป็นรูปแบบการสั่งซื้อแบบตามช่วงเวลา การสั่งซื้อด้วยรูปแบบการสั่งซื้อตาม ช่วงเวลาจะมีจำนวนการสั่งซื้อที่ไม่เท่ากันในแต่ละครั้ง แต่ในช่วงเวลาที่ทำการสั่งซื้อจะมีค่าเท่ากันทุกครั้ง โดยสามารถคำนวณได้จาก

สมการ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N = \frac{EOQ}{d} \quad (2.23)$$

โดย	N	คือ จำนวนช่วงเวลาในการสั่งซื้อเฉลี่ย
	EOQ	คือ ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด
	\bar{d}	คือ ปริมาณความต้องการโดยเฉลี่ย/ช่วงเวลา

รูปแบบการสั่งซื้อตามช่วงเวลาจะช่วยลดปริมาณของสินค้าคงคลังให้มีปริมาณลดลงได้

3. การสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) เป็นรูปแบบการหาต้นทุนในการสั่งซื้อ (Order Cost) ของงวดการสั่งซื้อ m งวดล่วงหน้า (วลัยลักษณ์ อัครธีรวงศ์, 2551) โดยต้องการหาจำนวนการสั่งซื้อ m ที่ทำให้ต้นทุนเฉลี่ยในการสั่งซื้อมีค่าต่ำที่สุด โดยมีรายละเอียดในการคำนวณดังนี้

K	คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า (บาท/ครั้ง)
h	คือ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า (บาท/หน่วยสินค้า/หน่วยเวลา)
N	คือ จำนวนช่วงเวลาในการสั่งซื้อเฉลี่ย (รอบ)

โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

กำหนดปริมาณความต้องการสินค้าในอนาคต n งวด $= (d_1, d_2, \dots, d_n)$

กำหนดให้ $A(m)$ เป็นต้นทุนแปรผัน ได้แก่ ต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้าและต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังที่ซื้อ ณ งวดที่ 1 เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการใช้สินค้าทั้ง m งวด

หากกำหนดการสั่งซื้อสินค้าเท่ากับ d_1 หมายถึง ความต้องการสินค้าสั่งซื้อสินค้าให้พอกับความต้องการในงวดที่ 1 เท่านั้น จึงจะสามารถหาต้นทุนเฉลี่ยได้จาก $A(1) = K$

หากกำหนดการสั่งซื้อสินค้าเท่ากับ 2 ช่วงเวลา $d_1 + d_2$ ณ ช่วงเวลาที่ 1 เพื่อสินค้าเพียงพอต่อความต้องการในงวดที่ 1 และงวดที่ 2 ซึ่งสามารถหาต้นทุนเฉลี่ยของทั้ง 2 งวดได้จากสูตร

$$A(2) = \frac{1}{2}(K + hd_2) \quad (2.24)$$

โดย h หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง ณ ช่วงเวลาหนึ่ง โดยจะอนุมาน d_2 เป็นปริมาณสินค้าคงคลังที่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาที่ 1 เพราะในช่วงระยะเวลาที่ 1 มีความต้องการสั่งซื้อเท่ากับปริมาณความต้องการของ $d_1 + d_2$ ทำให้ต้องคูณด้วยปริมาณความต้องการ d_2 ด้วย h ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังต่อหน่วย และทำการหารด้วย 2 เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการสั่งซื้อสินค้า $d_1 + d_2$ ณ ช่วงเวลาที่ 1

หากกำหนดรอบการสั่งซื้อสินค้าเท่ากับ 3 ช่วงเวลา จะได้ สมการ

$$A(3) = \frac{1}{3}(K + hd_2 + 2hd_3) \quad (2.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า
 รอบการสั่งซื้อครอบคลุมความต้องการ m งวดเวลา โดยมีสูตรการคำนวณดังสมการ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A(m) = \frac{1}{m}(K + hd_2 + \dots + (m-1)hd_m)$$

เมื่อ $m = 1, 2, \dots, m$ และจะสิ้นสุดเมื่อ $A(m+1) > A(m)$

หากงวดที่ $A(m+1)$ มีต้นทุนในการสั่งซื้อสูงกว่า $A(m)$ จะทำการหยุดการสั่งซื้อ ณ งวดที่ 1 เพื่อให้ครอบคลุมปริมาณความต้องการ ณ งวดที่ m หมายความว่า $Q_1 = d_1 + d_2 + \dots + d_m$ และจะเริ่มคำนวณใหม่ในงวดที่ $m+1$ จนกระทั่งครบรอบสุดท้ายในการวางแผนการสั่งซื้อสินค้า

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) เนื่องจากเหมาะสมกับการที่เราต้องการควบคุมทั้งต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาเป็นการสั่งซื้อที่ทำให้ต้นทุนเฉลี่ยต่อช่วงเวลาต่ำที่สุด ยังเป็นการหาปริมาณการสั่งซื้อตามความต้องการในแต่ละช่วงเวลาโดยต้นทุนของสินค้านั้นเป็นต้นทุนแปรผันและยังช่วยลดต้นทุนแปรผัน

2.4.9 การหาจุดสั่งซื้อและระบบสินค้าคงคลังสำรอง (Reorder Point and Safety Stock)

1. จุดสั่งซื้อสินค้า (Reorder Point: ROP)

เป็นจุดที่บ่งบอกถึงปริมาณสินค้าคงคลังที่อยู่ในระบบที่ทำให้บริษัทต้องการมีการสั่งซื้อสินค้า โดยจะแบ่งพิจารณาจุดสั่งซื้อเป็น 2 กรณี

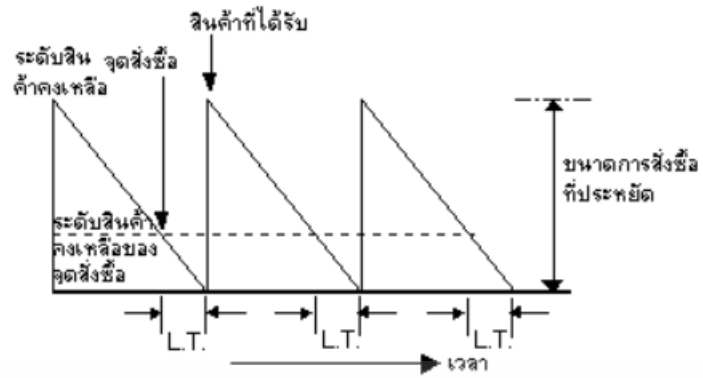
กรณีที่ 1 เป็นกรณีที่มีความแน่นอนทั้งความต้องการสินค้าและช่วงเวลาของผู้จัดส่ง ถ้าช่วงเวลาของผู้จัดส่งเป็นศูนย์ ซึ่งหมายถึง สั่งซื้อสินค้าแล้วได้รับสินค้าแล้วได้รับสินค้าทันที จุดสั่งซื้อเป็นศูนย์ แต่ถ้าช่วงเวลาไม่เป็นศูนย์ แต่มีค่าเท่ากับ LT แล้ว

$$ROP = (\bar{d}) \times (LT) \quad (2.26)$$

\bar{d} แทน ปริมาณความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อช่วงเวลา

LT แทน ช่วงเวลานำ คือ ช่วงเวลาตั้งแต่สั่งซื้อสินค้าจนกระทั่งได้รับสินค้า

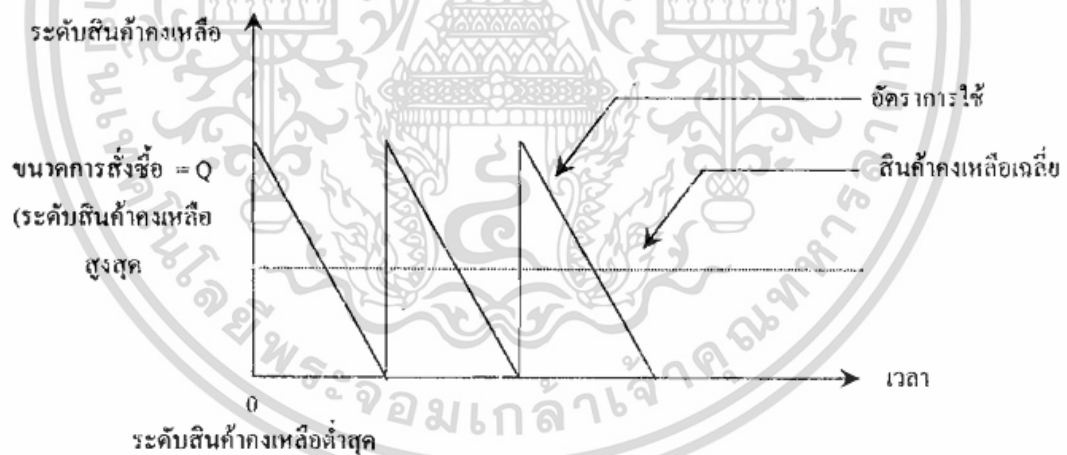
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 จุดสั่งซื้อที่มีความต้องการแน่นอน

ที่มา: พิภพ สถิติกรณ์ (2552)

กรณีที่ 2 เป็นกรณีที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น ซึ่งอาจมาจากเหตุของความต้องการสินค้าหรืออาจมาจากความไม่แน่นอนจากช่วงเวลาของการจัดส่งสินค้า ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีสินค้าคงคลังสำรองเพื่อไว้จำนวนหนึ่งเพื่อรองรับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.5 ระดับสินค้าคงเหลือเพื่อความปลอดภัย

ที่มา: สมพล พุ่มหว่า (2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$ROP = (\bar{d} \times \overline{LT}) + SS \quad (2.27)$$

โดย \bar{d} แทน ปริมาณความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อช่วงเวลา
 \overline{LT} แทน ช่วงเวลานำหรือระยะเวลาในการรอคอยสินค้า
 SS แทน ปริมาณสินค้าคงเหลือเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS)

ในกรณีที่ 2 นี้สามารถคำนวณด้วยวิธีการทางสถิติ โดยแบ่งย่อย ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้
 กรณีที่ 1 กรณีความต้องการของลูกค้ามีความคงที่ แต่ระยะเวลาการนำส่งมีความแปรปรวน

ระยะเวลาในการส่งมอบสินค้าหรือวัตถุดิบมักไม่คงที่ซึ่งระดับสินค้าคงคลังเหลือเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS) มีจำนวนปริมาณมาก หรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับต้นทุนในการเก็บรักษาและต้นทุนในการขาด แคลนสินค้าซึ่งเป็นเรื่องยากของการที่จะทราบถึงต้นในการเก็บรักษาและการขาดแคลนสินค้าสินค้า ดังนั้นจึงกำหนดนโยบายเกี่ยวกับการสำรองสินค้าคงเหลือเพื่อความปลอดภัยโดยกำหนดระดับการ ให้บริการแก่ลูกค้า (Service Level) หรือแทนด้วยสัญลักษณ์ $(1-\alpha)100\%$ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วความ แปรปรวนที่เกิดขึ้นมักมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยสามารถหาได้จากสมการ (พิภพ ลลิตาภรณ์, 2552)

$$ROP = (\bar{d})(LT) + Z_\alpha \sigma_d \sqrt{LT} \quad (2.28)$$

$$SS = Z_\alpha \sigma_d \sqrt{LT} \quad (2.29)$$

โดย \bar{d} แทน ปริมาณความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อช่วงเวลา
 LT แทน ช่วงเวลานำ คือ ช่วงเวลาตั้งแต่สั่งซื้อสินค้าจนกระทั่งได้รับสินค้า
 Z_α แทน ค่าที่ได้จากตารางแจกแจงปกติ
 σ_d แทน ค่าสัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการใช้ต่อหน่วยเวลา

กรณีที่ 2 กรณีความต้องการของลูกค้าและระยะเวลาในการส่งมอบมีความแปรปรวน
 ในกรณีนี้จำเป็นที่จะต้องกำหนดระดับสินค้าคงเหลือเพื่อความปลอดภัยในปริมาณที่มากขึ้น เพื่อจะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าและให้ดำเนินการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
 ในกรณีนี้ความต้องการของลูกค้าและระยะเวลานำมีความแปรปรวนโดยสามารถคำนวณหาจุดสั่งซื้อใหม่ได้ จากสมการ

$$ROP = (\bar{d})(LT) + Z_\alpha \sqrt{(\overline{LT})\sigma^2 + \bar{d}^2\sigma_{LT}^2} \quad (2.30)$$

$$\text{โดยหาได้จาก } \sqrt{\sigma_d^2 + \sigma_{LT}^2} \quad (2.31)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ $\sqrt{\sigma_d^2} = \sqrt{LT} \times \sigma_d$ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sqrt{\sigma_{LT}} = \bar{d} \times \sigma_{LT}$$

โดย	\bar{d}	แทน ปริมาณความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อช่วงเวลา
	\overline{LT}	แทน ช่วงเวลานำหรือระยะเวลาในการรอคอยสินค้า
	σ_d	แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการใช้ต่อหน่วยเวลา
	σ_{LT}	แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลา

จากการศึกษาข้อมูลวิจัยกรณีศึกษาเป็นกรณีที่มีความแน่นอนทั้งความต้องการสินค้าและช่วงเวลาของผู้จัดส่งจึงจะใช้การคำนวณหาจุดสั่งซื้อสูตรที่ 2.26 แต่ในสภาพความเป็นจริงการดำเนินงานมักตกอยู่ภายใต้ความไม่แน่นอน โอกาสที่ความต้องการจะมากกว่าที่ประมาณการไว้มีโอกาสเกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มสินค้าคงคลังเหลือเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS) เนื่องจากจะต้องจัดเตรียมเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น เพื่อลดความเสี่ยงในการขาดสต็อกในแต่ละรอบของการสั่ง ดังนั้นจึงจะต้องมีการปรับจุดสั่งซื้อใหม่ด้วย จึงจะใช้เป็นสูตรที่ 2.27

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูล

2.5.1 ความหมายของการจัดการฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) หมายถึง ที่เก็บและรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นคำ ตัวเลข รูปภาพ วิดีโอ และไฟล์ คุณสามารถใช้ซอฟต์แวร์ที่เรียกว่าระบบการจัดการฐานข้อมูล (DBMS) เพื่อจัดเก็บ กู้คืน และแก้ไขข้อมูล ในระบบคอมพิวเตอร์คำว่า ฐานข้อมูล ยังสื่อถึง DBMS ไต ๆ และรวมถึงระบบฐานข้อมูลหรือโปรแกรมประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูล โดยการจัดการฐานข้อมูล (Database management) คือ การบริหารแหล่งของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ที่ศูนย์กลาง เพื่อตอบสนองต่อการใช้ของโปรแกรมประยุกต์อย่างมีประสิทธิภาพและลดการซ้ำซ้อนของข้อมูลรวมทั้งความขัดแย้งของข้อมูลที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ในอดีตการเก็บข้อมูลมักจะเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีการเชื่อมโยงของข้อมูลเกิดการสิ้นเปลืองพื้นที่ในการเก็บข้อมูล

2.5.2 แบบจำลอง E-R Diagram

ER Diagram: Entity-Relationship Diagram คือแบบจำลองที่อธิบายโครงสร้างฐานข้อมูล ซึ่งเขียนออกมาในลักษณะรูปภาพ และการอธิบายโครงสร้างและความสัมพันธ์ของข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งาน รวมถึง ผู้ที่ทำงานด้านฐานข้อมูลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง อาจจะเป็นในด้านของการทำงานต่อ หรือ การมีส่วนร่วมในการออกแบบฐานข้อมูล ได้เข้าใจ และสามารถทำงานได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

จากการดูการเชื่อมความสัมพันธ์ ของข้อมูล โดยองค์ประกอบหลัก ๆ ของ Er Diagram จะมีดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Entity (เอนทิตี)

เอนทิตี (Entities) คือ ข้อมูลหลักของวัตถุที่ต้องการเก็บข้อมูล ส่วนมากแล้วจะใช้แสดงบุคคล สถานที่ สิ่งของ หรือเหตุการณ์ที่น่าจดจำ การระบุ Entities ใน ER Diagram จะใช้รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแล้วเขียนชื่อกำกับไว้ โดยชื่อของ Entities ควรจะเป็นชื่อเรียกวัตถุโดยรวม เช่น ถ้าเราต้องการเก็บข้อมูล ส้ม แดงโม เราควรใช้ Entity ชื่อ“ผลไม้” แทนการใช้ Entity ย่อย สำหรับผลไม้แต่ละชนิด Attribute (แอททริบิวต์)



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างเอนทิตี

2. ความสัมพันธ์ (Relationships)

Relationships แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Entities ตั้งแต่หนึ่ง Entities ขึ้นไป โดยการระบุ Relationships ใน ER Diagram จะใช้รูปสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด

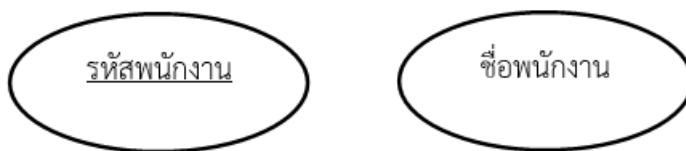


รูปที่ 2.7 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี

3. แอททริบิวต์ (Attributes)

แอททริบิวต์ หมายถึง ลักษณะหรือคุณสมบัติที่นำมาอธิบาย Entity และความสัมพันธ ตัวอย่างของ แอททริบิวต์ของ Entity ซึ่งสัญลักษณ์ที่ใช้ใน ERD คือวงรีสำหรับแอททริบิวต์ที่ถูกกำหนดให้ทำหน้าที่เป็นคีย์หลัก มีค่าได้เพียงค่าเดียวห้ามซ้ำกัน (Primary key) ของ Entity ก็จะขีดเส้นทึบใต้ชื่อของแอททริบิวต์ เพื่อแสดงให้รู้ว่าเป็นคีย์หลัก เช่น แอททริบิวต์ของ Entity “พนักงาน” ได้แก่ รหัสพนักงาน ชื่อ นามสกุล ของพนักงาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างแอททริบิวต์

4. คีย์ (Keys)

Attributes สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ Identifiers และ Descriptors

1. Identifier หรือ Key คือ Attributes ที่ใช้ระบุวัตถุใน Entity โดยแต่ละวัตถุใน Entity จะต้องมีค่า Key ที่ไม่ซ้ำกัน

2. Descriptors คือ Attributes ที่ใช้อธิบายลักษณะทั่วไป ซึ่งสองวัตถุอาจจะมีค่า Descriptors เหมือนกันได้

3. การระบุ Keys ใน ER Diagram จะใช้การขีดเส้นใต้ชื่อ Attributes

4. คีย์หลัก (Primary Key PK) คือคอลัมน์ที่ข้อมูลในแต่ละแถวไม่ซ้ำกัน โดยหนึ่งตารางควรมีคีย์หลักเพียง 1 คีย์ และคอลัมน์ที่เป็นคีย์หลักจะต้องไม่มีค่าว่าง (Null)

5. คีย์นอก (Foreign Key: FK) คือคอลัมน์ของตารางหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับอีกคอลัมน์ของตาราง



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รูปแบบการเชื่อมต่อของฐานข้อมูล

รูปแบบการเชื่อมต่อของฐานข้อมูล เป็นสิ่งที่ระบุข้อบังคับให้กับ Relationships โดยค่าของการเชื่อมต่อจะมีอยู่สองค่าคือ One และ Many

1. ฟังก์ชันการเชื่อมต่อที่มีค่า One แปลว่าฟังก์ชันนั้นจะมีวัตถุอย่างมาก 1 ชิ้นที่จะถูกเชื่อมโยงกับ วัตถุมากกว่าหนึ่งชิ้นของอีกฟังก์ชัน

2. ฟังก์ชันการเชื่อมต่อที่มีค่า Many แปลว่าฟังก์ชันนั้นจะมีวัตถุอย่างน้อย 1 ชิ้นที่จะถูกเชื่อมโยงกับ วัตถุแต่ละชิ้นของอีกฟังก์ชัน

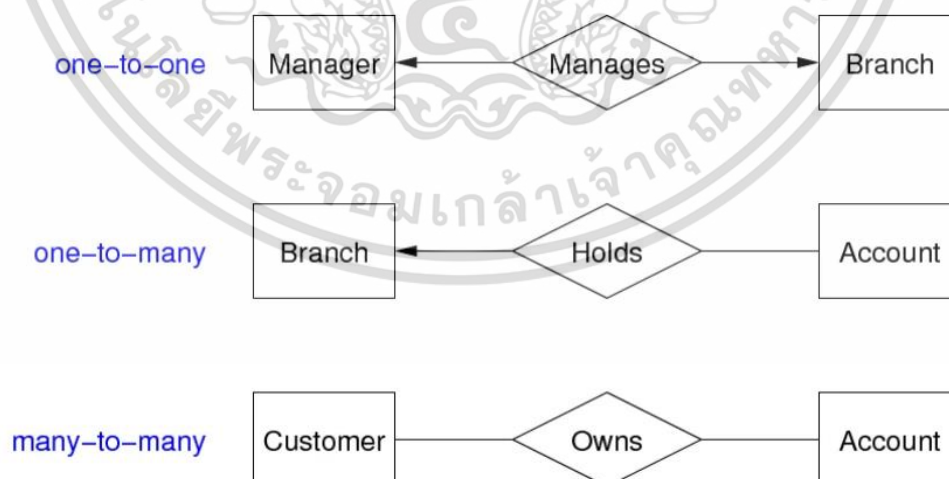
3. ใน ER Diagram เราจะใช้เลข 1 สำหรับค่า One และตัวอักษร N สำหรับค่า Many

ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีที่แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม และความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม แสดงดังรูป 2.10 มีรายละเอียดต่อไปนี้

1) ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Relationship หรือ 1:1) หมายถึง ข้อมูลในเอนทิตีหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับข้อมูลในอีกหนึ่งเอนทิตีเพียงข้อมูลเดียว

2) ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อกลุ่ม (One to Many Relationship หรือ 1:M) หมายถึง ข้อมูล ในเอนทิตีหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับข้อมูลในอีกหนึ่งเอนทิตีมากกว่าหนึ่งข้อมูล

3) ความสัมพันธ์แบบกลุ่มต่อกลุ่ม (Many to Many Relationship หรือ M:M) หมายถึง ข้อมูลมากกว่าหนึ่งข้อมูลในเอนทิตีหนึ่ง มีความสัมพันธ์กับข้อมูลในอีกหนึ่งเอนทิตี มากกว่าหนึ่งข้อมูล



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างรูปแบบการเชื่อมต่อฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่มา: Zean Vrt (2018)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 พจนานุกรมข้อมูล

พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) เปรียบเสมือนแฟ้มที่เก็บบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ภายในฐานข้อมูล (Database) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ ทำให้สามารถค้นหารายละเอียดที่ต้องการได้โดยสะดวก เนื่องจากทุกฐานข้อมูลจะมีการจัดเก็บรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับข้อมูล (Metadata) ภายในฐานข้อมูล ตัวอย่างเช่น โครงร่างของฐานข้อมูลระดับภายนอก (External Schema) โครงร่างของฐานข้อมูลระดับแนวคิด (Conceptual schema) และโครงร่างของฐานข้อมูลระดับภายใน (Internal Schema) เป็นต้น ซึ่งส่วนที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลลักษณะดังกล่าวคือ พจนานุกรมข้อมูลหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า System Catalog พจนานุกรมนี้เป็นการผสมผสานระหว่างรูปแบบของพจนานุกรมโดยทั่วไปกับรูปแบบของข้อมูลในระบบงานคอมพิวเตอร์เพื่อทำการอธิบายชนิดของข้อมูลแต่ละตัวว่าเป็นตัวเลข (Number หรือ Numeric) ตัวอักขระ (Character) ข้อความ (Text) หรือวันที่ (Date หรือ Date/Time) เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการอ้างอิง หรือค้นหารายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลทั้งหมด ตลอดจนความหมายของแต่ละชื่อที่ใช้ในระบบฐานข้อมูล ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บไว้ในพจนานุกรมข้อมูลนี้ประกอบด้วย

1. ชื่อข้อมูล (Name and Aliases of the Data Item)
2. คำอธิบายข้อมูล (Description of the Data Item)
3. ชนิดข้อมูล (Data Type)
4. คีย์ของข้อมูล (Key of Item)
5. ตารางที่มีการดึงข้อมูลมา (Reference)

ตารางที่ 2.1 ตารางตัวอย่างของ Data Dictionary

Name	Description	Datatype	Key
id	รหัสบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์	int	PK
Order_id	รหัสคำสั่งสินค้าที่สั่งมา	int	-
Product_id	รหัสสินค้า	int	-
quantity	ปริมาณ	int	-
Lead_time	ระยะเวลาในการรอคอยสินค้า	int	-
Received_data	ข้อมูลที่ได้รับ	timestamp	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

2.6.1 โปรแกรม Visual Studio Code

Visual Studio Code หรือ VSCode เป็นโปรแกรม Code Editor ที่ใช้ในการแก้ไข และปรับแต่งโค้ด จากค่ายไมโครซอฟท์ มีการพัฒนาออกมาในรูปแบบของ OpenSource จึงสามารถนำมาใช้งานได้แบบไม่เสียค่าใช้จ่าย เหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Windows, macOS และ Linux สนับสนุนทั้งภาษา JavaScript, TypeScript และ Node.js สามารถเชื่อมต่อกับ Git ได้ นำมาใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน มีเครื่องมือส่วนขยายต่าง ๆ ให้เลือกใช้อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็น 1. การเปิดใช้งานภาษาอื่น ๆ ทั้ง ภาษา C++, C#, Java, Python และ PHP 2. Themes 3. Debugger 4. Commands เป็นต้น



รูปที่ 2.11 โปรแกรม Visual Studio Code

2.6.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา SQL

SQL มาจากคำว่า Structured Query Language เป็นภาษามาตรฐานในการเข้าถึง ฐานข้อมูล เราสามารถใช้งานภาษา SQL ได้จากโปรแกรมต่าง ๆ ที่ต้องทำการกับระบบ ฐานข้อมูล เช่น ใช้ SQL ในการทำการดึงข้อมูล (Retrieve Data) จากฐานข้อมูล และมันเป็น มาตรฐานกลางที่ใช้ในระบบฐานข้อมูลต่าง ๆ โดยเป็นมาตรฐานของ ANSI (American National Standard Institute) โดยเราสามารถนำ SQL ไปใช้ช่วยในเรื่องต่าง ๆ ได้เช่น การสืบค้นข้อมูลใน ฐานข้อมูล การใส่ข้อมูลเพิ่มเข้าไปยังฐานข้อมูล การปรับปรุงข้อมูลในฐานข้อมูล ฯลฯ และนอกจากนี้ เรายังสามารถนำ SQL ไปใช้งานในระบบต่าง ๆ ได้อีกมากมายเช่น การใช้กับเว็บไซต์ เพื่อแสดงผล ข้อมูลจากฐานข้อมูล DBMS ไม่ว่าจะเป็น Microsoft Access, SQL Server, MySQL, Oracle การ ใช้ร่วมกับระบบฐานข้อมูล RDBMS ไม่ว่าจะเป็น MS SQL Server, IBM DB2, Oracle, MySQL และ Microsoft Access หรือ ใช้ในการกำหนดในระบบวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis Tools) ที่เปิด ช่องให้เราสามารถทำการใส่หรือปรับปรุง SQL ได้ด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 โปรแกรม MySQL

2.6.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา REACT

React (บางครั้งเขียนเป็น React.js หรือ ReactJS) คือไลบรารีจาวาสคริปต์ถูกพัฒนาขึ้นโดย Facebook และถูกนำมาใช้งานอย่างเป็นทางการตั้งแต่ปี 2011 เนื่องจากช่วงนั้น Facebook มีปัญหาในการอัปเดตมุมมองของ UI เมื่อมีการปฏิสัมพันธ์ใด ๆ จากผู้ใช้งานที่ไม่สามารถทำได้แบบเรียลไทม์เช่นในปัจจุบัน จึงได้รับการออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาการทำงานของระบบให้เกิดการแสดงผลอย่างเป็นพลวัต คือสามารถอัปเดตการเปลี่ยนแปลงได้ทันทีเมื่อเกิดคำสั่งใหม่บนระบบ ซึ่งจะหมายความว่า React นั้นจะช่วยให้นักพัฒนาอัปเดตเฉพาะองค์ประกอบที่ต้องเปลี่ยนการแสดงผลในหน้านั้นได้ทันที โดยที่ไม่ต้องทำการโหลดซ้ำใหม่ทั้งหน้าให้เสียเวลาที่เป็นตัวช่วยให้สามารถสร้าง UI (User Interface หรือองค์ประกอบของเว็บที่เชื่อมต่อกับผู้ใช้งานโดยตรง) ได้แม่นยำและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และส่งผลให้การแสดงผลมีความเป็นระบบถูกต้องมากขึ้นไปพร้อม ๆ กัน สิ่งนี้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการเขียนโค้ดสำหรับเว็บไซต์และแอปพลิเคชันมีประโยชน์กับฐานะ Front-End โดย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1. Component: โค้ดที่แบ่งออกเป็นบล็อกเล็ก ๆ หลายอัน คอมโพเนนต์อันหนึ่งจะแทนที่ชิ้นส่วนของปุ่มหรือองค์ประกอบ UI ของหน้าเว็บ ซึ่งคอมโพเนนต์เหล่านี้สามารถนำมาใช้ซ้ำได้ตลอดการสร้างระบบ คอมโพเนนต์จะทำให้ส่วนต่าง ๆ ของหน้าเว็บทำงานอย่างเป็นอิสระต่อกัน
2. JSX: เป็นส่วนขยายสำหรับการเขียนโค้ดภาษา JavaScript ทำให้นักพัฒนาสามารถเขียนโค้ดที่เหมือน HTML ภายในคอมโพเนนต์ แต่เบื้องหลังจะถูกแปลงเป็นภาษา JavaScript เอง
3. Props: ใช้อธิบายวิธีการส่งผ่านข้อมูลจากคอมโพเนนต์หลักไปยังคอมโพเนนต์ย่อย เพื่อการแสดงผลบางประการที่แตกต่างกันไป ในคอมโพเนนต์หลักขึ้นเดียวกันโดยไม่ต้องไปเขียนโค้ดขึ้นใหม่ทั้งหมดทำให้สามารถใช้งานคอมโพเนนต์ได้อย่างหลากหลายมากขึ้น เช่น ปุ่มกดที่มีดีไซน์ UI เหมือนกันเกิดจากคอมโพเนนต์อันเดียวกัน แต่ Text บนปุ่มในแต่ละหน้าเว็บอาจไม่เหมือนกัน

2.6.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา HTML

ภาษาหลักที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผล HTML ย่อมาจากคำว่า Hypertext Markup Language โดย Hypertext หมายถึงข้อความที่เชื่อมต่อกันผ่านลิงค์ (Hyperlink) Markup language หมายถึงภาษาที่ใช้ Tag ในการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

กำหนดการแสดงผลสิ่งต่าง ๆ ที่แสดงอยู่บนเว็บเพจ ดังนั้น HTML จึงหมายถึง ภาษาที่ใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผลเว็บเพจที่ต่างก็เชื่อมถึงกันใน Hyperspace ผ่าน Hyperlink และนำมาใช้ร่วมกับภาษา react โดยใช้ Tag ภาษา HTML เข้ามาร่วมเนื่องจากเป็น Tag ที่คนส่วนใหญ่นิยมใช้และเข้าใจได้ง่าย สามารถปรับใช้ร่วมได้อย่างหลากหลาย ช่วยให้สามารถเพิ่มลูกเล่นต่าง ๆ บนเว็บไซต์ได้สวยงามมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐานของ HTML

คำสั่ง	ความหมาย
<html>	เป็นแท็กเริ่มต้นและสิ้นสุดของเอกสาร HTML
<head>	เป็นแท็กที่ใช้กำหนดในส่วนที่เป็นชื่อเรื่อง
<title>	กำหนดข้อความบนไตเติลบาร์เป็นคำสั่งในส่วน<head>
<meta>	เป็นแท็กสำหรับแสดงข่าวสารของไฟล์เอกสาร HTML
<body>	เป็นแท็กเริ่มต้นและสิ้นสุดของเนื้อหาในเอกสาร ซึ่งในแท็ก <body> จะมีแท็กอื่น ๆ แทรกอยู่ระหว่างแท็กเปิดและแท็กปิด
<h1>	เป็นแท็กสำหรับกำหนดหัวข้อให้เป็นตัวอักษรขนาดใหญ่สุดถึงเล็กสุด กำหนดให้ไม่เกิน 6
 	ขึ้นบรรทัดใหม่
<hr>	ขีดเส้นคั่น
<background>	ใช้ร่วมกับ<body>หรือ<table>เพื่อกำหนดสีของพื้นหลังเป็นรูปภาพ
<bgcolor>	ใช้ร่วมกับ<body>หรือ<table>เพื่อกำหนดสีของพื้นหลัง
	แสดงข้อความกำหนดสีของข้อความ กำหนดขนาดของข้อความกำหนดชนิดของข้อความ
	แสดงรูปภาพ กำหนดรูปภาพ กำหนดข้อความเมื่อเอาเมาส์วางบนภาพ กำหนดความกว้างของภาพ กำหนดความยาวของภาพ
<tt>	เป็นแท็กสำหรับกำหนดตัวอักษรเป็นตัวพิมพ์ดีด
	เป็นแท็กสำหรับแสดงรายการโดยไม่ต้องเรียงลำดับ
	เป็นแท็กสำหรับแสดงรายการโดยเรียงลำดับ
	เป็นแท็กแสดงข้อความในแต่ละบรรทัดใน แท็ก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐานของ HTML (ต่อ)

คำสั่ง	ความหมาย
<a>	เป็นแท็กที่กำหนดการเชื่อมโยง
	เป็นแท็กที่กำหนดการเชื่อมโยงด้วยรูปภาพ
<a href target>	กำหนดการเชื่อมโยง กำหนดจุดเชื่อมโยง กำหนดการเปิดหน้าต่างใหม่
<table>	เป็นแท็กสำหรับสร้างตาราง
<table width, bgcolor, border, bordercolor>	สร้างตารางกำหนดความกว้างของตาราง
<tr>	เป็นแท็กสำหรับการกำหนดแถวในตาราง
<td>	เป็นแท็กสำหรับกำหนดคอลัมน์ในแถว
rowspan	รวมแถว
colspan	รวมเซลล์
<caption>	เป็นแท็กสำหรับกำหนดคำอธิบายในตาราง
<th>	เป็นแท็กสำหรับกำหนดข้อความหัวข้อเรื่องของตาราง
<form>	เป็นแท็กสำหรับกำหนดสร้าง form
<input>	เป็นแท็กสำหรับกำหนด input ใน form
<frame>	เป็นแท็กสำหรับสร้าง frame

2.6.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา JavaScript

JavaScript คือ ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ตที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง Java JavaScript เป็นภาษาสคริปต์เชิงวัตถุ ที่เรียกกันว่า "สคริปต์" (Script) ซึ่งในการสร้างและพัฒนาเว็บไซต์ (ใช้ร่วมกับ HTML) เพื่อให้เว็บไซต์ของเราดูมีการเคลื่อนไหวสามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น ซึ่งมีวิธีการทำงานในลักษณะ "แปลความและดำเนินงานไปที่ละคำสั่ง" (interpret) หรือเรียกว่า อ็อบเจ็กต์โอเรียนเตด (Object Oriented Programming) ที่มีเป้าหมายในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ต สำหรับผู้เขียนด้วยภาษา HTML สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้ โดยทำงานร่วมกับ ภาษา HTML และ ภาษา Java ได้ทั้งทางฝั่งไคลเอนต์ (Client) และทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server) ช่วยให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างเว็บเพจได้ตรงกับความต้องการ และมีความน่าสนใจมากขึ้น ประกอบกับเป็นภาษาเปิดที่ใครก็สามารถนำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงมีการใช้งานอย่างกว้างขวางรวมทั้งได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโดย ECMA การทำงานของ JavaScript จะต้องมีการแปลความคำสั่ง ซึ่งขั้นตอนนี้จะถูกจัดการโดยเบราว์เซอร์ (เรียกว่าเป็น Client-Side Script) ดังนั้น JavaScript จึงสามารถ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานได้เฉพาะบนเบราว์เซอร์ที่สนับสนุน ซึ่งปัจจุบันเบราว์เซอร์เกือบทั้งหมดก็สนับสนุน JavaScript แล้วอย่างไรก็ตาม สิ่งที่ต้องระวังคือ JavaScript มีการพัฒนาเป็นเวอร์ชันใหม่ ๆ ออกมาด้วย ดังนั้น ถ้านำโค้ดของเวอร์ชันใหม่ไปรันบนเบราว์เซอร์รุ่นเก่าที่ยังไม่สนับสนุนก็อาจจะทำให้เกิด Error ได้

2.6.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับภาษา CSS

CSS คือ ภาษาที่ใช้สำหรับตกแต่งเอกสาร HTML/XHTML ให้มีหน้าตา สี สัน ระยะเวลา ฟันหลัง เส้นขอบและอื่น ๆ ตามที่ต้องการ CSS ย่อมาจาก Cascading Style Sheets มีลักษณะเป็นภาษาที่มีรูปแบบในการเขียน Syntax แบบเฉพาะและได้ถูกกำหนดมาตรฐานโดย W3C เป็นภาษาหนึ่งในการตกแต่งเว็บไซต์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีประโยชน์อย่างหลากหลาย ซึ่งได้แก่

1. ช่วยให้เนื้อหาภายในเอกสาร HTML มีความเข้าใจได้ง่ายขึ้นและในการแก้ไขเอกสารก็สามารถทำได้ง่ายกว่าเดิมเพราะการใช้ CSS จะช่วยลดการใช้ภาษา HTML ลงได้ในระดับหนึ่ง และแยกระหว่างเนื้อหา กับรูปแบบในการแสดงผลได้อย่างชัดเจน
2. ทำให้สามารถดาวน์โหลดไฟล์ได้เร็ว เนื่องจาก code ในเอกสาร HTML ลดลง จึงทำให้ไฟล์มีขนาดเล็กลง
3. สามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลจากคำสั่ง Style Sheet ชุดเดียวกันให้มีการแสดงผลในเอกสารแบบเดียวกันทั้งหน้าหรือในทุก ๆ หน้าได้ ช่วยลดเวลาในการปรับปรุงและทำให้การสร้างเอกสารบนเว็บมีความรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการแสดงผล ให้คล้ายหรือเหมือนกันได้ในหลาย Web Browser
4. ช่วยในการกำหนดการแสดงผลในรูปแบบที่มีความเหมาะสมกับสื่อต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี
5. ทำให้เว็บไซต์มีความเป็นมาตรฐานมากขึ้นและมีความทันสมัย สามารถรองรับการใช้งานในอนาคตได้ดี

2.6.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ NodeJS

NodeJS คือ Cross Platform Runtime Environment สำหรับฝั่ง Server เป็น Open Source และ Library ที่ใช้สำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันต่าง ๆ ด้วยภาษา JavaScript เหมาะสำหรับการสร้างแอปพลิเคชันที่ต้องการใช้ข้อมูลจำนวนมาก และนิยมใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้ข้อมูลแบบ Realtime สามารถทำงานได้ทุกระบบปฏิบัติการโดยถูกนำมาเป็น Web Server, IoT, Webkit, TVOS, OS และอื่น ๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 โปรแกรม NodeJS

2.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.7.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้ระบบปฏิบัติการ Window ตัวรุ่น: IdeaPad Gaming3 15IMH05 81Y400PATA
2. ตัวประมวลผล: Intel Core i5-10300H (2.5GHz up to 4.5GHz, 8MB Intel Smart Cache)
3. Ram: 8 GB
4. Storage: 512 GB

2.7.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

1. โปรแกรม Microsoft Excel เป็นโปรแกรมทำงานด้านตารางคำนวณ (Spreadsheet) สามารถ ทำตาราง สร้างแบบฟอร์ม สร้างการคำนวณ ทำงานกับข้อมูล เตรียมข้อมูล สรุปผลข้อมูล มีเครื่องมือต่าง ๆ มากมายในนั้นให้เราได้ใช้งานพร้อมยังติดตั้ง Add-ins เพิ่มเติมได้ อีกทั้งยังมีระบบการรักษาความปลอดภัย และทำงานได้ทั้งบน Desktop และ ทำงานร่วมกันบน Cloud ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.14 โปรแกรม Microsoft Excel

2. โปรแกรม Minitab คือ โปรแกรมสำเร็จรูปหรือเป็นเครื่องมือที่ใช้สร้างกราฟต่าง ๆ การประมวลผลทางสถิติ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับงานอีกหลายประเภท ประมวลค่าที่เป็นเชิงตัวเลขให้เป็นกราฟ ให้ออกมาดูแล้วเข้าใจได้ง่ายกว่าตัวเลข และสามารถนำข้อมูลที่ออกมาเอกสารนี้เป็นกราฟต่างตามต้องการได้การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 โปรแกรม Minitab

3. โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science) คือ โปรแกรมที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติให้ออกมาเป็นรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ หรือกราฟต่าง ๆ สามารถบันทึกและสร้างไฟล์ข้อมูลตามความต้องการ ไม่ซับซ้อน เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการประมวลผลข้อมูลที่แม่นยำ เรียกว่า เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ที่ให้อ่านและทำความเข้าใจหรือนำไปต่อยอดได้ง่ายมากขึ้น



รูปที่ 2.16 โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 29.0.10

4. โปรแกรม Visual Studio Code เป็นโปรแกรมแก้ไขซอร์สโค้ดที่พัฒนาโดยไมโครซอฟท์สำหรับ Windows, Linux และ macOS มีการสนับสนุนสำหรับการดีบั๊ก การควบคุม Git ในตัวและ GitHub การเน้นไวยากรณ์ การเติมโค้ดอัจฉริยะ ตัวอย่าง และ code refactoring มันสามารถปรับแต่งได้หลายอย่างให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนธีม แป้นพิมพ์ลัด การตั้งค่า และติดตั้งส่วนขยายที่เพิ่มฟังก์ชันการทำงานเพิ่มเติม



รูปที่ 2.17 โปรแกรม Visual Studio Code เวอร์ชัน 1.88.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โปรแกรม Xampp เป็นโปรแกรม Apache Web Server ไว้จำลอง Web Server เพื่อไว้ทดสอบสคริปหรือเว็บไซต์ในเครื่องของเราโดยที่ไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและไม่ต้องมีค่าใช้จ่าย



รูปที่ 2.18 โปรแกรม Xampp เวอร์ชัน 8.0.30

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิงกาญจน์ ผลิกะ และนพปฎล สุวรรณทรัพย์ (2559) ได้ทำการศึกษาหัวข้อวิจัยเรื่อง “การบริหารสินค้าคงคลังโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎี ABC Classification Analysis เทคนิค EOQ Model และวิธี Silver-Meal: กรณีศึกษา บริษัท XYZ” งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการบริหารสินค้าคงคลังประเภทสินค้าสำเร็จรูปของบริษัท XYZ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่มุ่งเน้นให้ความสำคัญกับต้นทุนด้านสินค้าคงคลัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการหาวิธีการสั่งซื้อที่เหมาะสมให้กับบริษัทและเพื่อเป็นการลดต้นทุนด้านสินค้าคงคลัง เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ แบบไม่มีโครงสร้างและไม่เป็นทางการกับผู้จัดการคลังสินค้าและโลจิสติกส์ ผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานภายในคลังสินค้า และใช้ข้อมูลย้อนหลัง ของสินค้าคงคลังประเภทต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2557 การวิจัยในครั้งนี้ประยุกต์ใช้ทฤษฎี ABC Classification Analysis เพื่อแบ่งประเภท จัดลำดับความสำคัญกับสินค้าจำนวน 272 รายการ แต่มีรายการสินค้าที่ขายได้จำนวน 225 รายการ พบว่าได้สินค้าคงคลังกลุ่ม A จำนวน 41 รายการ กลุ่ม B จำนวน 48 รายการและกลุ่ม C จำนวน 136 รายการ หลังจากนั้นนำสินค้าคงคลังเฉพาะกลุ่ม A มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน พบว่า มีสินค้าคงคลังจำนวน 3 รายการที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน 0.25 แสดงว่า รูปแบบความต้องการลักษณะไม่คงที่ไม่สม่ำเสมอจึงเหมาะสมกับวิธี Silver-Meal ผลการวิจัย พบว่า การประยุกต์ใช้เทคนิค EOQ Model สามารถลดต้นทุนสินค้าคงคลังได้ 23,244.95 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 26.79 และจากการประยุกต์ใช้วิธี Silver-Meal สามารถลดต้นทุนสินค้าคงคลังได้ 203,628.39 บาทต่อปีคิดเป็นร้อยละ 44.38

กิตติ สุทธิจิระพันธ์ และณัฐพรพรรณ อุตมา (2560) ได้ศึกษาการพยากรณ์เพื่อนำเสนอแนวทางในการวางแผนการจัดซื้อที่เหมาะสมกับร้านกรณีศึกษา ร้านเด็กอ้วนเย็นตาโฟหม้อไฟ ผู้ศึกษาได้ศึกษารูปแบบของข้อมูลการขายของสินค้าแต่ละตัวจำนวนทั้งหมด 9 รายการเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลของ ร้านกรณีศึกษา ซึ่งได้แก่วิธีการเอกสารนี้แบบเอกซ์โพเนนเชียลปรับเรียบ แบบปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลไฮลด์-วินเทอร์ และวิธีการค้าไม่ว่าการพยากรณ์ร่วม จากนั้นจึงวิเคราะห์เปรียบเทียบการพยากรณ์แต่ละรูปแบบจากคว้ามั่นยำของ

วิธีการพยากรณ์แต่ละกรณีจากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square Error: MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์สัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 รูปแบบ จากนั้นจึงนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงสถิติ เพื่อหากลยุทธ์การวางแผนการจัดซื้อที่ทำให้ต้นทุน ต่ำสุด คุ่มค่าที่สุด และเหมาะสมกับการวางแผน ผลการศึกษารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่เป็นสินค้า 9 รายการของร้าน กรณีศึกษา พบว่า 1) วิธีการพยากรณ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลปรับเรียบเหมาะสมกับสินค้าทั้ง 9 รายการ ได้แก่ หมูสามชั้นสไลด์ สันคอหมูสไลด์ หมูหมัก เนื้อหมัก แมงกะพุน ปลาตอลี่ ปลาหมึกกรอบ ปลาหมึกสด และกุ้ง 2) วิธีการพยากรณ์แบบปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลโฮสต์-วินเตอร์ไม่เหมาะสมกับรูปแบบข้อมูลของสินค้ารายการใดของร้านเด็กอ้วนเย็นตาโฟหม้อไฟ 3) วิธีการพยากรณ์แบบรวมไม่เหมาะสมกับรูปแบบข้อมูลของสินค้ารายการใดของร้านเด็กอ้วนเย็นตาโฟหม้อไฟ เมื่อผู้ประกอบการ นำวิธีการพยากรณ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลปรับเรียบไปปรับใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดซื้อ ของร้านเด็กอ้วนเย็นตาโฟหม้อไฟ จะสามารถช่วยให้วางแผนการจัดซื้อวัตถุดิบทั้ง 9 รายการในแต่ละช่วง และสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกักตุนสินค้ารวมถึงโอกาสในการขายสินค้าได้มากถึงร้อยละ 30 ของยอดขายรวมต่อปี

วุฒิชัย วงษ์ทัศน์กร (2554) ได้ทำการศึกษาประยุกต์ใช้หลักการบริหารสินค้าคงคลัง สำหรับวัตถุดิบเน่าเสียได้ กรณีศึกษาโรงงานผลิตปลากระป๋อง เพื่อลดต้นทุนสินค้าคงคลัง โดยมี ขั้นตอนการทำวิจัยคือ 1) วิเคราะห์ในการคัดเลือกวัตถุดิบด้วยวิธีเอปซี 2) คำนวณหาประมาณการ สั่งซื้ออย่างประหยัด จุดสั่งซื้อ ในอัตราที่คงที่และไม่คงที่ 3) จำลองการสั่งวัตถุดิบจริง ผลการวิจัย พบว่า การบริหารจัดการวัตถุดิบคงคลังด้วยวิธีการสั่งซื้ออย่างประหยัด ต้นทุนการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ในอัตราที่คงที่และไม่คงที่มีต้นทุนที่น้อยกว่าวิธีเดิมร้อยละ 22.10 และ 28.24 ตามลำดับ ซึ่งในการ สั่งซื้อแบบประหยัดในอัตราต้นทุนการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นไม่คงที่สามารถลดต้นทุนได้มากกว่าประมาณ ร้อยละ 6.14 หรือคิดเป็นมูลค่าสี่ล้านบาทต่อปี จึงใช้วิธีการจัดซื้ออย่างประหยัดในกรณีที่ต้นทุนการ เก็บรักษาด้วยอัตราไม่คงที่ไปใช้กับวัตถุดิบเน่าเสียได้

ศศินภา บุญพิทักษ์ และคณะ (2562) การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนา ระบบสินค้าคงคลัง โดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลังและเพื่อปรับปรุง กระบวนการทำงานในระบบสินค้าคงคลังจัดทำกลุ่มของสินค้า ลดปริมาณสินค้าที่ไม่มีการเคลื่อนไหว ลดปริมาณการจัดเก็บสินค้าและลดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บลง คณะผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการหา สาเหตุและปัญหาโดยการตรวจสอบและแผนผังสาเหตุ เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและค้นหาแนวทางแก้ไข ผลการวิเคราะห์พบว่า บริษัทมีปัญหาเรียงตามความสำคัญดังนี้ ปัญหาด้านสินค้าคงคลังเกิดจากไม่มี การจัดทำระบบสินค้าคงคลัง ไม่มีการบันทึกข้อมูลสินค้าคงคลัง ขาดการวางแผนการจัดซื้อ การจัด สินค้าไม่เป็นหมวดหมู่ จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ทำการใช้เครื่องมือการจัดการ ในการแก้ไข

ปัญหาดังนี้ การจัดทำป้ายและลูกศรบอกทาง การใช้ทฤษฎีและทฤษฎี ER Diagram พัฒนา โปรแกรมสินค้าคงคลัง การกำหนดกระบวนการทำงานของการบริหารสินค้าคงคลัง แนวคิด 5 ส.

สินค้าค้างสต็อกมีการเปลี่ยนแปลงด้านการบริหารสินค้าคงคลังสามารถทำงานอย่างเป็นระบบมากขึ้น มีการตรวจนับสินค้าคงคลังและจัดทำใบบันทึก รายการสินค้าคงคลังมีการจัดเรียงหมวดหมู่ตามประเภท มีการวางแผนการจัดซื้อที่เหมาะสม และมีการระบายสินค้าคงสต็อก ผลจากการดำเนินงานทำให้ต้นทุนสินค้าคงคลังลดลง จากการนำเครื่องมือมาใช้ในการแก้ไขปัญหาด้านการบริหารสินค้าคงคลัง เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารสินค้าคงคลังโดยลดการสั่งซื้อที่ซ้ำซ้อน และปรับปรุงกระบวนการทำงานในระบบสินค้าคงคลังจัดทำกลุ่มของสินค้า ลดปริมาณสินค้าที่ไม่มีการเคลื่อนไหว ลดปริมาณการจัดเก็บสินค้าและลดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ ผลการเปรียบเทียบระยะเวลาการบันทึกข้อมูลของกระบวนการผลิตก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง กระบวนการที่ 1 การผลิตทุเรียนพีชทราย มีเวลาดลดลง 0.61 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 14.52 กระบวนการที่ 2 การผลิตทุเรียนทอมีเวลาดลดลง 0.73 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 16.59 กระบวนการที่ 3 การผลิตทุเรียนกวนมีเวลาดลดลง 0.52 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 14.87 กระบวนการที่ 4 การผลิตข้าวเหนียวทุเรียนมีเวลาดลดลง 0.54 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 16.41 กระบวนการที่ 5 การผลิตทุเรียนเม็ดมะม่วงหิมพานต์พีชทรายมีเวลาดลดลง 0.61 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 18.31 และการเปรียบเทียบระยะเวลาการเบิกจ่ายเบิกจ่ายสินค้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง การเบิกสินค้าประเภท 1 การเบิกสินค้าทุเรียนพีชทรายมีเวลาดลดลง 1.09 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 20 การเบิกสินค้าประเภท 2 การเบิกสินค้าทุเรียนทอมีเวลาดลดลง 1.07 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 19 การเบิกสินค้าประเภท 3 การเบิกสินค้าทุเรียนกวนมีเวลาดลดลง 1.10 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 20 การเบิกสินค้าประเภท 4 การเบิกสินค้าข้าวเหนียวทุเรียนมีเวลาดลดลง 0.55 นาที โดย คิดเป็นร้อยละ 12 การเบิกสินค้าประเภท 5 การเบิกสินค้าทุเรียนเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีเวลาดลดลง 1.22 นาที โดยคิดเป็นร้อยละ 19

สุพรรณษา แก้วแปง (2555) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการขายและสินค้าคงคลัง ร้านขวัญ ซ้อป โดยการออกแบบและพัฒนาระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการสินค้าคงคลังรวมถึงการซื้อและขายสินค้าทำให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้นและช่วยเป็นแนวทางในการตัดสินใจของผู้บริหารในการพัฒนาร้านค้า โดยการพัฒนาระบบโปรแกรม PHP ในการเขียนเว็บแอปพลิเคชัน และใช้โปรแกรม MySQL เป็นระบบฐานข้อมูล โดยแบ่งผู้ใช้งานเป็น 4 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ พนักงานขาย พนักงานการเงิน และผู้บริหาร ส่วนของผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลต่าง ๆ ในฐานข้อมูลและข้อมูลพื้นฐานทั่วไป ผลการประเมินการทำงานจากระบบจากผู้ดูแลระบบ 2 คน พนักงานขาย 3 คน ผู้บริหาร 1 คน ฝ่ายการเงิน 1 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยภาพรวมต่อการใช้งานอยู่ในเกณฑ์มาก คือระบบสามารถช่วยจัดการงานภายในร้านได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ทำให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น และช่วยเป็นแนวทางในการตัดสินใจของผู้บริหารในการพัฒนาร้านค้าโดยการพัฒนาระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ทางคณะผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการจัดการสินค้าคงคลังบน Web Application ของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็น คณะผู้ทำวิจัยได้ทำการศึกษาทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในการศึกษาวิเคราะห์และพัฒนาระบบ โดยมีรายละเอียดที่ทำการศึกษาดังนี้

- 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน
- 3.2 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง
- 3.3 การเก็บรวบรวม
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 การออกแบบระบบเว็บแอปพลิเคชัน
- 3.6 ขั้นตอนในการเขียนเว็บแอปพลิเคชัน
- 3.7 การทดสอบการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

การออกแบบและสร้างเว็บแอปพลิเคชันในการพัฒนาระบบสินค้าคงคลังของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง มีขั้นตอนในการออกแบบแบ่งเป็น 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 : การแบ่งกลุ่มสินค้า โดยการวิเคราะห์สินค้าตามยอดขาย โดยรายการสินค้าทั้งหมดมี 18 รายการ จะทำการแบ่งกลุ่มสินค้าเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 โดยเลือกสินค้าที่มียอดขายสินค้าที่มากที่สุด จำนวน 3 รายการ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรด และน้ำเคล และประเภทที่ 2 โดยเลือกสินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชเลอรี่ น้ำอาโวคาโด น้ำสตอร์วเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำปวยเล้ง น้ำปีทรุท น้ำทับทิม น้ำคอส น้ำกีวี

ส่วนที่ 2 : การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลยอดขายรายเดือน ประเภทที่ 1 โดยเลือกสินค้าที่มียอดขายสินค้าที่มากที่สุด จำนวน 3 รายการ มาทำการพยากรณ์อนุกรมเวลา และประเภทที่ 2 โดยเลือกสินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ โดยใช้การพยากรณ์ด้วยเว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอร์ Forecast โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 : การจัดการสินค้าคงคลัง มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Variability Coefficient: VC) เพื่อทราบความต้องการของลูกค้าว่ามีค่าคงที่หรือไม่คงที่ และทำการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการสินค้าคงคลัง

3.2 การคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลัง แบ่งได้เป็นดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ประกอบด้วย ค่าโทรศัพท์และอินเทอร์เน็ตในการติดต่อสั่งซื้อสินค้า เงินเดือน พนักงานแผนกสั่งซื้อสินค้า ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าเอกสารในการสั่งซื้อค่าอุปกรณ์ในการสั่งซื้อ เวลาในการสั่งซื้อทั้งหมด วันทำงาน ชั่วโมงในการทำงาน อีกทั้งจำนวนการสั่งซื้อ

2. ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซมอุปกรณ์คลังสินค้าและสินค้าคงคลัง ค่าไฟ ค่าน้ำ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.3 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม แบ่งได้เป็น 2 กรณี ดังต่อไปนี้

1. กรณีค่า $VC \leq 0.2$ แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะคงที่ มีความเหมาะสมที่จะใช้การคำนวณด้วยวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ)

2. กรณีค่า $VC > 0.2$ แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะที่ไม่คงที่ จะใช้การคำนวณด้วยวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal)

3.4 คำนวณหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง

ส่วนที่ 4 : การออกแบบการจัดการสินค้าคงคลังผลไม้บนเว็บแอปพลิเคชัน (Web

Application) เพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

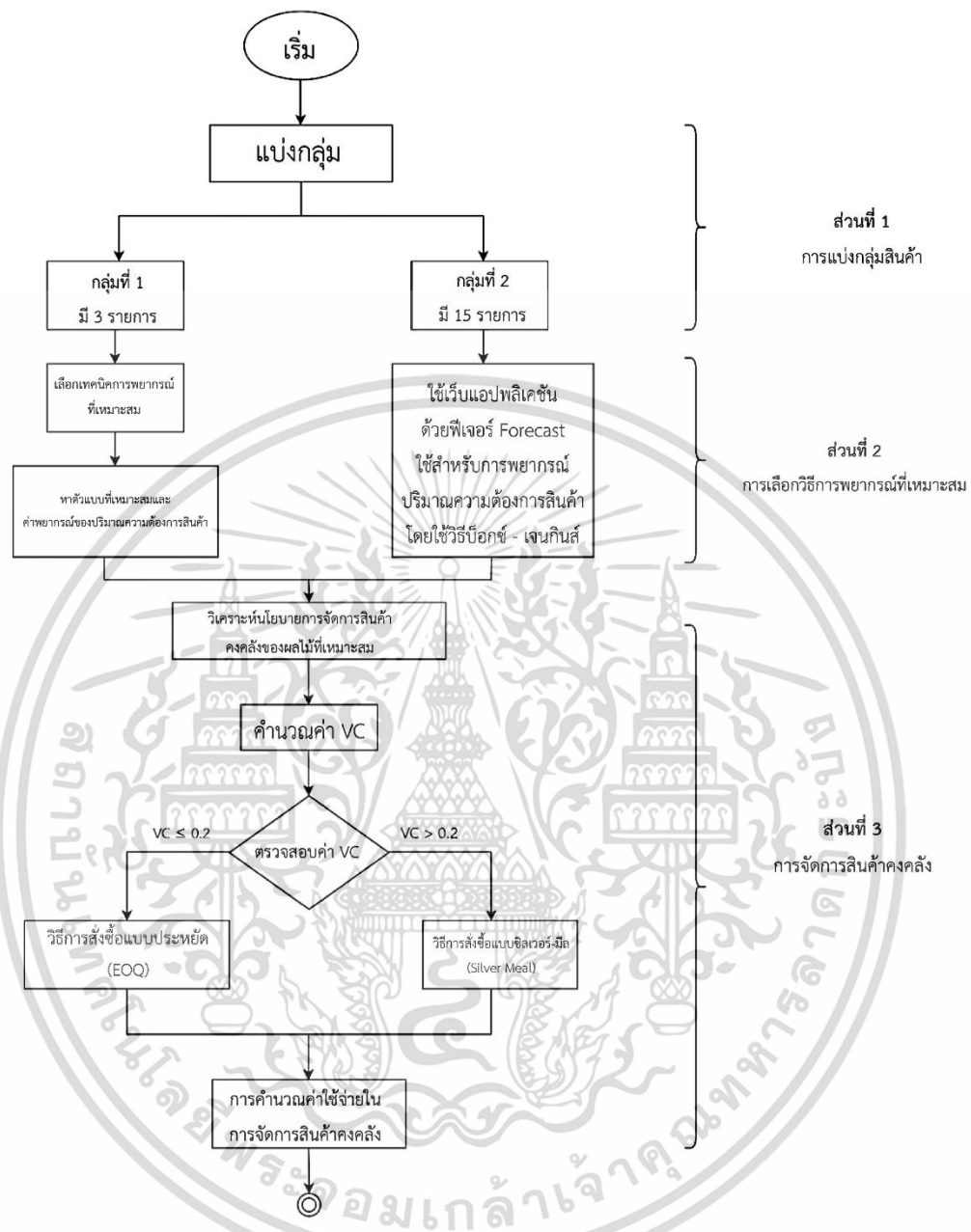
1. ร่างการออกแบบหน้าตาของเว็บแอปพลิเคชันโดยคำนึงถึงความสะดวกและความสวยงาม เพื่อให้บริษัทได้มีการนำไปใช้ได้สะดวก

2. ออกแบบตัวเว็บแอปพลิเคชันให้สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข รายการผลไม้ และสามารถคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ และสามารถแสดงแจ้งเตือนเมื่อสินค้าในคลังผลไม้เหลือน้อยหรือเท่ากับจำนวนผลไม้ที่ควรสั่งในรอบถัดไป

3. นำเว็บแอปพลิเคชันไปทดลองใช้งานกับบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นในกรณีศึกษาถ้าผ่านการตรวจสอบจะเข้าสู่การประเมินความพึงพอใจหลังใช้งาน แต่ถ้าหากไม่ผ่านจะเข้าสู่กระบวนการพัฒนาระบบทันที

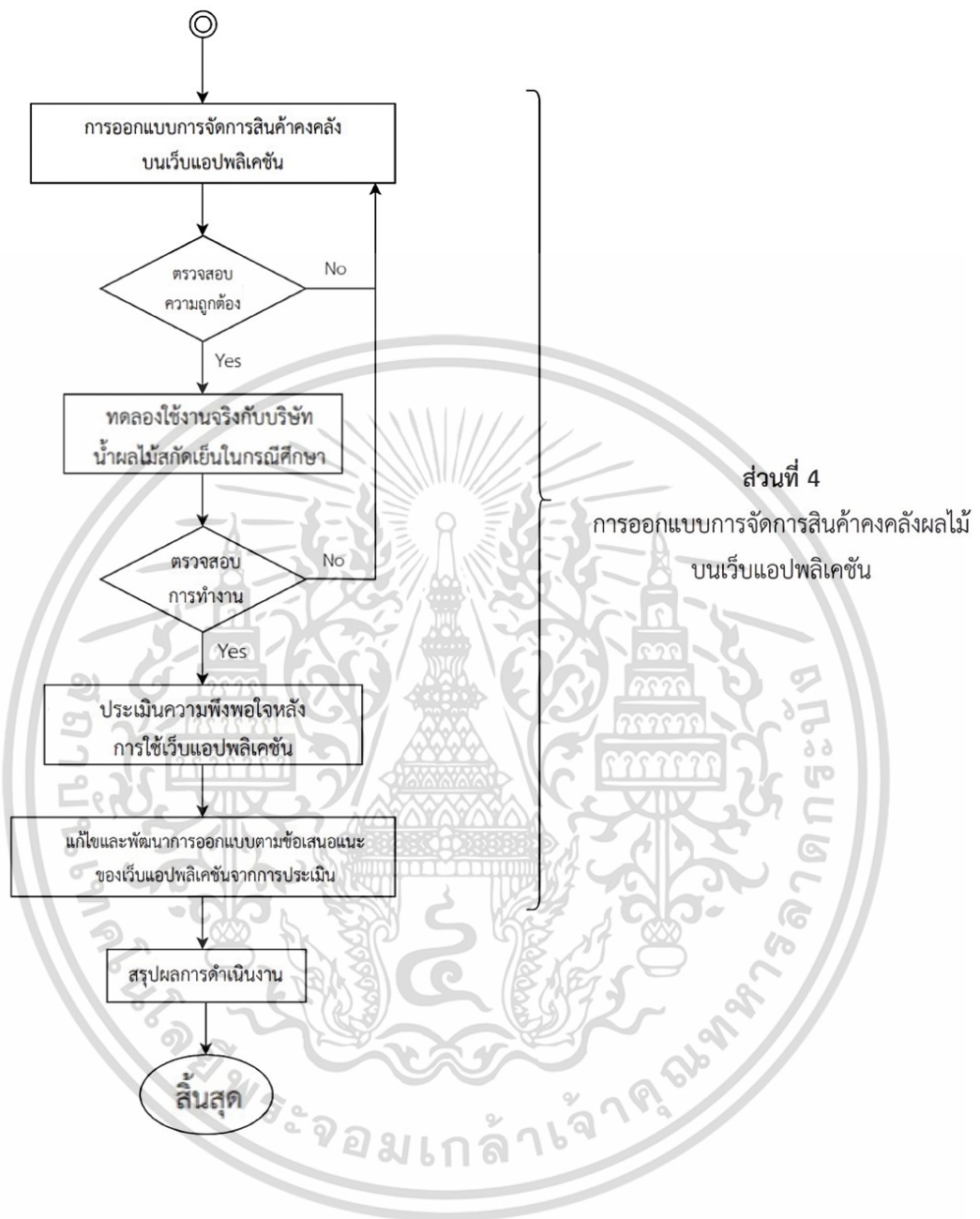
4. ถ้าผ่านการตรวจสอบการทำงานจะนำผลประเมินมาปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการออกแบบตามข้อเสนอแนะ

5. ดำเนินการแก้ไขพัฒนาการออกแบบตามข้อเสนอแนะของเว็บแอปพลิเคชันจากการเอกสารนี้ **ประเมิน** การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

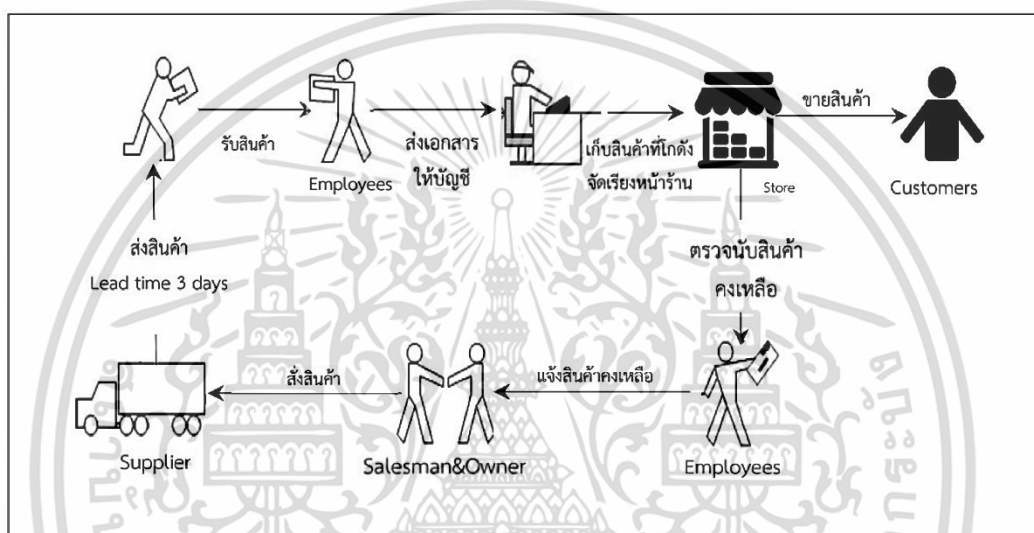


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง

บริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นกรณีศึกษา เป็นบริษัทแห่งหนึ่งที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยจะมีจำนวนรายการผักและผลไม้ 18 ชนิด ในการสั่งซื้อผักและผลไม้ ผู้ดูแลได้ตรวจสอบและพบว่าค่าประเมินค่าของบางรายการผักและผลไม้ถึงค่าการสั่งซื้อที่ได้ทำการประเมินไว้ก็จะทำการจดและดำเนินการสั่งซื้อกับร้านผักและผลไม้ที่ได้ทำการตกลงไว้ ซึ่งพนักงานฝ่ายจัดซื้อจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบตรวจสอบสินค้าว่าได้ครบตามจำนวนหรือไม่ จึงจะทำการเซ็นรับและจะบันทึกเข้าระบบ แสดงขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะการดำเนินงานธุรกิจปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

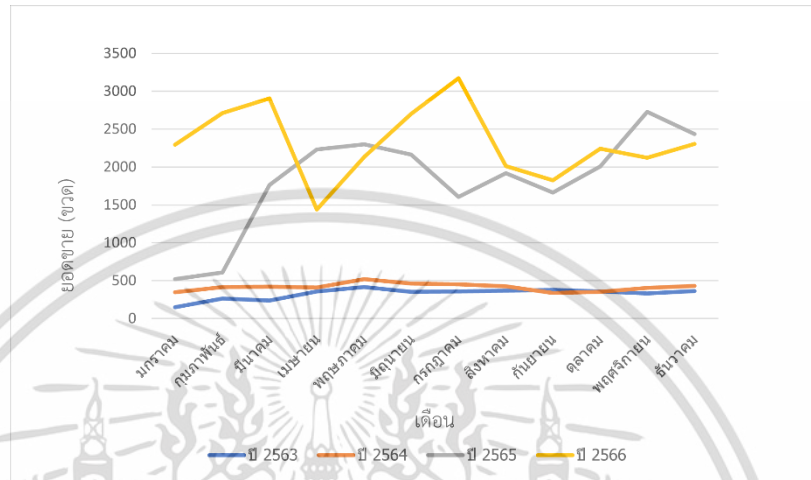
ส่วนที่ 1 : การเก็บรวบรวมของการพยากรณ์ มีดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลรายการผักและผลไม้ทั้งหมด 18 ชนิด
2. เก็บรวบรวมข้อมูลยอดขายและราคาสินค้าต่อหน่วย ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 จากบริษัทน้ำผลไม้เย็นในกรณีศึกษา

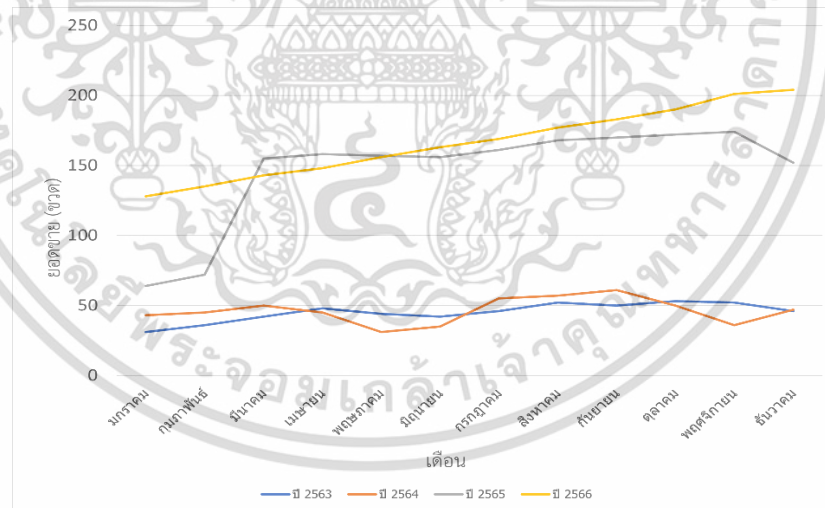
ส่วนที่ 2 : การเก็บรวบรวมของการจัดการสินค้าคงคลัง มีดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลระยะเวลาในการสั่งซื้อผลไม้แต่ละชนิด (Lead Time) รวบรวมค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ประกอบด้วย ค่าโทรศัพท์ ค่าอินเทอร์เน็ต ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ประกอบด้วย ค่าซ่อมบำรุงรักษาและซ่อมแซมอุปกรณ์คลังสินค้าและสินค้าคงคลัง ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าจ้างพนักงาน และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- นอกจากนี้คือ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เก็บรวบรวมข้อมูลยอดขายสินค้า จำนวนครั้งในการสั่งซื้อปริมาณสินค้าคงเหลือในแต่ละเดือนของผักและผลไม้ประเภทที่ 1 โดยเลือกสินค้าที่มียอดขายสินค้ามากที่สุด จำนวน 3 รายการ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรด น้ำเคล ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 เพื่อเปรียบเทียบการจัดการสินค้าคงคลัง

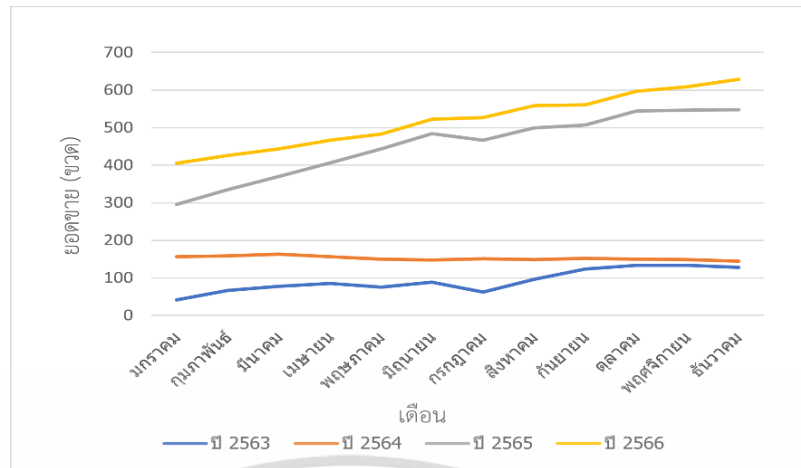


รูปที่ 3.3 จำนวนยอดขายรวมทุกรายการจำแนกรายเดือนในปี พ.ศ. 2563 – 2566

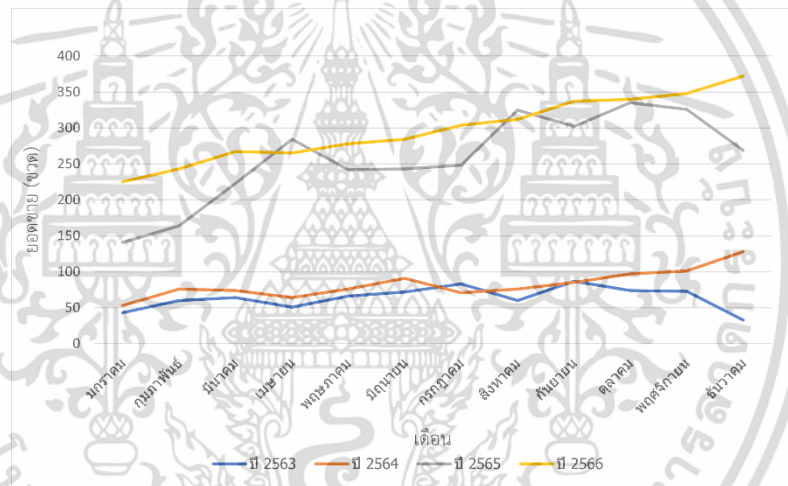


รูปที่ 3.4 ปริมาณยอดขายรวมแบบรายเดือนในปี พ.ศ. 2563 – 2566 ของน้ำส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ปริมาณยอดขายรวมแบบรายเดือนในปี พ.ศ. 2563 – 2566 ของน้ำสับประรด



รูปที่ 3.6 ปริมาณยอดขายรวมแบบรายเดือนในปี พ.ศ. 2563 – 2566 ของน้ำเคล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 : การแบ่งกลุ่มสินค้า โดยการวิเคราะห์สินค้าตามยอดขาย โดยรายการสินค้าทั้งหมดมี 18 รายการ จะทำการแบ่งกลุ่มสินค้าเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 โดยเลือกสินค้าที่มียอดขายสินค้าที่มากที่สุด จำนวน 3 รายการ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับประรด และน้ำเคล และประเภทที่ 2 โดยเลือกสินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชลอรี่ น้ำอาโวคาโด น้ำสตอร์วเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำปวยเล้ง น้ำปีทรุท น้ำทับทิม น้ำคอส น้ำกีวี

ส่วนที่ 2 : การพยากรณ์ความต้องการสินค้า โดยจะใช้ข้อมูลรายเดือนของปริมาณยอดขายเอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าสินค้า ได้แก่ ประเภทที่ 1 โดยเลือกสินค้าที่มียอดขายสินค้าที่มากที่สุด จำนวน 3 รายการ มาทำการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำใบใช้

พยากรณ์อนุกรมเวลาทั้ง 3 รายการตั้งแต่มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566 เพื่อนำมาพยากรณ์ความต้องการสินค้าแต่ละรายการของปี พ.ศ. 2567 และประเภทที่ 2 โดยเลือกสินค้าที่เหลือนำมาจำนวน 15 รายการ โดยใช้การพยากรณ์ด้วยเว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้า

ส่วนที่ 3 : การจัดการสินค้าคงคลังจะนำข้อมูลในส่วนที่ 2 มาใช้โดยมี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ความต้องการวัตถุดิบ

2. การหาค่าใช้จ่ายในสินค้าคงคลัง แบ่งเป็น

2.1 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ประกอบด้วย ค่าโทรศัพท์และค่าอินเทอร์เน็ตในการติดต่อสั่งซื้อสินค้า เงินเดือนพนักงานแผนกจัดซื้อ เวลาที่ใช้ในการสั่งซื้อ จำนวนรายการฝากและผลไม้ที่ส่งต่อคำสั่งซื้อ ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าเอกสารที่ใช้ในการสั่งซื้อ ค่าอุปกรณ์เป็นต้น เพื่อนำมาคำนวณค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อฝากและผลไม้ทุกชนิด

2.2 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ประกอบด้วย ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา ค่าเช่าคลังสินค้า

3. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (Variability Coefficient: VC) จะใช้ค่าพยากรณ์ความต้องการจากส่วนที่ 2 มาใช้ในการคำนวณ

4. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม จะแบ่งเป็น

4.1 ในกรณีที่สินค้ามีความต้องการคงที่ จะใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) โดยใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายในสินค้าคงคลังมาใช้ในการคำนวณกรณีที่สินค้ามีความต้องการไม่คงที่จะใช้วิธีอื่นในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

4.2 ในกรณีที่สินค้ามีความต้องการไม่คงที่ จะใช้วิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal)

5. การคำนวณหาจุดสั่งซื้อ (Reorder Point: ROP) เมื่อฝากและผลไม้ทุกชนิด มีช่วงเวลานำคงที่จะแบ่งเป็น กรณีที่สินค้ามีความต้องการคงที่และสินค้ามีความต้องการไม่คงที่ โดยในกรณีที่สินค้ามีความต้องการคงที่แล้วเราก็ต้องหาสินค้าคงคลังสำรองเพื่อความปลอดภัย เนื่องจากสภาพเป็นจริงมีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายได้

3.5 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

ในการออกแบบและพัฒนาระบบการจัดการสินค้าคงคลังบนเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ของร้านน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง จำเป็นต้องมีการออกแบบฐานข้อมูลก่อนโดยการออกแบบระบบฐานข้อมูลการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันสามารถแบ่งออกเป็น

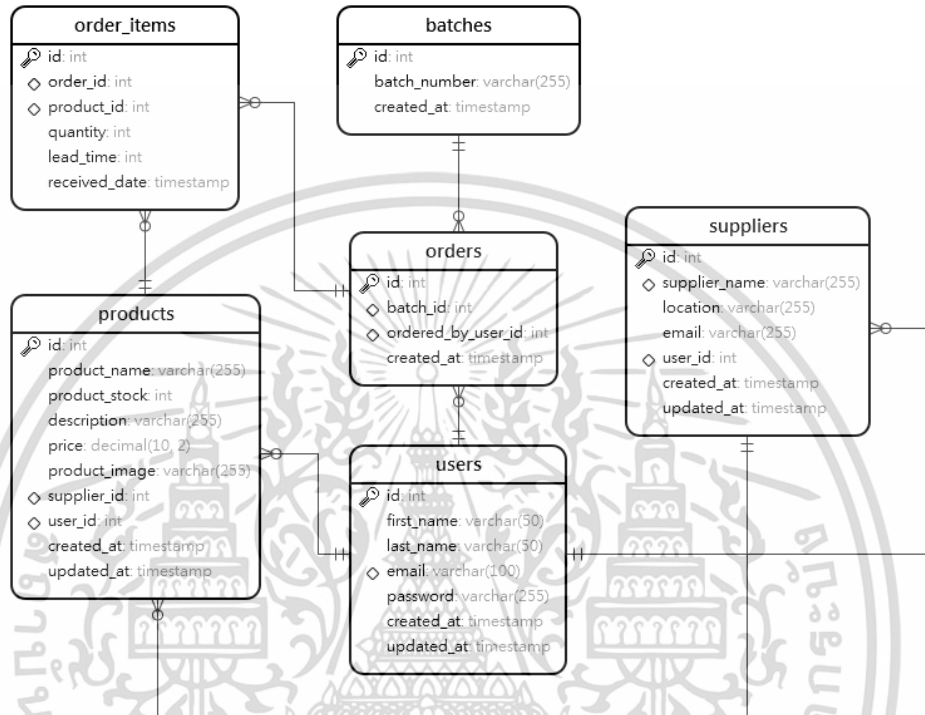
1. การออกแบบจำลองโครงสร้างของข้อมูล

2. พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลโดยผู้อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การออกแบบจำลองโครงสร้างของข้อมูล

การออกแบบจำลองโครงสร้างของข้อมูล (Logical Diagram) จะแสดงถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่ระบุถึงแต่ละข้อมูล (Attribute) และแสดงถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ (Relation) ของข้อมูลตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนภาพแบบจำลองโครงสร้างข้อมูล

2. พจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary)

รายละเอียดของฐานข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ที่ถูกอ้างอิงลักษณะข้อมูลจากฐานข้อมูลของ MySQL มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางรายละเอียดลักษณะข้อมูล

ลักษณะข้อมูล	ความหมาย
Int	ข้อมูลที่เป็นตัวเลขเต็มจำนวน
Varchar	ใช้เก็บข้อความแบบกำหนดขนาดได้ มีขนาดสูงสุด 255 ตัวอักษร
Decimal	ใช้สำหรับเก็บข้อมูลเลขทศนิยม
Timestamp	ใช้สำหรับเก็บวันและเวลาที่มีการเพิ่มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในงานเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยโครงสร้างในฐานข้อมูลจะประกอบไปด้วย

1. ตารางข้อมูล batches เป็นตารางข้อมูลที่เกี่ยวข้องข้อมูลที่จำแนกกลุ่มของผักผลไม้
2. ตารางข้อมูล order items เป็นตารางข้อมูลผักและผลไม้ที่สั่งมา
3. ตารางข้อมูล orders เป็นตารางข้อมูลของคำสั่งที่สั่งซื้อน้ำผักและผลไม้
4. ตารางข้อมูล product เป็นตารางข้อมูลผักและผลไม้
5. ตารางข้อมูล suppliers เป็นตารางข้อมูลผู้จัดหาสินค้า
6. ตารางข้อมูล user เป็นตารางข้อมูลผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของตาราง batches

Name	Description	Datatype	Key	Reference
id	รหัสบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์	int	PK	-
batch number	เลขบอกรหัสจำแนกกลุ่มของผักผลไม้	varchar (255)	-	-
created at	เวลาที่สร้างตารางbatches	timestamp	-	-

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของตาราง order items

Name	Description	Datatype	Key	Reference
id	รหัสบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์	int	PK	-
order id	รหัสคำสั่งซื้อสินค้าที่สั่งมา	int	FK	orders.id
product id	รหัสสินค้า	int	FK	products.id
quantity	ปริมาณของสินค้า	int	-	-
lead time	ระยะเวลาในการรอคอยสินค้าเมื่อสั่งมา	int	-	-
receive data	ข้อมูลที่ได้รับ	timestamp	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของตาราง orders

Name	Description	Datatype	Key	Reference
id	รหัสบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์	int	PK	-
batch id	รหัสบอกประเภท	int	FK	batches.id
ordered by user id	ลำดับ id ผู้ใช้	int	FK	user.id
create at	เวลาที่สร้างข้อมูล	timestamp	-	-

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของตาราง products

Name	Description	Datatype	Key	Reference
id	รหัสบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์	int	PK	-
product name	ชื่อผักและผลไม้	varchar (255)	-	-
product stock	ผักและผลไม้คงเหลือ	int	-	-
description	รายละเอียดผักและผลไม้	int	-	-
price	ราคาผักและผลไม้	decimal (10,2)	-	-
product image	รูปภาพของผักและผลไม้	varchar (255)	-	-
supplier id	ไอดีของผู้จัดหาสินค้า	int	FK	supplier.id
user id	ไอดีผู้ใช้งาน	int	FK	user.id
create at	เวลาที่สร้างข้อมูล	timestamp	-	-
update at	เวลาที่อัปเดตข้อมูล	timestamp	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดของตาราง suppliers

Name	Description	Datatype	Key	Reference
id	รหัสบ่งบอกความ เป็นเอกลักษณ์	int	PK	-
Supplier name	ชื่อผู้จัดหาสินค้า	varchar (255)	-	-
location	ที่อยู่ผู้จัดหาสินค้า	varchar (255)	-	-
email	อีเมลผู้จัดหาสินค้า	varchar (100)	-	-
user id	ไอดีผู้จัดหาสินค้า	varchar (255)	FK	user.id
created at	เวลาที่สร้างข้อมูล	timestamp	-	-
update at	เวลาที่อัปเดตข้อมูล	timestamp	-	-

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดของตาราง user

Name	Description	Datatype	Key	Reference
id	รหัสบ่งบอกความ เป็นเอกลักษณ์	int	PK	-
first name	ชื่อผู้ใช้	varchar (50)	-	-
last name	นามสกุลผู้ใช้	varchar (50)	-	-
email	อีเมลของผู้ใช้	varchar (100)	-	-
password	รหัสผ่านของผู้ใช้	varchar (255)	-	-
created at	เวลาที่สร้างข้อมูล	timestamp	-	-
update at	เวลาที่อัปเดตข้อมูล	timestamp	-	-

3.6 ขั้นตอนในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

เมื่อดำเนินการออกแบบระบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการพัฒนาระบบ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้พัฒนาโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code กับ React เป็น Framework หลักซึ่งต้องใช้ Html Javascript CSS ในการพัฒนาในส่วนการติดต่อการผู้ใช้ และ มีการใช้ Ant design กับ Tailwind CSS ในการสร้าง Component ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้นและในส่วนเซิร์ฟเวอร์ใช้ Nodejs ในการพัฒนาเพื่อเป็นส่วนเชื่อมต่อกับโปรแกรมฐานข้อมูล และ MySQL เพื่อทำระบบจัดการสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การตรวจสอบและประเมินการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

การทดสอบการใช้งานโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นโดยการเพิ่มข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้และทดสอบการทำงานของโปรแกรมในทุกเมนูเพื่อหาข้อผิดพลาดและทำการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันของบริษัทในกรณีศึกษาให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เมื่อผ่านการตรวจสอบการใช้งานของโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันแล้วจึงได้นำโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันไปติดตั้งและทดลองใช้งานกับผู้ใช้งานในบริษัทกรณีศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ นำเว็บแอปพลิเคชันสำหรับบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นในกรณีศึกษาทดลองใช้งานโดยผู้ใช้งาน ผลการทดลองใช้งานในประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชัน ผู้ทำการศึกษาได้ทำแบบสัมภาษณ์ในความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ง่ายต่อการใช้งาน
2. ความสวยงามของหน้าจอ
3. มีการออกแบบหน้าจอให้ใช้งานง่าย
4. กระบวนการของระบบมีความรวดเร็วในการทำงาน
5. ข้อมูลที่ได้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้
6. ระบบมีความทันสมัยเป็นปัจจุบัน
7. รูปแบบและวิธีการประมวลผลเข้าใจง่าย
8. ความเหมาะสมในการใช้โปรแกรม
9. ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในบทนี้กล่าวถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเริ่มต้นจากการเลือกสินค้าที่มียอดขายมากที่สุด โดยรายการสินค้าทั้งหมดมี 18 รายการ จะทำการแบ่งกลุ่มสินค้าเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 คือ สินค้าที่มียอดขายมากที่สุด จำนวน 3 รายการ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรด และน้ำเคล มาทำการพยากรณ์อนุกรมเวลาและประเภทที่ 2 คือ สินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชเลอรี่ น้ำอาโวคาโด น้ำสตอร์วเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำคอส น้ำบิทรูท น้ำทับทิม น้ำปวยเล้ง และน้ำกีวี โดยทำการพยากรณ์ด้วยเว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้า โดยเลือกกลุ่มสินค้าประเภทที่ 1 มาทำการพยากรณ์อนุกรมเวลาและนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาวิเคราะห์การจัดการสินค้าคงคลัง เพื่อกำหนดรูปแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสมให้แก่บริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นกรณีศึกษาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเลือกสินค้าที่มียอดขายมากที่สุด

นำข้อมูลยอดขายสินค้าของทั้ง 2 ประเภท มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลและเลือกสินค้าที่มียอดขายมากที่สุด จำนวน 3 รายการ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรด และน้ำเคล



รูปที่ 4.1 น้ำส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 น้ำสับประรด



รูปที่ 4.3 น้ำเคล

หลังจากทำการเลือกสินค้าที่มียอดขายมากที่สุดแล้ว ทางคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจะเลือกสินค้า สินค้าประเภทที่ 1 ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับประรด และน้ำเคล โดยนำข้อมูลไปวิเคราะห์ห้อนุกรมเวลาว่าสินค้าทั้ง 3 รายการ มีวิธียากรณใดที่เหมาะสมของผลไม้แต่ละชนิด ดังรายละเอียดหัวข้อถัดไป

4.2 ผลการวิเคราะห์ของอนุกรมเวลา

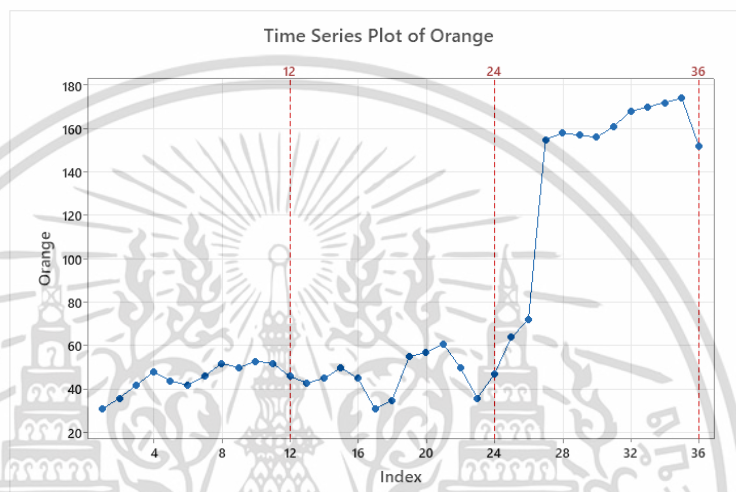
จากการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการสินค้าโดยใช้ข้อมูลยอดขายรายเดือนของสินค้าประเภทที่ 1 ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับประรด และน้ำเคล เพื่อมาวิเคราะห์หาตัวแบบการพยากรณ์ที่ดีที่สุด โดยในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล โดยใช้ข้อมูลยอดขายรายเดือนเริ่มต้นตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 โดยทำการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 : เป็นข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2565 จำนวน 36 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานวิชาสำหรับทำรายงานเพื่อการศึกษาค้นหาหนึ่ ไม่นอญาตเหนาเปเซประเษยนดานการคา
ค่า ใช้สำหรับสร้างตัวแบบในการพยากรณ์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกทั้งห้ ไมมเหตตแบสงเนยหาและตองอั้งอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 : เป็นข้อมูลตั้งแต่เดือน 1 มกราคม พ.ศ. 2566 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 12 ค่า ใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบพยากรณ์

4.2.1 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้ม

อนุกรมเวลารายเดือนของยอดขายของน้ำส้ม มีขนาด 36 เดือน โดยเริ่มต้นตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ.2563 จนถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2565 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจะแสดงในรูปที่ 4.4 แสดงปริมาณยอดขายของน้ำส้ม



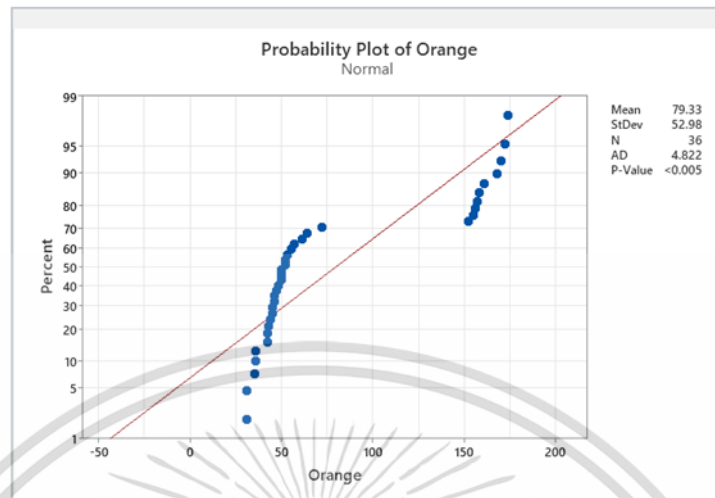
รูปที่ 4.4 อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้ม

ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

จากรูปที่ 4.4 พบว่า อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้มมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลที่ไม่ชัดเจน จึงนำอนุกรมเวลาไปทดสอบการแจกแจงปกติเพื่อเลือกวิธีการทดสอบแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบการแจกแจงของแอนเดอร์สัน - คาร์ลิง ยอดขายของน้ำส้ม



รูปที่ 4.5 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้การทดสอบ แอนเดอร์สัน - คาร์ลิง

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำส้มมีการแจกแจงปกติ

H_1 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำส้มไม่มีการแจกแจงปกติ

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 AD &= -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{n+1-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \frac{1}{36} \sum_{i=1}^{36} \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{37-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \left[\frac{1}{36} \times (-1,469.605555) \right] \\
 &= 4.8223
 \end{aligned}$$

ปรับค่าสถิติทดสอบเป็น AD^*

$$\begin{aligned}
 AD^* &= AD \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\
 &= 4.8223 \left(1 + \frac{0.75}{36} + \frac{2.25}{36^2} \right) \\
 &= 4.9312
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณวิกฤต คือ $AD^* \geq C_\alpha$

$$\begin{aligned} \text{โดย } C_\alpha &= a_\alpha \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\ C_{0.05} &= 0.7514 \left(1 + \frac{-0.795}{36} + \frac{-0.890}{36^2} \right) \\ &= 0.7342 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $AD^* = 4.9312 > C_\alpha = 0.7342$ และ $p\text{-value} < 0.005$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำส้มไม่มีการแจกแจงปรกติ

เนื่องจาก ข้อมูลยอดขายของน้ำส้มไม่มีการแจกแจงปรกติ จึงเลือกใช้การทดสอบแนวโน้มและอติพหุคูณแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ คือ ทดสอบแนวโน้มด้วยการทดสอบของ Daniel's Test และทดสอบอติพหุคูณด้วยการทดสอบของ Kruskal-Wallis Test

2. ทดสอบแนวโน้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ของน้ำส้ม (การทดสอบของแดนเนียล Daniel's Test)

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้มไม่มีแนวโน้ม

H_1 : อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้มมีแนวโน้ม

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} r_s &= 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \\ &= 1 - \frac{6(2,867)}{36(36^2 - 1)} = 0.6310 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

$$\begin{aligned} \text{โดย } Z &= \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}} \\ &= \frac{0.6310}{\frac{1}{\sqrt{36-1}}} = 3.7331 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $Z = 3.7331 > Z_{0.025} = 1.96$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้มมีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทดสอบอิทธิพลฤดูกาลของน้ำส้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (การทดสอบครัสคาล-วอลลิส สมมติฐานการทดสอบ

สำหรับรูปแบบบวก

$$H_0 : S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 0$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\ &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{12^2}{2} + \frac{13^2}{2} + \frac{40^2}{2} + \dots + \frac{13^2}{2} \right] - 3(24+1) \\ &= \frac{12}{24(25)} [4,400.50] - 3(25) \\ &= 13.0100 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 13.0100 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้มไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

สำหรับรูปแบบคูณ

$$H_0 = S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 1$$

$$H_1 : S_i \neq 1 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\ &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{12^2}{2} + \frac{15^2}{2} + \frac{40^2}{2} + \dots + \frac{13^2}{2} \right] - 3(24+1) \\ &= \frac{12}{24(25)} [4521] - 3(25) \\ &= 15.4200 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 15.4200 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้มไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบสรุปได้ว่า อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้มมีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์หาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมของน้ำส้ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

4. ผลการวิเคราะห์ยอดขายของน้ำส้มด้วยวิธีปรับให้เรียบ

นำข้อมูลปริมาณยอดขายของน้ำส้ม ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2565 รวมทั้งสิ้น 36 ค่า มาทำการวิเคราะห์วิธีปรับให้เรียบ

กรณีที่อนุกรมเวลามีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล จะวิเคราะห์ด้วยวิธีปรับให้เรียบ เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ค่า MSE ของยอดขายน้ำส้มด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล

รูปแบบแนวโน้ม	MSE
เส้นตรง	912.812
เอ็กซ์โปเนนเชียล	764.913
ควอดราติก	455.044

ผลที่ได้จากการทดสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลจากตารางที่ 4.1 พบว่า อนุกรมเวลายอดขายของน้ำส้ม เป็นอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบควอดราติกแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น ในการพยากรณ์จึงใช้วิธีปรับให้เรียบแบบทริปเปิ้ล (Triple Exponential Method) โดยเริ่มจากการนำข้อมูลทั้ง 36 ค่า ไปหาแนวโน้มควอดราติก ได้สมการดังนี้

$$\hat{Y}_t = 55.4 - 4.11t + 0.2219t^2$$

โดยที่ $a_0(0) = 55.4$, $a_1(0) = -4.11$ และ $a_2(0) = 2(0.2219) = 0.4438$

จากนั้นหาค่า A_0 , A'_0 และ A''_0 ได้ดังนี้

$$A_0 = 55.4 - \left(\frac{1-0.0890}{0.0890} \right) (-4.11) + \left(\frac{(1-0.0890)(2-0.0890)}{2(0.0890)^2} \right) (0.4438) = 97.4747$$

$$A''_0 = 55.4 - \left(\frac{3(1-0.0890)}{0.0890} \right) (-4.11) + \left(\frac{3(1-0.0890)(4-3(0.0890))}{2(0.0890)^2} \right) (0.4438) = 181.6329$$

$$A'_0 = 55.4 - \left(\frac{2(1-0.0890)}{0.0890} \right) (-4.11) + \left(\frac{2(1-0.0890)(3-2(0.0890))}{2(0.0890)^2} \right) (0.4438) = 139.5524$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ A_0 , A'_0 และ A''_0 แล้วทำการหาค่า A_t , A'_t และ A''_t สำหรับค่า t ต่อ ๆ ไป ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล จำนวนทั้ง 36 ค่า และใช้คำสั่ง Solver ใน Microsoft Excel คำนวณหาค่า α ที่เหมาะสม โดยทำให้ได้ค่า MSE ที่ต่ำที่สุด ในที่นี้ได้ $\alpha = 0.0890$ และค่า MSE = 1,703.7637

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่า A_t, A'_t, A''_t และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของน้ำส้มด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ตั้งแต่ $t = 25, 26, \dots, 36$

t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
25	64	53.1845	66.3819	91.9800	36.9458
26	72	54.8590	65.3564	89.6106	41.2661
27	155	63.7712	65.2153	87.4395	60.0783
28	158	72.1572	65.8331	85.5166	76.0662
29	157	79.7079	67.0679	83.8747	88.8965
30	156	86.4976	68.7971	82.5329	99.0504
31	161	93.1280	70.9625	81.5032	108.0472
32	168	99.7914	73.5281	80.7934	116.4173
33	170	106.0397	76.4215	80.4043	123.3177
34	172	111.9099	79.5799	80.3310	128.9799
35	174	117.4357	82.9489	80.5639	133.6039
36	152	120.5118	86.2919	81.0737	132.9480

จากตารางที่ 4.2 จะเขียนสมการพยากรณ์ในเทอมของ A_t, A'_t และ A''_t ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{36+p}(36) &= \left(6(1-0.0890)^2 + (6-5(0.0890))(0.0890p) + 0.0890^2 p^2\right) \left(\frac{120.5118}{2(1-0.0890)^2}\right) \\ &- \left(6(1-0.0890)^2 + 2(5-4(0.0890))(0.0890p) + 2(0.0890)^2 p^2\right) \left(\frac{86.2919}{2(1-0.0890)^2}\right) \\ &+ \left(2(1-0.0890)^2 + (4-3(0.0890))(0.0890p) + 0.0890^2 p^2\right) \left(\frac{81.0737}{2(1-0.0890)^2}\right) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{Y}_{36+p}(36) = 398.0072 - 215.0809p + 97.6884p^2$$

(Origin เดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 p มีหน่วยเป็นเดือน)

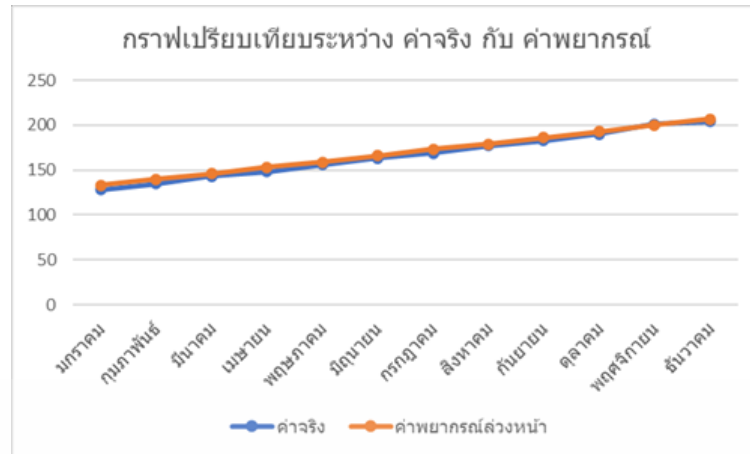
สำหรับค่า $p=1,2,\dots$ เมื่อ p คือ ช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า p เป็นหน่วยเวลา

ตารางที่ 4.3 ค่าพยากรณ์ความต้องการของน้ำส้ม จำนวน 12 ค่าล่วงหน้า ตั้งแต่เดือนมกราคมถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566

เดือน	ยอดขาย (ขวด)	ค่าพยากรณ์ยอดขาย (ขวด)
มกราคม	128	133
กุมภาพันธ์	135	140
มีนาคม	143	146
เมษายน	148	153
พฤษภาคม	156	159
มิถุนายน	163	166
กรกฎาคม	169	173
สิงหาคม	177	179
กันยายน	183	186
ตุลาคม	190	193
พฤศจิกายน	201	200
ธันวาคม	204	207

นำค่าพยากรณ์ที่ได้จากการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล มาทำการเปรียบเทียบข้อมูล 12 เดือน ซึ่งเป็นข้อมูลทดสอบเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งได้ค่า $MAPE = 2.1277\%$

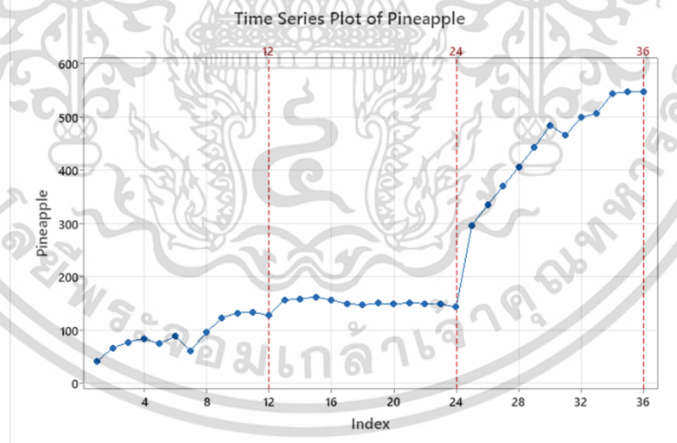
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์
ของน้ำส้มใน พ.ศ. 2566

4.2.2 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับปะรด

อนุกรมเวลารายเดือนของยอดขายของน้ำสับปะรด มีขนาด 36 เดือน โดยเริ่มต้นตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2563 จนถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2565 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจะแสดงในรูปที่ 4.7 แสดงปริมาณยอดขายของน้ำสับปะรด

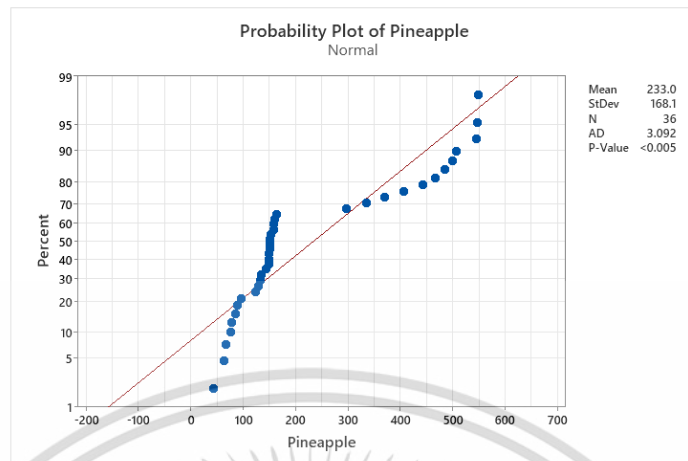


รูปที่ 4.7 อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับปะรด
ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

จากรูปที่ 4.7 พบว่า อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับปะรดมีแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลที่ไม่ชัดเจน จึงนำอนุกรมเวลาไปทดสอบการแจกแจงปกติเพื่อเลือกวิธีการทดสอบแนวโน้มและอิทธิพล

ฤดูกาล
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การทดสอบการแจกแจงของแอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง ยอดขายของน้ำสับประรด



รูปที่ 4.8 การทดสอบการแจกแจงปกติโดยใช้การทดสอบ แอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำสับประรดมีการแจกแจงปกติ

H_1 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำสับประรดไม่มีการแจกแจงปกติ

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 AD &= -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{n+1-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \frac{1}{36} \sum_{i=1}^{36} \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{37-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \left[\frac{1}{36} \times (-1,407.387678) \right] \\
 &= 3.0941
 \end{aligned}$$

ปรับค่าสถิติทดสอบเป็น AD^*

$$\begin{aligned}
 AD^* &= AD \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\
 &= 3.0941 \left(1 + \frac{0.75}{36} + \frac{2.25}{36^2} \right) \\
 &= 3.1639
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณวิกฤต คือ $AD^* \geq C_\alpha$

$$\begin{aligned} \text{โดย } C_\alpha &= a_\alpha \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\ C_{0.05} &= 0.7514 \left(1 + \frac{-0.795}{36} + \frac{-0.890}{36^2} \right) \\ &= 0.7342 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $AD^* = 4.9312 > C_\alpha = 0.7342$ และ $p\text{-value} < 0.005$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำสับประรดไม่มีการแจกแจงปกติ

เนื่องจาก ข้อมูลยอดขายของน้ำสับประรดไม่มีการแจกแจงปกติ จึงเลือกใช้การทดสอบแนวนอนและอทิพลตุคาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ คือ ทดสอบแนวนอนด้วยการทดสอบของ Daniel's Test และทดสอบอทิพลตุคาลด้วยการทดสอบของ Kruskal-Wallis Test

2. ทดสอบแนวนอนแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ของน้ำสับประรด (การทดสอบของแดนเนียล Daniel's Test)

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับประรดไม่มีแนวนอน

H_1 : อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับประรดมีแนวนอน

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} r_s &= 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \\ &= 1 - \frac{6(547)}{36(36^2 - 1)} = 0.9296 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

$$\begin{aligned} \text{โดย } Z &= \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}} \\ &= \frac{0.9296}{\frac{1}{\sqrt{36-1}}} = 5.4996 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $Z = 5.4996 > Z_{0.025} = 1.96$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับประรดมีแนวนอนเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทดสอบอิทธิพลฤดูกาลของน้ำสับประรดแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (การทดสอบครัสคาล-วอลลิส)

สมมติฐานการทดสอบ

สำหรับรูปแบบบวก

$$H_0 : S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 0$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\ &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{35^2}{2} + \frac{38^2}{2} + \frac{40^2}{2} + \dots + \frac{10^2}{2} \right] - 3(24+1) \\ &= \frac{12}{24(25)} [4,654.50] - 3(25) \\ &= 18.0900 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 18.0900 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับประรดไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

สำหรับรูปแบบคูณ

$$H_0 = S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 1$$

$$H_1 : S_i \neq 1 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\ &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{37^2}{2} + \frac{37^2}{2} + \frac{39^2}{2} + \dots + \frac{10^2}{2} \right] - 3(24+1) \\ &= \frac{12}{24(25)} [4675.50] - 3(25) \\ &= 18.5100 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 18.5100 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับประรดไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบสรุปได้ว่า อนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับประดามีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์หาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมของน้ำสับประด โดยมีรายละเอียดดังนี้

4. ผลการวิเคราะห์ยอดขายของน้ำสับประดด้วยวิธีปรับให้เรียบ

นำข้อมูลปริมาณยอดขายของน้ำสับประด ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2565 รวมทั้งสิ้น 36 ค่า มาทำการวิเคราะห์วิธีปรับให้เรียบ

กรณีที่อนุกรมเวลามีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล จะวิเคราะห์ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ค่า MSE ของยอดขายน้ำสับประดโดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล

รูปแบบแนวโน้ม	MSE
เส้นตรง	4,927.63
เอ็กซ์โปเนนเชียล	2,244.48
ควอดราติก	1,932.72

ผลที่ได้จากการทดสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลจากตารางที่ 4.4 พบว่าอนุกรมเวลายอดขายของน้ำสับประด เป็นอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบควอดราติกแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น ในการพยากรณ์จึงใช้วิธีปรับให้เรียบแบบทริปเปิ้ล (Triple Exponential Method) โดยเริ่มจากการนำข้อมูลทั้ง 36 ค่า ไปหาแนวโน้มควอดราติก ได้สมการดังนี้

$$\hat{Y}_t = 98.5 - 6.54t + 0.5676t^2$$

$$\text{โดยที่ } a_0(0) = 98.5, a_1(0) = -6.54 \text{ และ } a_2(0) = 2(0.5676) = 1.1352$$

จากนั้นหาค่า A_0 , A'_0 และ A''_0 ได้ดังนี้

$$A_0 = 98.5 - \left(\frac{1-0.0890}{0.0890} \right) (-6.54) + \left(\frac{(1-0.0890)(2-0.0890)}{2(0.0890)^2} \right) (1.1352) = 165.454$$

$$A''_0 = 98.5 - \left(\frac{3(1-0.0890)}{0.0890} \right) (-6.54) + \left(\frac{3(1-0.0890)(4-3(0.0890))}{2(0.0890)^2} \right) (1.1352) = 232.4154$$

$$A'_0 = 98.5 - \left(\frac{2(1-0.0890)}{0.0890} \right) (-6.54) + \left(\frac{2(1-0.0890)(3-2(0.0890))}{2(0.0890)^2} \right) (1.1352) = 299.3843$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ A_0 , A'_0 และ A''_0 แล้วทำการหาค่า A_t , A'_t และ A''_t สำหรับค่า t ต่อ ๆ ไป ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปปเปิ้ล จำนวนทั้ง 36 ค่า และใช้คำสั่ง Solver ใน Microsoft Excel คำนวณหาค่า α ที่เหมาะสม โดยทำให้ได้ค่า MSE ที่ต่ำที่สุด ในที่นี้ได้ $\alpha = 0.0890$ และค่า MSE = 13,292.5786

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่า A_t, A'_t, A''_t และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของน้ำสับปรดด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปปเปิ้ล ตั้งแต่ $t = 25, 26, \dots, 36$

t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
25	296	155.3731	146.0180	170.0061	141.7633
26	335	171.3592	148.2733	168.0720	171.0744
27	370	189.0375	151.9012	166.6328	201.3295
28	406	208.3464	156.9246	165.7688	232.3996
29	443	229.2297	163.3595	165.5544	264.1803
30	484	251.9033	171.2396	166.0604	297.1399
31	466	270.9572	180.1141	167.3111	320.0810
32	499	291.2521	190.0049	169.3308	344.0281
33	507	310.4529	200.7244	172.1247	364.1269
34	544	331.2378	212.3396	175.7037	386.3166
35	547	350.4398	224.6300	180.0579	403.9180
36	548	368.0219	237.3914	185.1604	417.3176

จากตารางที่ 4.5 จะเขียนสมการพยากรณ์ในเทอมของ A_t, A'_t และ A''_t ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{36+p}(36) &= \left(6(1-0.0890)^2 + (6-5(0.0890))(0.0890p) + 0.0890^2 p^2\right) \left(\frac{365.6500}{2(1-0.0890)^2}\right) \\ &- \left(6(1-0.0890)^2 + 2(5-4(0.0890))(0.0890p) + 2(0.0890)^2 p^2\right) \left(\frac{226.5519}{2(1-0.0890)^2}\right) \\ &+ \left(2(1-0.0890)^2 + (4-3(0.0890))(0.0890p) + 0.0890^2 p^2\right) \left(\frac{158.1590}{2(1-0.0890)^2}\right) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\hat{Y}_{36+p}(36) = 398.0072 - 215.0809p + 97.6884p^2$$

(Origin เดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 p มีหน่วยเป็นเดือน)

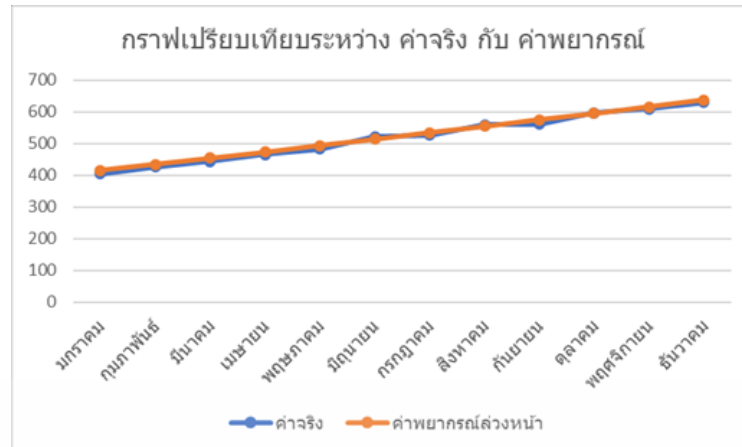
สำหรับค่า $p=1,2,\dots$ เมื่อ p คือ ช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า p เป็นหน่วยเวลา

ตารางที่ 4.6 ค่าพยากรณ์ความต้องการของน้ำสับประรด จำนวน 12 ค่าล่วงหน้า ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566

เดือน	ยอดขาย (ขวด)	ค่าพยากรณ์ยอดขาย (ขวด)
มกราคม	405	416
กุมภาพันธ์	426	435
มีนาคม	443	455
เมษายน	466	474
พฤษภาคม	483	494
มิถุนายน	522	514
กรกฎาคม	527	534
สิงหาคม	559	554
กันยายน	561	575
ตุลาคม	597	595
พฤศจิกายน	609	616
ธันวาคม	629	637

นำค่าพยากรณ์ที่ได้จากการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล มาทำการเปรียบเทียบข้อมูล 12 เดือน ซึ่งเป็นข้อมูลทดสอบเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งได้ค่า $MAPE = 1.7115\%$

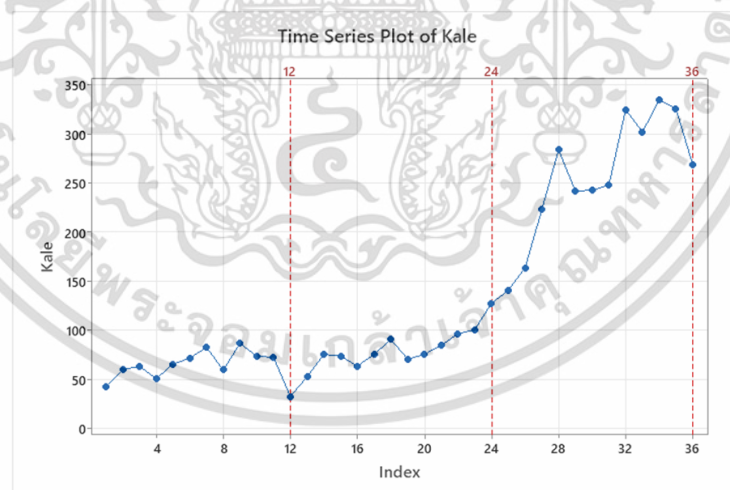
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์
ของน้ำสับปรตใน พ.ศ. 2566

4.2.3 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาของน้ำเค็ม

อนุกรมเวลารายเดือนของยอดขายของน้ำเค็ม มีขนาด 36 เดือน โดยเริ่มต้นตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2565 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจะแสดงในรูปที่ 4.10 แสดงปริมาณยอดขายของน้ำเค็ม

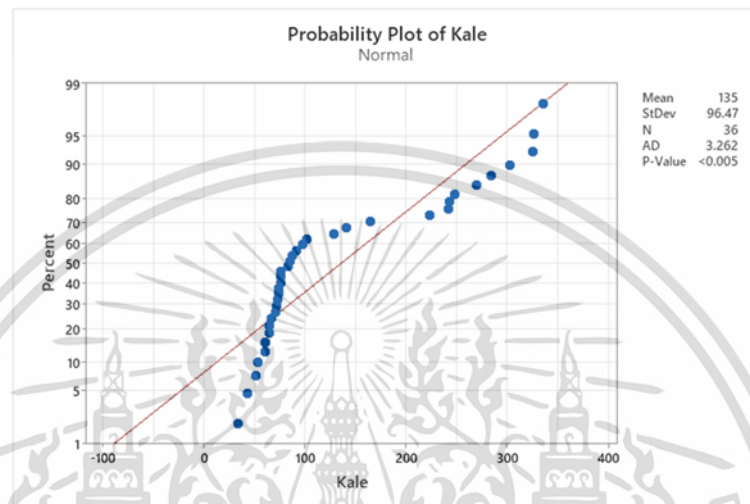


รูปที่ 4.10 อนุกรมเวลาของน้ำเค็ม
ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10 พบว่า อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเคลมี่แนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาลที่ไม่ชัดเจนจึงนำอนุกรมเวลาไปทดสอบการแจกแจงปรกติเพื่อเลือกวิธีการทดสอบแนวโน้มและอิทธิพลฤดูกาล

1. การทดสอบการแจกแจงของแอนเดอร์สัน - คาร์ลิง ยอดขายของน้ำเคลมี่



รูปที่ 4.11 การทดสอบการแจกแจงปรกติโดยใช้การทดสอบ แอนเดอร์สัน - คาร์ลิง

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำเคลมี่มีการแจกแจงปรกติ

H_1 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำเคลมี่ไม่มีการแจกแจงปรกติ

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 AD &= -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{n+1-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \frac{1}{36} \sum_{i=1}^{36} \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{37-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \left[\frac{1}{36} \times (-1,413.432362) \right] \\
 &= 3.2620
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับค่าสถิติทดสอบเป็น AD^*

$$\begin{aligned} AD^* &= AD \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\ &= 3.2620 \left(1 + \frac{0.75}{36} + \frac{2.25}{36^2} \right) \\ &= 3.3356 \end{aligned}$$

บริเวณวิกฤต คือ $AD^* \geq C_\alpha$

$$\begin{aligned} \text{โดย } C_\alpha &= a_\alpha \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\ C_{0.05} &= 0.7514 \left(1 + \frac{-0.795}{36} + \frac{-0.890}{36^2} \right) \\ &= 0.7342 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $AD^* = 3.3356 > C_\alpha = 0.7342$ และ $p\text{-value} < 0.005$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำเค็มไม่มีการแจกแจงปรกติ

เนื่องจาก ข้อมูลยอดขายของน้ำเค็มไม่มีการแจกแจงปรกติ จึงเลือกใช้การทดสอบแนวนอน และอิทธิพลฤดูกาลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ คือ ทดสอบแนวนอนด้วยการทดสอบของ Daniel's Test และทดสอบอิทธิพลฤดูกาลด้วยการทดสอบของ Kruskal-Wallis Test

2. ทดสอบแนวนอนแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ของน้ำเค็ม (การทดสอบของแดเนียล Daniel's Test)

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเค็มไม่มีแนวนอน

H_1 : อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเค็มมีแนวนอน

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} r_s &= 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \\ &= 1 - \frac{6(792)}{36(36^2 - 1)} = 0.8981 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

$$\text{โดย } Z = \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{0.8981}{\frac{1}{\sqrt{36-1}}} = 5.3131$$

เนื่องจาก $Z = 5.3131 > Z_{0.025} = 1.96$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเค็มมีแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง

3. ทดสอบอิทธิพลฤดูกาลของน้ำเค็มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (การทดสอบครัสคาล-วอลลิส)

สมมติฐานการทดสอบ

สำหรับรูปแบบบวก

$$H_0 : S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 0$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\ &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{12^2}{2} + \frac{27^2}{2} + \frac{38^2}{2} + \dots + \frac{6^2}{2} \right] - 3(24+1) \\ &= \frac{12}{24(25)} [4,250] - 3(25) \\ &= 10.0000 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 10.0000 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเค็มไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

สำหรับรูปแบบคูณ

$$H_0 = S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 1$$

$$H_1 : S_i \neq 1 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\ &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{12^2}{2} + \frac{29^2}{2} + \frac{36^2}{2} + \dots + \frac{9^2}{2} \right] - 3(24+1) \\ &= \frac{12}{24(25)} [4,191] - 3(25) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 8.8200

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 8.8200 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่นอกบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเค็มไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

จากการทดสอบสรุปได้ว่า อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเค็มมีแนวโน้มแต่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์หาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมของน้ำเค็ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

4. ผลการวิเคราะห์ยอดขายของน้ำเค็มด้วยวิธีปรับให้เรียบ

นำข้อมูลปริมาณยอดขายของน้ำเค็ม ตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2565 รวมทั้งสิ้น 36 ค่า มาทำการวิเคราะห์วิธีปรับให้เรียบ

กรณีที่อนุกรมเวลามีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล จะวิเคราะห์ด้วยวิธีปรับให้เรียบ เอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ค่า MSE ของยอดขายน้ำเค็มโดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล

รูปแบบแนวโน้ม	MSE
เส้นตรง	2,265.17
เอ็กซ์โปเนนเชียล	1,474.07
ควอดราติก	818.744

ผลที่ได้จากการทดสอบแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลจากตารางที่ 4.7 พบว่า อนุกรมเวลายอดขายของน้ำเค็ม เป็นอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบควอดราติกแต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น ในการพยากรณ์จึงใช้วิธีปรับให้เรียบแบบทริปเปิ้ล (Triple Exponential Method) โดยเริ่มจากการนำข้อมูลทั้ง 36 ค่า ไปหาแนวโน้มควอดราติก ได้สมการดังนี้

$$\hat{Y}_t = 80.8 - 6.67t + 0.3945t^2$$

โดยที่ $a_0(0) = 80.8$, $a_1(0) = -6.67$ และ $a_2(0) = 2(0.3945) = 0.7890$

จากนั้นหาค่า A_0 , A_0' และ A_0'' ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A_0 = 80.8 - \left(\frac{1-0.0890}{0.0890} \right) (-6.67) + \left(\frac{(1-0.0890)(2-0.0890)}{2(0.0890)^2} \right) (0.7890) = 149.0823$$

$$A_0'' = 80.8 - \left(\frac{3(1-0.0890)}{0.0890} \right) (-6.67) + \left(\frac{3(1-0.0890)(4-3(0.0890))}{2(0.0890)^2} \right) (0.7890) = 217.3698$$

$$A_0' = 80.8 - \left(\frac{2(1-0.0890)}{0.0890} \right) (-6.67) + \left(\frac{2(1-0.0890)(3-2(0.0890))}{2(0.0890)^2} \right) (0.7890) = 285.6625$$

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ค่า A_t, A_t', A_t'' และ $\hat{Y}_{t+1}(t)$ ของน้ำเค็มด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล ตั้งแต่ $t = 25, 26, \dots, 36$

t	Y_t	A_t	A_t'	A_t''	$\hat{Y}_{t+1}(t)$
25	141	88.7997	84.5872	101.7366	82.0772
26	164	95.4923	85.5577	100.2967	93.7616
27	223	106.8400	87.4518	99.1536	114.0505
28	284	122.6066	90.5804	98.3906	141.7241
29	242	133.2322	94.3763	98.0333	156.4280
30	243	143.0011	98.7037	98.0930	168.2449
31	248	152.3456	103.4776	98.5722	178.3658
32	325	167.7112	109.1942	99.5175	200.2929
33	302	179.6624	115.4656	100.9369	213.5059
34	335	193.4869	122.4092	102.8478	229.7642
35	326	205.2801	129.7844	105.2451	240.7626
36	269	210.9509	137.0080	108.0719	238.5571

เมื่อได้ A_0, A_0' และ A_0'' แล้วทำการหาค่า A_t, A_t' และ A_t'' สำหรับค่า t ต่อ ๆ ไป ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล จำนวนทั้ง 36 ค่า และใช้คำสั่ง Solver ใน Microsoft Excel คำนวณหาค่า α ที่เหมาะสม โดยทำให้ได้ค่า MSE ที่ต่ำที่สุด ในที่นี่ได้ $\alpha = 0.0890$ และค่า MSE = 4,699.4249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 จะเขียนสมการพยากรณ์ในเทอมของ A_t, A_t' และ A_t'' ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{36+p}(36) = \left(6(1-0.0890)^2 + (6-5(0.0890))(0.0890p) + 0.0890^2 p^2\right) \left(\frac{210.9509}{2(1-0.0890)^2}\right) \\ - \left(6(1-0.0890)^2 + 2(5-4(0.0890))(0.0890p) + 2(0.0890)^2 p^2\right) \left(\frac{137.0079}{2(1-0.0890)^2}\right) \\ + \left(2(1-0.0890)^2 + (4-3(0.0890))(0.0890p) + 0.0890^2 p^2\right) \left(\frac{108.0718}{2(1-0.0890)^2}\right)$$

$$\hat{Y}_{36+p}(36) = 696.6948 - 341.4894p + 130.2192p^2$$

(Origin เดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 p มีหน่วยเป็นเดือน)

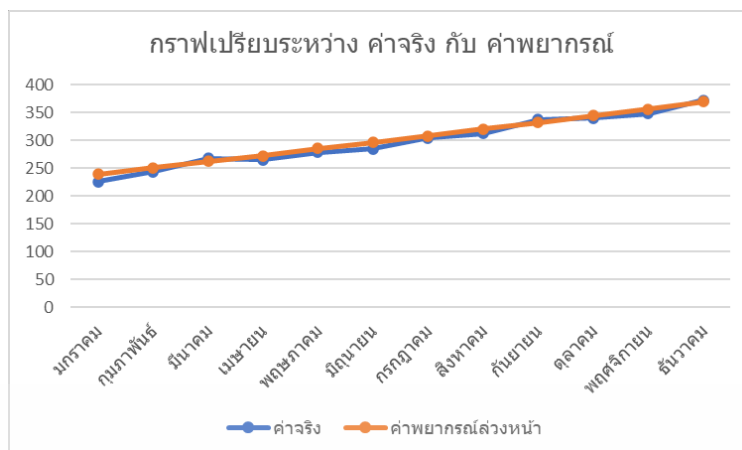
สำหรับค่า $p=1,2,\dots$ เมื่อ p คือ ช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า p เป็นหน่วยเวลา

ตารางที่ 4.9 ค่าพยากรณ์ความต้องการของน้ำเค็ม จำนวน 12 ค่าล่วงหน้า ตั้งแต่เดือนมกราคมถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566

เดือน	ยอดขาย (ขวด)	ค่าพยากรณ์ยอดขาย (ขวด)
มกราคม	225	239
กุมภาพันธ์	243	250
มีนาคม	267	262
เมษายน	265	272
พฤษภาคม	278	285
มิถุนายน	284	296
กรกฎาคม	304	308
สิงหาคม	312	320
กันยายน	337	332
ตุลาคม	340	344
พฤศจิกายน	348	356
ธันวาคม	372	369

นำค่าพยากรณ์ที่ได้จากการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทรูปเปิ้ล มาทำการเปรียบเทียบข้อมูล 12 เดือน ซึ่งเป็นข้อมูลทดสอบเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งได้ค่า $MAPE = 2.5004\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์
ของน้ำเค็มใน พ.ศ. 2566

4.2.4 ผลการวิเคราะห์สินค้าประเภทที่ 2

ประเภทที่ 2 คือ สินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชลอรี่ น้ำอาโวคาโด น้ำสตอเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำคอส น้ำปีทรูท น้ำทับทิม น้ำปวยเล้ง น้ำกีวี กีวี โดยใช้การพยากรณ์ด้วยเว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจเออร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

หลักการการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจเออร์ Forecast

Flask เป็นเฟรมเวิร์ก (Framework) สำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ด้วยภาษา Python ซึ่งถูกออกแบบมาให้เป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่าย และเน้นความกระชับ สามารถใช้ Flask เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็วและยืดหยุ่นได้ตามต้องการ

โค้ด Flask ที่ให้มามีการใช้งานโมเดล ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) เพื่อพยากรณ์ปริมาณสินค้าที่ขายได้ในอนาคตโดยใช้ข้อมูลปริมาณขายในอดีต โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

การรับข้อมูล : โค้ด Flask รับข้อมูล JSON ที่ส่งมาจาก Client โดยมีข้อมูล เช่น ชื่อผลไม้ (fruit_name) และปี-เดือนที่ต้องการทำนาย (forecast_year, forecast_month) เพื่อทำการนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณสินค้าขายในอนาคต

การโหลดข้อมูล : โค้ดนี้โหลดข้อมูลจากไฟล์ Excel โดยอ่านข้อมูลจากชื่อที่ระบุตามชื่อผลไม้ที่ระบุในข้อมูล JSON ที่รับเข้ามา โดยข้อมูลจะประกอบไปด้วยปี-เดือนและปริมาณขาย

การเตรียมข้อมูล : โค้ดทำการแปลงปีปฏิทินแบบพุทธเป็นปีปฏิทินแบบกรีก และแปลงเดือนจากภาษาไทยเป็นเลขเดือน จากนั้นทำการรวมปีและเดือนเข้าด้วยกันเป็นรูปแบบ Datetime และตั้งค่าให้เป็น Index ของข้อมูล

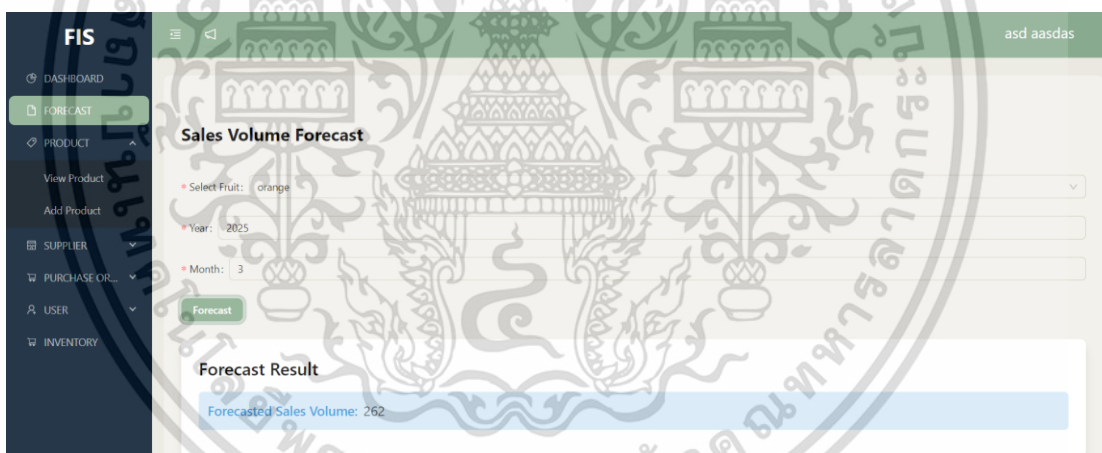
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้นหามอดัลที่เหมาะสม : โค้ดทำการค้นหาค่า AIC (Akaike Information Criterion) ที่ดีที่สุดโดยใช้ Grid Search บนพารามิเตอร์ p, d, q ของโมเดล ARIMA และเลือกโมเดลที่มี AIC ต่ำสุด

การทำนาย : หลังจากที่ได้โมเดลที่ดีที่สุดแล้ว โค้ดจะใช้โมเดลนั้นในการพยากรณ์ปริมาณสินค้าขายในอนาคตโดยการสร้างวิธีการพยากรณ์ด้วยเวลา (Time Series Forecasting) และคืนค่าการพยากรณ์กลับไปยัง Client ในรูปแบบของ JSON

วิธีการพยากรณ์แบบ ARIMA จะใช้ข้อมูลปริมาณขายในอดีตเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในช่วงเวลาก่อนหน้าและใช้ค่านั้นเพื่อพยากรณ์ค่าในอนาคต โดยการเลือกโมเดลที่ดีที่สุดจะใช้เกณฑ์ AIC ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยงของโมเดล เมื่อได้โมเดลที่เหมาะสมแล้วจะใช้โมเดลนั้นในการพยากรณ์ค่าปริมาณขายในอนาคตตามช่วงเวลาที่กำหนดในข้อมูล JSON ที่เข้ามาผ่าน Request

สินค้าประเภทที่ 2 คือ สินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชลอรี่ น้ำอาโวคาโด น้ำสตอร์วเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำคอส น้ำบัทрут น้ำทับทิม น้ำปวยเล้ง และน้ำกีวี โดยจะนำเสนอรายละเอียดของน้ำแตงโมซึ่งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวโดยใช้การพยากรณ์ด้วยเว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast โดยใช้วิธี บ็อกซ์-เจนกินส์ ได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ผลตัวอย่างการพยากรณ์ยอดขายน้ำแตงโมโดยใช้พีเจอาร์ Forecast บนเว็บแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การจัดการสินค้าคงคลัง

การวิเคราะห์เกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลัง จากการศึกษาข้อมูลของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นกรณีศึกษา จะทำการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบความต้องการของสินค้า 18 ชนิดว่ามีความเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้วิธีการสั่งซื้อแบบใด โดยจะทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (VC) เพื่อที่จะสามารถทราบถึงเทคนิคที่จะนำมาใช้ หากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.20 จะทำการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 0.20 จะทำการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) โดยจะมีรายละเอียดในการวิเคราะห์การจัดการสินค้าคงคลังดังนี้

4.3.1 ความต้องการวัตถุดิบ

เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาจากข้อ 4.2 เป็นค่าพยากรณ์สินค้า ซึ่งค่าที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นเป็นค่าความต้องการสินค้าที่มีหน่วยเป็นขวด จึงทำให้ค่าที่วิเคราะห์ออกมามีหน่วยเป็นขวด ดังนั้นจึงต้องทำการหาค่าความต้องการวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัม เพื่อทำการหารูปแบบการสั่งซื้อที่เหมาะสมของวัตถุดิบ โดยหน่วยกิโลกรัมที่ถูกแปลงมาแล้วมีค่าดังตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ความต้องการสินค้าประเภทที่ 1

ลำดับ	รายการสินค้า	ความต้องการสินค้า (ขวด)	ความต้องการวัตถุดิบ (กิโลกรัม)
1	ส้ม	2,030	812
2	สับปะรด	6,295	1,050
3	केล	3,630	726

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ความต้องการสินค้าประเภทที่ 2

ลำดับ	รายการสินค้า	ความต้องการสินค้า (ขวด)	ความต้องการวัตถุดิบ (กิโลกรัม)
1	ปีทูท	2,645	1,058
2	แอปเปิ้ล	2,329	699
3	ฝรั่งแดง	1,964	657
4	มังคุด	1,789	1,044
5	เซเลอรี่	1,673	421
6	ทับทิม	1,171	238
7	กีวี	1,052	705
8	มะยงชิด	627	199
9	สตอว์เบอร์รี่	606	185
10	ปวยเล้ง	304	49
11	อาโวคาโด	232	79
12	แตงโม	193	49
13	มะม่วง	82	23
14	เมล่อน	33	9
15	คอส	26	7

4.3.2 ค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลัง

ค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นกรณีศึกษา ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

1. ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นกรณีศึกษา จะมีค่าใช้จ่ายดังนี้ คือ

- ก. เงินเดือนพนักงานแผนกจัดซื้อ
- ข. ค่าอินเทอร์เน็ต
- ค. ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

โดยค่าใช้จ่ายส่วนของเงินเดือนพนักงานแผนกจัดซื้อนั้นได้ทำการประมาณตามอัตราเงินเดือนขั้นต้นของระดับวุฒิการศึกษา ค่าอินเทอร์เน็ต และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ จะคิดตามยอดที่ใช้ ซึ่งจะคิดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการสั่งซื้อเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายแต่ละอย่าง เนื่องจากไม่ได้ใช้ค่าใช้จ่ายตรงนี้ในการทำงานแค่ส่วนของคลัง แต่ยังใช้ทำอย่างอื่นนอกเหนือจากนี้ ดังนั้นสามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ดังตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า

ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ	ค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
เงินเดือนพนักงานแผนกจัดซื้อ	18,000	64,800
ค่าอินเทอร์เน็ต	599	2,156.4
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	200	720
รวม		67,676.4

ต้นทุนในการสั่งซื้อจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตั้งแต่ทำการออกไปสั่งซื้อถึงรับสินค้า จัดเก็บสินค้า ดังนั้นเวลาสั่งซื้อ คือ

$$\begin{aligned} \text{จำนวนครั้งในการสั่งซื้อ} &= 20 \text{ ครั้ง} \times 12 \text{ เดือน} \\ &= 240 \text{ ครั้ง/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/คำสั่งซื้อ} &= 67,676.4 \text{ บาท} \div 240 \text{ ครั้ง} \\ &= 281.99 \text{ บาท/คำสั่งซื้อ} \end{aligned}$$

$$\text{โดยปกติ 1 คำสั่งซื้อจะสั่งสินค้าจำนวน} = 13 \text{ รายการ}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ/คำสั่งซื้อ/รายการ} = 21.69 \text{ บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ}$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าของรายการผักและผลไม้ต่อคำสั่งซื้อต่อรายการสั่ง จะมีราคาอยู่ที่ 21.69 บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ

2. ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

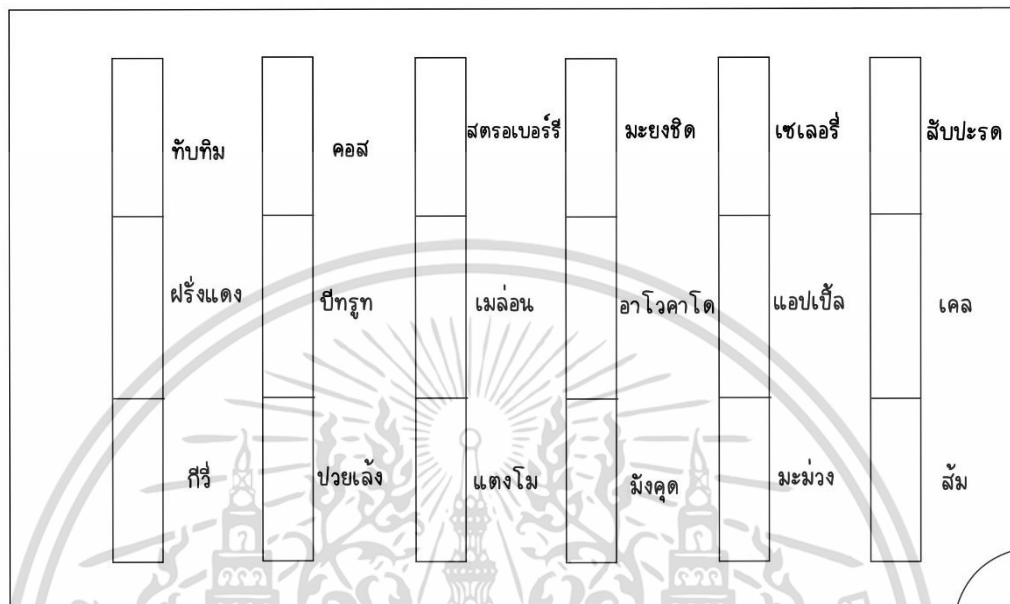
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นกรณีศึกษา สามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (ต่อปี)	ค่าใช้จ่าย (บาท/ปี)
ค่าบำรุงและซ่อมแซม	6,000
ค่าเช่าคลังสินค้า	80,004
ค่าไฟฟ้า	24,000
รวม	110,004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดเก็บผลไม้มีการจัดเก็บไว้ในห้องเย็นขนาด 50 ตารางเมตร โดยแบ่งสัดส่วนออกเป็น 18 พื้นที่ ใน 1 พื้นที่จะเป็นเก็บเป็นชั้นที่มีขนาดเท่า ๆ กัน โดยแต่ละพื้นที่จะจัดเก็บผลไม้อย่างละ 1 ชนิด ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การจัดเก็บผลไม้ในคลังสินค้า

การคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา 50 ตารางเมตร} &= 110,004 \text{ บาท/ปี} \\ \text{ค่าใช้จ่ายต่อการเก็บต่อพื้นที่ 18 พื้นที่} &= 110,004 \text{ บาท} \div 18 \\ &= 6,111.33 \text{ บาท/พื้นที่/ปี} \end{aligned}$$

คิดต้นทุนในการเก็บรักษาต่อผลไม้ เป็นดังนี้

สินค้าประเภทที่ 1

$$\begin{aligned} 1. \text{ ค่าใช้จ่ายสำหรับพื้นที่ในการจัดเก็บส้ม} \\ \text{พบว่า 1 พื้นที่สามารถเก็บได้} &= 60 \text{ กิโลกรัม} \\ \text{ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ} &= 6,111.33 \text{ บาท/พื้นที่/ปี} \\ \text{ต้นทุนในการจัดเก็บ} &= 6,111.33 \div 60 \\ &= 101.85 \text{ บาท/กิโลกรัม/ปี} \\ \text{โดยมีต้นทุนเน่าเสีย 10 เปอร์เซ็นต์} &= 10.19 \text{ บาท/ปี} \\ \text{ดังนั้น ต้นทุนในการจัดเก็บรวมกับต้นทุนเน่าเสีย} &= 101.85 + 10.19 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าใช้จ่ายสำหรับพื้นที่ในการจัดเก็บสับปะรด

พบว่า 1 พื้นที่ที่สามารถเก็บได้	= 72 กิโลกรัม
ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ	= 6,111.33 บาท/พื้นที่/ปี
ต้นทุนในการจัดเก็บ	= 6,111.33 ÷ 140
	= 84.88 บาท/กิโลกรัม/ปี
โดยมีต้นทุนเน่าเสีย 10 เปอร์เซ็นต์	= 8.49 บาท/ปี
ดังนั้น ต้นทุนในการจัดเก็บรวมกับต้นทุนเน่าเสีย	= 84.88 + 8.49
	= 93.37 บาท/กิโลกรัม/ปี

3. ค่าใช้จ่ายสำหรับพื้นที่ในการจัดเก็บเคล

พบว่า 1 พื้นที่ที่สามารถเก็บได้	= 84 กิโลกรัม
ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ	= 6,111.33 บาท/พื้นที่/ปี
ต้นทุนในการจัดเก็บ	= 6,111.33 ÷ 84
	= 72.76 บาท/กิโลกรัม/ปี
โดยมีต้นทุนเน่าเสีย 10 เปอร์เซ็นต์	= 7.27 บาท/ปี
ดังนั้น ต้นทุนในการจัดเก็บรวมกับต้นทุนเน่าเสีย	= 72.75 + 7.28
	= 80.03 บาท/กิโลกรัม/ปี

โดยสินค้าประเภทที่ 2 ก็จะทำให้การคิดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาเหมือนสินค้าประเภทที่ 1 ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาของสินค้าประเภทที่ 1 และสินค้าประเภทที่ 2 ดังตารางที่ 4.14 และตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 ต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บรักษาของสินค้าประเภทที่ 1

รายการ	ต้นทุนในการสั่งซื้อ (บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ)	ต้นทุนในการเก็บรักษา* (บาท/กิโลกรัม/ปี)
ส้ม	21.69	112.04
สับปะรด	21.69	93.37
เคล	21.69	80.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ต้นทุนในการสั่งซื้อและต้นทุนในการเก็บรักษาของสินค้าประเภทที่ 2

รายการ	ต้นทุนในการสั่งซื้อ (บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ)	ต้นทุนในการเก็บรักษา* (บาท/กิโลกรัม/ปี)
ปืทรูท	21.69	124.49
แอปเปิ้ล	21.69	93.37
ฝรั่งแดง	21.69	124.49
มังคุด	21.69	82.99
เซเลอรี่	21.69	93.36
ทับทิม	21.69	124.49
กีวี	21.69	80.02
มะยงชิด	21.69	149.38
สตอว์เบอร์รี่	21.69	149.38
ปวยเล้ง	21.69	93.36
อาโวคาโด	21.69	93.36
แตงโม	21.69	124.49
มะม่วง	21.69	149.38
เมล่อน	21.69	124.49
คอส	21.69	93.36

หมายเหตุ : * รวมต้นทุนเน่าเสีย 10 เปอร์เซ็นต์ของสินค้าแต่ละตัวแล้ว

4.3.3 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน

การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน เพื่อที่จะทำให้ทราบลักษณะความต้องการสินค้าว่าความต้องการสินค้ามีลักษณะคงที่หรือความต้องการสินค้ามีลักษณะไม่คงที่

โดยถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.20 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะคงที่ มีความเหมาะสมที่จะใช้สูตรวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) สำหรับคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน มีค่ามากกว่า 0.20 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะไม่แน่นอน จะใช้สูตรวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) โดยจะคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนได้จากสูตรที่ 2.17 โดยจะมีตัวอย่างการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ค่าพยากรณ์ความต้องการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2566 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของส้ม

เดือน	ค่าพยากรณ์ความต้องการ (d_i)	d_i^2
มกราคม	132.88	17,657.75
กุมภาพันธ์	139.27	19,397.09
มีนาคม	145.72	21,235.66
เมษายน	152.23	23,175.77
พฤษภาคม	158.81	25,219.79
มิถุนายน	165.43	27,370.08
กรกฎาคม	172.13	29,629.04
สิงหาคม	178.88	31,999.09
กันยายน	185.69	34,482.66
ตุลาคม	192.57	37,082.20
พฤศจิกายน	199.50	39,800.22
ธันวาคม	206.50	42,639.20
	$\sum_{i=0}^n d_i = 2,029.63$	$\sum_{i=0}^n d_i^2 = 349,688.58$

เนื่องจาก $\sum_{i=0}^n d_i = 2,029.63$, $\sum_{i=0}^n d_i^2 = 349,688.58$ และ $n = 12$

ทำให้ $\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n d_i = 29,140.72$ และ $\bar{d}^2 = 28,606.98$

จึงได้ $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n d_i^2 - \bar{d}^2 = 29,140.72 - 28,606.98 = 533.74$

จะได้ $VC = \frac{Est. var .D}{\bar{d}^2} = \frac{533.74}{28,606.98} = 0.018657$

โดยค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนของสินค้าที่เหลือสามารถคำนวณเหมือนกับส้ม ซึ่งได้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนดังตารางที่ 4.17 และตารางที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสินค้าประเภทที่ 1

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน	ลักษณะของความต้องการ	สูตรปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม
ส้ม	0.0187	คงที่	EOQ
สับปะรด	0.0174	คงที่	EOQ
เคล	0.0181	คงที่	EOQ

ตารางที่ 4.18 ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสินค้าประเภทที่ 2

รายการ	ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน	ลักษณะของความต้องการ	สูตรปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม
ปืทุท	0.0593	คงที่	EOQ
แอปเปิ้ล	0.0707	คงที่	EOQ
ฝรั่งแดง	0.7278	ไม่คงที่	Silver Meal
มังคุด	1.3628	ไม่คงที่	Silver Meal
เชเลอรี่	0.7095	ไม่คงที่	Silver Meal
ทับทิม	0.8174	ไม่คงที่	Silver Meal
กีวี	0.7299	ไม่คงที่	Silver Meal
มะยงชิด	1.2124	ไม่คงที่	Silver Meal
สตรอว์เบอร์รี่	0.7932	ไม่คงที่	Silver Meal
ปวยเล้ง	5.6859	ไม่คงที่	Silver Meal
อาโวคาโด	0.6525	ไม่คงที่	Silver Meal
แตงโม	0.0937	คงที่	EOQ
มะม่วง	1.1130	ไม่คงที่	Silver Meal
เมล่อน	1.5895	ไม่คงที่	Silver Meal
คอส	1.5562	ไม่คงที่	Silver Meal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมนั้นมี 2 กรณี คือกรณีที่มีความต้องการคงที่ และกรณีที่มีความต้องการไม่คงที่ โดยกรณีที่มีความต้องการคงที่จะใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) และกรณีที่มีความต้องการไม่คงที่จะใช้วิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal)

4.3.4.1 วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ)

จากข้อมูลการพยากรณ์ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2563 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2566 ที่คำนวณได้จากข้อ 4.2 นำมาทำการพิจารณาหาปริมาณการสั่งซื้อเหมาะสมด้วยวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (VC) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.20 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะคงที่จึงเลือกใช้วิธีการนี้ ซึ่งสินค้าที่สามารถใช้วิธีการนี้ได้แก่ 1) สินค้าประเภทที่ 1 คือ ส้ม สับปะรด และเคล 2) สินค้าประเภทที่ 2 คือ ปีทрут แอปเปิ้ล และแตงโม โดยคำนวณได้ดังนี้

สินค้าประเภทที่ 1

ก. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อความต้องการวัตถุดิบของส้ม

ข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณสูตรปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

ต้นทุนการสั่งซื้อ (K) 21.69 บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ

ต้นทุนการเก็บรักษา (H) 112.04 บาท/กิโลกรัม/ปี

ปริมาณความต้องการ (D) 812 กิโลกรัม/ปี

1. ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อคำสั่งซื้อแบบ EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{H}} = \sqrt{\frac{2(21.69)(812)}{112.04}} = 17.73 \approx 18 \text{ กิโลกรัม}$$

2. ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Total Cost : TC) โดยไม่นับราคา

วัตถุดิบ

Total Cost = ต้นทุนการสั่งซื้อ + ต้นทุนการเก็บรักษา

$$TC = \frac{D}{q}K + \frac{q}{2}H$$

$$TC = \frac{812}{18}(21.69) + \frac{18}{2}(112.04)$$

$$TC = 978.51 + 1,008.37$$

$$TC = 1,986.88 \text{ บาท}$$

3. จำนวนการสั่งซื้ออย่างประหยัด

$$N = \frac{D}{q^*} = \frac{812}{18} = 45.79 \approx 46 \text{ ครั้ง/ปี}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของส้ม เท่ากับ 18 กิโลกรัม โดยคำนวณจากการสั่งซื้อ ใน 1 ปี เท่ากับ 46 ครั้ง ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,986.88 บาท

ข. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อความต้องการวัตถุดิบของสับปะรด

ข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณสูตรปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

ต้นทุนการสั่งซื้อ (K)	21.69 บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ
ต้นทุนการเก็บรักษา (H)	93.37 บาท/กิโลกรัม/ปี
ปริมาณความต้องการ (D)	1,050 กิโลกรัม/ปี

1. ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อคำสั่งซื้อแบบ EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{H}} = \sqrt{\frac{2(21.69)(1,050)}{93.36}} = 22.08 \approx 23 \text{ กิโลกรัม}$$

2. ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Total Cost : TC) โดยไม่นับราคาวัตถุดิบ

Total Cost = ต้นทุนการสั่งซื้อ + ต้นทุนการเก็บรักษา

$$TC = \frac{D}{q} K + \frac{q}{2} H$$

$$TC = \frac{1,050}{23} (21.69) + \frac{23}{2} (93.37)$$

$$TC = 990.25 + 1,073.73$$

$$TC = 2,063.98 \text{ บาท}$$

3. จำนวนการสั่งซื้ออย่างประหยัด

$$N = \frac{D}{q^*} = \frac{1,050}{23} = 45.65 \approx 46 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสับปะรด เท่ากับ 23 กิโลกรัม โดยคำนวณจากการสั่งซื้อใน 1 ปี เท่ากับ 46 ครั้ง ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดเท่ากับ 2,063.98 บาท

ค. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อความต้องการวัตถุดิบของเคล

ข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณสูตรปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

ต้นทุนการสั่งซื้อ (K)	21.69 บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ
ต้นทุนการเก็บรักษา (H)	80.03 บาท/กิโลกรัม/ปี
ปริมาณความต้องการ (D)	1,050 กิโลกรัม/ปี

1. ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อคำสั่งซื้อในแบบ EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{H}} = \sqrt{\frac{2(21.69)(726)}{80.03}} = 19.83 \approx 20 \text{ กิโลกรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในวิชาการศึกษา 80.03 มอนูญาตให้เนาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Total Cost : TC) โดยไม่นับราคา
วัตถุดิบ

Total Cost = ต้นทุนการสั่งซื้อ + ต้นทุนการเก็บรักษา

$$TC = \frac{D}{q}K + \frac{q}{2}H$$

$$TC = \frac{726}{20}(21.69) + \frac{20}{2}(80.03)$$

$$TC = 787.39 + 800.29$$

$$TC = 1,587.68 \text{ บาท}$$

3. จำนวนการสั่งซื้ออย่างประหยัด

$$N = \frac{D}{q^*} = \frac{726}{20} = 36.3 \approx 37 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของเคล เท่ากับ 20 กิโลกรัม โดยคำนวณจาก
การสั่งซื้อใน 1 ปี เท่ากับ 37 ครั้ง ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,587.68 บาท

สินค้าประเภทที่ 2

แสดงตัวอย่างการคำนวณของผักและผลไม้ 3 ชนิด

ก. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อความต้องการวัตถุดิบของปีทรูท

ข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณสูตรปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

ต้นทุนการสั่งซื้อ (K) 21.69 บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ

ต้นทุนการเก็บรักษา (H) 124.49 บาท/กิโลกรัม/ปี

ปริมาณความต้องการ (D) 1,058 กิโลกรัม/ปี

1. ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อคำสั่งซื้อแบบ EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{H}} = \sqrt{\frac{2(21.69)(1,058)}{124.49}} = 19.02 \approx 20 \text{ กิโลกรัม}$$

2. ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Total Cost : TC) โดยไม่นับราคา

วัตถุดิบ

Total Cost = ต้นทุนการสั่งซื้อ + ต้นทุนการเก็บรักษา

$$TC = \frac{D}{q}K + \frac{q}{2}H$$

$$TC = \frac{1,058}{20}(21.69) + \frac{20}{2}(124.49)$$

$$TC = 1,147.46 + 1,244.90$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ $TC = 2,392.36$ บาท ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จำนวนการสั่งซื้ออย่างประหยัด

$$N = \frac{D}{q^*} = \frac{1,058}{20} = 52.9 \approx 53 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของปีทรูท เท่ากับ 20 กิโลกรัม โดยคำนวณจากการสั่งซื้อ ใน 1 ปี เท่ากับ 53 ครั้ง ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดเท่ากับ 2,392.36 บาท

ข. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อความต้องการวัตถุดิบของแอปเปิ้ล

ข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณสูตรปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

ต้นทุนการสั่งซื้อ (K) 21.69 บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ

ต้นทุนการเก็บรักษา (H) 93.37 บาท/กิโลกรัม/ปี

ปริมาณความต้องการ (D) 699 กิโลกรัม/ปี

1. ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อคำสั่งซื้อแบบ EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{H}} = \sqrt{\frac{2(21.69)(699)}{93.37}} = 18.02 \approx 19 \text{ กิโลกรัม}$$

2. ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Total Cost : TC) โดยไม่นับราคา

วัตถุดิบ

Total Cost = ต้นทุนการสั่งซื้อ + ต้นทุนการเก็บรักษา

$$TC = \frac{D}{q} K + \frac{q}{2} H$$

$$TC = \frac{699}{19} (21.69) + \frac{19}{2} (93.37)$$

$$TC = 798.01 + 886.99$$

$$TC = 1,685 \text{ บาท}$$

3. จำนวนการสั่งซื้ออย่างประหยัด

$$N = \frac{D}{q^*} = \frac{699}{19} = 36.78 \approx 37 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของแอปเปิ้ล เท่ากับ 19 กิโลกรัม โดยคำนวณจากการสั่งซื้อใน 1 ปี เท่ากับ 37 ครั้ง ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดเท่ากับ 1,685 บาท

ค. การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อความต้องการวัตถุดิบของแตงโม

ข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณสูตรปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด

ต้นทุนการสั่งซื้อ (K) 21.69 บาท/คำสั่งซื้อ/รายการ

ต้นทุนการเก็บรักษา (H) 124.49 บาท/กิโลกรัม/ปี

ปริมาณความต้องการ (D) 49 กิโลกรัม/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมต่อคำสั่งซื้อในระบบ EOQ

$$EOQ = \sqrt{\frac{2KD}{H}} = \sqrt{\frac{2(21.69)(49)}{124.49}} = 4.13 \approx 5 \text{ กิโลกรัม}$$

2. ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Total Cost : TC) โดยไม่นับราคา

วัตถุดิบ

Total Cost = ต้นทุนการสั่งซื้อ + ต้นทุนการเก็บรักษา

$$TC = \frac{D}{q}K + \frac{q}{2}H$$

$$TC = \frac{49}{5}(21.69) + \frac{5}{2}(124.49)$$

$$TC = 212.57 + 311.23$$

$$TC = 523.80 \text{ บาท}$$

3. จำนวนการสั่งซื้ออย่างประหยัด

$$N = \frac{D}{q^*} = \frac{49}{5} = 9.8 \approx 10 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ดังนั้นปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมของแตงโม เท่ากับ 5 กิโลกรัม โดยคำนวณจากการสั่งซื้อใน 1 ปี เท่ากับ 10 ครั้ง ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดเท่ากับ 523.80 บาท

โดยสามารถสรุปจำนวนการสั่งซื้อ ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษา และต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังตามรายการวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) ตามตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 สรุปจำนวนการสั่งซื้อ ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษา และต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังตามรายการวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ)

ลำดับ	วัตถุดิบ	จำนวนการสั่งซื้อ (ครั้ง/ปี)	ต้นทุนการสั่งซื้อ (บาท/ปี)	ต้นทุนการเก็บรักษา (บาท/ปี)	ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบ
1	ส้ม ¹	46	987.51	1,008.37	1,986.88
2	สับปะรด ¹	46	990.25	1,073.73	2,063.98
3	เคล ¹	37	787.39	800.29	1,587.68
4	พีทрут ²	53	1,147.46	1,244.90	2,392.36
5	แอปเปิ้ล ²	37	789.01	886.99	1,685.00
6	แตงโม ²	10	212.57	311.23	523.80

หมายเหตุ : ¹ หมายถึง สินค้าประเภทที่ 1 และ ² หมายถึง สินค้าประเภทที่ 2

4.3.4.2 วิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal)

จากข้อมูลการพยากรณ์ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2563 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2566 ที่คำนวณได้จากข้อ 4.2 นำมาทำการพิจารณาหาปริมาณการสั่งซื้อเหมาะสมด้วยวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (VC) มีค่ามากกว่า 0.20 แสดงว่าระดับความต้องการสินค้ามีลักษณะไม่คงที่จึงเลือกใช้วิธีการนี้ ซึ่งสินค้าที่สามารถใช้วิธีการนี้ ได้แก่ สินค้าประเภทที่ 2 คือ ฝรั่งแดง มังคุด เซเลอรี่ ทับทิม กีวี มะยงชิด สตรอว์เบอร์รี่ ปวยเล้ง อาโวคาโด มะม่วง เมล่อน และคอส โดยจะมีตัวอย่างรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ตารางที่ 4.20 ความต้องการฝรั่งแดงแต่ละเดือนในปี พ.ศ. 2566

d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	d_{11}	d_{12}
ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
75	38	-	-	-	-	38	66	95	99	116	130

มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$A(m) = \frac{1}{m} (K + hd_2 + \dots + (m-1)hd_m)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารเมื่อ $m=1, 2, \dots, m$ และจะสิ้นสุดเมื่อ $A(m+1) > A(m)$ วัตถุประสงค์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากงวดที่ $A(m+1)$ มีต้นทุนในการสั่งซื้อสูงกว่า $A(m)$ จะทำการหยุดการสั่งซื้อ ณ งวดที่ 1 เพื่อให้ครอบคลุมปริมาณความต้องการ ณ งวดที่ m

โดย $K = 21.69$ บาท

$h = 10.37$ บาท (ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อปี หาร์ดด้วย 12 เดือน)

จะได้ $A(1) = 21.69$

$$A(2) = \frac{1}{2}(21.69 + (10.37)(38)) = 204.49$$

$$A(3) = \frac{1}{3}(21.69 + (10.37)(38) + 0) = 136.33$$

$$A(4) = \frac{1}{4}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0) = 102.24$$

$$A(5) = \frac{1}{5}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0 + 0) = 81.79$$

$$A(6) = \frac{1}{6}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0 + 0 + 0) = 68.16$$

$$A(7) = \frac{1}{7}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0 + 0 + 0 + 6(10.37)(38)) = 393.36$$

$$A(8) = \frac{1}{8}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0 + 0 + 0 + 6(10.37)(38) + 7(10.37)(66)) = 943.30$$

$$A(9) = \frac{1}{9}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0 + 0 + 0 + 6(10.37)(38) + 7(10.37)(66) + 8(10.37)(95)) = 1,711.45$$

$$A(10) = \frac{1}{10}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0 + 0 + 0 + 6(10.37)(38) + 7(10.37)(66) + 8(10.37)(95) + 9(10.37)(99)) = 2,461.54$$

$$A(11) = \frac{1}{11}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0 + 0 + 0 + 6(10.37)(38) + 7(10.37)(66) + 8(10.37)(95) + 9(10.37)(99) + 10(10.37)(116)) = 3,331.76$$

$$A(12) = \frac{1}{12}(21.69 + (10.37)(38) + 0 + 0 + 0 + 0 + 6(10.37)(38) + 7(10.37)(66) + 8(10.37)(95) + 9(10.37)(99) + 10(10.37)(116) + 11(10.37)(130)) = 4,287.20$$

เมื่อคำนวณตามสูตรข้างต้นแล้วจะสามารถทราบการสั่งซื้อแต่ละงวด โดยสามารถสรุปปริมาณการสั่งซื้อแต่ละงวดของฝรั่งแดงได้ดังตารางที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ปริมาณการสั่งซื้อแต่ละงวดของฝรั่งแดงในปี พ.ศ. 2566

รอบที่	เดือนที่สั่งซื้อ	จำนวน (กิโลกรัม)
1	1	75
2	2	38
3	7	38
4	8	66
5	9	95
6	10	99
7	11	116
8	12	130

ดังนั้นสินค้าที่เหลือจะทำการคำนวณเหมือนตัวอย่างข้างต้น โดยสามารถสรุปผลการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 สรุปผลการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) ปี พ.ศ. 2566

ลำดับ	วัตถุดิบ (กิโลกรัม)	เดือน											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ฝรั่งแดง	75	38					38	66	95	99	116	130
2	มังคุด			34	134	161	146	207	233	129			
3	เซเลอรี่	44	39	73	60						64	65	76
4	ทับทิม					12	16	18	21	38	40	44	49
5	กีวี	45	53	50					77	118	100	126	136
6	มะยงชิด	15	37	46	42	35	24						
7	สตรอว์ เบอร์รี่	23	26	17						30	31	23	35
8	ปวยเล้ง	36								3	3	3	4
9	อาโวคาโด	4	6					8	10	12	12	14	13
10	มะม่วง	3	3	4	4	4	5						
11	เมล่อน	4			5								
12	คอส	1								1	1	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.22 จะมีช่วงเดือนที่ไม่ได้ทำการสั่งซื้อ เนื่องจากค่าพยากรณ์ที่ได้บางเดือนไม่มี ยอดขาย เพราะผักและผลไม้ส่วนมากจะขายตามฤดูกาล

โดยสามารถสรุปจำนวนการสั่งซื้อ ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษา ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังตามรายการวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) ได้ตาม ตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 สรุปจำนวนการสั่งซื้อ ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษา และต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังตามรายการวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal)

ลำดับ	วัตถุดิบ	จำนวนการสั่งซื้อ (ครั้ง/ปี)	ต้นทุนการสั่งซื้อ (บาท/ครั้ง)	ต้นทุนการเก็บรักษา (บาท/กิโลกรัม/ปี)	ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง โดยไม่นับราคาวัตถุดิบ
1	ฝรั่งแดง	8	21.69	124.49	-
2	มังคุด	7	21.69	82.99	-
3	เซเลอรี่	8	21.69	93.36	-
4	ทับทิม	8	21.69	124.49	-
5	กีวี	8	21.69	80.02	-
6	มะยงชิด	6	21.69	149.38	-
7	สตอร์วเบอร์รี่	7	21.69	149.38	-
8	ปวยเล้ง	5	21.69	93.36	-
9	อาโวคาโด	8	21.69	93.36	-
10	มะม่วง	6	21.69	149.38	-
11	เมล่อน	2	21.69	124.49	-
12	คอส	5	21.69	93.36	-

หมายเหตุ : ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง โดยไม่นับราคาวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีลนี้อาจเท่ากับวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบัน เนื่องจากมีการสั่งซื้อเท่ากับปริมาณความต้องการเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 การวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง

ในการวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อหรือปริมาณสินค้าคงคลังสำรองซึ่งจุดสั่งซื้อเป็นจุดที่บ่งบอกถึงปริมาณสินค้าคงคลังที่อยู่ในระบบที่ทำให้ต้องมีการสั่งซื้อสินค้า ส่วนปริมาณการสั่งซื้อสำรอง (Safety Stock: SS) เป็นสินค้าที่มีไว้เพื่อป้องกันความไม่แน่นอนที่เกิดจากช่วงเวลานำ แสดงการวิเคราะห์ได้ดังนี้

สินค้าประเภทที่ 1

1. การวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของส้ม

เนื่องจากส้มมีระดับความต้องการที่แน่นอน ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 3 วัน แสดงการหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ดังนี้

$$ROP = (\bar{d}) \times (LT) + SS$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } (\bar{d}) = 67.65 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

$$\text{ช่วงเวลานำ } (LT) = 3 \text{ วัน}$$

$$= 0.1 \text{ เดือน}$$

$$\text{ดังนั้น } ROP = 67.65(0.1) + 6 = 12.77 \approx 13 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อเท่ากับ 13 กิโลกรัม/ครั้ง

คำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS)

$$SS = Z_\alpha \sigma_d \sqrt{LT} = 1.64 \times 9.65 \times \sqrt{0.1} = 5 \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{ดังนั้น ปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยของส้ม เท่ากับ 5 กิโลกรัม}$$

2. การวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของสับปะรด

เนื่องจากสับปะรดมีระดับความต้องการที่แน่นอน ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 3 วัน แสดงการหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ดังนี้

$$ROP = (\bar{d}) \times (LT) + SS$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } (\bar{d}) = 87.42 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

$$\text{ช่วงเวลานำ } (LT) = 3 \text{ วัน}$$

$$= 0.1 \text{ เดือน}$$

$$\text{ดังนั้น } ROP = 87.42(0.1) + 7 = 15.74 \approx 16 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อเท่ากับ 16 กิโลกรัม/ครั้ง

คำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS)

$$SS = Z_\alpha \sigma_d \sqrt{LT} = 1.644 \times 12.06 \times \sqrt{0.1} = 6.25 \approx 7 \text{ กิโลกรัม}$$

$$\text{ดังนั้น ปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยของสับปะรด เท่ากับ 7 กิโลกรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของเคล

เนื่องจากเคลมีระดับความต้องการที่แน่นอน ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 3 วัน แสดงการหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ดังนี้

$$ROP = (\bar{d}) \times (LT) + SS$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } (\bar{d}) = 60.48 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

$$\begin{aligned} \text{ช่วงเวลานำ } (LT) &= 3 \text{ วัน} \\ &= 0.1 \text{ เดือน} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น } ROP = 60.48(0.1) + 5 = 11.05 \approx 12 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อเท่ากับ 12 กิโลกรัม/ครั้ง

คำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS)

$$SS = Z_\alpha \sigma_d \sqrt{LT} = 1.64 \times 8.5 \times \sqrt{0.1} = 4.41 \approx 5 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น ปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยของเคล เท่ากับ 5 กิโลกรัม

สินค้าประเภทที่ 2

1. การวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของบัทрут

เนื่องจากบัทрутมีระดับความต้องการที่แน่นอน ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 3 วัน แสดงการหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ดังนี้

$$ROP = (\bar{d}) \times (LT) + SS$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } (\bar{d}) = 88.16 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

$$\begin{aligned} \text{ช่วงเวลานำ } (LT) &= 3 \text{ วัน} \\ &= 0.1 \text{ เดือน} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น } ROP = 88.16(0.1) + 12 = 20.81 \approx 21 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อเท่ากับ 21 กิโลกรัม/ครั้ง

คำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS)

$$SS = Z_\alpha \sigma_d \sqrt{LT} = 1.64 \times 22.42 \times \sqrt{0.1} = 11.63 \approx 12 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น ปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยของบัทрут เท่ากับ 12 กิโลกรัม

2. การวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของแอปเปิ้ล

เนื่องจากสับปะรดมีระดับความต้องการที่แน่นอน ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 3 วัน แสดงการหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ดังนี้

$$ROP = (\bar{d}) \times (LT) + SS$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } (\bar{d}) = 58.23 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

$$\begin{aligned} \text{ช่วงเวลานำ } (LT) &= 3 \text{ วัน} \\ &= 0.1 \text{ เดือน} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น } ROP = 58.23(0.1) + 9 = 14.82 \approx 15 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อเท่ากับ 15 กิโลกรัม/ครั้ง

คำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS)

$$SS = Z_\alpha \sigma_d \sqrt{LT} = 1.64 \times 16.16 \times \sqrt{0.1} = 8.38 \approx 9 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น ปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยของแอปเปิ้ล เท่ากับ 9 กิโลกรัม

3. การวิเคราะห์หาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรองของแตงโม

เนื่องจากแตงโมมีระดับความต้องการที่แน่นอน ซึ่งช่วงเวลานำมีค่าคงที่คือ 3 วัน แสดงการหาจุดสั่งซื้อและปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง ดังนี้

$$ROP = (\bar{d}) \times (LT) + SS$$

$$\text{ปริมาณความต้องการ } (\bar{d}) = 4 \text{ กิโลกรัม/เดือน}$$

$$\begin{aligned} \text{ช่วงเวลานำ } (LT) &= 3 \text{ วัน} \\ &= 0.1 \text{ เดือน} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น } ROP = 4(0.1) + 1 = 1.4 \approx 2 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการคำนวณจะทำให้ทราบถึงจุดสั่งซื้อเท่ากับ 2 กิโลกรัม/ครั้ง

คำนวณหาปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัย (Safety Stock: SS)

$$SS = Z_\alpha \sigma_d \sqrt{LT} = 1.64 \times 1.285 \times \sqrt{0.1} = 0.66 \approx 1 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น ปริมาณสินค้าคงคลังเพื่อความปลอดภัยของแตงโม เท่ากับ 1 กิโลกรัม

4.4.2 การเปิดใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

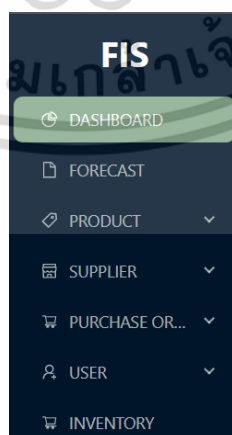
เว็บแอปพลิเคชันมีไว้สำหรับผู้ดูแลระบบโดยเมื่อใช้งานจะมีรายละเอียดดังนี้ เมื่อกดเปิดเว็บแอปพลิเคชันจะปรากฏเป็นหน้าต่างดังรูปที่ 4.17 ให้ผู้ใช้งานทำการกรอกชื่อใช้งานและรหัสผ่านสำหรับเข้าสู่ระบบ



รูปที่ 4.17 หน้าต่างเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งาน

4.4.3 เมนูของเว็บแอปพลิเคชัน

เมื่อทำการเข้าสู่ระบบได้สำเร็จจะมีหน้าเมนูหลักของเว็บแอปพลิเคชันจะปรากฏขึ้นทางด้านซ้ายมือของหน้าจอซึ่งหน้าเมนูหลักนั้นประกอบไปด้วย DASHBOARD, FORECAST, PRODUCT, SUPPLIER, PURCHASE ORDER, USER และ INVENTORY ดังรูปที่ 4.18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.18 เมนูต่าง ๆ ในหน้าเมนูของเว็บแอปพลิเคชัน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุตบแต่งสิ่งเนื้อหาและต้องอยู่ใต้อาณัติของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูการใช้งานหลักสามารถแบ่งขั้นตอนออกเป็น 7 ส่วนได้แก่ 1. การสร้างบัญชี 2. การสร้างรายชื่อ Supplier 3. การสร้างรายการผลไม้ 4. การสร้างรายการคำสั่งซื้อของผลไม้ 5. การตรวจเช็คผลไม้ในสต็อก 6. การแสดงประสิทธิภาพการจัดส่งของ Supplier และ 7. การพยากรณ์

1.การสร้างบัญชี

ในหน้า User ประกอบด้วย “Add User” และ “View User”

1.1 Add user

ใช้สำหรับการสร้างบัญชี โดยทำการกรอก ชื่อ นามสกุล อีเมล และรหัสผ่าน ดังรูปที่

4.19

รูปที่ 4.19 หน้าต่างรายละเอียดที่จำเป็นต้องกรอกเพื่อสร้างบัญชี

1.2 View User

เมนูนี้แสดงรายละเอียดของ User ได้แก่ ชื่อ นามสกุล อีเมล ช่วงเวลาที่สร้างบัญชี ปุ่มแก้ไขและลบ ดังรูปที่ 4.20 นอกจากนี้เรายังสามารถค้นหารายชื่อ User โดยการพิมพ์ชื่อลงในช่อง “Search” และ ปุ่ม “Reset” สามารถรีเซ็ตหน้าต่างได้หากการทำงานของหน้านั้นนั้นผิดปกติ และสามารถดาวน์โหลดรายชื่อ User ได้ด้วยปุ่ม “Export CSV” และ “Export PDF”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

List of Users (1)

Search [Reset] [Export CSV] [Export PDF]

First Name	Last Name	Email	Created At	Updated At	Actions
asd	aasdas	dddd@hotmail.com	2023-12-23 11:16:47	2024-05-09 15:15:12	[Edit] [Delete]

1-1 of 1 items < 1 > 10 / page

รูปที่ 4.20 หน้าต่างรายละเอียดของ User

2. การสร้างรายการ Supplier

ในการสร้างรายการของ Supplier เข้าสู่ระบบเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนอื่น ๆ โดยหน้า Supplier จะประกอบด้วย “View Supplier” และ “Add Supplier”

2.1 Add Supplier

เมนู “Add Supplier” แสดงรายการที่จำเป็นสำหรับการเพิ่มรายชื่อของ Supplier ได้แก่ ชื่อของ Supplier และ ที่อยู่ของ Supplier ส่วนช่องทางการติดต่อของ Supplier เป็นข้อมูลที่ไม่บังคับให้ใส่ ดังรูปที่ 4.21

Create Supplier

* Supplier Name
Supplier Name

* Location
Supplier Location

Contract
Supplier Contract

[Create Supplier]

รูปที่ 4.21 หน้าต่างรายละเอียดของ Create Supplier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 View Supplier

ในเมนูนี้แสดงรายชื่อและรายละเอียดของ Supplier ในระบบ ประกอบด้วย ชื่อ (Supplier Name) ที่อยู่ (Supplier Location) ช่องทางการติดต่อ (Contract Details) รายการผลไม้ที่ได้ทำการสั่ง (Product Name) ชื่อ Admin ที่สร้างรายชื่อของ Supplier (Created By) ช่วงเวลาที่มีการสร้างรายชื่อ Supplier (Created At) ช่วงเวลาการแก้ไขรายชื่อ (Updated At) ปุ่มแก้ไข (Edit) และปุ่มลบรายชื่อ (Delete) โดยถ้าหากนำรายชื่อของ Supplier ไปใช้ในการทำรายการสั่งซื้อแล้ว ดังรูปที่ 4.22

#	Supplier Name	Supplier Location	Contract Details	Product Names	Created By	Created At	Updated At	Actions
1	นายA	Thai	A@hotmail.com	Apple, Kale, Orange	asd asdas	2024-02-29 12:25:07	2024-02-29 12:25:07	Edit Delete
2	นายB	Lao		Pineapple	asd asdas	2024-02-29 12:25:16	2024-02-29 12:25:16	Edit Delete
3	นายC	kai		Orange	asd asdas	2024-02-29 12:25:28	2024-02-29 12:25:28	Edit Delete

รูปที่ 4.22 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า View Supplier

3. การสร้างรายการผลไม้

เมื่อผ่านขั้นตอนการเพิ่มรายชื่อของ Supplier แล้ว จะทำการสร้างรายการของผลไม้ในหน้า Product โดยหน้า Product จะประกอบไปด้วยเมนูย่อย “View Product” และ “Add Product”

3.1 Add Product

เมนู Add Product ใช้สำหรับการสร้างรายการผลไม้โดยประกอบไปด้วย ชื่อผลไม้ (Product Name) รายละเอียดของผลไม้ (Description) ราคาของผลไม้ (Price) ชื่อ Supplier ที่สั่งด้วย (Supplier) จำนวนผลไม้ที่สั่งเข้ามา (Product Stock) โดยจำเป็นต้องใส่ข้อมูลทุกช่อง ดังรูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The screenshot shows a 'Create Product' form with the following fields and buttons:

- Product Name:** A text input field with a red asterisk indicating it is required.
- Description:** A text input field with a red asterisk indicating it is required.
- Price:** A text input field with a red asterisk indicating it is required.
- Supplier:** A dropdown menu with a red asterisk indicating it is required.
- Product Stock:** A text input field with a red asterisk indicating it is required.
- Product Image:** A section with a green button labeled 'Click to Upload'.
- Create Product:** A button at the bottom right of the form.

The left sidebar contains a navigation menu with the following items:

- DASHBOARD
- FORECAST
- PRODUCT (expanded)
- View Product
- Add Product (highlighted in green)
- SUPPLIER
- PURCHASE OR...
- USER
- INVENTORY

รูปที่ 4.23 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Create Product

3.2 View Product

หน้าต่างที่แสดงรายละเอียดของผลไม้ทั้งหมดที่เพิ่มเข้ามาในระบบ โดยจะประกอบด้วย รูปภาพของผลไม้ (Image) ชื่อของผลไม้ (Product Name) จำนวนในสต็อก (Stock) รายละเอียดของผลไม้ (Description) ราคาของผลไม้ตาม Supplier ที่สั่งผลไม้ด้วย (Price) ชื่อของ Supplier ที่สั่งด้วย (Supplier) ชื่อของ Admin ที่สร้างรายการนั้น ๆ (Created By) ช่วงเวลาที่สร้างรายการผลไม้ (Created At) ช่วงเวลาที่มีการอัปเดตและแก้ไขรายการผลไม้ (Updated At) นอกจากนี้ยังมีการสร้างปุ่มแก้ไข (Edit) และปุ่มลบ (Delete) เพื่อจัดการกับรายการที่ต้องการแก้ไข รายละเอียดหรือตารางรายการผลไม้ที่นอกไปแต่จะไม่สามารถทำการลบรายการผลไม้ได้ถ้าหากชื่อของ Supplier ที่อยู่ในรายการนั้นได้มีการนำไปใช้ในรายการสั่งซื้ออื่น ๆ ก่อนหน้านี้แล้วแสดงได้ดังรูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#	Image	Product Name	Stock	Description	Price	Supplier	Created By	Created At	Updated At	Actions
1		Apple	1	แอปเปิ้ล	60	นายA	asd aasdas	2024-02-29 12:32:51	2024-02-29 12:41:32	Edit Delete
2		Pineapple	0	สับปะรด	35	นายB	asd aasdas	2024-02-29 12:33:40	2024-02-29 12:41:06	Edit Delete
3		Orange	137	ส้ม	20	นายC	asd aasdas	2024-02-29 12:34:08	2024-05-09 15:50:34	Edit Delete
4		Kale	5	คะน้า	10	นายA	asd aasdas	2024-02-29 12:36:01	2024-03-02 12:05:57	Edit Delete

รูปที่ 4.24 หน้าต่างรายละเอียดทั้งหมดของรายการผลไม้

4. การสร้างรายการคำสั่งซื้อของผลไม้

ขั้นตอนการสร้างรายการคำสั่งซื้อของผลไม้ โดยหน้า Purchase Order จะประกอบไปด้วยเมนูย่อยคือ “Create Order”, “View Safety Stock” และ “View Orders”

4.1 Create Order

สร้างรายการคำสั่งซื้อของผลไม้โดยใส่ชื่อของผลไม้และจำนวนของผลไม้

รูปที่ 4.25

รูปที่ 4.25 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Create Order

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 View Orders

ผู้ใช้งานสามารถดูรายละเอียดต่าง ๆ ของคำสั่งซื้อที่สั่งได้โดยตัวประกอบด้วย ชื่อผลไม้ (Product) จำนวนที่ต้องการ (Demand) ระยะเวลาในการรอสินค้า (Leadtime) ช่วงเวลาที่ได้รับสินค้ามาจาก Supplier (Received Date) รายชื่อ Supplier ที่สั่งด้วย (Supplier) บุคคลที่เป็นคนสร้างรายการคำสั่งซื้อ (Ordered By) และช่วงเวลาที่สร้างรายการ (Created Date) ดังรูปที่ 4.26

Batch #: BATCH-20240521-OPWRZ9						
Product	Demand	Leadtime (Day)	Received Date	Supplier	Ordered By	Created Date
Orange C	30	3	2024-05-24	นานา	asd aasdas	2024-05-21 13:49:28

Batch #: BATCH-20240521-RWJ4WK						
Product	Demand	Leadtime (Day)	Received Date	Supplier	Ordered By	Created Date
Orange C	20	3	2024-05-24	นานา	asd aasdas	2024-05-21 13:43:11

Batch #: BATCH-20240521-P3LHXV						
Product	Demand	Leadtime (Day)	Received Date	Supplier	Ordered By	Created Date
Orange C	20	3	2024-05-24	นานา	asd aasdas	2024-05-21 13:42:47

รูปที่ 4.26 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า View Orders

4.3 View Safety Stock

สามารถดู Safety Stock โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ของคำสั่งซื้อนั้น ๆ ได้ ได้แก่ ชื่อผลไม้ (Product) จำนวนผลไม้ที่สั่ง (Qty_Orders) จำนวนผลไม้ที่ได้รับ (Qty_Received) ระยะเวลาในการรอสินค้า (Leadtime) สินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety Stock) จุดสั่งซื้อ (Reorder point) รายชื่อ Supplier ที่สั่งด้วย (Supplier) สถานะของผลไม้ (Status) บุคคลที่เป็นคนสร้างรายการคำสั่งซื้อ (Ordered By) ช่วงเวลาที่สร้างรายการ (Created Date) ประวัติการส่ง (Delivery History) และปุ่ม “Add Delivery” เพื่ออัปเดตสถานะของสินค้าว่า Supplier มาส่งครบตามจำนวนที่สั่งหรือไม่ และปุ่ม “Delete” เพื่อลบรายการ Safety Stock ที่สร้างไว้ ดังรูปที่ 4.27 และ รูปที่ 4.28 ปุ่ม “Export PDF” จะเป็นการดาวน์โหลดตารางรายละเอียดหน้า View Safety Stock มาเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของไฟล์ PDF ดังรูปที่ 4.29 ส่วนปุ่ม “Export CSV” จะเป็นการดาวน์โหลดตารางมาเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของไฟล์ Excel ดังรูปที่ 4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inventory policies (10)

Search by batch Export CSV Export PDF

Batch #: BATCH-20240521-XYZ50Y

Product	Qty_Orders	Qty_Received	Leadtime (Day)	Safetystock	Reorderpoint	Supplier	Status	Ordered By	Created Date	Delivery History	Action
Orange C	20	11	3	5	0	นายA	Incomplete	asd aasdas	2024-05-21 13:54:13	Deliveries	Add

รูปที่ 4.27 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า View Safety Stock

Batch #: BATCH-20240521-XYZ50Y Delete

Qty_Orders	Qty_Received	Leadtime (Day)	Safetystock	Reorderpoint	Supplier	Status	Ordered By	Created Date	Delivery History	Action
20	11	3	5	0	นายA	Incomplete	asd aasdas	2024-05-21 13:54:13	Deliveries	Add Delivery

Batch #: BATCH-20240521-J4I0RZ Delete

Qty_Orders	Qty_Received	Leadtime (Day)	Safetystock	Reorderpoint	Supplier	Status	Ordered By	Created Date	Delivery History	Action
15	15	3	4	0	นายA	Complete	asd aasdas	2024-05-21 13:53:02	Deliveries	Add Delivery

รูปที่ 4.28 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า View Safety Stock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Batch #: BATCH-20240420-HHKDKO

Product	Demand	Leadtime (Day)	Safetystock	Reorderpoint	Supplier	Status	Ordered By	Created Date
Orange	29	7	10	1	2 " C	complete	asd aasdas	2024-04-20 16:13:02

Batch #: BATCH-20240229-C40FBL

Product	Demand	Leadtime (Day)	Safetystock	Reorderpoint	Supplier	Status	Ordered By	Created Date
Kale	100	7	18	7	2 " A	complete	asd aasdas	2024-02-29 12:38:26

Batch #: BATCH-20240229-VTONS9

Product	Demand	Leadtime (Day)	Safetystock	Reorderpoint	Supplier	Status	Ordered By	Created Date
Orange	50	7	13	3	2 " C	incomplete	asd aasdas	2024-02-29 12:38:02

Batch #: BATCH-20240229-95UD15

Product	Demand	Leadtime (Day)	Safetystock	Reorderpoint	Supplier	Status	Ordered By	Created Date
Apple	4	7	0	0	2 " A	pending	asd aasdas	2024-02-29 12:36:36

รูปที่ 4.29 ตัวอย่างรูปภาพเมื่อดาวน์โหลดไฟล์เป็น PDF


product	qty_order	qty_received	lead_time	safetystock	reorderpoint	supplier	status	ordered_by	created_at
Orange	29	29	7	10	1	C	complete	asd aasdas	20/4/2024 16:13
Kale	100	100	7	18	7	A	complete	asd aasdas	29/2/2024 12:38
Orange	50	49	7	13	3	C	incomplete	asd aasdas	29/2/2024 12:38
Apple	4	0	7	0	0	A	pending	asd aasdas	29/2/2024 12:36

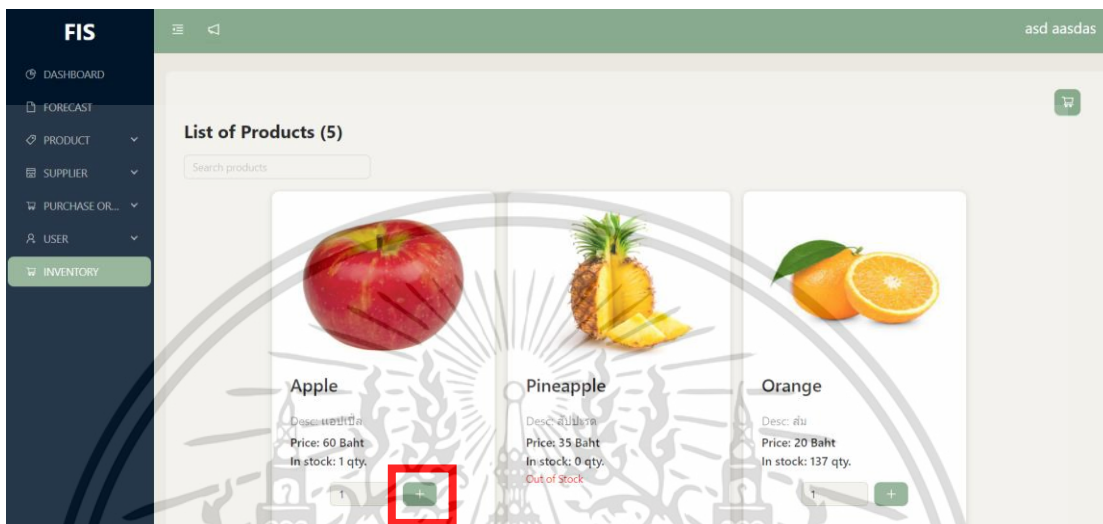
รูปที่ 4.30 ตัวอย่างไฟล์ Excel เมื่อดาวน์โหลดไฟล์เป็น CSV

โดยในแต่ละตารางของไฟล์เมื่อแปลงไฟล์ในรูปแบบ PDF และ CSV จะประกอบด้วย ชื่อผลไม้ (Product) จำนวนผลไม้ที่สั่ง (Qty_Orders) จำนวนผลไม้ที่ได้รับ (Qty_Received) ระยะเวลาในการรอสินค้า (Leadtime) สินค้าคงคลังขั้นต่ำ (Safety Stock) จุดกำหนดจำนวนสินค้าคงเหลือ (Reorder Point) รายชื่อ Supplier ที่สั่งซื้อ (Supplier) สถานะของผลไม้ (Status) บุคคลที่เป็นคนสร้างรายการคำสั่งซื้อ (Ordered By) และช่วงเวลาการสร้างรายการ (Created Date)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

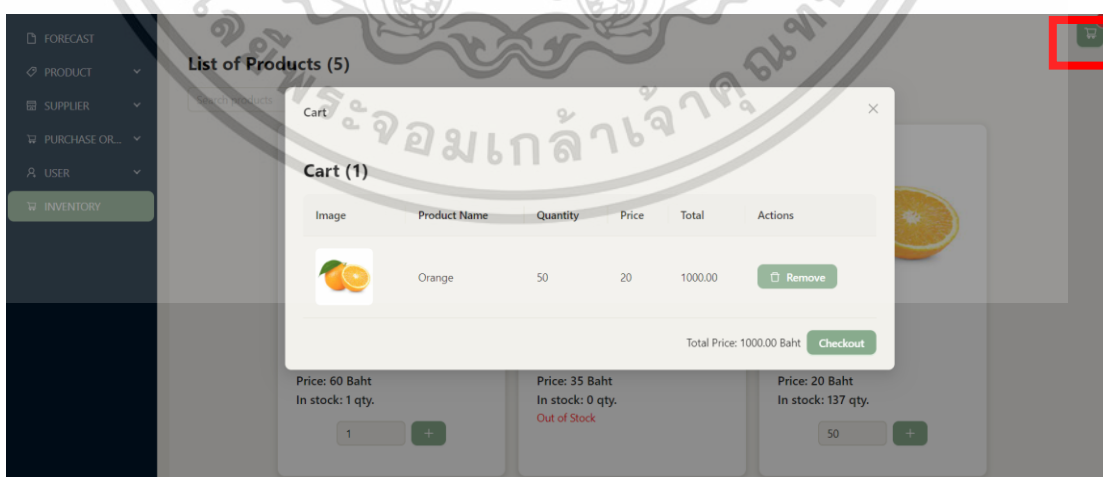
5. การตรวจเช็คผลไม้ในสต็อก

โดยในเมนู Inventory จะเป็นหน้าที่สามารถแก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนผลไม้ในสต็อกได้อย่างรวดเร็วโดยประกอบด้วย รูปของผลไม้ รายละเอียดของผลไม้ ราคา และจำนวนที่เหลืออยู่ในสต็อก และปุ่ม  ที่ใช้เพิ่มว่าจะนำผลไม้ออกจากสต็อกไปใช้เท่าไร ดังรูปที่ 4.31



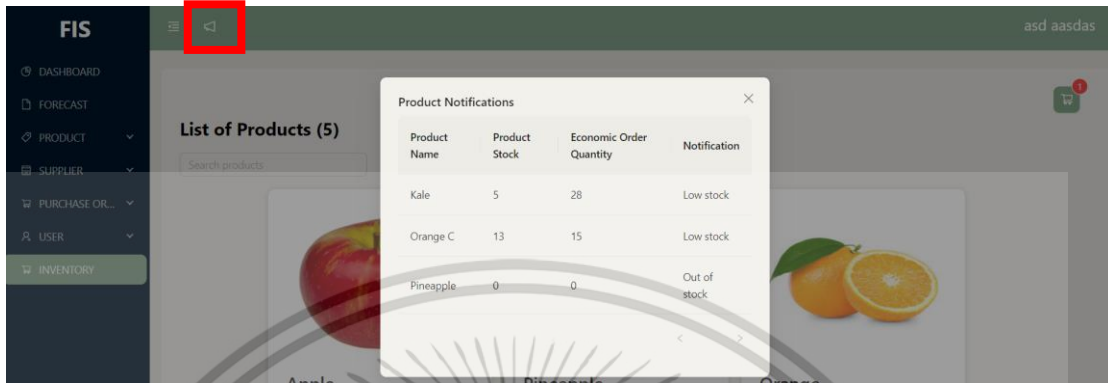
รูปที่ 4.31 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Inventory

หลังจากเพิ่มจำนวนผลไม้ที่ได้มีการนำออกจากสต็อกไปแล้ว  สัญลักษณ์ จะแจ้งเตือนจากระบบจะมีการถามเพื่อยืนยันและคำนวณราคาของผลไม้ทั้งหมดที่นำออกมา ดังรูปที่ 4.32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรู๊ปงานที่ **รูปที่ 4.32** หน้าต่างที่แสดงรายการสินค้าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ระบบยังมีการแจ้งเตือนเมื่อผลไม้ในสต็อกถึงจุดที่สั่งซื้อใหม่หรือเมื่อไม่มีผลไม้เหลือในคลัง โดยทำการคลิกที่สัญลักษณ์หน้าต่างจะระบุชื่อของผลไม้ ปริมาณผลไม้ที่ยังเหลือในคลังสินค้า ปริมาณผลไม้ที่ควรต้องสั่งใหม่ และการแจ้งเตือนดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 หน้าต่างรายละเอียดของหน้าระบบแจ้งเตือนเมื่อผลไม้ถึงจุดสั่งซื้อ

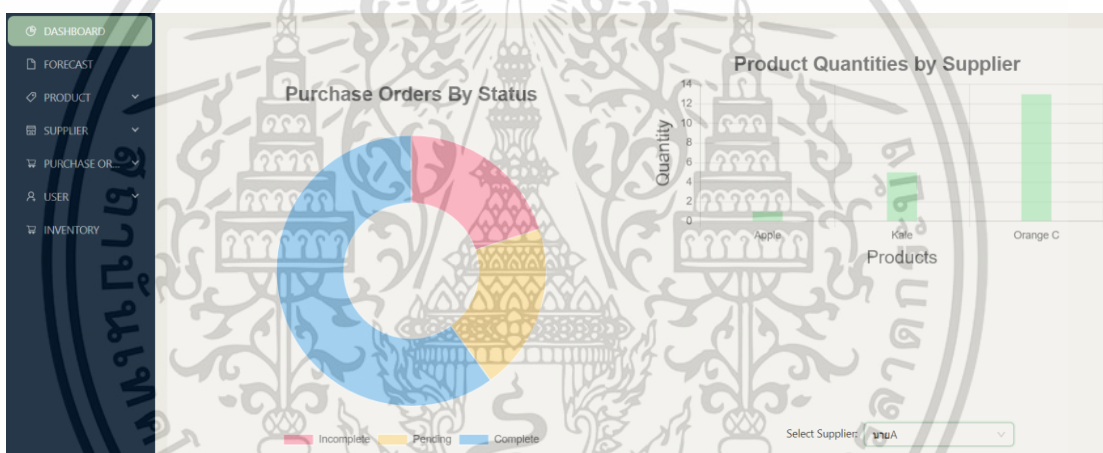
6. การแสดงประสิทธิภาพการจัดส่งของ Supplier

ในหน้า Dashboard จะแสดงประสิทธิภาพการจัดส่งของ Supplier โดยมีหน้า Purchase Orders By Status ที่แสดงสถานะผลไม้ที่ทำการสั่งกับ Supplier โดยมี 3 สถานะ ได้แก่ “Complete” ผลไม้มาส่งครบตามจำนวนที่สั่ง “Incomplete” ผลไม้มาส่งไม่ครบกับจำนวนที่สั่ง และ “Pending” ผลไม้ที่ส่งกำลังมาส่ง โดยเมื่อนำมาใส่ไปทำการซื้อที่ตัวกราฟ Purchase Orders By Status จะสามารถดูรายละเอียดได้ว่า Supplier ที่สั่งสินค้าด้วยนั้นมีอัตราความสำเร็จในการส่งเท่าไร ดังรูป 4.34 ส่วนด้าน Product Count Assigned To Supplier จะแสดงจำนวนผลไม้ที่ Supplier ได้ทำการขนส่งมาให้บริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็น โดยสามารถดูข้อมูลประสิทธิภาพการจัดส่งของ Supplier แต่ละรายได้โดยการเลือก Supplier ที่ต้องการแสดงข้อมูลได้จากช่อง “Select Supplier” ดังรูปที่ 4.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 หน้าต่างแสดงประสิทธิภาพการจัดส่งของ Supplier



รูปที่ 4.35 หน้าต่างแสดงประสิทธิภาพการจัดส่งของ Supplier รายบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การพยากรณ์

หน้าต่าง Forecast ใช้สำหรับการพยากรณ์ยอดขายผลไม้ที่สนใจเพื่อให้สามารถสั่งผลไม้ในปริมาณที่เหมาะสมที่สุด โดยใส่ ชื่อผลไม้ (Select Fruit) ปีที่ต้องการพยากรณ์ (Year) และเดือนที่ต้องการพยากรณ์ (Month) ดังรูปที่ 4.35

รูปที่ 4.36 หน้าต่างรายละเอียดของหน้า Forecast ผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์เพื่อการจัดการสินค้าคงคลังข้อมูลของผักและผลไม้ในบริษัทผลไม้สดยั่งยืนแห่งหนึ่งในกรณีศึกษา สำหรับข้อมูลความต้องการสินค้าโดยแบ่งกลุ่มได้ 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 คือ เลือกสินค้าที่มียอดขายมากที่สุด จำนวน 3 รายการ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรด และน้ำเคล โดยเก็บข้อมูลเป็นรายเดือนตั้งแต่ เดือน มกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2565 เป็นจำนวนทั้งสิ้น 3 ปี โดยนำข้อมูลปริมาณความต้องการรายเดือนของสินค้ามาพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าทั้ง 3 รายการ ในปี พ.ศ. 2566 เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสินค้าคงคลังที่เหมาะสม การพิจารณาจุดสั่งซื้อใหม่ ระบบสินค้าคงคลังสำรอง และประเภทที่ 2 คือ สินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชเลอรี่ น้ำอาโวคาโด น้ำสตอร์วเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำคอส น้ำบัทธูท น้ำทับทิม น้ำปวยเล้ง และน้ำกีวี ใช้การพยากรณ์โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้า โดยผักและผลไม้ 15 รายการที่ไม่ได้นำมาพยากรณ์จะทำการคำนวณหา VC

5.1 การแบ่งกลุ่มสินค้า

โดยการวิเคราะห์สินค้าตามยอดขาย โดยรายการสินค้าทั้งหมดมี 18 รายการ จะทำการแบ่งกลุ่มสินค้าเป็น 2 ประเภท ได้ดังนี้

ประเภทที่ 1 : เลือกสินค้าที่มียอดขายสินค้าที่มากที่สุด จำนวน 3 รายการ ได้แก่ น้ำส้ม น้ำสับปะรด และน้ำเคล

ประเภทที่ 2 : เลือกสินค้าที่เหลือ จำนวน 15 รายการ ได้แก่ น้ำแอปเปิ้ล น้ำแตงโม น้ำเมล่อน น้ำเชเลอรี่ น้ำอาโวคาโด น้ำสตอร์วเบอร์รี่ น้ำมังคุด น้ำมะยงชิด น้ำมะม่วง น้ำฝรั่งแดง น้ำปวยเล้ง น้ำบัทธูท น้ำทับทิม น้ำคอส น้ำกีวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การพยากรณ์

การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลยอดขายรายเดือน

ประเภทที่ 1 : การพยากรณ์อนุกรมเวลาเพื่อมาวิเคราะห์หาตัวแบบการพยากรณ์ที่ดีที่สุด โดยในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำส้ม น้ำสับปะรด และน้ำเคล

ตารางที่ 5.1 เทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลา ค่า MSE ของสินค้าประเภทที่ 1 ของปี พ.ศ. 2566

รายการ	วิธีการพยากรณ์	MSE	MAPE
น้ำส้ม	วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล	1,703.7637	2.1277
น้ำสับปะรด	วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล	12,902.0672	1.7115
น้ำเคล	วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล	4,579.0349	2.5004

ประเภทที่ 2 : ใช้การพยากรณ์โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้า โดยจะนำเสนอรายละเอียดของน้ำแตงโมซึ่งเป็นหนึ่งในรายการดังกล่าว

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างผลการวัดประสิทธิภาพการพยากรณ์ด้วยพีเจอาร์ Forecast บนเว็บแอปพลิเคชัน

รายการ	วิธีการพยากรณ์	MAPE
น้ำแตงโม	เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์	28.4897

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพยากรณ์ระหว่างวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลากับวิธีการพยากรณ์โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ตารางที่ 5.3 ยกตัวอย่างค่า MAPE ของน้ำส้มระหว่างวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลากับวิธีการพยากรณ์โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

รายการ	วิธีการพยากรณ์	MAPE
น้ำส้ม	วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล	2.1277
	เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอาร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์	39.3890

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาตารางที่ 5.3 พบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) ในการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล มีค่าต่ำกว่าการพยากรณ์โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ การพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์มากกว่าวิธีการพยากรณ์โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอร์ Forecast โดยใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ แม้ว่าวิธีการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล จะมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ที่สูงกว่าเมื่อพิจารณาจากค่า MAPE การพยากรณ์โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันด้วยพีเจอร์ Forecast มีความสะดวกในการทำงานมากกว่าแต่เป็นเพียงตัวเลือกทั่วไปซึ่งในอนาคตควรใช้เทคนิคที่เหมาะสมกว่าดังนั้นการเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และข้อจำกัดเฉพาะของสถานการณ์นั้น ๆ สรุปได้ว่าทั้งสองวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสม

5.3 การจัดการสินค้าคงคลัง

5.3.1 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการของสินค้าคงคลังประเภทที่ 1 และสินค้าคงคลังประเภทที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2563 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2566 พบว่าวิธีการสั่งซื้อที่เหมาะสมและต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบสรุปดังตาราง 5.4 และตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.4 วิธีการสั่งซื้อที่เหมาะสมและต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังประเภทที่ 1

รายการ	วิธีการสั่งซื้อแบบ	ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง โดยไม่นับราคาวัตถุดิบ (บาท/ปี)
ส้ม	EOQ	1,986.83
สับปะรด	EOQ	2,063.98
เคล	EOQ	1,587.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 วิธีการสั่งซื้อที่เหมาะสมและต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังสินค้าประเภทที่ 2

รายการ	วิธีการสั่งซื้อแบบ	ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง โดยไม่นับราคาวัตถุดิบ (บาท/ปี)
ปีทูท	EOQ	2,392.36
แอปเปิ้ล	EOQ	1,684.99
ฝรั่งแดง	Silver Meal	-
มังคุด	Silver Meal	-
เซเลอรี่	Silver Meal	-
ทับทิม	Silver Meal	-
กีวี	Silver Meal	-
มะยงชิด	Silver Meal	-
สตอร์วเบอร์รี่	Silver Meal	-
ปวยเล้ง	Silver Meal	-
อาโวคาโด	Silver Meal	-
แตงโม	EOQ	523.79
มะม่วง	Silver Meal	-
เมล่อน	Silver Meal	-
คอส	Silver Meal	-

หมายเหตุ : ต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง โดยไม่นับราคาวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีลนี้อาจต่ำกว่าวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบัน เนื่องจากมีการสั่งซื้อเท่ากับปริมาณความต้องการเดิม

จากตาราง 5.4 และตารางที่ 5.5 พบว่าสินค้าประเภทที่ 1 ได้แก่ ส้ม สับปะรด และเคลใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) ซึ่งมีต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังตามลำดับ คือ 1,986.83 บาท/ปี 2,063.98 บาท/ปี และ 1,587.68 บาท/ปี และสินค้าประเภทที่ 2 ได้แก่ ปีทูท แอปเปิ้ล และแตงโม ใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) ซึ่งมีต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังตามลำดับ คือ 2,392.36 บาท/ปี 1,684.99 บาท/ปี และ 523.79 บาท/ปี และผลไม้ที่เหลือจะใช้วิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal)

5.3.2 การวิเคราะห์จุดสั่งซื้อและการสั่งซื้อที่เหมาะสม

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการของสินค้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2566 พบว่าจุดสั่งซื้อและการสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) สรุปได้ดังตารางที่ 5.6 และตารางที่ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 จุดสั่งซื้อและการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าประเภทที่ 1

รายการ	จุดสั่งซื้อ (กิโลกรัม)	ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (กิโลกรัม)
ส้ม	12	34
สับปะรด	16	40
เคล	12	35

จากตารางที่ 5.6 พบว่า ส้ม เมื่อมีสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า 12 กิโลกรัม จะทำการสั่งซื้อที่ปริมาณ คือ 34 กิโลกรัม สับปะรด เมื่อมีสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า 16 กิโลกรัม จะทำการสั่งซื้อที่ปริมาณ คือ 40 กิโลกรัม และเคล เมื่อมีสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า 12 กิโลกรัม จะทำการสั่งซื้อที่ปริมาณ คือ 35 กิโลกรัม

ตารางที่ 5.7 จุดสั่งซื้อและการสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้าประเภทที่ 2

รายการ	จุดสั่งซื้อ (กิโลกรัม)	ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (กิโลกรัม)
ปีทรุท	21	30
แอปเปิ้ล	15	40
แตงโม	2	7

จากตารางที่ 5.7 พบว่า ปีทรุท เมื่อมีสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า 21 กิโลกรัม จะทำการสั่งซื้อที่ปริมาณ คือ 30 กิโลกรัม แอปเปิ้ล เมื่อมีสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า 15 กิโลกรัม จะทำการสั่งซื้อที่ปริมาณ คือ 40 กิโลกรัม และแตงโม เมื่อมีสินค้าคงเหลือในคลังสินค้า 2 กิโลกรัม จะทำการสั่งซื้อที่ปริมาณ คือ 7 กิโลกรัม

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณความต้องการของสินค้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 พบว่าการสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) สรุปได้ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ช่วงเวลาในการสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อโดยวิธีการสั่งซื้อแบบซิลเวอร์-มีล (Silver Meal) ปี พ.ศ. 2566

รายการ	ช่วงเวลาในการสั่งซื้อ (เดือนที่)	ปริมาณการสั่งซื้อต่อช่วงเวลา (กิโลกรัม)
ฝรั่งแดง	1, 2, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12	75, 38, 66, 95, 99, 116 และ 130
มังคุด	3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9	34, 134, 161, 146, 207, 233 และ 129
เซเลอรี่	1, 2, 3, 4, 10, 11 และ 12	44, 39, 73, 60, 64, 65 และ 76
ทับทิม	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12	12, 16, 18, 21, 38, 40, 44 และ 49
กีวี	1, 2, 3, 8, 9, 10, 11 และ 12	45, 53, 50, 77, 118, 100, 126 และ 136
มะยงชิด	1, 2, 3, 4, 5 และ 6	15, 37, 46, 42, 35 และ 24
สตอร์วเบอร์รี่	1, 2, 3, 9, 10, 11 และ 12	23, 26, 17, 30, 31, 23 และ 35
ปวยเล้ง	1, 9, 10, 11 และ 12	36, 3, 3, 3 และ 4
อาโวคาโด	1, 2, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12	4, 6, 8, 10, 12, 12, 14 และ 13
มะม่วง	1, 2, 3, 4, 5 และ 6	3, 3, 4, 4, 4 และ 5
เมล่อน	1 และ 5	4 และ 5
คอส	1, 9, 10, 11 และ 12	1, 1, 1, 2 และ 2

จากตารางที่ 5.8 พบว่า ฝรั่งแดงจะทำการสั่งซื้อในเดือนที่ 1 เดือนที่ 2 เดือนที่ 7 เดือนที่ 8 เดือนที่ 9 เดือนที่ 10 เดือนที่ 11 และเดือนที่ 12 โดยจะสั่งซื้อครั้งละ 75 กิโลกรัม 38 กิโลกรัม 38 กิโลกรัม 66 กิโลกรัม 95 กิโลกรัม 99 กิโลกรัม 116 กิโลกรัม และ 130 กิโลกรัม ตามลำดับ และผลไม้ชนิดอื่นก็จะมีทำการสั่งซื้อตามตารางที่ 5.8

5.4 การพัฒนาระบบสินค้าคงคลังบนเว็บแอปพลิเคชัน

จากการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการบริหารจัดการสินค้าคงคลังผักและผลไม้ ในกรณีศึกษาและการประเมินจากผู้ประกอบการโดยวิธีการสัมภาษณ์ พบว่าเว็บแอปพลิเคชันมีการใช้งานหลัก ๆ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการติดตามสินค้าคงคลัง ด้านการพยากรณ์ยอดขายของผลไม้ที่ต้องสั่งซื้อในอนาคต และด้านการแจ้งเตือนเมื่อผลไม้ในคลังถึงจุดที่ควรสั่งซื้อใหม่เพื่อให้มีผลไม้เพียงพอต่อการนำไปแปรรูป

ผลการนำเว็บแอปพลิเคชันไปใช้เพื่อการบริหารจัดการสินค้าคงคลังผักและผลไม้ของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็น พบว่าตัวเว็บแอปพลิเคชันนั้นได้มีการเข้ามาช่วยในด้านการติดตามสินค้าคงคลังและยังมีการแจ้งเตือนเมื่อสินค้าคงคลังถึงจุดสั่งซื้อใหม่ ซึ่งทำให้ทางบริษัทนั้นสามารถวางแผนการสั่งซื้อในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในส่วนของผลไม้ที่สั่งมาเกินน้อยลงและสามารถบริหารจัดการกับจำนวนผลไม้ที่นำไปใช้ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน

5.5 การตรวจสอบและประเมินการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

การทดสอบการใช้งานโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นโดยการเพิ่มข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้และทดสอบการทำงานของโปรแกรมในทุกเมนูเพื่อหาข้อผิดพลาดและทำการปรับปรุงแก้ไข โปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันของบริษัทในกรณีศึกษาให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เมื่อผ่านการตรวจสอบการใช้งานของโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันแล้วจึงได้นำโปรแกรมเว็บแอปพลิเคชันไปติดตั้งและทดลองใช้งานกับผู้ใช้งานในบริษัทกรณีศึกษา

ผลการประเมินคุณภาพของเว็บแอปพลิเคชันหลังจากการใช้งานจริง ผลจากการสัมภาษณ์สรุปได้ตามประเด็นดังต่อไปนี้

1. ง่ายต่อการใช้งาน : เว็บแอปพลิเคชันมีการออกแบบที่ง่ายต่อการใช้งาน ไม่ซับซ้อน ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้และใช้งานได้อย่างสะดวก
2. ความสวยงามของหน้าจอ : หน้าจอมีการออกแบบที่สวยงาม น่าสนใจ ดึงดูดให้ผู้ใช้สนใจอยากใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน
3. การออกแบบหน้าจอให้ใช้งานง่าย : องค์ประกอบและรูปแบบการจัดวางถูกวางแผนอย่างรอบคอบทำให้ผู้ใช้ใช้งานได้อย่างสะดวกและเข้าใจง่าย
4. ความรวดเร็วในการทำงาน : กระบวนการทำงานต่าง ๆ มีความรวดเร็ว ไม่เกิดความล่าช้าที่จะกระทบการใช้งานของผู้ใช้งาน
5. ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ : ข้อมูลและฟังก์ชันการทำงานสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานในการบริหารจัดการธุรกิจได้อย่างครบถ้วน
6. ความเหมาะสมการใช้งาน : เหมาะสมกับการใช้งานในการบริหารจัดการธุรกิจน้ำผลไม้ สกัต์เย็นตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน
7. ความพึงพอใจโดยรวม : ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจที่ดีในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนี้ ทั้งด้านประสิทธิภาพ ความง่าย และประสบการณ์การใช้งาน

สรุปได้ว่าเว็บแอปพลิเคชันนี้มีคุณภาพการใช้งานที่ดีสำหรับผู้ใช้และผ่านการประเมินครอบคลุมทุกด้าน ตอบโจทย์ความต้องการ และสร้างความพึงพอใจในการใช้งานได้เป็นอย่างดี ผู้ใช้มีข้อเสนอแนะให้เพิ่มการรองรับภาษาไทยเพื่อลดอุปสรรคทางภาษา ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจและใช้งานได้ง่ายขึ้น ไม่ต้องเสียเวลาแปลความหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกับการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ)

หลังจากการวิเคราะห์หาวิธีการสั่งซื้อที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายในการจัดการสินค้าคงคลังโดยใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) จึงทำการเปรียบเทียบต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกับการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด เนื่องจากวิธีการสั่งซื้อแบบซีลเวอร์-มีลอาจเท่ากับวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบัน โดยมีการสั่งซื้อเท่ากับปริมาณความต้องการเดิมจึงไม่นำมาเปรียบเทียบ ซึ่งแนวทางการคำนวณหาต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบจากการสั่งซื้อแบบปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 กรณี เนื่องจากไม่ทราบการสั่งซื้อที่แน่ชัดจึงทำการประมาณการสั่งซื้อดังนี้

กรณีที่ 1

แนวคิดการคำนวณต้นทุนรวมของวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันทำการประมาณจากปริมาณความต้องการว่าควรใช้ต่อเดือนเท่าไร แล้วทำการหาว่าจำนวนครั้งที่สั่งซื้อต่อเดือนจากการนำขนาดประมาณการสั่งซื้อต่อครั้งมาหาร ดังนั้นสามารถคำนวณได้ดังตารางที่ 5.9

โดยสามารถสรุปได้ว่าจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) สามารถช่วยลดต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบได้ 2,138.65 บาท คิดเป็นร้อยละ 17.28 ตามตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.9 จำนวนต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกรณีที่ 1

รายการสินค้า	ปริมาณความต้องการ	จำนวนคำสั่งซื้อต่อเดือน	จำนวนคำสั่งซื้อต่อปี	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ	ปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้ง	พัสดुकคลังถั่วเฉลี่ยต่อปี	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา	ต้นทุนในการสั่งซื้อ	ต้นทุนในการเก็บรักษา	ต้นทุนรวม*
ส้ม	812	6	72	21.69	11.28	5.64	112.04	1,561.76	631.79	2,193.55
สับปะรด	1,050	8	96	21.69	10.94	5.47	93.37	2,082.35	510.60	2,592.95
เคล	726	6	72	21.69	10.08	5.04	80.03	1,561.76	403.48	1,965.24
พีทุท	1,058	8	96	21.69	11.02	5.51	124.49	2,082.35	685.99	2,768.34
แอปเปิ้ล	699	7	84	21.69	8.32	4.16	93.37	1,822.06	388.48	2,210.53
แตงโม	49	2	24	21.69	2.04	1.02	124.49	520.59	127.08	647.67

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกับต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) กรณีที่ 1

รายการสินค้า	ต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบัน*	ต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด*	ผลต่าง
ส้ม	2,193.55	1,986.88	206.67
สับปะรด	2,592.95	2,063.98	528.98
เคล	1,965.24	1,587.68	377.56
พีทุท	2,768.34	2,392.36	375.98
แอปเปิ้ล	2,210.53	1,685.00	525.53
แตงโม	647.67	523.80	123.87
รวม	12,378.30	10,239.70	2,138.60

ตารางที่ 5.11 คำนวณต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบของวิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกรณีที่ 2

รายการสินค้า	ปริมาณความต้องการ	จำนวนคำสั่งซื้อต่อเดือน	จำนวนคำสั่งซื้อต่อปี	ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ	ปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้ง	พัสดुकคลังถั่วเฉลี่ยต่อปี	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา	ต้นทุนในการสั่งซื้อ	ต้นทุนในการเก็บรักษา	ต้นทุนรวม*
ส้ม	812	8	96	21.69	8.46	4.23	112.04	2,082.35	473.84	2,556.19
สับปะรด	1,050	10	120	21.69	8.75	4.38	93.37	2,602.94	408.48	3,011.42
เคล	726	8	96	21.69	7.56	3.78	80.03	2,082.35	302.61	2,384.96
ปีทรุท	1,058	10	120	21.69	8.82	4.41	124.49	2,602.94	548.79	3,151.73
แอปเปิ้ล	699	8	96	21.69	7.28	3.64	93.37	2,082.35	339.92	2,422.27
แตงโม	49	2	24	21.69	2.04	1.02	124.49	520.59	127.08	647.67

ตารางที่ 5.12 เปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกับต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) กรณีที่ 2

รายการสินค้า	ต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบัน*	ต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด*	ผลต่าง
ส้ม	2,556.19	1,986.88	569.31
สับปะรด	3,011.42	2,063.98	947.45
เคล	2,384.96	1,587.68	797.28
ปีทรุท	3,151.73	2,392.36	759.37
แอปเปิ้ล	2,422.27	1,685.00	737.27
แตงโม	647.67	523.80	123.87
รวม	14,174.25	10,239.70	3,934.55

หมายเหตุ : * ต้นทุนรวม ต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบัน และต้นทุนรวมจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัดนั้นจะเป็นต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบ

กรณีที่ 2

แนวคิดการคำนวณการสั่งซื้อแบบปัจจุบันทำการประมาณจากในการสั่งซื้อ 1 ครั้งจะทำการสั่งซื้อผลไม้แต่ละชนิดไม่เกิน 10 กิโลกรัม แล้วทำการคิดหาว่า 1 เดือนสั่งซื้อกี่ครั้ง แล้วใน 1 ปีจะสั่งซื้อไปเท่าไร ดังนั้นสามารถคำนวณได้จากตารางที่ 5.11

จากตาราง 5.12 สามารถสรุปได้ว่าจากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) สามารถช่วยลดต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบได้ 3,934.60 บาท คิดเป็นร้อยละ 27.76

ดังนั้นจากการเปรียบเทียบต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบได้จากการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบปัจจุบันกับการใช้วิธีการสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) ทั้ง 2 กรณีนั้นสามารถสรุปได้ว่าวิธีการสั่งซื้อแบบประหยัดช่วยลดต้นทุนรวมในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังโดยไม่นับราคาวัตถุดิบได้อย่างน้อยร้อยละ 17.28

5.7 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลยอดขายของบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่งในกรณีศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลยอดขายเป็นรายเดือนจึงทำให้ยากต่อการวางแผน เนื่องจากการจัดเก็บสินค้าคงคลังเป็นวัตถุดิบที่มีการเน่าเสียง่าย ดังนั้นข้อมูลที่ดีควรมีควรจะเป็นข้อมูลรายสัปดาห์และรายวัน

2. การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลยอดขายที่รวบรวมในช่วงการระบาดของโควิด-19 ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อข้อมูลการพยากรณ์ยอดขายเพื่อแก้ไขปัญหาผลกระทบจากข้อมูลช่วงโควิด ควรนำข้อมูลใหม่ในปีปัจจุบันมาปรับปรุงโมเดลและงานวิจัยได้นำทฤษฎีวิธีปรับให้เรียบมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลยอดขายที่มีอยู่ เพื่อเพิ่มความละเอียดและความครอบคลุมของการวิเคราะห์ควรเก็บข้อมูลย้อนหลังอย่างน้อย 5 ปี แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เพื่อช่วยให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น

3. การคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาต่อหน่วยจำเป็นต้องทราบพื้นที่การจัดเก็บของผักและผลไม้ที่มีขนาดไม่เท่ากัน แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่ทราบขนาดพื้นที่การจัดเก็บที่แน่นอน จึงทำการประมาณค่าใช้จ่ายด้วยการแบ่งพื้นที่การจัดเก็บผักและผลไม้แต่ละชนิดออกให้เท่า ๆ กัน

4. งานวิจัยนี้ได้คาดการณ์อัตราการเน่าเสียของผลไม้ไว้เป็นเปอร์เซ็นต์ ไม่ได้ใช้ราคาสินค้าที่เสียหายจริงจากการเน่าเสียของผลไม้ ดังนั้นผลการคำนวณจึงอาจคลาดเคลื่อนจากสถานการณ์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในงานวิจัยครั้งต่อไปแนะนำให้เก็บข้อมูลสินค้าเน่าเสียที่แท้จริงและพิจารณาต้นทุนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรักษา

5. ผลไม้บางชนิดเป็นผลไม้ที่จะขายตามฤดูกาลทำให้บางช่วงเวลาไม่มียอดขายของผลไม้ชนิดนั้น ๆ จึงอาจส่งผลให้การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากมีข้อมูลยอดขายขาดช่วงในบางฤดูกาล ในกรณีเช่นนี้จำเป็นต้องใช้เทคนิคพิเศษในการวิเคราะห์และปรับปรุงวิธีการหาปริมาณการสั่งซื้อให้เหมาะสมกับลักษณะของสินค้าตามฤดูกาลมากยิ่งขึ้น เพื่อลดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อ

6. งานวิจัยนี้คำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อผลไม้ที่เหมาะสม แต่พบว่าหน่วยในการสั่งซื้อของแต่ละชนิดผลไม้อาจไม่เหมือนกัน เช่น บางชนิดเป็นกิโลกรัม บางชนิดเป็นลัง เมื่อนำปริมาณการสั่งซื้อที่คำนวณได้ไปใช้ในทางปฏิบัติจริงพบว่าค่าที่ได้ไม่เหมาะสมสำหรับบางชนิดของผลไม้ เนื่องจากค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานจริง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปริมาณการสั่งซื้อให้เหมาะสมสำหรับกับหน่วยการสั่งซื้อผลไม้แต่ละชนิด

7. เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนั้นมีขั้นตอนในการเปิดใช้งานที่จำเป็นต้องติดตั้งหลายแอปพลิเคชันในการช่วยเสริมระบบให้ใช้งานได้โดยต้องมีการเปิดแอป XAMPP Control Panel ซึ่งเป็นโปรแกรมที่จะจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ของเราให้ทำหน้าที่เป็น Web Server , Visual Studio Code เพื่อใช้สำหรับรันโค้ดและเว็บไซต์ localhost/phpmyadmin เพื่อทำการสร้างฐานข้อมูลไว้ใช้สำหรับตัวเว็บไซต์ จึงทำให้เวลาในการเปิดใช้โปรแกรมก่อนการใช้งานค่อนข้างนาน ดังนั้น การออกแบบระบบในครั้งต่อไปควรคำนึงถึงความสะดวกในการเปิดใช้งานและทำให้เวลาในการเปิดใช้งานไม่กินเวลานานจนเกินไป สำหรับงานวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการใช้บริการคลาวด์ เช่น AWS, Google Cloud เพื่อไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมต่าง ๆ ในเครื่องและอาจนำเทคโนโลยีคอนเทนเนอร์ เช่น Docker ในการเข้ามามองค้ประกอบที่จำเป็นเข้าด้วยกัน มาประยุกต์ใช้เพื่อลดขั้นตอนการติดตั้งและการเริ่มใช้งาน

8. เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นไม่สามารถอัปเดตข้อมูลในส่วนของหน้าต่างรายละเอียด Inventory แบบอัตโนมัติได้ จึงจำเป็นต้องใช้พนักงานเพื่อตรวจสอบปริมาณวัตถุดิบในเว็บแอปพลิเคชันกับปริมาณวัตถุดิบที่อยู่ในสต็อกจริงให้ตรงกัน ดังนั้น ควรมีการกำหนดนโยบายการตรวจสอบสินค้าคงคลังของบริษัทให้เข้ากับข้อจำกัดของเว็บแอปพลิเคชัน เช่น มีการนับสต็อกสินค้าในคลังอย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เพื่อให้ข้อมูลในระบบและข้อมูลในคลังมีความถูกต้องตรงกัน และไม่เกิดข้อผิดพลาด

9. ควรมีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้เว็บแอปพลิเคชันของระบบก่อนการใช้งานและหลังการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันเพื่อประเมินปริมาณของเสียที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กึ่งกาญจน์ ผลิกะ และนพปฎล สุวรรณทรัพย์. 2559. การบริหารสินค้าคงคลังโดยการประยุกต์ใช้
ทฤษฎี ABC Classification Analysis เทคนิค EOQ Model และวิธี Silver-Meal:
กรณีศึกษา บริษัท XYZ. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.
หน้า 102-114.
- กิตติ สุทธิจิระพันธ์ และณัฐพรพรรณ อุตมา. 2560. การพยากรณ์เพื่อวางแผนการจัดซื้อวัตถุดิบ
สำหรับร้านอาหาร กรณีศึกษาร้านเด็กอ้วนเย็นตาโฟหม้อไฟ. สำนักวิชาการจัดการ
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- คมสัน สุริยะ. 2548. การพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบด้วยแบบจำลองนิเวศวิทยา.
คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิภพ ลลิตาภรณ์. 2552. การบริหารพัสดุคงคลัง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริม
เทคโนโลยี(ไทยญี่ปุ่น).
- วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร. 2554. การประยุกต์ใช้ระบบบริหารสินค้าคงคลังสำหรับวัตถุดิบที่เน่าเสียได้:
กรณีศึกษาโรงงานผลิตปลากระป๋อง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หน้า 15-29.
- วัลย์ลักษณ์ อัครธีรวงศ์. 2551. การวิจัยดำเนินงาน 2. โครงการตำราภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะ
วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- ศศิณฑา บุญพิทักษ์, ประมินทร์ วงษ์เจริญ และภัสสร บุญพิทักษ์. 2562. การพัฒนาแอปพลิเคชัน
ซอฟต์แวร์สำหรับโลจิสติกส์ในกิจกรรมสินค้าคงคลังของอุตสาหกรรมผลไม้แปรรูปใน
จังหวัดจันทบุรี. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2562. ประโยชน์ของน้ำผลไม้สกัดเย็น.
[Online] <https://scimath.org/article-science/item/10131-clod-pressed>. เข้าถึงเมื่อ
วันที่ 1 ธ.ค. 2566.
- สุพรรณษา แก้วแปง. 2555. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการการขายและสินค้าคงคลัง
ร้านขวัญซื้อป. วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมพล ทุ่งหว่า. 2541. การผลิต Productin GM 303. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
รามคำแหง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

สมศรี บัณฑิตวิไล. 2562. **อนุกรมเวลา**. โครงการตำราภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Jacobs, F.R. and Chase, R.B. (2010). **Operations and Supply Chain Management**. New York. McGraw-Hill/Irwin.

Rajauria, G., & Tiwari, B. (2018). **Fruit Juices**. 3-13. [Online].

<https://www.sciencedirect.com/book/9780128022306/fruit-juices>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 ธ.ค. 2566.

Stevenson, W. J. 2007. **Operations management**. 9th ed. New York. McGraw-Hill/Irwin.

Zean, V. 2018. **ER diagram**. [Online].

<https://medium.com/@vrtzean/er-diagram-af5d36da2f0e>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 ธ.ค. 2566.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลยอดขายของน้ำส้ม ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2566

เดือน/พ.ศ.	2563	2564	2565	2566
มกราคม	31	43	64	128
กุมภาพันธ์	36	45	72	135
มีนาคม	42	50	155	143
เมษายน	48	45	158	148
พฤษภาคม	44	31	157	156
มิถุนายน	42	35	156	163
กรกฎาคม	46	55	161	169
สิงหาคม	52	57	168	177
กันยายน	50	61	170	183
ตุลาคม	53	50	172	190
พฤศจิกายน	52	36	174	201
ธันวาคม	46	47	152	204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลยอดขายของน้ำสับประรด ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2566

เดือน/พ.ศ.	2563	2564	2565	2566
มกราคม	42	157	296	405
กุมภาพันธ์	67	159	335	426
มีนาคม	78	163	370	443
เมษายน	85	157	406	466
พฤษภาคม	75	150	443	483
มิถุนายน	89	148	484	522
กรกฎาคม	62	151	466	527
สิงหาคม	96	149	499	559
กันยายน	124	152	507	561
ตุลาคม	133	150	544	597
พฤศจิกายน	134	149	547	609
ธันวาคม	128	144	548	629

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลยอดขายของน้ำเคล ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2566

เดือน/พ.ศ.	2563	2564	2565	2566
มกราคม	43	53	141	225
กุมภาพันธ์	60	76	164	243
มีนาคม	64	74	223	267
เมษายน	51	64	284	265
พฤษภาคม	66	76	242	278
มิถุนายน	72	91	243	284
กรกฎาคม	83	71	248	304
สิงหาคม	60	76	325	312
กันยายน	87	85	302	337
ตุลาคม	74	97	335	340
พฤศจิกายน	73	101	326	348
ธันวาคม	33	128	269	372

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ค่าพยากรณ์ความต้องการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2566 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำส้ม

เดือน	ค่าพยากรณ์ความต้องการ (d_i)	d_i^2
มกราคม	132.88	17657.75
กุมภาพันธ์	139.27	19397.09
มีนาคม	145.72	21235.66
เมษายน	152.23	23175.77
พฤษภาคม	158.81	25219.79
มิถุนายน	165.43	27370.08
กรกฎาคม	172.13	29629.04
สิงหาคม	178.88	31999.09
กันยายน	185.69	34482.66
ตุลาคม	192.57	37082.20
พฤศจิกายน	199.50	39800.22
ธันวาคม	206.50	42639.20
	$\sum_{i=0}^n d_i = 2029.63$	$\sum_{i=0}^n d_i^2 = 349688.58$

เนื่องจาก $\sum_{i=0}^n d_i = 2029.63$, $\sum_{i=0}^n d_i^2 = 349688.58$ และ $n = 12$

ทำให้ $\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n d_i = 29140.72$ และ $\bar{d}^2 = 28606.98$

จึงได้ $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n d_i^2 - \bar{d}^2 = 29140.72 - 28606.98 = 533.74$

จะได้ $VC = \frac{\sigma^2}{\bar{d}^2} = \frac{533.74}{28606.98} = 0.018657$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ค่าพยากรณ์ความต้องการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2566 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำเค็ม

เดือน	ค่าพยากรณ์ความต้องการ (d_i)	d_i^2
มกราคม	238.46	56861.03
กุมภาพันธ์	249.77	62387.87
มีนาคม	261.19	68219.76
เมษายน	272.70	7436.12
พฤษภาคม	284.29	80824.37
มิถุนายน	295.99	87610.02
กรกฎาคม	307.78	94726.63
สิงหาคม	319.66	102180.80
กันยายน	331.63	109979.18
ตุลาคม	343.70	118128.48
พฤศจิกายน	355.86	126635.48
ธันวาคม	368.11	135506.96
	$\sum_{i=0}^n d_i = 3629.14$	$\sum_{i=0}^n d_i^2 = 1117423.72$

เนื่องจาก $\sum_{i=0}^n d_i = 3629.14$, $\sum_{i=0}^n d_i^2 = 1117423.72$ และ $n = 12$

ทำให้ $\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n d_i = 302.43$ และ $\bar{d}^2 = 91462.77$

จึงได้ $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n d_i^2 - \bar{d}^2 = 1117423.72 - 91462.77 = 1025960.95$

จะได้ $VC = \frac{\sigma^2}{\bar{d}^2} = \frac{1025960.95}{91462.77} = 11.22$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ค่าพยากรณ์ความต้องการในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2566 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของน้ำสับปะรด

เดือน	ค่าพยากรณ์ความต้องการ (d_i)	d_i^2
มกราคม	415.54	172674.16
กุมภาพันธ์	434.87	189110.02
มีนาคม	454.34	206426.23
เมษายน	473.96	224639.92
พฤษภาคม	493.73	243768.38
มิถุนายน	513.64	263828.99
กรกฎาคม	533.70	284839.29
สิงหาคม	553.91	306816.93
กันยายน	574.26	329779.70
ตุลาคม	594.77	353745.52
พฤศจิกายน	615.41	378732.42
ธันวาคม	636.21	404758.59
	$\sum_{i=0}^n d_i = 6294.35$	$\sum_{i=0}^n d_i^2 = 3359120.14$

เนื่องจาก $\sum_{i=0}^n d_i = \sum_{i=0}^n d_i^2 =$ และ $n = 12$

ทำให้ $\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n d_i = 279926.68$ และ $\bar{d}^2 = 275130.53$

จึงได้ $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n d_i^2 - \bar{d}^2 = 279926.68 - 275130.53 = 4796.15$

จะได้ $VC = \frac{\sigma^2}{\bar{d}^2} = \frac{4796.15}{275130.53} = 0.017432$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข.1

การทดสอบการแจกแจงของแอนเดอร์สัน - คาร์ลิง ของน้ำส้ม

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำส้มมีการแจกแจงปกติ

H_1 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำส้มไม่มีการแจกแจงปกติ

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} AD &= -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{n+1-i})] \right\} \right] \\ &= -36 - \frac{1}{36} \sum_{i=1}^{36} \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{37-i})] \right\} \right] \\ &= -36 - \left[\frac{1}{36} \times (-1,469.605555) \right] \\ &= 4.8223 \end{aligned}$$

ปรับค่าสถิติทดสอบเป็น AD^*

$$\begin{aligned} AD^* &= AD \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\ &= 4.8223 \left(1 + \frac{0.75}{36} + \frac{2.25}{36^2} \right) \\ &= 4.9312 \end{aligned}$$

บริเวณวิกฤต คือ $AD^* \geq C_\alpha$

$$\begin{aligned} \text{โดย } C_\alpha &= a_\alpha \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\ C_{0.05} &= 0.7514 \left(1 + \frac{-0.795}{36} + \frac{-0.890}{36^2} \right) \\ &= 0.7342 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $AD^* = 4.9312 > C_\alpha = 0.7342$ และ $p\text{-value} < 0.005 < \alpha = 0.05$ จึง

ปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำส้มไม่มีการแจกแจงปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.2

ทดสอบแนวโน้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ของน้ำส้ม (การทดสอบของแดนเนียล Daniel's Test)

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำส้ม ไม่มีแนวโน้ม

H_1 : อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำส้ม มีแนวโน้ม

ตัวสถิติทดสอบ

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$= 1 - \frac{6(2,867)}{36(36^2 - 1)} = 0.6310$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

โดย $Z = \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}}$

$$= \frac{0.6310 - 0}{\frac{1}{\sqrt{36-1}}} = 3.7331$$

เนื่องจาก $Z = 3.7331 > Z_{0.025} = 1.96$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำส้ม มีแนวโน้ม

ภาคผนวก ข.3

ทดสอบอิทธิพลฤดูกาลของน้ำส้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (การทดสอบครัสคาล-วอลลิส)

สมมติฐานการทดสอบ

สำหรับรูปแบบบวก

$$H_0 : S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 0$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตารางการคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำส้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

เดือนที่	ลำดับที่		R_i	n_i	
1		8	4	12	2
2		10	3	13	2
3		13	27	40	2
4		9	25	34	2
5		5	23	28	2
6		7	21	28	2
7	12	19		31	2
8	16	19		35	2
9	14	18		32	2
10	17	6		23	2
11	15	1		16	2
12	11	2		13	2

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\
 &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{12^2}{2} + \frac{13^2}{2} + \frac{40^2}{2} + \dots + \frac{13^2}{2} \right] - 3(24+1) \\
 &= \frac{12}{24(25)} [4,400.50] - 3(25) \\
 &= 13.0100
 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 13.0100 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปแบบคูณ

$$H_0 = S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 1$$

$$H_1 : S_i \neq 1 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตารางการคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำส้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

เดือนที่	ลำดับที่		R_i	n_i	
1		8	4	12	2
2		10	5	15	2
3		13	27	40	2
4		9	25	34	2
5		3	23	26	2
6		6	15	21	2
7	12	22		34	2
8	19	21		40	2
9	14	17		31	2
10	18	7		25	2
11	16	1		17	2
12	11	2		13	2

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\
 &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{12^2}{2} + \frac{15^2}{2} + \frac{40^2}{2} + \dots + \frac{13^2}{2} \right] - 3(24+1) \\
 &= \frac{12}{24(25)} [4521] - 3(25) \\
 &= 15.4200
 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 15.4200 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.4 วิเคราะห์การพยากรณ์โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำส้ม ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565
 ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำส้ม ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$

สมการควอดราติก คือ $\hat{Y}_t = 55.4 - 4.11t + 0.2219t^2$

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
		0		97.4747	139.5524	181.6329	35.3275		
2563	มกราคม	1	31	91.5587	135.2811	177.5078	28.7654	-4.3275	18.7275
	กุมภาพันธ์	2	36	86.6142	130.9499	173.3643	24.5427	7.2346	52.3393
	มีนาคม	3	42	82.6437	126.6509	169.2070	22.4467	17.4573	304.7562
	เมษายน	4	48	79.5605	122.4600	165.0467	22.1053	25.5533	652.9712
	พฤษภาคม	5	44	76.3958	118.3604	160.8918	21.3621	21.8947	479.3801
	มิถุนายน	6	42	73.3347	114.3533	156.7500	20.6423	20.6379	425.9247
	กรกฎาคม	7	46	70.9020	110.4863	152.6327	21.0338	25.3577	643.0127
	สิงหาคม	8	52	69.2198	106.8137	148.5550	22.6956	30.9662	958.9041
	กันยายน	9	50	67.5093	103.3158	144.5289	23.9140	27.3044	745.5298
	ตุลาคม	10	53	66.2180	100.0142	140.5672	25.6651	29.0860	845.9944
	พฤศจิกายน	11	52	64.9527	96.8939	136.6805	27.0995	26.3349	693.5264
	ธันวาคม	12	46	63.2659	93.9011	132.8732	27.3332	18.9005	357.2287

ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทรูปเปิ้ลของน้ำส้ม ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$ (ต่อ)

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
2564	มกราคม	13	43	61.4624	91.0142	129.1479	27.1133	15.6668	245.4493
	กุมภาพันธ์	14	45	59.9973	88.2538	125.5085	27.4290	17.8867	319.9351
	มีนาคม	15	50	59.1075	85.6599	121.9621	28.7285	22.5710	509.4523
	เมษายน	16	45	57.8520	83.1851	118.5111	28.9873	16.2715	264.7624
	พฤษภาคม	17	31	55.4623	80.7178	115.1476	26.7204	2.0127	4.0510
	มิถุนายน	18	35	53.6412	78.3081	111.8691	25.6786	8.2796	68.5522
	กรกฎาคม	19	55	53.7621	76.1236	108.6878	28.5911	29.3214	859.7466
	สิงหาคม	20	57	54.0503	74.1592	105.6149	31.4422	28.4089	807.0681
	กันยายน	21	61	54.6688	72.4246	102.6611	34.5883	29.5578	873.6643
	ตุลาคม	22	50	54.2533	70.8074	99.8262	35.1973	15.4117	237.5215
	พฤศจิกายน	23	36	52.6288	69.1896	97.0997	33.1477	0.8027	0.6443
	ธันวาคม	24	47	52.1279	67.6712	94.4807	33.5030	13.8523	191.8854

ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำส้ม ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$ (ต่อ)

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
2565	มกราคม	25	64	53.1845	66.3819	91.9800	36.9458	30.4970	930.0671
	กุมภาพันธ์	26	72	54.8590	65.3564	89.6106	41.2661	35.0542	1228.7938
	มีนาคม	27	155	63.7712	65.2153	87.4395	60.0783	113.7339	12935.4035
	เมษายน	28	158	72.1572	65.8331	85.5166	76.0662	97.9217	9588.6600
	พฤษภาคม	29	157	79.7079	67.0679	83.8747	88.8965	80.9338	6550.2805
	มิถุนายน	30	156	86.4976	68.7971	82.5329	99.0504	67.1035	4502.8764
	กรกฎาคม	31	161	93.1280	70.9625	81.5032	108.0472	61.9496	3837.7498
	สิงหาคม	32	168	99.7914	73.5281	80.7934	116.4173	59.9528	3594.3342
	กันยายน	33	170	106.0397	76.4215	80.4043	123.3177	53.5827	2871.1040
	ตุลาคม	34	172	111.9099	79.5799	80.3310	128.9799	48.6823	2369.9708
	พฤศจิกายน	35	174	117.4357	82.9489	80.5639	133.6039	45.0201	2026.8085
	ธันวาคม	36	152	120.5118	86.2919	81.0737	132.9480	18.3961	338.4170
$MSE = 1,703.7637$									

ภาคผนวก ข.5 ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และ ค่า MAPE

ตารางผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำส้ม โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล

ปี	p	t	Y_t	Y^{t+p}	e_t	$\left \frac{e_t}{Y_t} \right $
2566	1	37	128	133	-5	0.0391
	2	38	135	140	-5	0.0370
	3	39	143	146	-3	0.0210
	4	40	148	153	-5	0.0338
	5	41	156	159	-3	0.0192
	6	42	163	166	-3	0.0184
	7	43	169	173	-4	0.0237
	8	44	177	179	-2	0.0113
	9	45	183	186	-3	0.0164
	10	46	190	193	-3	0.0158
	11	47	201	200	1	0.0050
	12	48	204	207	-3	0.0147
						$MAPE = 2.1277$

ภาคผนวก ข.6

การทดสอบการแจกแจงของแอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง ของน้ำสับปะรด

สมมติฐานการทดสอบ

 H_0 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำสับปะรดมีการแจกแจงปกติ H_1 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำสับปะรดไม่มีการแจกแจงปกติ

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 AD &= -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{n+1-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \frac{1}{36} \sum_{i=1}^{36} \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{37-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \left[\frac{1}{36} \times (-1,407.387678) \right] \\
 &= 3.0941
 \end{aligned}$$

ปรับค่าสถิติทดสอบเป็น AD^*

$$\begin{aligned}
 AD^* &= AD \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\
 &= 3.0941 \left(1 + \frac{0.75}{36} + \frac{2.25}{36^2} \right) \\
 &= 3.1639
 \end{aligned}$$

บริเวณวิกฤต คือ $AD^* \geq C_\alpha$

$$\begin{aligned}
 \text{โดย } C_\alpha &= a_\alpha \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\
 C_{0.05} &= 0.7514 \left(1 + \frac{-0.795}{36} + \frac{-0.890}{36^2} \right) \\
 &= 0.7342
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $AD^* = 4.9312 > C_\alpha = 0.7342$ และ $p\text{-value} < 0.005 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำสับปะรดไม่มีการแจกแจงปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.7

ทดสอบแนวโน้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ของน้ำสับปะรด (การทดสอบของแดเนียล Daniel's Test)

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำสับปะรด ไม่มีแนวโน้ม

H_1 : อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำสับปะรด มีแนวโน้ม

ตัวสถิติทดสอบ

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$= 1 - \frac{6(547)}{36(36^2 - 1)} = 0.9296$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

$$\text{โดย } Z = \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}}$$

$$= \frac{0.9296 - 1}{\sqrt{36 - 1}} = 5.4996$$

เนื่องจาก $Z = 5.4996 > Z_{0.025} = 1.96$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำสับปะรด มีแนวโน้ม

ภาคผนวก ข.8

ทดสอบอิทธิพลฤดูกาลของน้ำสับปรดแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (การทดสอบครัสคาล-วอลลิส)

สมมติฐานการทดสอบ

สำหรับรูปแบบบวก

$$H_0 : S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 0$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตารางการคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำสับปรดแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

เดือนที่	ลำดับที่		R_i	n_i	
1		19	16	35	2
2		17	21	38	2
3		18	22	40	2
4		13	23	36	2
5		11	24	35	2
6		10	25	35	2
7	4	8		12	2
8	7	6		13	2
9	14	5		19	2
10	15	3		18	2
11	12	2		14	2
12	9	1		10	2

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\
 &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{35^2}{2} + \frac{38^2}{2} + \frac{40^2}{2} + \dots + \frac{10^2}{2} \right] - 3(24+1) \\
 &= \frac{12}{24(25)} [4,654.50] - 3(25) \\
 &= 18.0900
 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 18.0900 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปแบบคูณ

$$H_0 = S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 1$$

$$H_1 : S_i \neq 1 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตารางการคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำสับปรดแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

เดือนที่	ลำดับที่		R_i	n_i	
1		25	12	37	2
2		21	16	37	2
3		22	17	39	2
4		13	19	32	2
5		11	20	31	2
6		10	24	34	2
7	2	8		10	2
8	7	6		13	2
9	18	5		23	2
10	23	4		27	2
11	15	3		18	2
12	9	1		10	2

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\
 &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{37^2}{2} + \frac{37^2}{2} + \frac{39^2}{2} + \dots + \frac{10^2}{2} \right] - 3(24+1) \\
 &= \frac{12}{24(25)} [4675.50] - 3(25) \\
 &= 18.5100
 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 18.5100 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.9 วิเคราะห์การพยากรณ์โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำสับปะรด ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565
 ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำสับปะรด ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$

สมการควอดราติก คือ $\hat{Y}_t = 98.5 - 6.54t + 0.5676t^2$

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
		0		97.4747	139.5524	181.6329	35.3275		
2563	มกราคม	1	42	92.5377	135.3682	177.5155	30.7883	6.6725	44.5219
	กุมภาพันธ์	2	67	90.2649	131.3542	173.4073	31.9063	36.2117	1311.2894
	มีนาคม	3	78	89.1734	127.6003	169.3307	35.1092	46.0937	2124.6256
	เมษายน	4	85	88.8020	124.1474	165.3095	39.2690	49.8908	2489.0883
	พฤษภาคม	5	75	87.5736	120.8924	161.3566	41.0579	35.7310	1276.7016
	มิถุนายน	6	89	87.7006	117.9385	157.4925	45.2763	47.9421	2298.4491
	กรกฎาคม	7	62	85.4133	115.0439	153.7147	43.9312	16.7237	279.6836
	สิงหาคม	8	96	86.3555	112.4907	150.0460	49.1978	52.0688	2711.1647
	กันยายน	9	124	89.7057	110.4629	146.5232	58.7941	74.8022	5595.3698
	ตุลาคม	10	133	93.5588	108.9585	143.1801	68.4189	74.2059	5506.5109
	พฤศจิกายน	11	134	97.1579	107.9083	140.0410	76.5381	65.5811	4300.8809
	ธันวาคม	12	128	99.9027	107.1958	137.1179	82.0773	51.4619	2648.3238

ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำสับปะรด ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$ (ต่อ)

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
2564	มกราคม	13	157	104.9842	106.9990	134.4374	91.8874	74.9227	5613.4082
	กุมภาพันธ์	14	159	109.7914	107.2475	132.0176	100.2141	67.1126	4504.1014
	มีนาคม	15	163	114.5268	107.8953	129.8708	107.6392	62.7859	3942.0725
	เมษายน	16	157	118.3067	108.8219	127.9976	112.4445	49.3608	2436.4888
	พฤษภาคม	17	150	121.1273	109.9170	126.3885	114.8795	37.5555	1410.4122
	มิถุนายน	18	148	123.5189	111.1276	125.0303	116.2681	33.1205	1096.9644
	กรกฎาคม	19	151	125.9646	112.4480	123.9105	117.7122	34.7319	1206.3015
	สิงหาคม	20	149	128.0147	113.8334	123.0137	118.2844	31.2878	978.9271
	กันยายน	21	152	130.1493	115.2854	122.3259	119.0613	33.7156	1136.7440
	ตุลาคม	22	150	131.9159	116.7655	121.8310	119.0936	30.9387	957.2062
	พฤศจิกายน	23	149	133.4363	118.2491	121.5123	118.7033	29.9064	894.3941
	ธันวาคม	24	144	134.3765	119.6844	121.3496	117.2393	25.2967	639.9250

ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทรูปเปิ้ลของน้ำสับปะรด ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$ (ต่อ)

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
2565	มกราคม	25	296	148.7604	122.2721	121.4317	143.7760	178.7607	31955.3798
	กุมภาพันธ์	26	335	165.3350	126.1045	121.8476	172.5659	191.2240	36566.6078
	มีนาคม	27	370	183.5495	131.2169	122.6814	202.3405	197.4341	38980.2394
	เมษายน	28	406	203.3467	137.6362	124.0123	232.9709	203.6595	41477.1978
	พฤษภาคม	29	443	224.6750	145.3823	125.9142	264.3522	210.0291	44112.2193
	มิถุนายน	30	484	247.7540	154.4930	128.4576	296.9518	219.6478	48245.1380
	กรกฎาคม	31	466	267.1771	164.5215	131.6671	319.5707	169.0482	28577.2899
	สิงหาคม	32	499	287.8085	175.4936	135.5675	343.2318	179.4293	32194.8806
	กันยายน	33	507	307.3157	187.2253	140.1649	363.0790	163.7682	26820.0311
	ตุลาคม	34	544	328.3798	199.7875	145.4711	385.0493	180.9210	32732.4145
	พฤศจิกายน	35	547	347.8362	212.9633	151.4776	402.4616	161.9507	26228.0302
	ธันวาคม	36	548	365.6500	226.5519	158.1590	415.7002	145.5384	21181.4387
$MSE = 12,902.0672$									

ภาคผนวก ข.10 ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และ ค่า MAPE

ตารางผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำสับประรด โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ล

ปี	p	t	Y_t	Y^{t+p}	e_t	$\left \frac{e_t}{Y_t} \right $
2566	1	37	405	416	-11	0.0272
	2	38	426	435	-9	0.0211
	3	39	443	455	-12	0.0271
	4	40	466	474	-8	0.0172
	5	41	483	494	-11	0.0228
	6	42	522	514	8	0.0153
	7	43	527	534	-7	0.0133
	8	44	559	554	5	0.0089
	9	45	561	575	-14	0.0250
	10	46	597	595	2	0.0034
	11	47	609	616	-7	0.0115
	12	48	629	637	-8	0.0127
						<i>MAPE = 1.7115</i>

ภาคผนวก ข.11

การทดสอบการแจกแจงของแอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง ของน้ำเคล

สมมติฐานการทดสอบ

 H_0 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำเคลมีการแจกแจงปกติ H_1 : อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำเคลไม่มีการแจกแจงปกติ

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 AD &= -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{n+1-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \frac{1}{36} \sum_{i=1}^{36} \left[(2i-1) \left\{ \ln F_x(x_i) + \ln [1 - F_x(x_{37-i})] \right\} \right] \\
 &= -36 - \left[\frac{1}{36} \times (-1,413.432362) \right] \\
 &= 3.2620
 \end{aligned}$$

ปรับค่าสถิติทดสอบเป็น AD^*

$$\begin{aligned}
 AD^* &= AD \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\
 &= 3.2620 \left(1 + \frac{0.75}{36} + \frac{2.25}{36^2} \right) \\
 &= 3.3356
 \end{aligned}$$

บริเวณวิกฤต คือ $AD^* \geq C_\alpha$

$$\begin{aligned}
 \text{โดย } C_\alpha &= a_\alpha \left(1 + \frac{b_0}{n} + \frac{b_1}{n^2} \right) \\
 C_{0.05} &= 0.7514 \left(1 + \frac{-0.795}{36} + \frac{-0.890}{36^2} \right) \\
 &= 0.7342
 \end{aligned}$$

เนื่องจาก $AD^* = 3.3356 > C_\alpha = 0.7342$ และ $p\text{-value} < 0.005 < \alpha = 0.05$ จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลาของยอดขายของน้ำเคลไม่มีการแจกแจงปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.12

ทดสอบแนวโน้มแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ของเคิล (การทดสอบของแดเนียล Daniel's Test)

สมมติฐานการทดสอบ

 H_0 : อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำเคิล ไม่มีแนวโน้ม H_1 : อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำเคิล มีแนวโน้ม

ตัวสถิติทดสอบ

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$= 1 - \frac{6(792)}{36(36^2 - 1)} = 0.8981$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $|Z| \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}$

$$\text{โดย } Z = \frac{(r_s - \mu_{r_s})}{\sigma_{r_s}}$$

$$= \frac{0.8981 - 0}{\frac{1}{\sqrt{36-1}}} = 5.3131$$

เนื่องจาก $Z = 5.3131 > Z_{0.025} = 1.96$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้น อนุกรมเวลายอดขายของ น้ำเคิล มีแนวโน้ม

ภาคผนวก ข.13

ทดสอบอิทธิพลฤดูกาลของเคลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (การทดสอบคริสต์กาล-วอลลิส)

สมมติฐานการทดสอบ

สำหรับรูปแบบบวก

$$H_0 : S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 0$$

$$H_1 : S_i \neq 0 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตารางการคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำเคลแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

เดือนที่	ลำดับที่		R_i	n_i	
1		8	4	12	2
2		18	9	27	2
3		15	23	38	2
4		12	24	36	2
5		14	16	30	2
6		20	11	31	2
7	21	10		31	2
8	13	7		20	2
9	22	6		28	2
10	19	3		22	2
11	17	2		19	2
12	1	5		6	2

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\
 &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{12^2}{2} + \frac{27^2}{2} + \frac{38^2}{2} + \dots + \frac{6^2}{2} \right] - 3(24+1) \\
 &= \frac{12}{24(25)} [4,250] - 3(25) \\
 &= 10.0000
 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$ เนื่องจาก $H = 10.0000 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปแบบคูณ

$$H_0 = S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_{12} = 1$$

$$H_1 : S_i \neq 1 \text{ สำหรับบางฤดูกาล เมื่อ } i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

ตารางการคำนวณอิทธิพลฤดูกาลรูปแบบบวกของยอดขายของน้ำเคลแบบไม่ใช่พารามิเตอร์

เดือนที่	ลำดับที่		R_i	n_i	
1		3	9	12	2
2		18	11	29	2
3		16	20	36	2
4		10	23	33	2
5		15	14	29	2
6		21	13	34	2
7	22	7		29	2
8	12	4		16	2
9	24	6		30	2
10	19	5		24	2
11	17	2		19	2
12	1	8		9	2

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[\sum_{i=1}^L \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(n+1) \\
 &= \frac{12}{24(24+1)} \left[\frac{12^2}{2} + \frac{29^2}{2} + \frac{36^2}{2} + \dots + \frac{9^2}{2} \right] - 3(24+1) \\
 &= \frac{12}{24(25)} [4,191] - 3(25) \\
 &= 8.8200
 \end{aligned}$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ คือ 0.05 มีบริเวณวิกฤตเป็น $H \geq \chi_{\alpha, L-1}^2$

เนื่องจาก $H = 8.8200 < \chi_{0.05, 11}^2 = 19.675$ ซึ่งตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จึงยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น อนุกรมเวลาไม่มีอิทธิพลฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.14 วิเคราะห์การพยากรณ์โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำเคล ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2565
 ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำเคล ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$

สมการควอดราติก คือ $\hat{Y}_t = 80.8 - 6.67t + 0.3945t^2$

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
		0		97.4747	139.5524	181.6329	35.3275		
2563	มกราคม	1	43	92.6267	135.3762	177.5162	30.9722	7.6725	58.8668
	กุมภาพันธ์	2	60	89.7230	131.3132	173.4043	30.7702	29.0278	842.6151
	มีนาคม	3	64	87.4338	127.4081	169.3108	31.5998	33.2298	1104.2179
	เมษายน	4	51	84.1913	123.5619	165.2394	30.1369	19.4002	376.3670
	พฤษภาคม	5	66	82.5723	119.9140	161.2056	31.9194	35.8631	1286.1651
	มิถุนายน	6	72	81.6314	116.5070	157.2276	34.7087	40.0806	1606.4511
	กรกฎาคม	7	83	81.7532	113.4140	153.3283	39.2220	48.2913	2332.0475
	สิงหาคม	8	60	79.8173	110.4241	149.5100	38.8728	20.7780	431.7234
	กันยายน	9	87	80.4565	107.7571	145.7941	43.6863	48.1272	2316.2245
	ตุลาคม	10	74	79.8819	105.2763	142.1882	45.3799	30.3137	918.9189
	พฤศจิกายน	11	73	79.2694	102.9618	138.6972	46.6811	27.6201	762.8675
	ธันวาคม	12	33	75.1516	100.4868	135.2966	40.4712	-13.6811	187.1732

ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทรูปเปิ้ลของน้ำเค็ม ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$ (ต่อ)

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
2564	มกราคม	13	53	73.1802	98.0566	131.9824	39.1072	12.5288	156.9709
	กุมภาพันธ์	14	76	73.4312	95.8650	128.7681	42.3051	36.8928	1361.0758
	มีนาคม	15	74	73.4818	93.8730	125.6625	44.6555	31.6949	1004.5658
	เมษายน	16	64	72.6379	91.9831	122.6652	44.8141	19.3445	374.2105
	พฤษภาคม	17	76	72.9372	90.2881	119.7837	47.1983	31.1859	972.5632
	มิถุนายน	18	91	74.5447	88.8870	117.0340	51.9580	43.8017	1918.5847
	กรกฎาคม	19	71	74.2292	87.5825	114.4130	52.2167	19.0420	362.5966
	สิงหาคม	20	76	74.3868	86.4081	111.9206	53.3439	23.7833	565.6472
	กันยายน	21	85	75.3313	85.4224	109.5624	55.9169	31.6561	1002.1096
	ตุลาคม	22	97	77.2598	84.6959	107.3494	60.2220	41.0831	1687.8198
	พฤศจิกายน	23	101	79.3726	84.2222	105.2911	64.4645	40.7780	1662.8426
	ธันวาคม	24	128	83.7002	84.1757	103.4119	72.8616	63.5355	4036.7552

ตารางการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทริปเปิ้ลของน้ำเค็ม ในกรณีใช้ค่าปรับน้ำหนัก $\alpha = 0.0890$ (ต่อ)

ปี	เดือน	t	Y_t	A_t	A'_t	A''_t	$\hat{Y}_{t+1}(t)$	e_t	e_t^2
2565	มกราคม	25	141	88.7997	84.5872	101.7366	82.0772	68.1384	4642.8393
	กุมภาพันธ์	26	164	95.4923	85.5577	100.2967	93.7616	81.9228	6711.3515
	มีนาคม	27	223	106.8400	87.4518	99.1536	114.0505	129.2384	16702.5751
	เมษายน	28	284	122.6066	90.5804	98.3906	141.7241	169.9495	28882.8403
	พฤษภาคม	29	242	133.2322	94.3763	98.0333	156.4280	100.2759	10055.2485
	มิถุนายน	30	243	143.0011	98.7037	98.0930	168.2449	86.5720	7494.7181
	กรกฎาคม	31	248	152.3456	103.4776	98.5722	178.3658	79.7551	6360.8814
	สิงหาคม	32	325	167.7112	109.1942	99.5175	200.2929	146.6342	21501.5887
	กันยายน	33	302	179.6624	115.4656	100.9369	213.5059	101.7071	10344.3355
	ตุลาคม	34	335	193.4869	122.4092	102.8478	229.7642	121.4941	14760.8203
	พฤศจิกายน	35	326	205.2801	129.7844	105.2451	240.7626	96.2358	9261.3317
	ธันวาคม	36	269	210.9509	137.0080	108.0719	238.5571	28.2374	797.3482
$MSE = 4,579.0349$									

ภาคผนวก ข.15 ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และ ค่า MAPE

ตารางผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำเค็ม โดยวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบทรูปเปิ้ล

ปี	p	t	Y_t	Y^{t+p}	e_t	$\left \frac{e_t}{Y_t} \right $
2566	1	37	225	239	-14	0.0622
	2	38	243	250	-7	0.0288
	3	39	267	262	5	0.0187
	4	40	265	272	-7	0.0264
	5	41	278	285	-7	0.0252
	6	42	284	296	-12	0.0423
	7	43	304	308	-4	0.0132
	8	44	312	320	-8	0.0256
	9	45	337	332	5	0.0148
	10	46	340	344	-4	0.0118
	11	47	348	356	-8	0.0230
	12	48	372	369	3	0.0081
						$MAPE = 2.5004$

ภาคผนวก ข.16 ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และ ค่า MAPE

ตารางผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำแดงโม โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันในส่วนของหน้าต่าง Forecast ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ปี	p	t	Y_t	Y^{t+p}	e_t	$\left \frac{e_t}{Y_t} \right $
2566	1	37	8	7	1	0.1250
	2	38	6	9	-3	0.5000
	3	39	18	15	3	0.1667
	4	40	11	14	-3	0.2727
	5	41	22	18	4	0.1818
	6	42	19	25	-6	0.3158
	7	43	10	14	-4	0.4000
	8	44	11	15	-4	0.3636
	9	45	34	21	13	0.3824
	10	46	17	22	-5	0.2941
	11	47	18	15	3	0.1667
	12	48	24	18	6	0.2500
						$MAPE = 28.4897$

ภาคผนวก ข.17 ผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และ ค่า MAPE

ตารางผลการพยากรณ์ 12 หน่วยเวลาล่วงหน้า และค่า MAPE ของน้ำส้ม โดยใช้เว็บแอปพลิเคชันในส่วนของหน้าต่าง Forecast ใช้สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการสินค้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ปี	p	t	Y_t	Y^{t+p}	e_t	$\left \frac{e_t}{Y_t} \right $
2566	1	37	128	206	-78	0.6094
	2	38	135	210	-75	0.5556
	3	39	143	218	-75	0.5245
	4	40	148	221	-73	0.4932
	5	41	156	224	-68	0.4359
	6	42	163	227	-64	0.3926
	7	43	169	232	-63	0.3728
	8	44	177	236	-59	0.3333
	9	45	183	239	-56	0.3060
	10	46	190	242	-52	0.2737
	11	47	201	245	-44	0.2189
	12	48	204	247	-43	0.2108
						$MAPE = 39.3890$

ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ค.1 ค่าวิกฤตของการทดสอบแอนเดอร์สัน - ดาร์ลิง (Anderson – Darling)

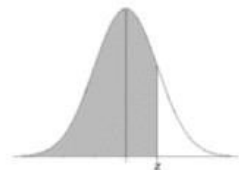
<i>Significance Level</i>	a_α	b_0	b_1
α			
0.2	0.5091	-0.7560	-0.3900
0.1	0.6305	-0.7500	-0.8000
0.05	0.7514	-0.7950	-0.8900
0.025	0.8725	-0.8810	-0.9400
0.01	1.0348	-1.0130	-0.9300
0.005	1.1578	-1.0630	-1.3400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.2 ตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปรกติมาตรฐาน

Standard Normal Cumulative Probability Table

Cumulative probabilities for POSITIVE z-values are shown in the following table:



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
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	0.8869	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	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	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	0.9982	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	0.9995	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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.3 ตารางค่าวิกฤตการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไคสแควร์ χ^2

Table entry for p is the critical value (χ^2)^{*} with probability p lying to its right.

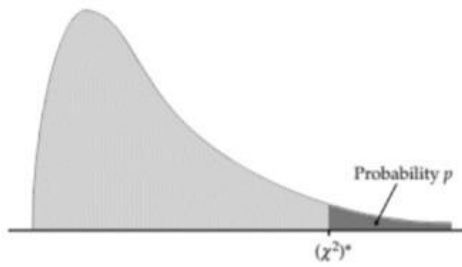


TABLE F
 χ^2 distribution critical values

df	Tail probability p											
	.25	.20	.15	.10	.05	.025	.02	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	1.32	1.64	2.07	2.71	3.84	5.02	5.41	6.63	7.88	9.14	10.83	12.12
2	2.77	3.22	3.79	4.61	5.99	7.38	7.82	9.21	10.60	11.98	13.82	15.20
3	4.11	4.64	5.32	6.25	7.81	9.35	9.84	11.34	12.84	14.32	16.27	17.73
4	5.39	5.99	6.74	7.78	9.49	11.14	11.67	13.28	14.86	16.42	18.47	20.00
5	6.63	7.29	8.12	9.24	11.07	12.83	13.39	15.09	16.75	18.39	20.51	22.11
6	7.84	8.56	9.45	10.64	12.59	14.45	15.03	16.81	18.55	20.25	22.46	24.10
7	9.04	9.80	10.75	12.02	14.07	16.01	16.62	18.48	20.28	22.04	24.32	26.02
8	10.22	11.03	12.03	13.36	15.51	17.53	18.17	20.09	21.95	23.77	26.12	27.87
9	11.39	12.24	13.29	14.68	16.92	19.02	19.68	21.67	23.59	25.46	27.88	29.67
10	12.55	13.44	14.53	15.99	18.31	20.48	21.16	23.21	25.19	27.11	29.59	31.42
11	13.70	14.63	15.77	17.28	19.68	21.92	22.62	24.72	26.76	28.73	31.26	33.14
12	14.85	15.81	16.99	18.55	21.03	23.34	24.05	26.22	28.30	30.32	32.91	34.82
13	15.98	16.98	18.20	19.81	22.36	24.74	25.47	27.69	29.82	31.88	34.53	36.48
14	17.12	18.15	19.41	21.06	23.68	26.12	26.87	29.14	31.32	33.43	36.12	38.11
15	18.25	19.31	20.60	22.31	25.00	27.49	28.26	30.58	32.80	34.95	37.70	39.72
16	19.37	20.47	21.79	23.54	26.30	28.85	29.83	32.00	34.27	36.46	39.25	41.31
17	20.49	21.61	22.98	24.77	27.59	30.19	31.00	33.41	35.72	37.95	40.79	42.88
18	21.60	22.76	24.16	25.99	28.87	31.53	32.35	34.81	37.16	39.42	42.31	44.43
19	22.72	23.90	25.33	27.20	30.14	32.85	33.69	36.19	38.58	40.88	43.82	45.97
20	23.83	25.04	26.50	28.41	31.41	34.17	35.02	37.57	40.00	42.34	45.31	47.50
21	24.93	26.17	27.66	29.62	32.67	35.48	36.34	38.93	41.40	43.78	46.80	49.01
22	26.04	27.30	28.82	30.81	33.92	36.78	37.66	40.29	42.80	45.20	48.27	50.51
23	27.14	28.43	29.98	32.01	35.17	38.08	38.97	41.64	44.18	46.62	49.73	52.00
24	28.24	29.55	31.13	33.20	36.42	39.36	40.27	42.98	45.56	48.03	51.18	53.48
25	29.34	30.68	32.28	34.38	37.65	40.65	41.57	44.31	46.93	49.44	52.62	54.95
26	30.43	31.79	33.43	35.56	38.89	41.92	42.86	45.64	48.29	50.83	54.05	56.41
27	31.53	32.91	34.57	36.74	40.11	43.19	44.14	46.96	49.64	52.22	55.48	57.86
28	32.62	34.03	35.71	37.92	41.34	44.46	45.42	48.28	50.99	53.59	56.89	59.30
29	33.71	35.14	36.85	39.09	42.56	45.72	46.69	49.59	52.34	54.97	58.30	60.73
30	34.80	36.25	37.99	40.26	43.77	46.98	47.96	50.89	53.67	56.33	59.70	62.16
40	45.62	47.27	49.24	51.81	55.76	59.34	60.44	63.69	66.77	69.70	73.40	76.09
50	56.33	58.16	60.35	63.17	67.50	71.42	72.61	76.15	79.49	82.66	86.66	89.56
60	66.98	68.97	71.34	74.40	79.08	83.30	84.58	88.38	91.95	95.34	99.61	102.7
80	88.13	90.41	93.11	96.58	101.9	106.6	108.1	112.3	116.3	120.1	124.8	128.3
100	109.1	111.7	114.7	118.5	124.3	129.6	131.1	135.8	140.2	144.3	149.4	153.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ภาคผนวก ง.1 การติดตั้งและเปิดใช้งาน XAMPP

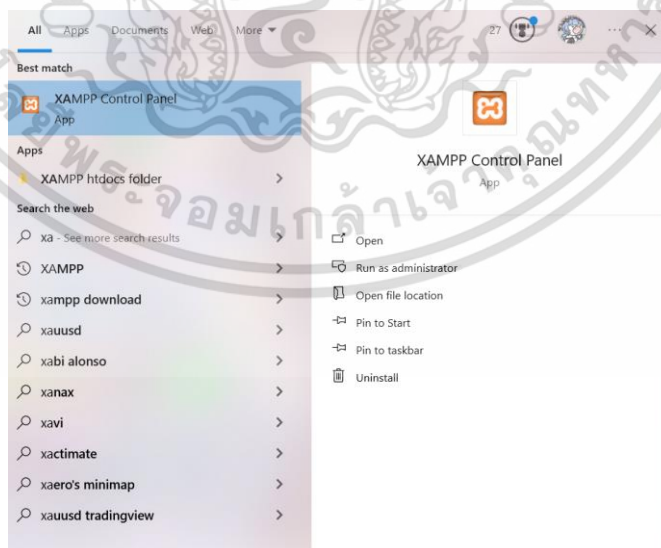
ขั้นตอนการติดตั้ง XAMPP มีดังนี้

1. ดาวน์โหลด XAMPP มาติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่าน Web browser



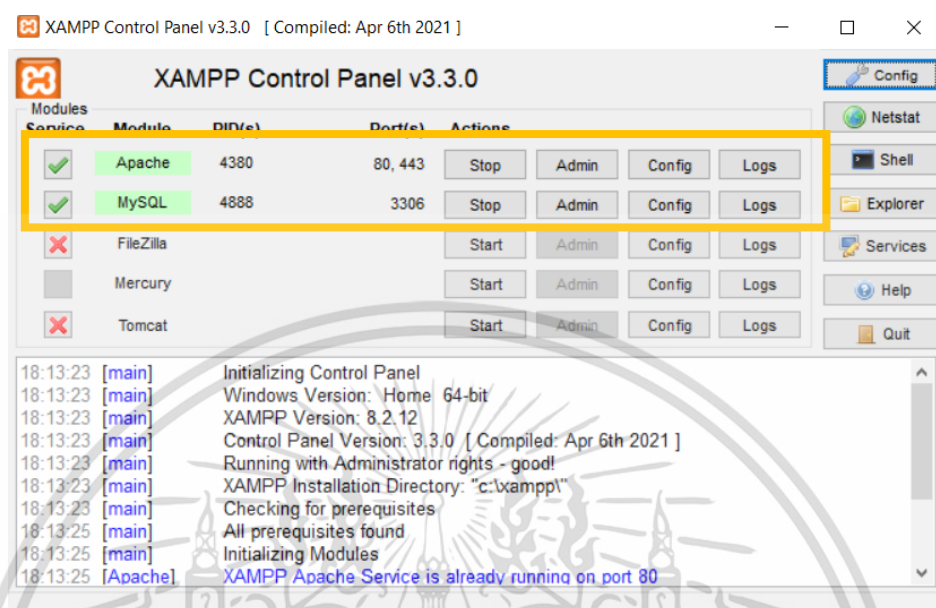
รูปที่ ง.1-1 หน้าต่างของเว็บ XAMPP

2. หลังการติดตั้ง XAMPP ลงมาในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว ให้ไปในแถบค้นหาของคอมพิวเตอร์และพิมพ์ว่า XAMPP Control panel และเปิดใช้งานตัวแอปพลิเคชันขึ้นมา



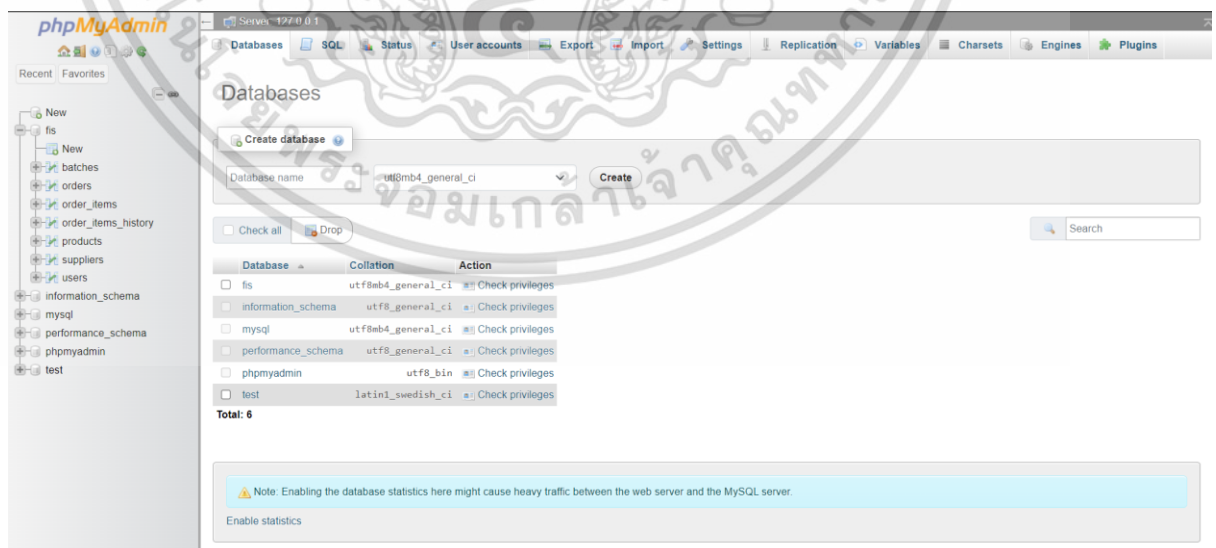
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ ง.1-2 ตัวแอป XAMPP Control panel ไม่แนะนำให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อเปิดใช้งานแล้วจะมีหน้าต่างดังรูป ค.1-3 ปรากฏขึ้นมา ให้ทำการคลิกปุ่ม Start ในส่วน Apache และ MySQL เพื่อทำการเปิดตัว Sever ให้สำหรับตัวเว็บแอปพลิเคชัน



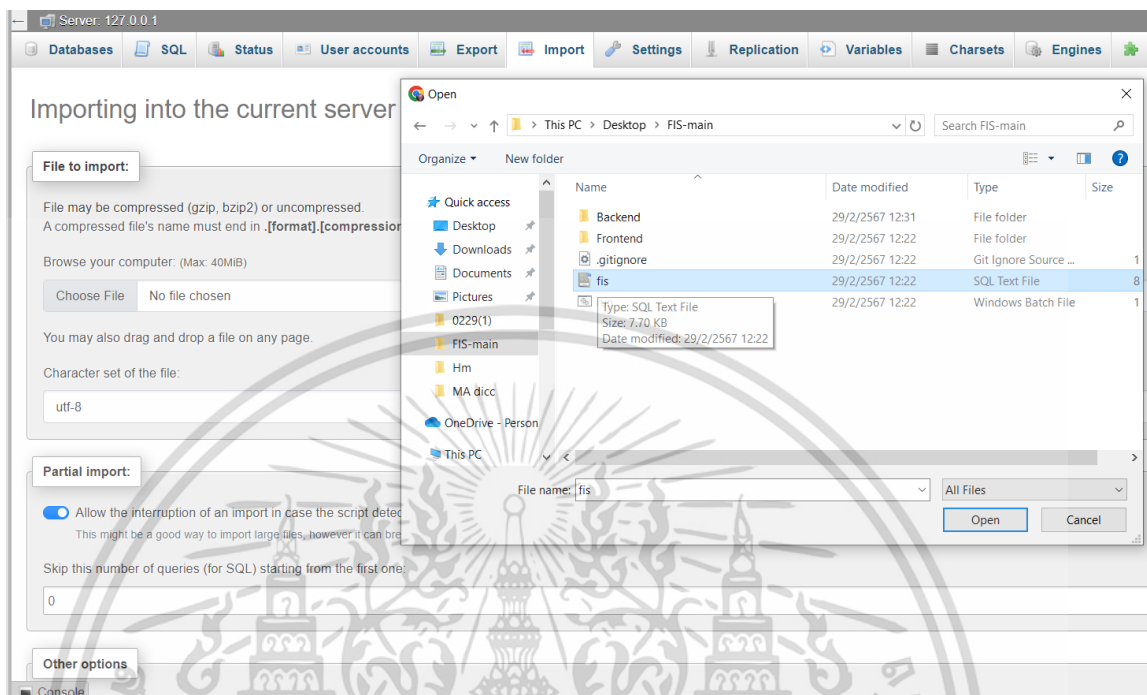
รูปที่ ง.1-3 หน้าต่างของ XAMPP Control panel

4. เข้าไปใน Web browser แล้วพิมพ์ phpMyAdmin เพื่อเข้าสู่เว็บไซต์เพื่อทำการอัปโหลดฐานข้อมูลให้สำหรับเว็บแอปพลิเคชัน



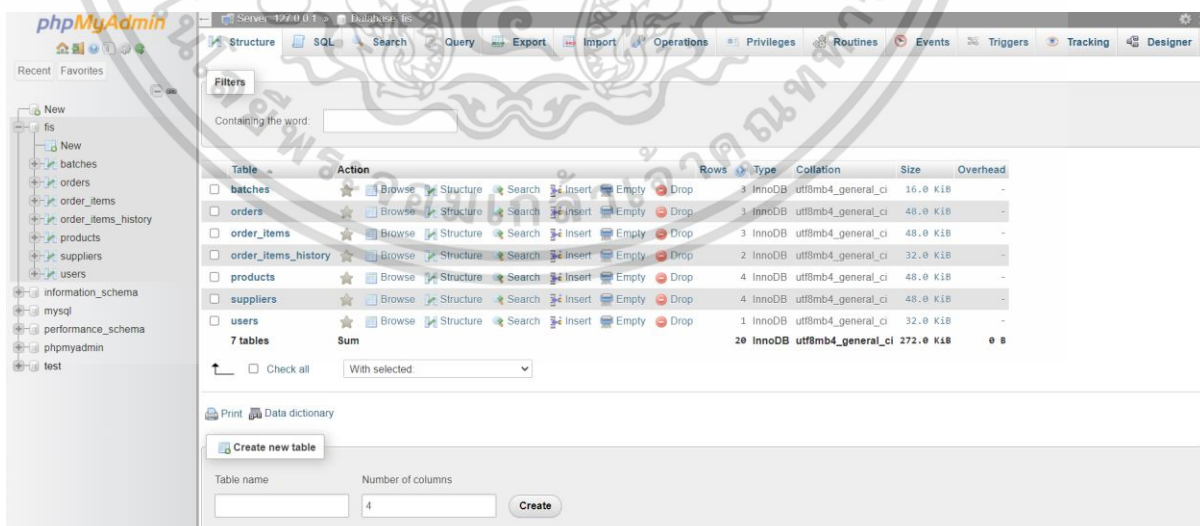
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรรูปที่ ง.1-4 หน้าต่างของ phpMyAdmin ให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เลือกปุ่ม Import และเลือกไฟล์ FIS ประเภท SQL Text โดยตัวไฟล์จะเป็นข้อมูลประเภท SQL ที่จะนำไปสร้างตารางเพื่อเก็บข้อมูลของเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ ง.1-5 หน้าต่างของหน้า Import ของเว็บ phpMyAdmin

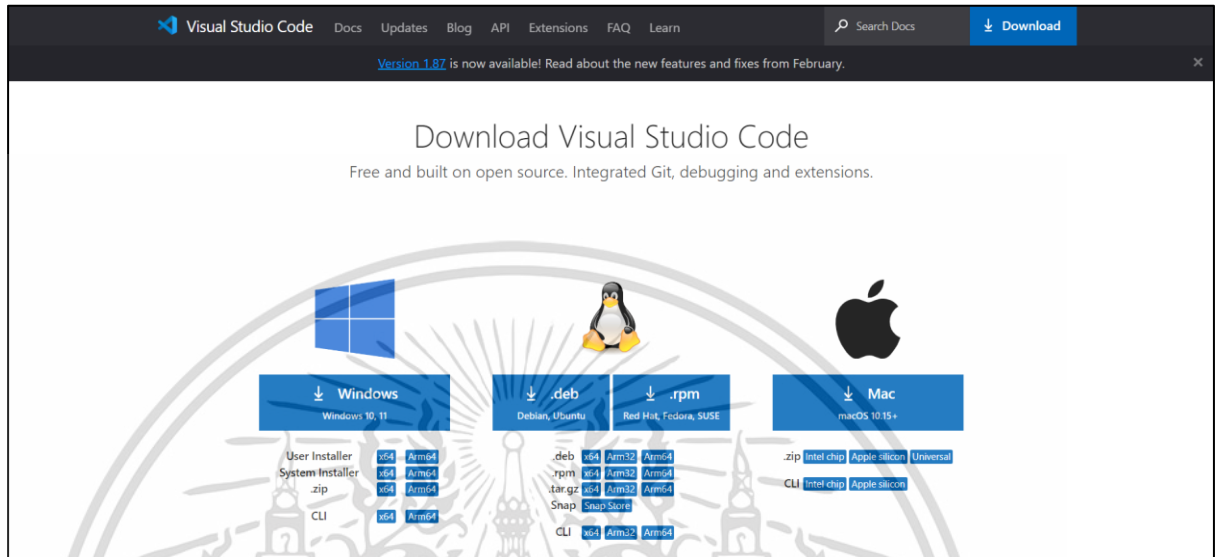
เมื่อทำการ Import ไฟล์สำเร็จข้อมูลจะปรากฏขึ้น ดังรูป ง.1-6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

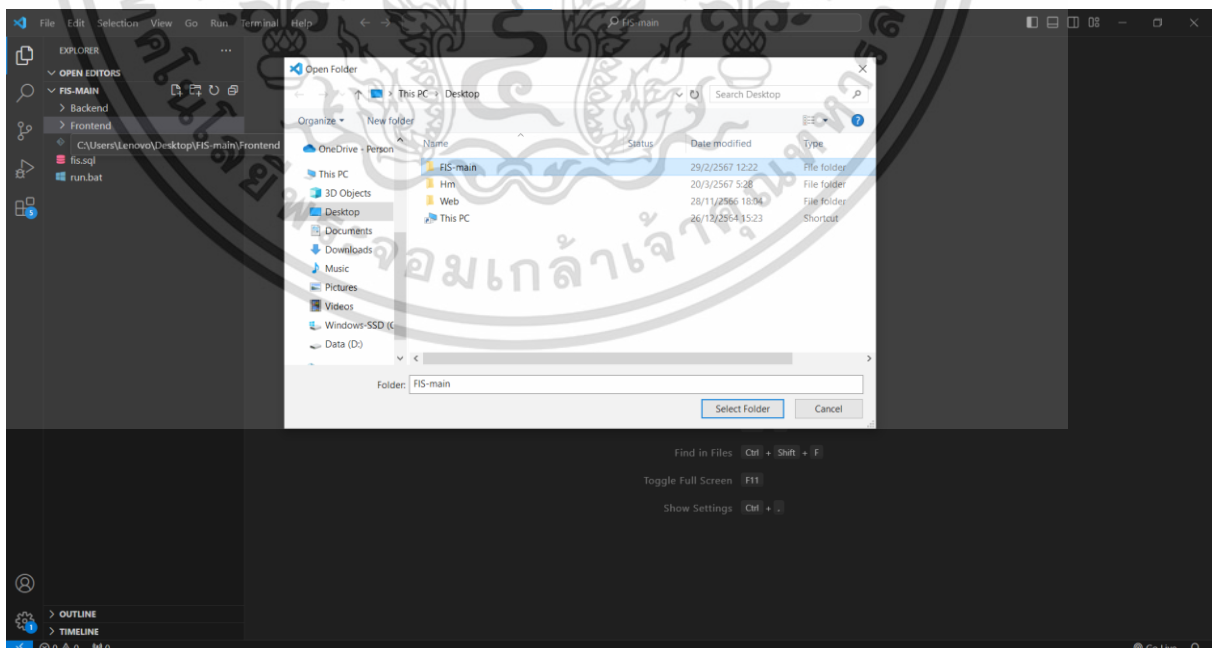
ภาคผนวก ง.2 กระบวนการติดตั้งและการใช้งานโปรแกรม Visual Studio Code
ขั้นตอนการติดตั้ง Visual Studio Code มีดังนี้

1. ทำการดาวน์โหลด Visual Studio Code มาติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่าน Web browser



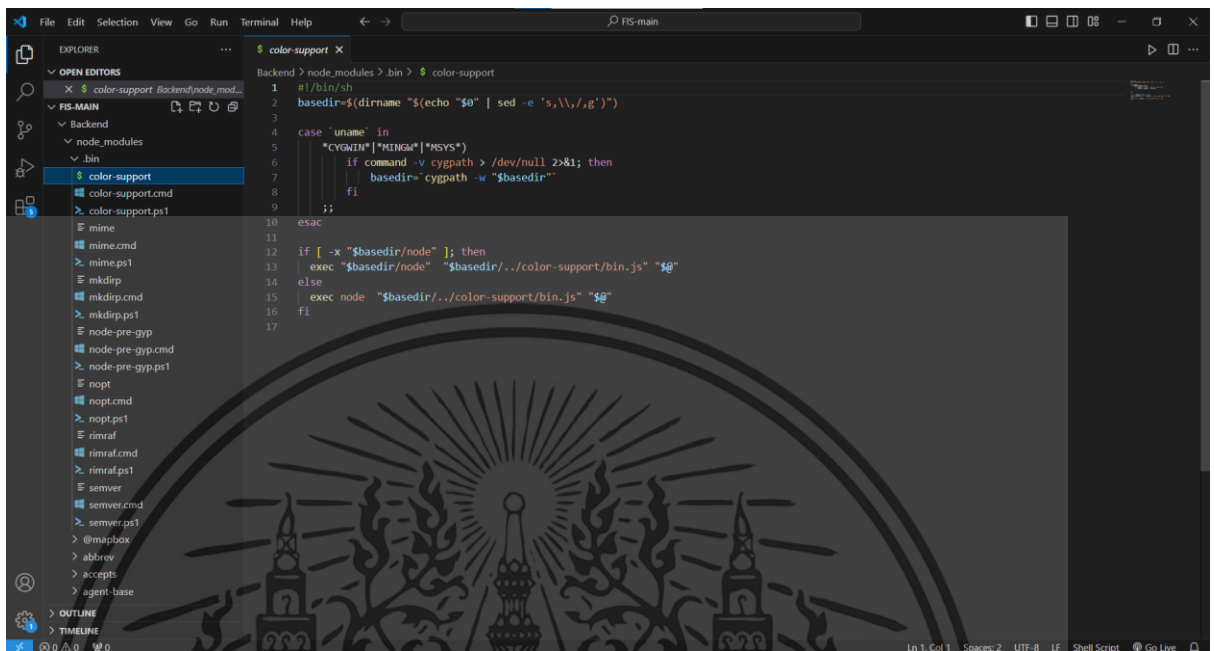
รูปที่ ง.1-7 หน้าต่างของเว็บ Visual Studio Code เพื่อ Download

2. หลังจากเข้าสู่ตัวโปรแกรมแล้วให้ทำการเลือก File → open folder และเลือกไฟล์ FIS-main



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในอาคารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ง.1-8 หน้าต่างสำหรับตัวเปิดไฟล์ในโปรแกรม Visual Studio Code
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หลังจากทำการเปิดไฟล์ FIS-main ได้สำเร็จ ภายในโปรแกรมจะแสดงโค้ดทั้งหมดภายในตัวเว็บแอปพลิเคชันเพื่อที่เราจะสามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขตัวฐานข้อมูลได้ ดังรูปที่ ง.1-8



```

1 #!/bin/sh
2 basedir=$(dirname "$(echo "$0" | sed -e 's,/,/g;')")
3
4 case `uname` in
5   *CYGWIN*|*MINGW*|*MSYS*)
6     if command -v cygpath > /dev/null 2>&1; then
7       basedir=`cygpath -w "$basedir"`
8     fi
9   ;;
10  esac
11
12 if [ -x "$basedir/node" ]; then
13   exec "$basedir/node" "$basedir/../color-support/bin.js" "$@"
14 else
15   exec node "$basedir/../color-support/bin.js" "$@"
16 fi
17

```

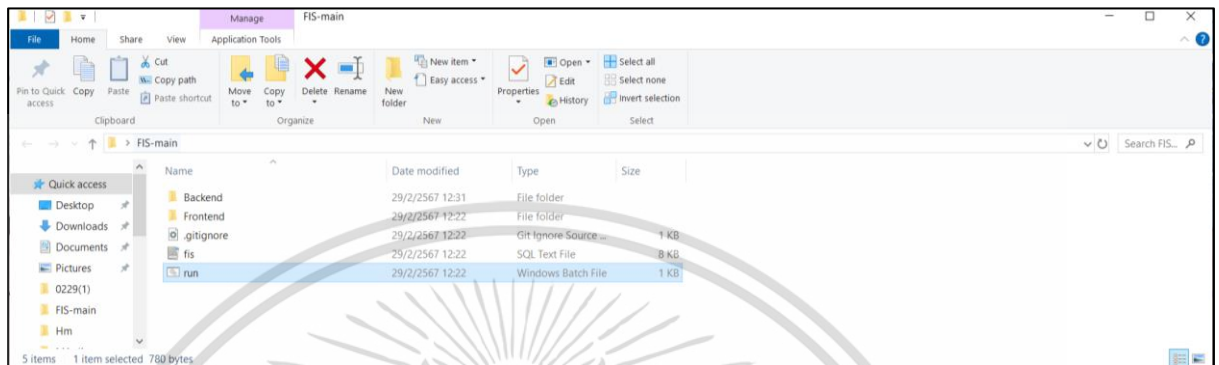
รูปที่ ง.1-9 หน้าต่างข้อมูลโค้ดต่างๆในโปรแกรม Visual Studio Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.3 การเปิดเว็บแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนการเปิดเว็บแอปพลิเคชันมีดังนี้

1. ให้ทำการเลือกไฟล์ run ใน ไฟล์ FIS-main เพื่อเชื่อมต่อฐานข้อมูลเข้ากับตัวเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ ง.1-10 หน้าต่างที่มีการเลือกไฟล์ run

2. หลังจากเปิดทุกอย่างตามขั้นตอนแล้วให้พิมพ์ <http://localhost:5173> ลงใน Web browser เพื่อเปิดตัวเว็บแอปพลิเคชัน



รูปที่ ง.1-11 หน้าจอล็อกอินเพื่อเข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ภาคผนวก จ.1 แบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการประเมินระบบการจัดการสินค้าคงคลัง

แบบสัมภาษณ์

ชื่องานวิจัย : การจัดการสินค้าคงคลังผลไม้บนเว็บแอปพลิเคชัน

กรณีศึกษา : บริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง

คำชี้แจง : แบบสัมภาษณ์มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบผลการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันระบบการจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษาบริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง

แบบสัมภาษณ์มีทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ประสิทธิภาพของการใช้งานโปรแกรม

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสัมภาษณ์

โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่องสี่เหลี่ยมหน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง

ผู้ประกอบการ

พนักงาน

ส่วนที่ 2 ประสิทธิภาพของการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

1. ง่ายต่อการใช้งาน

.....

2. ความสวยงามของหน้าจอ

.....

3. การออกแบบหน้าจอให้ใช้งานง่าย

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความรวดเร็วในการทำงาน

.....

.....

5. ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้

.....

.....

6. ความเหมาะสมการใช้งาน

.....

.....

7. ความพึงพอใจโดยรวม

.....

.....

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
คำรับรองเล่มปัญหาพิเศษ

วันที่ 17 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2567

ข้าพเจ้า นายพงศนันท์	หวังยงกุลวัฒนา	รหัสนักศึกษา 63050646
นางสาวศิริภัสสร	สมอทอง	รหัสนักศึกษา 63050667
นางสาวสุโรชา	แช่ตั้ง	รหัสนักศึกษา 63050671

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ภาควิชาสถิติ

ขอรับรองว่าปัญหาพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย

การจัดการสินค้าคงคลังผลไม้บนเว็บแอปพลิเคชัน
กรณีศึกษา : บริษัทน้ำผลไม้สกัดเย็นแห่งหนึ่ง

ชื่อภาษาอังกฤษ

Fruit Inventory Management on Web Application: A Case Study
of a Cold-pressed Fruit Juice Company

ปีการศึกษา 2566

เป็นผลงานวิจัยที่ได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อน
เรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่ม
โครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ 6.71 %

ลงชื่อ พงศนันท์ หวังยงกุลวัฒนา ลงชื่อ ศิริภัสสร สมอทอง ลงชื่อ สุโรชา แช่ตั้ง

(นายพงศนันท์ หวังยงกุลวัฒนา) (นางสาวศิริภัสสร สมอทอง) (นางสาวสุโรชา แช่ตั้ง)
นักศึกษา นักศึกษา นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.กนกกรรณ ลีโรจนประภา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ได้ตรวจสอบปัญหาพิเศษ
ของนักศึกษาข้างต้นแล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อ
ไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ Kamokkan L.

(ผศ.ดร.กนกกรรณ ลีโรจนประภา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อาจารย์ที่ปรึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้