

การพยากรณ์ของอุปสงค์หลายรูปแบบและการสั่งซื้อแบบตู้คอนเทนเนอร์ที่เหมาะสม กรณีศึกษา อุปกรณ์ออกกำลังกายนำเข้า

นพพล คณากรยิ่งยง¹ เจริญชัย โขมพัตรภรณ์^{*2}

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชากรูทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

การสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศนอกเหนือจากการพิจารณาปริมาณและรูปแบบของอุปสงค์แล้ว จำเป็นจะต้องพิจารณา จำนวนเงินทุน เวลานำ รวมไปถึงขนาดของตู้คอนเทนเนอร์และน้ำหนักรวมทั้งหมด กรณีศึกษาในงานวิจัยนี้คือ บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ออกกำลังกายที่มีช่องทางจำหน่ายผ่านเว็บไซต์ โดยบริษัทมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย สินค้าบางรายการสั่งซื้อจากต่างประเทศ ขนส่งมาทางท่าเรือทางโดยบรรจุใส่ตู้คอนเทนเนอร์ ระยะเวลาในการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ประมาณ 45-60 วัน ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ของบริษัทมีอุปสงค์แบบไม่คงที่ (Lumpy and Intermittent) ทำให้ยากต่อการจัดการและการสำรองสินค้า เพื่อระบุจำนวนสั่งซื้อที่เหมาะสมจึงทำการพยากรณ์อุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ระหว่างช่วงเวลานำของการสั่งซื้อก่อน ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการพยากรณ์ทั้งหมด 4 วิธี คือ 1.การพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2.การพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย 3.วิธี Croston 4.วิธี Syntetos and Boylan จากนั้นคำนวณค่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยโปรแกรมทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้กำไรต่อการสั่งซื้อสูงสุด ภายใต้เงื่อนไขด้านการขนส่งทางตู้คอนเทนเนอร์และงบประมาณจำกัด นอกจากนี้ยังพิจารณาเพิ่มเติมสำหรับทางเลือกอื่นเพื่อศึกษาผลกระทบของ เวลานำ เงินทุน และขนาดของตู้คอนเทนเนอร์

คำสำคัญ: การพยากรณ์อุปสงค์ที่ไม่แน่นอน, อุปสงค์แบบไม่สม่ำเสมอ, การขนส่งแบบตู้คอนเทนเนอร์

* Corresponding author. E-mail: charoenchai.kho@kmutt.ac.th, ckhomp@gmail.com

¹ นักศึกษามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Forecasting Various Demand Types and Optimal Container-based Ordering: A Case of Imported Exercise Equipment

Noppol Kanakornyingyong¹ and Charoenchai Khompatraporn^{*2}

King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)

126 Pracha Utit Rd., Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140, Thailand

Abstract

When product purchasing from abroad, in addition to demand quantity and pattern, one must consider the budget, the lead time, as well as the size of the container and the total weight of the order. The case study of this research is a web-based exercise equipment retailer. The company offers a range of products. Certain products are purchased from overseas and are delivered via containers. The lead time required to deliver a container is approximately 45-60 days. The demands of most of the products are found to be lumpy and intermittent which are difficult to manage the stock. In order to identify the appropriate amount to order, first the demands of the products during the lead time should be forecasted. In this research, four forecasting methods—1. simple moving average, 2. simple exponential smoothing, 3. Croston's method, and 4. Syntetos and Boylan method, all of which are applied here. Then the amount of each product to be ordered is found by solving a mathematical program in order to maximize the total profit under container-based delivery and budget constraints. Several alternative scenarios were also analysed in order to examine how the solution is affected by the lead time, budget, and the size of the container.

Keywords: Uncertain demand forecast, Lumpy and intermittent demands, Container-based transportation

* Corresponding author. E-mail: charoenchai.kho@kmutt.ac.th, ckhomp@gmail.com

¹ Master's student, Department of Production Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi

^{*2} Assistant Professor, Department of Production Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi

1. บทนำ

การสั่งซื้อวัตถุดิบเพื่อสำรองไว้สำหรับการผลิตเป็นกิจกรรมตามปกติขององค์กรที่ผลิตและจำหน่ายสินค้า แต่การสั่งซื้อและสำรองสินค้ามีต้นทุน การสั่งซื้อที่เหมาะสมสัมพันธ์กับความต้องการจะสามารถช่วยลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องและตอบสนองลูกค้าได้อย่างทันท่วงที

เพื่อให้สามารถสั่งซื้อและหาปริมาณสำรองได้อย่างเหมาะสม สิ่งแรกที่ต้องพิจารณาคืออุปสงค์ของผลิตภัณฑ์ รูปแบบอุปสงค์พื้นฐานที่เป็นสมมติฐานของการสั่งซื้ออย่างประหยัด (Economic Order Quantity: EOQ) คือความต้องการที่ค่อนข้างคงที่ และหากมีความไม่แน่นอนที่มีการกระจายแบบปกติ (Normally Distributed) ก็อนุโลมใช้เงื่อนไขที่ปรับแก้เพื่อหาปริมาณสั่งซื้อและสำรองที่เหมาะสมโดยใช้แนวทางของ EOQ ที่ปรับแก้สมการแล้วได้ [1] แต่สำหรับรูปแบบอุปสงค์อื่นที่เกิดขึ้นจริงมักไม่ค่อยมีงานวิจัยกล่าวถึงมากนัก จะมีก็แต่ช่วงไม่กี่ปีหลังที่เริ่มมีการศึกษาถึงการจัดการกับอุปสงค์ในรูปแบบอื่นๆ มากขึ้น เช่นใน [2-6] ที่กล่าวถึงอุปสงค์ในลักษณะแบบเป็นละลอก ซึ่งหมายถึงปริมาณที่ไม่คงที่และระยะเวลาในการเกิดขึ้นก็ไม่สม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น อุปสงค์ของชิ้นส่วนสำรอง (Spare Parts) [4] และอุปสงค์ที่เพิ่มหรือลดกะทันหัน [6] ซึ่งหากอุปสงค์ที่เป็นจริงมีลักษณะไม่สม่ำเสมอก็ควรใช้แนวทางการพยากรณ์ที่เหมาะสม ไมเช่นนั้นอาจทำให้เกิดภาวะที่สินค้าคงคลังมีจำนวนมากหรือน้อยเกินไป

นอกจากปริมาณความต้องการที่ไม่คงที่และ/หรือไม่แน่นอนแล้ว เวลานำ (Lead Time) ที่ใช้ในการสั่งซื้อและขนส่งยังอาจมีความไม่แน่นอนด้วย โดยเฉพาะสินค้าที่ขนส่งทางเรือจากต่างประเทศต้องใช้เวลาในการผลิตและขนส่งนานหลายสัปดาห์หรือหลายเดือน ซึ่งความไม่แน่นอนของเวลานำส่งผลต่อปริมาณที่ต้องสั่งซื้อและสำรองเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าในช่วงที่สินค้ายังส่งมาไม่ถึง

ในงานวิจัยนี้ บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผลิตและจำหน่ายอุปกรณ์ออกกำลังกาย โดยสินค้าบางรายการบริษัทผลิตและประกอบเอง แต่สินค้าบางส่วนได้นำเข้ามาจากต่างประเทศ การนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศเป็นแบบเหมา

ตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งระยะเวลานำไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับทางบริษัทผู้ผลิตจากต่างประเทศจะสามารถผลิตและส่งให้ได้เมื่อไร ในการนำเข้าสินค้าแต่ละครั้งมีค่าใช้จ่ายทั้งส่วนที่คงที่และแปรผันกับปริมาณสินค้าแต่ละครั้งที่สั่ง ช่องทางการจำหน่ายสินค้าของบริษัทคืออินเทอร์เน็ต (ไม่มีหน้าร้าน) ผ่าน Lazada และเว็บไซต์อื่นๆ หากบางวันหรือบางช่วงที่เว็บไซต์เหล่านี้ช่วยสนับสนุนจะลงสินค้าไว้เป็นหน้าแรกๆ ลูกค้าเห็นง่ายก็จะมีคำสั่งซื้อเข้ามาเป็นพิเศษ แต่เนื่องจากอุปสงค์ที่ไม่คงที่ และสินค้าหลายรายการมีเวลานำนานและไม่แน่นอน ทำให้ยากต่อการสำรองสินค้า ทางร้านจึงประสบปัญหาสินค้าคงคลังมีจำนวนไม่เพียงพอ ส่งผลให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เมื่อลูกค้าสั่งสินค้า และยังพบว่า การจัดการด้านวัสดุคงคลังของบริษัทกรณีศึกษา ยังไม่มีการกำหนดนโยบายในการสั่งซื้อที่ชัดเจน เพียงแต่อาศัยประสบการณ์การคาดคะเนของผู้ที่เกี่ยวข้องในการกำหนดปริมาณสั่งซื้อในแต่ละครั้ง ไม่มีการพยากรณ์ความต้องการและไม่มีความมาตรฐานในการสั่งซื้ออย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการจัดกลุ่มแยกประเภทของสินค้าด้วยประเภทของอุปสงค์ (Demand Type) จากนั้นใช้วิธีการพยากรณ์ (Forecasting) ความต้องการใช้สินค้า เพื่อประเมินความต้องการที่น่าจะเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้เงื่อนไขความต้องการของลูกค้าที่มีลักษณะไม่แน่นอนทั้งปริมาณและเวลาที่เกิดอุปสงค์ นอกจากนี้ยังมีเงื่อนไขอื่นๆ ทั้งเวลานำที่ไม่แน่นอน เงินทุน ข้อจำกัดที่เกิดจากการขนส่งโดยใช้ตู้คอนเทนเนอร์ และเงินทุนในการสั่งซื้อ โดยกำหนดเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์และใช้ Excel Solver ในการแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละครั้งที่ต่ำที่สุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำแนกรูปแบบอุปสงค์

รูปแบบอุปสงค์ (Types of Demands) สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มได้แก่ Smooth, Erratic, Intermittent และ Lumpy และเกณฑ์เพื่อใช้พิจารณาจำแนกประเภทคือปริมาณอุปสงค์ โดยใช้ค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์ความ

แปรปรวน (CV^2) และค่าคาบเวลาเฉลี่ยที่ไม่เกิดอุปสงค์ โดยสามารถจำแนกประเภทของสินค้าได้ดังนี้ [7]

$$CV^2 = \left[\frac{\frac{\sum_{i=1}^N (\mu r_i - \mu a)^2}{N}}{\mu a} \right]^2 \quad (2.1)$$

$$\mu a = \frac{\sum_{i=1}^N \mu r_i}{N} \quad (2.2)$$

โดยที่

i คือ ดัชนีช่วงเวลา

μa คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณอุปสงค์ของสินค้า

μr_i คือ ปริมาณอุปสงค์ของสินค้าแต่ละช่วงเวลา i

N คือ จำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการพิจารณา

สำหรับค่าคาบเวลาเฉลี่ยที่ไม่เกิดอุปสงค์ (Average No-demand Interval : P) คำนวณจากค่าเฉลี่ยของคาบเวลาที่ไม่มียุปสงค์ (P) คิดจาก

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N} \quad (2.3)$$

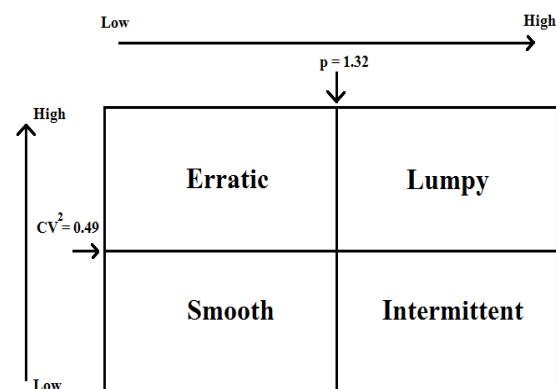
โดยที่

i คือ ดัชนีช่วงเวลา

N คือ จำนวนช่วงเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการพิจารณา

T_i คือ จำนวนช่วงเวลาที่ไม่มียุปสงค์เกิดขึ้นติดต่อกัน

เมื่อคำนวณค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV^2) และค่าคาบเวลาเฉลี่ยที่ไม่เกิดอุปสงค์ (P) แล้วจึงจำแนกรูปแบบอุปสงค์ของสินค้า ตามเงื่อนไขของแต่ละประเภท ดังแสดงในรูปที่ 1 (ปรับปรุงจาก [7])



รูปที่ 1 รูปแบบความต้องการของสินค้า

จากรูป ลักษณะของอุปสงค์แต่ละประเภทเป็นดังนี้

Smooth Demand เป็นกลุ่มที่มีความต้องการใช้บ่อย ปริมาณความต้องการมีความแปรปรวนต่ำ

Intermittent Demand เป็นกลุ่มที่มีความต้องการไม่บ่อย หลายช่วงเวลาที่ไม่มีความต้องการ และปริมาณความต้องการมีความแปรปรวนต่ำ

Erratic Demand เป็นกลุ่มที่มีความต้องการสินค้าบ่อย แต่ปริมาณความต้องการมีความแปรปรวนสูง

Lumpy Demand เป็นกลุ่มที่มีความต้องการสินค้าไม่บ่อย หลายช่วงเวลาที่ไม่มีความต้องการ และปริมาณความต้องการมีความแปรปรวนสูง ดังนั้นความต้องการสินค้าของกลุ่มนี้จึงมีความไม่แน่นอนสูง

2.2 การพยากรณ์

การพยากรณ์เป็นการคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลในอดีต ผลจากการพยากรณ์ใช้มากำหนดกลยุทธ์หรือใช้ในการวางแผน วิธีการพยากรณ์สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ [1,8]

1. การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ความรู้สึก ความเชื่อ หรือความคิดเห็นของผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญในเรื่องที่จะพยากรณ์ อาจจะขึ้นหรือไม่ขึ้นกับข้อมูลในอดีตที่ผ่านมา โดยทั่วไปวิธีการพยากรณ์แบบนี้ จะไม่มีหลักเกณฑ์ที่ให้ผู้อื่นทำตาม เป็นวิธีที่เหมาะสมกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่

2. การพยากรณ์เชิงอนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งจะทำให้ได้ต่อเนื่องเมื่อข้อมูลในอดีตอยู่ในรูปแบบของตัวเลข หรือสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นตัวเลขได้ บนสมมติฐานที่ว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่ผ่านมาจะมีแนวโน้มเป็นเช่นนั้นด้วยในอนาคต

2.2.1 การพยากรณ์เชิงอนุกรมเวลา

การพยากรณ์เชิงอนุกรมเวลา ใช้ตัวเลขข้อมูลในอดีตที่เกิดขึ้นตามลำดับเวลาเพื่อพยากรณ์ค่าที่ต้องใช้ในอนาคต ในการพยากรณ์ประเภทนี้มีสมมติฐานที่สำคัญคือ ข้อมูลในอดีตสามารถเป็นตัวแทนของค่าพยากรณ์ที่ต้องใช้ในอนาคต เช่น การใช้ตัวเลขยอดขายของกิจการ ในช่วง 10 เดือนที่ผ่านมาเพื่อพยากรณ์ตัวเลขยอดขายในเดือนที่ 11 โดยการพยากรณ์เชิงอนุกรมเวลาต่างๆ ไปมีดังนี้ [8,9]

1. การพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average: MA) วิธีการแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่จะถูกใช้เมื่ออุปสงค์ไม่มีแนวโน้มหรือเป็นฤดูกาล การประมาณค่าพารามิเตอร์ของเทคนิคค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่ใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) การคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ใหม่ทำได้เพียงแค่เพิ่มข้อมูลครั้งล่าสุดและไม่ใช้ข้อมูลเก่า ทั้งนี้วิธีการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่นั้นจะให้ความสำคัญกับข้อมูลเท่ากันทั้งหมด การคำนวณแสดงดังสมการที่ 2.4

$$MA = \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N} \quad (2.4)$$

โดยที่

MA คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

A_i คือ ค่าอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลา i

N คือ จำนวนช่วงเวลาในการหาค่าเฉลี่ย เช่น 3, 4, หรือ 5 เดือนขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของข้อมูล

2. การพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย (Simple Exponential Smoothing: SAS) เป็นวิธีการที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดของวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยจะให้การถ่วงน้ำหนักที่แตกต่างกัน การพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่ายอาศัยหลักเกณฑ์แบบเดียวกับวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ค่า α ที่สูงขึ้นจะสัมพันธ์กับการพยากรณ์ต่อการสังเกตครั้งล่าสุด แต่ค่า α ที่ต่ำจะแสดงการพยากรณ์ที่คงที่มากขึ้น คือ มีการตอบสนองต่อการสังเกตครั้งล่าสุดน้อยกว่า โดยการพยากรณ์วิธีนี้คำนวณดังนี้

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(A_t - F_t) \quad (2.5)$$

โดยที่

A_t คือ ค่าอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลา t

F_{t+1} คือ ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลา $t + 1$

F_t คือ ค่าพยากรณ์ของช่วงเวลา t

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ปรับเรียบ (Smoothing Constant) และมีค่า α ระหว่าง 0 ถึง 1

3. การพยากรณ์โดยวิธี Croston (Croston's Method) ใช้สำหรับการพยากรณ์ที่มีรูปแบบอุปสงค์แบบ Intermittent Demand และ Lumpy Demand โดยการแยกปริมาณของอุปสงค์ของสินค้า และคาบเวลาที่ไม่เกิดอุปสงค์เกิดขึ้น เน้นให้ความสำคัญกับสถานการณ์ที่มีอุปสงค์เป็นศูนย์หลายครั้งต่อเนื่องกัน โดยเขียนได้ดังสมการที่ 2.6-2.8 [10]

$$F_{t+1} = \frac{Z_t}{P_t} \quad (2.6)$$

$$Z_t = \alpha A_t + (1 - \alpha) Z_{t-1} \quad (2.7)$$

$$P_t = \alpha G_t + (1 - \alpha) P_{t-1} \quad (2.8)$$

โดยที่

A_t คือ ค่าอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลา t

F_{t+1} คือ ค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Croston's Method ช่วงเวลา $t+1$ (Demand Forecast after Period t)

G_t คือ ความกว้างของคาบเวลาระหว่างอุปสงค์ของเวลา t และอุปสงค์ก่อนหน้านั้น (Demand Interval between the Demand in Period t and the Previous Demand)

P_t คือ ช่วงเวลาความต้องการสินค้าที่ได้จากการพยากรณ์หลังจากเวลา t (Demand Interval Forecast after Period t)

Z_t คือ ขนาดความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์ของเวลา t (Demand Size Forecast after Period t)

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ปรับเรียบ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

4. การพยากรณ์โดยวิธี Syntetos และ Boylan (Syntetos and Boylan Method) เป็นการปรับปรุงวิธีการของ Croston ซึ่งผู้คิดค้นอ้างว่าโดยมีการกำจัดค่าความเอนเอียงออก (Bias) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.9-2.11 [11]

$$F_{t+1} = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) \frac{Z_t}{P_t} \quad (2.9)$$

$$Z_t = \alpha A_t + (1 - \alpha) Z_{t-1} \quad (2.10)$$

$$P_t = \alpha G_t + (1 - \alpha) P_{t-1} \quad (2.11)$$

โดยที่ สัญลักษณ์ต่างๆ เป็นเช่นเดียวกับวิธี Croston แต่ค่า F_{t+1} ในที่นี่เป็นค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Syntetos และ Boylan ณ เวลา $t+1$

2.2.2 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

ความแม่นยำของการพยากรณ์สามารถประเมินได้จากค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ ซึ่งเป็นความแตกต่างระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงและค่าที่ได้จากการพยากรณ์ แม้ว่าในการพยากรณ์โดยทั่วไปจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ก็ตาม แต่วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการพยากรณ์ไม่ว่าจะใช้เทคนิคใดก็ตาม คือการทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด การวัดค่าความผิดพลาดที่ได้จากการพยากรณ์วิธีที่นิยมดังนี้ [9]

1. *Mean Absolute Deviation (MAD)* ค่า MAD คำนวณได้จากการนำค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าอุปสงค์จริงและค่าพยากรณ์ที่ได้ในแต่ละครั้งมารวมกันทั้งหมดและหารด้วยจำนวนคาบเวลาที่พิจารณา ค่า MAD ที่มีค่าน้อยแสดงว่าการพยากรณ์ค่อนข้างใกล้เคียงกับความเป็นจริง มีสมการคำนวณดังสมการที่ 2.12

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |A_t - F_t|}{N} \quad (2.12)$$

โดยที่

A_t คือ ค่าอุปสงค์ที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลา t

F_t คือ ค่าพยากรณ์ที่เวลา t

N คือ จำนวนคาบเวลาที่พิจารณา

2. *Standardized MAD (SMAD)* ค่า SMAD คือการหาค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้ค่า MAD และเทียบกับค่าเฉลี่ยของ อุปสงค์ ในการหาค่าความคลาดเคลื่อนมีสมการคำนวณดังสมการที่ 2.13

$$SMAD = \frac{MAD}{\frac{\sum_{t=1}^N A_t}{N}} \quad (2.13)$$

3. *Adjusted Mean Absolute Percent Error (AMAPE)* ค่า AMAPE ใช้ในการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์จากค่าอุปสงค์จริง ไม่ว่าจะพยากรณ์น้อยหรือมากกว่าก็ตาม และความคลาดเคลื่อนนี้เทียบกับค่าอุปสงค์จริง มีสมการคำนวณดังสมการที่ 2.14

$$AMAPE = \sum_{t=1}^N \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \quad (2.14)$$

ในการพยากรณ์ไม่ว่าจะใช้วิธีการพยากรณ์ประเภทใดก็ตาม ควรพิจารณาความถูกต้องของการพยากรณ์โดยคำนวณค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และในงานวิจัยนี้ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีข้างต้น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกันคือวิธีที่ดีที่สุดจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในทุกวิธี (จึงไม่ได้แสดงค่าความคลาดเคลื่อนในบทความนี้ แต่ระบุพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดไว้ในตารางที่ 2)

2.3 การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) [12-14] เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดในการตัดสินใจ เช่น ในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการมากที่สุด ตัวอย่างของการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด เช่น การหา

กำไรสูงสุดในการผลิตสินค้าภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนทรัพยากรที่มีอยู่หรือภายใต้แผนปฏิบัติการที่วางไว้ เป็นต้น

การหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่

1. *ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)* เป็นตัวแปรที่มีผลต่อการตัดสินใจ มีค่าเปลี่ยนแปลงได้ และผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นมีผลต่อผลลัพธ์ จึงต้องตัดสินใจให้มีความเหมาะสมที่สุด

2. *สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function)* คือ เป้าหมาย หรือ วัตถุประสงค์ เช่น ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในการผลิต เป็นต้น โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 รูปแบบคือ Maximization หรือ ต้องการคำตอบที่มีค่าสูงที่สุด และ Minimization หรือ ต้องการคำตอบที่มีค่าต่ำที่สุด

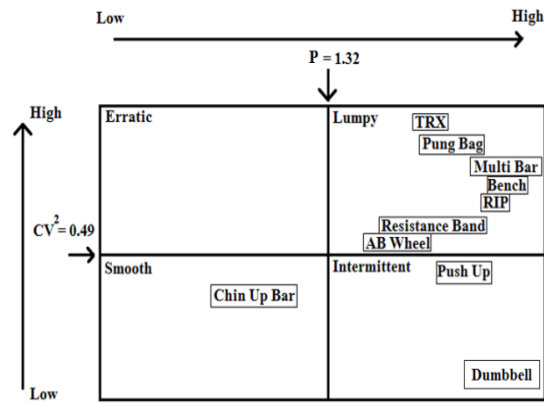
3. *ข้อจำกัด (Constraints)* ในการหาคำตอบ ซึ่งสามารถแสดงข้อจำกัดในรูปแบบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของตัวแปรตัดสินใจได้หลายแบบ เช่น ข้อจำกัดแบบน้อยกว่าหรือเท่ากับ ข้อจำกัดแบบมากกว่าหรือเท่ากับ และข้อจำกัดแบบเท่ากับ

3. การดำเนินงานวิจัย

จากที่ได้เกริ่นไว้ข้างต้นว่าบริษัทกรณีศึกษามีสินค้าที่ผลิตเองและสั่งซื้อจากต่างประเทศ สินค้าที่มีปัญหาในการสั่งซื้อคือสินค้าที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ จึงนำข้อมูลยอดขาย 3 เดือนหรือ 13 สัปดาห์ ของสินค้าที่สั่งจากต่างประเทศรวมทั้งหมดจำนวน 10 รายการ ดังตารางที่ 1 เพื่อจัดประเภทอุปสงค์ของสินค้าแต่ละรายการ โดยได้ผลดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณอุปสงค์ที่สั่งซื้อจากต่างประเทศจำนวน 10 รายการ เป็นเวลา 13 สัปดาห์ มีหน่วยเป็นชิ้น

	Week												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TRX	4	5	1	2	1	2	2	4	18	0	1	0	2
RIP60	1	2	0	7	3	1	2	3	0	0	0	0	1
Resistance	3	1	8	3	8	10	3	3	13	0	1	0	1
Multi Bar	2	2	1	1	2	1	0	0	0	0	4	6	0
Punch Bag	6	1	2	12	1	1	0	0	0	1	1	1	4
Dumbbell	18	0	35	0	20	30	0	0	35	400	0	0	0
AB Wheel	8	7	5	29	13	4	6	7	2	4	4	2	6
Push Up	3	10	3	9	15	9	19	10	16	7	3	7	4
Chin Up Bar	27	25	19	18	26	27	16	20	30	22	30	15	11
Bench	1	1	1	0	3	0	1	1	1	1	1	0	2



รูปที่ 2 ผลการจัดประเภทอุปสงค์ของสินค้าที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ

ตารางที่ 2 ค่าพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดของสินค้าแต่ละรายการ โดยค่าพยากรณ์มีหน่วยเป็นชิ้นต่อสัปดาห์

Product	Forecast Method	Parameters	Forecast
TRX	Syntetos and Boylan Method	$\alpha=0.03, Z_t=13.27, P_t=14.09$	6.56
RIP60	Syntetos and Boylan Method	$\alpha=0.01, Z_t=7.35, P_t=9.34$	5.53
Resistance	Croston's Method	$\alpha=0.99, Z_t=17.00, P_t=37.89$	8.72
Multi Bar	Syntetos and Boylan Method	$\alpha=0.01, Z_t=7.13, P_t=9.83$	5.15
Punch Bag	Syntetos and Boylan Method	$\alpha=0.01, Z_t=19.97, P_t=23.26$	5.99
Dumbbell	Croston's Method	$\alpha=0.99, Z_t=485, P_t=50.16$	108.69
Ab Wheel	Croston's Method	$\alpha=0.99, Z_t=9.99, P_t=14$	8.14
Push Up	Croston's Method	$\alpha=0.99, Z_t=20.98, P_t=22.98$	8.19
Chin Up	Simple Exponential Smoothing	$\alpha=0.02$	9.89
Bench	Croston's Method	$\alpha=0.99, Z_t=7.99, P_t=51.99$	1.46

ส่วนสินค้าที่อยู่ในประเภทความต้องการแบบ Lumpy Demand และ Intermittent Demand จะจัดอยู่ในกลุ่มสินค้าที่มีความแปรปรวนสูง ความต้องการกลุ่มนี้มีความไม่แน่นอนสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ จึงใช้การพยากรณ์แบบ Croston และ Syntetos and Boylan จากนั้นหาค่าความคลาดเคลื่อนการพยากรณ์ของอุปสงค์ทุกรูปแบบด้วยวิธี AMAPE, MAD และ SMAD ค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุดของแต่ละสินค้าเป็นดังตารางที่ 2

ค่าพยากรณ์ที่ได้ นำมาเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับใช้เป็นค่าอุปสงค์ตามเวลานำหรือจำนวนสัปดาห์ที่สนใจในแบบคณิตศาสตร์ โดยต้องการหาปริมาณสั่งซื้อที่เหมาะสมเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด ซึ่งการสั่งซื้อต้องไม่น้อยกว่าค่าพยากรณ์และไม่มากกว่าข้อจำกัดของตู้คอนเทนเนอร์ ดังมีรายละเอียดของตัวแบบคณิตศาสตร์ในหัวข้อต่อไป

3.2 การพยากรณ์ความต้องการของสินค้าแต่ละประเภท

เมื่อทราบถึงประเภทอุปสงค์ของสินค้าแต่ละรายการแล้ว รายการสินค้าที่อยู่ในประเภทอุปสงค์แบบ Erratic Demand และ Smooth Demand จะจัดอยู่ในกลุ่มความต้องการแบบปกติ ดังนั้นจึงใช้การพยากรณ์แบบปกติคือวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA) และการพยากรณ์แบบปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างง่าย (SES)

3.3 ตัวแบบคณิตศาสตร์

ในการสั่งซื้อสินค้าจากต่างประเทศ บริษัทใช้ระบบการสั่งซื้อสินค้าแบบเหมาตู้คอนเทนเนอร์ จึงจำเป็นต้องคำนวณปริมาณของสินค้าในการสั่งซื้อแต่ละครั้งเพื่อไม่ให้เกินขนาดความจุของตู้ และไม่ให้เกิดงบประมาณในการสั่งซื้อ จึงใช้หลักการ Optimization ในการพิจารณาการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้ง โดยได้กำหนดค่าสัญลักษณ์ต่างๆ ดังนี้

- A_i = การสั่งหรือไม่สั่งซื้อสินค้า i โดย $A_i = 1$ คือสั่งสินค้า i และ 0 คือไม่สั่งสินค้า i
- B_i = ราคาซื้อของสินค้า i หน่วยเป็นบาทต่อชิ้น
- F_i = จำนวนที่พยากรณ์ได้ของสินค้า i หน่วยเป็นชิ้น
- L = เวลานำในการสั่งซื้อสินค้า
- M = Very Large Number
- N_i = จำนวนสินค้าในหนึ่งลังของสินค้า i
- P_i = กำไรของสินค้า i หน่วยเป็นบาทต่อชิ้น
- S_i = สินค้าคงคลังของสินค้า i

- V_i = ขนาดของสินค้า i หน่วยเป็น cubic meter (cbm)
 W_i = น้ำหนักของสินค้า i หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อชิ้น
 X_i = จำนวนของสินค้า i หน่วยเป็นชิ้น
 Z = ค่าสมการวัตถุประสงค์ (กำไรที่มากที่สุด)
 FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) ของการสั่งซื้อแต่ละครั้ง
 X_{ci} = จำนวนสินค้า i ที่ปิดขึ้นเพื่อให้สินค้าเต็มถัง
 α = ค่าการใช้ประโยชน์สูงสุดของปริมาตรภายในตู้คอนเทนเนอร์ (งานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 0.95)
 β = ค่าการบรรจุสูงสุดของตู้คอนเทนเนอร์ (งานวิจัยนี้กำหนดไว้ที่ 0.95)
 γ = นโยบายการสั่งซื้อ โดยงานวิจัยนี้จะสั่งสินค้า i ไม่เกิน 1.5 เท่าของค่าที่พยากรณ์ไว้

ตัวแบบคณิตศาสตร์ของการสั่งซื้อสินค้าแบบเหมาตู้คอนเทนเนอร์ มีรายละเอียดดังนี้

$$\text{Maximize Profit } Z = \sum_{i=1}^N X_{ci} P_i \quad (3.1)$$

Subject to:

$$X_i \leq MA_i, \forall i \quad (3.2)$$

$$X_i \geq A_i F_i L, \forall i \quad (3.3)$$

$$X_i \leq \gamma F_i L, \forall i \quad (3.4)$$

$$\left\lfloor \frac{X_i}{N_i} \right\rfloor = X_{ci}, \forall i \quad (3.5)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ci} V_i \leq \alpha 30 \quad (3.6)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ci} W_i \leq \beta 21,000 \quad (3.7)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ci} B_i + FC \leq 500,000 \quad (3.8)$$

และ

$$X_i, F_i, X_{ci} \geq 0, \forall i \quad (3.9)$$

$$A_i = \begin{cases} 1 & \text{if } S_i < F_i L, \forall i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.10)$$

$i = 1, 2, \dots, 10$

โดยที่

สมการ 3.1 คือ สมการผลกำไรเมื่อขายสินค้าทั้งหมด

สมการ 3.2 คือ สมการตัดสินใจว่าจะสั่งสินค้าชนิดนั้นหรือไม่

สมการ 3.3 คือ สมการกำหนดปริมาณสั่งซื้อขั้นต่ำ

สมการ 3.4 คือ สมการกำหนดปริมาณสั่งซื้อสูงสุด (เพื่อให้มีสินค้าหลากหลาย)

สมการ 3.5 คือ สมการควบคุมปริมาณสั่งซื้อตามจำนวนต่อถัง

สมการ 3.6 คือ สมการควบคุมขนาดสินค้า ไม่ให้ถึงเกินปริมาตรของตู้คอนเทนเนอร์ขนาด $5.89 \times 2.34 \times 2.33$ เมตร³ = 32 เมตร³ แต่ตัวเลข 30 ในสมการที่ 3.6 คือปริมาตรที่

สามารถบรรจุสินค้าได้จริง โดยวัดจากขนาดภายในตู้คอนเทนเนอร์ ขนาดจึงเล็กกว่าปริมาตรที่คำนวณได้จากภายนอก

สมการ 3.7 คือ สมการควบคุมน้ำหนักสินค้า ไม่ให้น้ำหนักเกินข้อจำกัดของตู้คอนเทนเนอร์

สมการ 3.8 คือ สมการควบคุมต้นทุนสินค้า ไม่ให้ต้นทุนรวมเกินเงินทุน

สมการ 3.9 คือ สมการกำหนดตัวแปร

สมการ 3.10 คือ สมการสั่งซื้อสินค้าแต่ละชนิด โดยใช้การตัดสินใจจากปริมาณสินค้าคงคลังที่มีอยู่

ค่าดัชนี i มีค่า 1 ถึง 10 เท่ากับจำนวนรายการสินค้า

3.4 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) ในกรณีนี้ คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าแบบเหมาตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละครั้ง ประมาณ 85,000 บาทต่อครั้ง แบ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งทางเรือต่อตู้ 60,000 บาท/ครั้ง ค่าประกันสินค้าต่อตู้ 10,000 บาท/ครั้ง ค่าขนส่งสินค้าเข้าโกดังสินค้าที่ประเทศไทย 10,000 บาท/ครั้ง และ ค่าเอกสารและค่าทำเนียมต่างๆ 5,000 บาท/ครั้ง

ในเบื้องต้นพิจารณาตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าขนาด 40 ฟุต โดยมีรายละเอียดดังนี้

-ตู้คอนเทนเนอร์ขนาดยาว 20 ฟุต มีความจุ = 30 ลูกบาศก์เมตร/ตู้ (ดังรายละเอียดในหัวข้อที่แล้ว)

-ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุตรับน้ำหนักได้ไม่เกิน = 21,000 กิโลกรัม/ตู้

เนื่องจากบริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทขนาดเล็ก มีเงินทุนจำกัด จึงกำหนดงบประมาณการสั่งซื้อแต่ละครั้ง ไม่เกิน 500,000 บาท/ครั้ง แต่หากต้องเพิ่มงบประมาณส่วนนี้ก็อาจย้านโอนเงินสดหมุนเวียนมาได้อีกเป็นงบสั่งซื้อทั้งหมดไม่เกิน 0.9 ล้านบาท ดังนั้นในเบื้องต้นจึงพิจารณางบประมาณไม่เกิน 500,000 บาทก่อน แล้วจึงเพิ่มงบประมาณขึ้นในกรณีต่อไป และมีผลต่อการพิจารณาขนาดตู้คอนเทนเนอร์ด้วย เพราะเมื่อเงินทุนมากขึ้นก็สั่งซื้อสินค้าได้มากขึ้นต่อครั้ง ขนาดตู้จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อรองรับ ซึ่งขนาดตู้คอนเทนเนอร์ที่ใหญ่ขึ้นคือขนาดยาว 40 ฟุต มีความจุเป็น 2 เท่า และน้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 44,000 กิโลกรัม/ตู้

รายละเอียด ขนาด น้ำหนัก ราคาต้นทุนสินค้า และกำไรต่อหน่วย ของสินค้าแต่ละรายการ ดังแสดงในตารางที่ 3 และเวลาที่ใช้ส่งสินค้าประมาณ 6 สัปดาห์

4. ผลการศึกษา

จากตัวแบบคณิตศาสตร์และข้อมูลต่างๆ ในหัวข้อที่แล้ว สามารถนำไปหาผลเฉลยด้วยโปรแกรม Excel Solver เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแต่ละรายการ โดยคำนึงถึงการสั่งซื้อแต่ละครั้งที่ให้ผลกำไรมากที่สุด ดังผลในตารางที่ 4

จากตาราง จำนวนสั่งซื้อที่เหมาะสมของสินค้ารายการต่างๆ เช่น TRX คำตอบที่ได้ให้สั่งซื้อ 59 ชิ้น แต่เพื่อให้เต็มลังจึงต้องสั่งเพิ่มเป็น 60 ชิ้น หรือ RIP60 คำตอบระบุให้สั่งซื้อ 34 ชิ้นแต่ต้องสั่งจริง 40 ชิ้น เนื่องจากแต่ละลังบรรจุได้ 10 ชิ้น และมีอีกหลายรายการที่ต้องสั่งซื้อให้เต็มลังเช่นกัน โดยในการสั่งซื้อสินค้าครั้งนี้ใช้เงินทุนในการสั่งซื้อทั้งหมด 469,660 บาท (ไม่เกินงบประมาณที่ทางบริษัท

กำหนดไว้ที่ 500,000 บาท) ซึ่งจะได้ผลรวมของกำไรจากการขายสินค้าที่ส่งครั้งนี้ทั้งหมดคือ 214,430 บาท

แต่จากการส่งสินค้าจากผู้ผลิตที่ผ่านมา มีความไม่แน่นอนประมาณ 20% นั่นคือ มีประมาณ 20% ของจำนวนครั้งที่ผู้ผลิตส่งล่าช้ากว่ากำหนดการ นั่นคือใช้เวลาขนส่งสินค้าประมาณ 7-8 สัปดาห์

ขั้นตอนต่อไป จึงทำการทดสอบว่าด้วยข้อจำกัดของงบประมาณและขนาดตู้คอนเทนเนอร์เช่นเดิมจะสามารถรองรับอุปสงค์สำหรับ 7 และ 8 สัปดาห์ได้หรือไม่ ผลการทดสอบแสดงว่า ภายใต้เงื่อนไขเดิมแต่ปริมาณอุปสงค์ที่เพิ่มขึ้นเป็น 7 สัปดาห์ ยังสามารถหาผลเฉลยได้โดยมีกำไรเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 215,830 บาท แต่สำหรับเงื่อนไขอุปสงค์สำหรับ 8 สัปดาห์ ไม่สามารถหาผลเฉลยได้ เพราะต้องใช้เงินทุนมากกว่า 500,000 บาท จากนั้นจึงทำการทดสอบในกรณีที่เงินลงทุนเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับอุปสงค์ที่เพิ่มเป็น 8 สัปดาห์ ได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 3 ข้อมูลต่างๆ ของสินค้าแต่ละรายการ

Product	Size (cbm)	Weight (kg)	Unit Cost	Unit Profit
TRX	0.09	0.5	100	150
RIP60	0.10	3.0	600	210
Resistance	0.06	0.5	300	300
Multi Bar	0.14	20.0	2,500	1,000
Punch Bag	0.29	25.0	3,000	1,500
Dumbbell	0.01	1.0	60	30
Ab Wheel	0.10	0.8	120	120
Push Up	0.16	0.8	115	200
Chin Up	0.07	1.7	370	200
Bench	0.13	20.0	2,400	900

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์การหาคำตอบการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วย Excel Solver

Product	Xi	Xci	Cost (THB)	Expected Profit
TRX	59	60	6,000	9,000
RIP60	34	40	24,000	8,400
Resistance	53	100	30,000	30,000
Multi Bar	31	31	77,500	31,000
Punch Bag	36	36	108,000	54,000
Dumbbell	971	971	58,260	29,130
Ab Wheel	51	60	7,200	7,200
Push Up	50	80	9,200	16,000
Chin Up	89	90	33,300	18,000
Bench	13	13	31,200	11,700
Shipping Cost per Container			85,000	-
Total			469,660	214,430

ตารางที่ 5 ผลการหาผลเฉลยด้วย Excel Solver ในเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

Case	1	2	3	4	5	6
Limited Fund (THB)	500,000	500,000	600,000	700,000	800,000	900,000
Container Size (Ft)	20	20	40	40	40	40
Weeks of Demands	6	7	8	8	8	8
Total Profit (THB)	214,430	215,830	267,220	309,970	347,470	362,470
Total Fund Used (THB)	469,660	476,860	599,540	697,540	784,540	814,540
Profit per Week	35,738	30,833	33,403	38,746	43,434	45,309
Fund Used per Week (THB)	78,277	68,123	74,943	87,193	98,068	101,818

เนื่องจากจำนวนสัปดาห์ที่พิจารณาไม่เท่ากัน แต่เพื่อให้การเปรียบเทียบเป็นไปได้อย่างขึ้น จึงพิจารณากำไรต่อสัปดาห์ ดังแสดงในแถวที่ 7 ของตาราง โดยนำแถวที่ 5 มาหารด้วยแถวที่ 4 และพิจารณาต้นทุนต่อสัปดาห์ในแถวที่ 8 ซึ่งนำแถวที่ 6 มาหารด้วยแถวที่ 4

หลังจากได้ผลการศึกษาแล้วได้ปรึกษากับบริษัทกรณีศึกษา ทางบริษัทสนใจทางเลือกที่ 2 มากที่สุด เนื่องจากใช้ต้นทุนต่อสัปดาห์น้อยที่สุดถึงแม้ว่าแนวทางนี้จะได้กำไรต่อสัปดาห์น้อยกว่าบางทางเลือกก็ตาม แต่เมื่อเทียบผลจากกรณีอื่นๆ แล้วก็ยังเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ทั้งนี้เพราะบริษัทกรณีศึกษายังเป็นบริษัทขนาดเล็ก การบริหารต้นทุนที่มีจำกัดจึงมีความสำคัญในการตัดสินใจเมื่อเทียบกับกำไรเพิ่มเติมที่ได้แต่ในอนาคตเมื่อบริษัทมีทุนหมุนเวียนมากขึ้นกว่าปัจจุบันอาจจะพิจารณาเลือกทางเลือกอื่นแทน

5. สรุป

ปัญหาการสั่งซื้อสินค้าเป็นปัญหาที่ทุกองค์กรประสบอยู่เสมอ การตัดสินใจสั่งซื้อต้องมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้หรืออุปสงค์ของสินค้า สำหรับอุปสงค์ที่มีลักษณะความต้องการค่อนข้างคงที่หรือมีการกระจายแบบปกติ อาจสามารถประยุกต์ใช้แนวทางที่นิยมทั่วไป เช่น การหาปริมาณสั่งซื้อแบบประหยัด (EOQ) แต่เมื่ออุปสงค์มีความไม่แน่นอนในรูปแบบอื่น เช่น มีลักษณะเป็น Lumpy และ Intermittent หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นละลอก ซึ่งพบบ่อยในสินค้าหลายประเภท เช่น วัสดุสำรองยามฉุกเฉิน อะไหล่สำรอง การจัดการจึงเป็นไปได้ยากขึ้น อาจเหมาะสมกับวิธีการพยากรณ์อื่น

ในงานวิจัยนี้ นำเสนอแนวทางการสั่งซื้อสินค้าที่มีลักษณะอุปสงค์เป็นแบบ Lumpy และ Intermittent อันเนื่องมาจากช่องทางการขายที่มีโปรโมชั่นให้เป็นระยะๆ โดยประยุกต์ใช้การพยากรณ์ความต้องการด้วยวิธี Croston และ Syntetos และ Boylan จากนั้นนำค่าพยากรณ์ที่ได้ไปกำหนดการสั่งซื้อจากเงื่อนไขการขนส่ง การสั่งซื้อลักษณะเต็มลัง และงบประมาณ โดยพิจารณาทั้งกรณีที่มีความไม่แน่นอนของเวลานำ การเพิ่มเงินทุนของการสั่งซื้อ การเพิ่มขนาดและน้ำหนักบรรจุภัณฑ์ของตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ประกอบการกรณีศึกษาเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการปฏิบัติ โดยบริษัทกรณีศึกษายังเห็นว่าแม้ทุกกรณีจะมีข้อดีแตกต่างกัน แต่ด้วยยังเป็นบริษัทขนาดเล็ก มีงบประมาณจำกัดจึงสนใจเลือกทางเลือกของการสั่งซื้อสินค้าที่ใช้ต้นทุนต่อสัปดาห์น้อยที่สุด ถึงแม้ทางเลือกนั้นจะให้กำไรต่อสัปดาห์น้อยกว่าบางทางเลือกก็ตาม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนส่วนหนึ่งจากกองทุนมจร ในโอกาสครบรอบ 55 ปี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] R. H. Ballou, *Business Logistics/Supply Chain Management*. 5th ed. New Jersey: Pearson Education, Inc., pp.291-384, 2004.
- [2] E. Bartezzaghi, R. Verganti, G. Zotteri, "A simulation framework for forecasting uncertain lumpy demand," *International Journal of*

- Production Economics*, Vol.59, pp.499-510, 1999.
- [3] I. N. Pujawan, B.G. Kingsman, "Properties of lot-sizing rules under lumpy demand," *International Journal of Production Economics*, Vol.81-82, pp.295-307, 2003.
- [4] M. Macchi, L. Fumagalli, R. Pinto, S. Cavalieri, "A decision making framework for managing maintenance spare parts in case of lumpy demand: action research in avionic sector," In N. Altay and L. A. Litteral (eds). *Service Parts Management*. London: Springer-Verlag, pp.171-202, 2011.
- [5] F. Petropoulos, K. Nikolopoulos, G. P. Spithourakis, V. Assimakopoulos, "Empirical heuristics for improving intermittent demand forecasting," *Industrial Management & Data Systems*, Vol.113(5), pp.683-696, 2013.
- [6] M. S. Roni, S. D. Eksioğlu, M. Jin, S. Mamun, "A hybrid inventory policy with split delivery under regular and surge demand," *International Journal of Production Economics*, Vol.172, pp.126-136, 2016.
- [7] D. Bucher, J. Meissner, "Configuring single-echelon systems using demand categorization," In N. Altay and L. A. Litteral (eds). *Service Parts Management*. London: Springer-Verlag, pp.203-219, 2011.
- [8] L. J. Krajewski, L. P. Ritzman, M. K. Malhotra. *Operations Management*. 8th ed. New Jersey: Pearson Education, Inc., pp.507-531, 2007.
- [9] พิภพ สถิตินาถ, ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), หน้า 45-59, 2549.
- [10] R. Teunter, B. Sani, "Calculating order-up-to levels for products with intermittent demand," *International Journal of Production Economics*, Vol.118, pp.82-86, 2008.
- [11] A. A. Syntetos, J. E. Boylan, "The accuracy of intermittent demand estimates," *International Journal of Forecasting*, Vol.21(2), pp.303-314, 2005.
- [12] F. S. Hillier, G. J. Lieberman, *Introduction to Operations Research*. 10th ed. California: McGraw Hill, pp.123-135, 2015.
- [13] โกศล เพ็ชรสุวรรณ, การวิจัยการดำเนินงาน. กรุงเทพมหานคร: บริษัทอิเล็กทรอนิกส์เวิลด์, หน้า 46-63, 2524.
- [14] ศิริพร พงศ์ศรีโรจน์, องค์การและการจัดการ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, หน้า 1-10, 2540.