



การกำหนดนโยบายการสั่งซื้อร่วมและเติมตู้คอนเทนเนอร์ สำหรับวัตถุดิบนำเข้าเพื่อผลิตสิ่งทอ

Determining Joint Replenishment Full Container Load Ordering Policies for Imported Raw Materials used in Fabric Knitting Production

ชินนภา เชื้อสุวรรณทวี¹ และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์^{1,2,*}

Cheunnapa Cheausuwantavee¹ and Paveena Chaovalitwongse^{1,2,*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ.พญาไท เขตปทุมวัน แขวงวังใหม่ กรุงเทพมหานคร 10330

²กลุ่มวิจัยระบบการจัดการแบบบูรณาการและเทคโนโลยีอัจฉริยะ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ.พญาไท เขตปทุมวัน แขวงวังใหม่ กรุงเทพมหานคร 10330

¹Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering Chulalongkorn University

Phayathai Road, Pathumwan, Wang Mai, Bangkok, 10330, Thailand

²Integrated Management System and Smart Technology Research Group, Chulalongkorn University,

Bangkok, Thailand

*E-mail: paveena.c@chula.ac.th, Tel.: 02-218-6814, Fax.: 02-251-3969

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแนะนโยบายที่เหมาะสมสำหรับวัตถุดิบนำเข้าหลายชนิด โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการสั่งซื้อร่วม และการสั่งซื้อเติมตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายรวมสำหรับการสั่งซื้ออันประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายการขนส่ง และค่าใช้จ่ายการเก็บรักษา ในขณะที่สามารถตอบสนองความต้องการได้ที่ระดับการให้บริการ 95% งานวิจัยนี้เริ่มตั้งแต่การรวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งข้อมูลวัตถุดิบ และข้อมูลข้อกำหนดต่างๆของการสั่งซื้อ จากนั้นขั้นตอนถัดมาทำการกำหนดปริมาณสั่งซื้อ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองรอบการสั่งซื้อคงที่ ร่วมกับแนวคิดการสั่งซื้อร่วม และการสั่งซื้อเติมตู้คอนเทนเนอร์ ทั้งนี้ได้นำเสนอแนะนโยบาย 3 รูปแบบได้แก่ 1) การพิจารณาปริมาณสั่งซื้อด้วยค่าเฉลี่ยของความต้องการ 2) การพิจารณาปริมาณสั่งซื้อด้วยค่าเฉลี่ยของความต้องการร่วมกับราคาวัตถุดิบ และ 3) การพิจารณาปริมาณสั่งซื้อด้วยค่าเฉลี่ยของความต้องการ ราคาวัตถุดิบ และความแปรปรวนของความต้องการ สำหรับขั้นตอนถัดมาทำการประเมินผลการดำเนินงานของนโยบายสั่งซื้อทั้ง 3 รูปแบบด้วยการจำลองสถานการณ์ โดยนโยบายที่เหมาะสมที่สุดต้องให้ผลค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และมีค่าการกระจายของค่าใช้จ่ายรวมที่น้อยสุด และในขั้นตอนสุดท้ายทำการวิเคราะห์ความไวของนโยบายสั่งซื้อที่เลือกเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง

ผลของค่าใช้จ่ายรวมและระดับการให้บริการ เมื่อค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความต้องการมีการเปลี่ยนแปลง

ผลของการวิจัยพบว่านโยบายที่มีรูปแบบเหมาะสมที่สุดคือ นโยบายที่มีรอบการสั่งซื้อคงที่ที่มีพิจารณาปริมาณสั่งซื้อด้วยค่าเฉลี่ยของความต้องการเพียงปัจจัยเดียว และเมื่อดำเนินการสั่งซื้อตามนโยบายที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการวัตถุดิบจริงปี 2562 พบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมลงได้ 34% โดยที่ค่าใช้จ่ายการขนส่งลดลง 44% และค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบคงคลังลดลง 24% ในขณะที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ที่ 95% ตามเป้าหมาย และในที่สุดทำการทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของความต้องการ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายรวมเพียง 10%-11% เมื่อค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการลดลง 50% และมีความแปรปรวนของความต้องการเพิ่มขึ้น ซึ่งถือเป็นสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด

คำสำคัญ: นโยบายสั่งซื้อ; วัตถุดิบนำเข้า; แบบจำลองรอบการสั่งซื้อคงที่; แนวคิดการสั่งซื้อเต็มตู้คอนเทนเนอร์; แนวคิดการสั่งซื้อรวม

ABSTRACT

This paper proposes an appropriate ordering policy for imported raw materials by adopting in joint-ordering and full container load (FCL) concept in order to reduce total cost including transportation cost and inventory holding cost while maintaining service level at 95%. This study was conducted as follows. Firstly, all relevant data (e.g., imported raw materials data and purchasing conditions) is reviewed. Secondly, the periodic review ordering policy type, i.e., OUL policy is proposed. The ordering quantity is determined by adjusting OUL policy in order to integrate joint replenishment and full container load concept. Three candidate policies are suggested: 1) Adjusting ordering quantity only based on average demand 2) Adjusting ordering quantity based on average demand and raw materials price, and 3) Adjusting ordering quantity based on average demand, raw materials price and variance of demand. Thirdly, the three candidate policies are evaluated by a simulation model. The most appropriate ordering policy must meet lowest average total cost and variation. Finally, a sensitivity analysis is done on the selected policy to show how changing in average demand and standard deviation of demand affects the total cost and service level.

The results show that the most appropriate ordering policy is to adjust the OUL policy based on average demand only. When implementing the proposed policy with the actual demand of 2019, it also shows that the total cost, transportation cost, and inventory holding cost have been decreased by 34%, 44% and 24% respectively while achieving the desired service level. Finally, the sensitivity analysis result shows that the proposed policy is robust to changes in demand pattern. There is only 10%-11% changes in total cost compared to 50% changes in average demand and more variation or worst-case scenario for demand changes.

Keywords: Ordering Policy; Imported Raw Materials; OUL policy; Full Container Load Concept; Joint-Ordering Concept

1. ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

การผลิตผ้าฝ้าย (Knitting Fabrics) เป็นหนึ่งธุรกิจใญ่อุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งการควบคุมต้นทุนผลิตภัณฑ์เป็นส่วนที่สำคัญต่อการดำเนินธุรกิจประเภทนี้ หนึ่งในต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่สำคัญคือ ต้นทุนเกี่ยวกับการบริหารสินค้าคงคลัง (Inventory Cost) ซึ่งเป็นต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มต่อผลิตภัณฑ์ (Non-Value added) โดยต้นทุนการบริหารสินค้าคงคลังในที่นี้หมายถึงต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการจัดเก็บ

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตผ้าฝ้ายจากวัตถุดิบเส้นด้ายนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งการผลิตผ้าฝ้ายจำเป็นต้องใช้เส้นด้ายหลายชนิดพร้อมกัน ทั้งนี้จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการสั่งซื้อวัตถุดิบเส้นด้ายนำเข้า 3 ประเภทจากประเทศไต้หวัน พบว่ามีการสั่งซื้อแบบไม่เต็มตู้คอนเทนเนอร์ 67% ของจำนวนตู้ทั้งหมดที่มีการสั่งซื้อวัตถุดิบเส้นด้ายนำเข้า ซึ่งการสั่งซื้อแบบไม่เต็มตู้ย่อมส่งผลต่อค่าใช้จ่ายการขนส่งที่สูงขึ้น ในขณะเดียวกันปริมาณวัตถุดิบคงคลังของเส้นด้ายทั้ง 3 ประเภท มีค่าเฉลี่ยที่ 40 ตันต่อเดือน รวมทั้งมีระยะเวลาถือครองที่สูง ซึ่งเกินจากระยะเวลานำเฉลี่ย 35 วัน โดยการมีปริมาณวัตถุดิบคงคลังที่สูง และระยะเวลาถือครองวัตถุดิบที่นานเกินความจำเป็นย่อมส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ

จากผลของการดำเนินการสั่งซื้อวัตถุดิบนำเข้าในปัจจุบัน ชี้ให้เห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงนโยบายสั่งซื้อโดยการลดปริมาณการสั่งซื้อไม่เต็มตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตามการสั่งซื้อเต็มตู้คอนเทนเนอร์ไม่เหมาะกับวัตถุดิบที่มีปริมาณความต้องการต่ำ เนื่องจากทำให้ปริมาณวัตถุดิบคงคลังสูงเกินความจำเป็น ดังนั้นเพื่อให้สามารถสั่งซื้อเต็มตู้คอนเทนเนอร์ได้ในทุกรอบการสั่ง จำเป็นต้องประยุกต์แนวคิดการสั่งซื้อร่วมในการรวมสั่งซื้อวัตถุดิบหลายชนิด เพื่อให้สามารถลดค่าใช้จ่ายการขนส่งได้ ในขณะที่ไม่เพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สินค้าคงคลัง (Inventory) มักมีอยู่ในเกือบทุกธุรกิจเพื่อให้ธุรกิจสามารถตอบสนองกับความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อได้เปรียบทางธุรกิจหลายประการ แต่ทั้งนี้การมีสินค้าคงคลังที่มากเกินไปก่อให้เกิดความต้องการ ทำให้เปลืองพื้นที่จัดเก็บ และก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสูง รวมทั้งทำให้ไม่ยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ดังนั้นการบริหารสินค้าคงคลังให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับทุกธุรกิจที่จะทำอย่างไรให้มีสินค้าคงคลังในปริมาณที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการบริหารสินค้าคงคลังก็ต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม [1]

สำหรับการกำหนดนโยบายสั่งซื้อสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองปริมาณการสั่งซื้อได้หลากหลายแบบ ทั้งนี้การเลือกใช้แบบจำลองสั่งซื้อสำหรับการบริหารสินค้าคงคลังขึ้นอยู่กับข้อจำกัดต่างๆ ที่ต้องมีความสอดคล้องกัน

1) แบบจำลองปริมาณการสั่งซื้อร่วมแบบประหยัด (Joint-Ordering Model) เป็นการพิจารณาสั่งซื้อสินค้ามากกว่า 1 รายการ ซึ่งมีเป้าหมายคือลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อด้วยการสั่งซื้อสินค้าหลายรายการในรอบการสั่งซื้อเดียวกัน

2) แบบจำลองจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ (Lot-size Reorder Point Model) [4] เป็นแบบจำลองที่มีการติดตามระดับสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง (Continuous Review System) ซึ่งถูกประยุกต์ใช้กับสินค้าคงคลังที่ปริมาณความต้องการไม่แน่นอน (Stochastics Demand) โดยเป้าหมายของแบบจำลองนี้คือการหาจุดสั่งซื้อ และปริมาณสั่งซื้อที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ดังตัวอย่างของ E Rimawan, U Mardono, O Kustiadi, M A Lutfi, I Saraswati [2] ที่ศึกษาการควบคุมวัตถุดิบคงคลัง โดยใช้เทคนิค Just In Time และการคำนวณหาจุดสั่งซื้อ (Reorder Point) ให้สอดคล้องกับกำลังการผลิต ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังลง 9.4% นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ สุพรพันธ์ จิตธรรม [5] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง เพื่อลดปัญหาการมีปริมาณการจัดเก็บที่สูงเกินกว่าความต้องการของลูกค้า โดย

ประยุกต์ใช้ระบบการติดตามสินค้าคงคลังแบบต่อเนื่องกับสินค้าประมาณ 90% และส่วนที่เหลือใช้ระบบการติดตามสินค้าคงคลังแบบสิ้นงวด รวมทั้งมีการประยุกต์การสั่งซื้อเติมตู้คอนเทนเนอร์ร่วมในการบริหารสินค้าคงคลัง ซึ่งภายหลังจากการปรับปรุงพบว่า อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังชนิดที่ 1, ชนิดที่ 2 และ ชนิดที่ 3 เพิ่มขึ้น 2 เท่า, 3 เท่า และ 7 เท่าตามลำดับ รวมทั้งค่าใช้จ่ายรวมลดลง 59%, 69% และ 89% ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถตอบสนองความต้องการได้ 100%

3) แบบจำลองระดับคงคลังเป้าหมาย (Order up to level: OUL) [4] เป็นแบบจำลองที่มีการติดตามระดับสินค้าคงคลังแบบกำหนดรอบระยะเวลา (Periodic Review System) คือ เมื่อถึงรอบระยะเวลาการสั่งซื้อที่กำหนดไว้ก็จะสั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่ทำให้สินค้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นไปถึงระดับคงคลังเป้าหมาย (OUL) ซึ่งเป้าหมายของแบบจำลอง คือการกำหนดระดับคงคลังเป้าหมายให้สอดคล้องปริมาณความต้องการในแต่ละรอบการสั่งซื้อซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$OUL = \mu_{LT+T} + SS \quad (1)$$

โดยที่ Safety Stock (SS) คือสินค้าสำรองคลังที่รองรับปริมาณความต้องการที่มากกว่าปริมาณความต้องการเฉลี่ย ซึ่งปริมาณสินค้าสำรองคลังจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับการให้บริการ (Service Level) และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ (σ) ทั้งนี้ปริมาณสินค้าสำรองคลังสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$SS = F^{-1}(Z) \times \sigma_{LT+T} \quad (2)$$

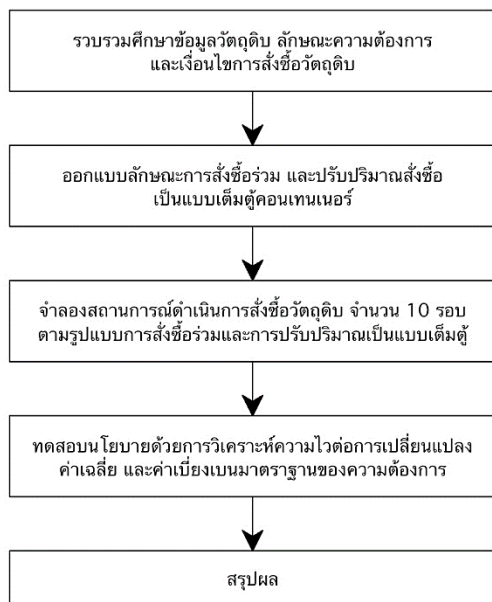
ทั้งนี้ตัวอย่างงานวิจัยของ M.J.G Van Eijs, 1994 [3] ที่ศึกษาการบริหารสินค้าคงคลังด้วยนโยบายการสั่งซื้อ (R,S) ซึ่ง R คือรอบในการสั่งซื้อ และ S คือระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม รวมทั้งมีการพิจารณาสั่งซื้อร่วมกันในสินค้าที่มีความใกล้เคียงกัน เพื่อให้ขนส่งแบบเติมตู้คอนเทนเนอร์ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมสำหรับการสั่งซื้อและการขนส่งลดลงมากกว่า 20% และสำหรับงานวิจัยของ ศุภลักษณ์

จงสวัสดิวิบูลย์ [6] ที่ศึกษาการออกแบบระบบบริหารการสั่งซื้อวัตถุดิบนำเข้า โดยการประยุกต์แบบจำลองรอบเวลาการสั่งซื้อที่ ร่วมกับแบบจำลองสั่งซื้อร่วม พบว่าอัตราส่วนระหว่างมูลค่าสินค้าคงคลังต่อยอดขายลดลงจากนโยบายสั่งซื้อเดิม 5.57% เป็น 4.05% คิดเป็นลดลง 27.28% นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของณัฐพล สันแก้ว และ กาญจน์ภา อมรัชกุล [7] ที่มีการเสนอ 2 นโยบายใหม่ เพื่อแก้ไขปัญหาสินค้าขาดมือ โดยประยุกต์ใช้นโยบาย Periodic Review (R,S) และนโยบาย Can-Order System ซึ่งทั้งสองนโยบายมีการพิจารณาการสั่งซื้อเติมพาเลท และการสั่งซื้อเติมคันรถ (100% Truck Utilization Condition) พบว่านโยบายใหม่ทั้งสองส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการเก็บสูงขึ้น เนื่องจากการสั่งซื้อพร้อมกัน ทำให้บางรายการมีระยะเวลาการจัดเก็บที่นานขึ้น แต่ทั้งนี้ปริมาณสินค้าขาดมือน้อยลง ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นการมีสินค้าไม่เพียงพอลดลง รวมทั้งมีระดับการให้บริการมากกว่า 95% ตามที่กำหนด

จากทฤษฎีและงานวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นถึงการกำหนดนโยบายสั่งซื้อโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่มีการติดตามระดับสินค้าคงคลังแบบกำหนดระยะเวลา และแบบต่อเนื่องกับสินค้าที่มีความต้องการไม่แน่นอน และมีระยะเวลานานให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ตามที่กำหนด และสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมลงได้ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าในสินค้าที่มีปริมาณความต้องการน้อย การสั่งซื้อร่วมช่วยให้สามารถสั่งซื้อสินค้าได้เต็มความสามารถของการขนส่ง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อลดลง และในขณะเดียวกันก็ไม่เป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายการจัดเก็บ

3. ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

การกำหนดนโยบายสั่งซื้อที่เหมาะสมกับวัตถุดิบนำเข้า ที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ใช้แนวคิดการลดค่าขนส่งจากการสั่งซื้อเติมตู้คอนเทนเนอร์ และการสั่งซื้อร่วมเพื่อไม่ให้ปริมาณวัตถุดิบคงคลังมากเกินไปจนความจำเป็น ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1 ระเบียบวิธีวิจัยในการกำหนดนโยบายสั่งซื้อ



รูปที่ 1 ระเบียบวิธีวิจัยในการกำหนดนโยบายสั่งซื้อ

งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการศึกษา และรวบรวมข้อมูลวัตถุดิบ ลักษณะความต้องการ รวมถึงข้อจำกัดในการสั่งซื้อ ในขั้นตอนถัดมาเป็นการออกแบบนโยบายการสั่งซื้อรวม และการปรับปริมาณสั่งซื้อวัตถุดิบให้มีปริมาณสั่งซื้อรวมเป็นแบบเต็มตู้คอนเทนเนอร์ โดยได้นำเสนอแนวคิด 3 รูปแบบ ดังนี้ 1) การสั่งซื้อรวมและการปรับปริมาณสั่งซื้อโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความต้องการ 2) การสั่งซื้อรวม และการปรับปริมาณสั่งซื้อโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความต้องการ ร่วมกับราคาวัตถุดิบ และ 3) การสั่งซื้อรวม และการปรับปริมาณสั่งซื้อโดยพิจารณาร่วมกันทั้งค่าเฉลี่ยของความต้องการ ราคาวัตถุดิบ และความแปรปรวนของความต้องการ

จากนั้นจึงได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์สำหรับการทดสอบนโยบายทั้ง 3 รูปแบบตามที่ออกแบบ โดยนโยบายที่เหมาะสมที่สุดจะให้ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และค่าการกระจายของค่าใช้จ่ายรวมน้อยที่สุดจากการจำลองสถานการณ์สั่งซื้อวัตถุดิบ

เมื่อได้นโยบายที่เหมาะสมที่สุดแล้วจะทำการทดสอบนโยบายสั่งซื้อด้วยการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ เพื่อ

ตรวจสอบความคงทน (Robustness) ของนโยบายสั่งซื้อที่นำเสนอ

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การรวบรวมและศึกษาข้อมูลวัตถุดิบ ลักษณะความต้องการ รวมทั้งเงื่อนไขของการสั่งซื้อวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ทำการศึกษาเป็นวัตถุดิบที่นำเข้าจากประเทศไต้หวัน โดยวัตถุดิบ DTY0005, DTY0006 และ DTY0013 มีราคาเฉลี่ยต่อกิโลกรัม 98 บาท, 80 บาท และ 83 บาท ตามลำดับ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาปานกลาง เมื่อเทียบกับวัตถุดิบรายการอื่นที่บริษัทนำเข้า

สำหรับเงื่อนไขในการจัดหาวัตถุดิบนั้น ในปัจจุบันรอบการสั่งซื้อวัตถุดิบถูกกำหนดให้สั่งซื้อทุกเดือนหลังจากได้รับข้อมูลพยากรณ์ความต้องการวัตถุดิบจากแผนกซัพพลายเชน ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษานำเข้าวัตถุดิบผ่านการขนส่งทางเรือ ซึ่งทำสัญญาซื้อขายกับผู้ขายวัตถุดิบในเทอม FOB (Free On Board) ส่วนในกรณีที่สั่งซื้อวัตถุดิบแบบเร่งด่วนระหว่างเดือนทางผู้ขายจะขายวัตถุดิบในเทอม CIF (Cost Insurance and Freight) ซึ่งมีราคาวัตถุดิบสูงกว่าทั้งนี้การที่วัตถุดิบขนส่งทางทะเลหรือทางอากาศ มักประสบปัญหาในเรื่องของความไม่แน่นอนของระยะเวลาการขนส่ง โดยจากการเก็บสถิติปี 2562 พบว่าระยะเวลานำสั่งซื้อรวมที่เป็นค่ามาตรฐานของวัตถุดิบที่ทำการศึกษาคือ 20 วัน และระยะเวลานำสั่งซื้อรวมเมื่อเกิดการล่าช้าสูงสุด 23 วัน นอกจากนี้วัตถุดิบที่ทำการศึกษามีเงื่อนไขการบรรจุลงตู้คอนเทนเนอร์สูงสุดแตกต่างกันตามขนาดของตู้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณบรรจุลงตู้คอนเทนเนอร์สูงสุด

วัตถุดิบ	ท่าเรือต้นทาง	ปริมาณบรรจุสูงสุด	
		ตู้ 20 ฟุต	ตู้ 40 ฟุต
DTY0005	K Port	9,000 กิโลกรัม	21,000 กิโลกรัม
DTY0006			
DTY0013			

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าแบบจำลองรอบเวลาการสั่ง
คงที่มีการติดตามระดับวัตถุดิบคงคลังแบบกำหนด
ระยะเวลามีความเหมาะสมกับการกำหนดนโยบายสั่งซื้อ
วัตถุดิบที่ทำการศึกษา เนื่องจากปริมาณความต้องการ และ
ระยะเวลานำไม่แน่นอน รวมทั้งสามารถกำหนดช่วงเวลา
สั่งซื้อให้สอดคล้องกับการรับข้อมูลพยากรณ์ความต้องการ
วัตถุดิบได้ นอกจากนี้เนื่องจากวัตถุดิบทุกรายการส่งออก
จากท่าเรือต้นทางเดียวกัน ส่งผลให้วัตถุดิบทุกรายการ
สามารถสั่งซื้อร่วมกันได้

4.2 การออกแบบนโยบายการสั่งซื้อร่วม และการปรับ ปริมาณสั่งซื้อเป็นแบบเต็มตู้คอนเทนเนอร์

4.2.1 การกำหนดระดับคงคลังเป้าหมาย (OUL) และ การคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อเบื้องต้น (Q')

ระดับคงคลังเป้าหมายสามารถคำนวณได้จากสมการ
ที่ 1 ที่แสดงในส่วนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

$$OUL = \mu_{LT+T} + SS$$

โดยที่ μ_{LT+T} คือค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการในช่วง
ระยะเวลานำและรอบการสั่งซื้อ ซึ่งได้มาจากผลคูณระหว่าง
ค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการ (μ_D) กับระยะเวลานำ
(LT) รวมกับรอบการสั่งซื้อ (T) ดังสมการที่ 3

$$\mu_{LT+T} = \mu_D \times (LT + T) \quad (3)$$

ทั้งนี้ระยะเวลานำ กำหนดให้มีค่าเท่ากับระยะเวลานำสูงสุด
(Maximum Leadtime) เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณ
ความต้องการได้ในกรณีที่ระยะเวลานำการสั่งซื้อมีค่าสูงกว่า
ค่าเฉลี่ยของระยะเวลานำ (Standard Leadtime) ส่วนรอบ
การสั่งซื้อ (T) กำหนดให้สั่งซื้อทุก 1 เดือน เนื่องจากปริมาณ
สั่งซื้อวัตถุดิบที่มีรอบการสั่งซื้อที่ถี่กว่า 1 เดือน พบว่า
มีปริมาณสั่งซื้อต่ำกว่าปริมาณเต็มตู้คอนเทนเนอร์มาก
ดังนั้นถ้าปรับปริมาณสั่งซื้อเป็นแบบเต็มตู้คอนเทนเนอร์
จะเป็นการเพิ่มภาระค่าจัดเก็บ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมสูงขึ้น

ในส่วนของ SS คือ ปริมาณวัตถุดิบสำรองคลัง
ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2 ดังแสดงในส่วนทฤษฎีและ
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

$$SS = F^{-1}(Z) \times \sigma_{LT+T}$$

โดย σ_{LT+T} คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ
ในช่วงระยะเวลานำและรอบการสั่งซื้อ และ $F^{-1}(Z)$ กำหนด
ที่ระดับการให้บริการ 95% ตามเป้าหมายของงานวิจัย

เมื่อทราบระดับคงคลังเป้าหมาย (OUL) และปริมาณ
วัตถุดิบคงคลังปลายคาบ (IOH) ของวัตถุดิบแต่ละรายการ
ก็จะสามารถคำนวณหาปริมาณสั่งซื้อเบื้องต้น (Q') ของ
วัตถุดิบรายการ i ในแต่ละรอบการสั่งซื้อได้ดังสมการที่ 4

$$Q'_i = OUL_i - IOH_i \quad (4)$$

4.2.2 การสร้างเมทริกซ์สั่งซื้อร่วม (Joint Matrix) สำหรับ การพิจารณาการสั่งซื้อร่วมและเต็มตู้คอนเทนเนอร์

การสั่งซื้อร่วมจะถูกพิจารณาเมื่อมีการสั่งซื้อวัตถุดิบ
2 รายการขึ้นไป โดยปริมาณสั่งซื้อร่วมของวัตถุดิบแต่ละ
รายการมีสัดส่วนตามค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการ
คูณกับปริมาณบรรจุสูงสุดของตู้คอนเทนเนอร์ แล้ว
ปรับปริมาณสั่งซื้อให้มีขนาดตามบรรจุภัณฑ์มาตรฐาน
ดังตัวอย่างการสั่งซื้อร่วมของวัตถุดิบ 3 รายการแบบเต็มตู้
คอนเทนเนอร์ 20 ฟุต และ 40 ฟุต แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเมทริกซ์สั่งซื้อร่วม 3 รายการแบบเต็มตู้
คอนเทนเนอร์ 20 ฟุต และ 40 ฟุต

วัตถุดิบ	สัดส่วน μ_D	ปริมาณสั่งซื้อ (กิโลกรัม)	
		ตู้ 20 ฟุต	ตู้ 40 ฟุต
DTY0005	46%	4,110	9,600
DTY0006	40%	3,600	8,430
DTY0013	14%	1,290	2,970
รวม		9,000	21,000

4.2.3 การกำหนดปริมาณสั่งซื้อจริง (Q^*)

การกำหนดปริมาณสั่งซื้อจริงของวัตถุดิบแต่ละ
รายการในแต่ละรอบการสั่งซื้อมี 3 รูปแบบในการปรับ
ปริมาณสั่งซื้อให้มีปริมาณสั่งซื้อร่วมเป็นแบบเต็มตู้ ดังนี้

1) การสั่งซื้อร่วมและการปรับปริมาณสั่งซื้อวัตถุดิบ
โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความต้องการ (μ_D) ซึ่ง
ปริมาณสั่งซื้อจริงมีเงื่อนไขดังนี้

If $\sum Q'_i < Q_{FCL}$ and all $Q'_i < Q_{ijoint}$
 Then $Q^*_i = Q_{ijoint}$
 Else $Q^*_i = (OUL_i - IOH_i) + [(Q_{FCL} - \sum Q'_i) \times \mu_{iD}]$

โดยที่ Q'_i ปริมาณสั่งซื้อเบื้องต้นของวัสดุชนิด i
 Q_{FCL} ปริมาณสั่งซื้อแบบเต็มตู้คอนเทนเนอร์
 Q_{ijoint} ปริมาณสั่งซื้อร่วมตามเมทริกซ์ของวัสดุชนิด
 รายการ i
 Q^*_i ปริมาณสั่งซื้อจริงของวัสดุชนิด i
 OUL_i ระดับคงคลังเป้าหมายของวัสดุชนิด i
 IOH_i ปริมาณวัสดุคงคลังปลายคาบ
 ของวัสดุชนิด i
 μ_{iD} สัดส่วนปริมาณความต้องการของวัสดุชนิด i

2) การสั่งซื้อร่วมและการปรับปริมาณสั่งซื้อวัสดุ
 โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของความต้องการ ร่วมกับราคา
 วัสดุ ทั้งนี้แนวคิดของรูปแบบนี้ มีจุดประสงค์เพื่อลด
 ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัสดุคงคลังให้ได้มากกว่ารูปแบบ
 แรก โดยจะทำการสั่งซื้อวัสดุที่มีราคาสูงในปริมาณที่
 สามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ตามระดับการให้
 บริการที่กำหนดเท่านั้น ซึ่งปริมาณสั่งซื้อจริงมีเงื่อนไขดังนี้

If $\sum Q'_i$ include material which high price
 and $\sum Q'_i < Q_{FCL}$

Then $Q^*_{ihigh} = OUL_{ihigh} - IOH_{ihigh}$

Else

If $\sum Q'_i < Q_{FCL}$ and all $Q'_i < Q_{ijoint}$

Then $Q^*_i = Q_{ijoint}$

Else $Q^*_i = (OUL_i - IOH_i) + [(Q_{FCL} - \sum Q'_i) \times \mu_{iD}]$

โดยที่ Q^*_{ihigh} ปริมาณสั่งซื้อจริงของวัสดุชนิด i ที่ราคาสูง
 OUL_{ihigh} ระดับคงคลังเป้าหมายของวัสดุชนิด i
 ที่ราคาสูง
 IOH_{ihigh} ปริมาณวัสดุคงคลังปลายคาบ
 ของวัสดุชนิด i ที่ราคาสูง

3) การสั่งซื้อร่วมและการปรับปริมาณสั่งซื้อวัสดุ
 โดยพิจารณาร่วมกันทั้งค่าเฉลี่ยของความต้องการ ราคา
 วัสดุ และความแปรปรวนของปริมาณความต้องการ โดย
 จุดประสงค์ของรูปแบบนี้เพื่อป้องกันวัสดุที่มีความ
 แปรปรวนของความต้องการสูงไม่เพียงพอต่อปริมาณความ
 ต้องการ รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บเช่นเดียวกับ
 รูปแบบที่สอง ซึ่งปริมาณสั่งซื้อจริงมีเงื่อนไขดังนี้

If $\sum Q'_i$ include material which high price
 and $\sum Q'_i < Q_{FCL}$

Then $Q^*_{ihigh} = OUL_{ihigh} - IOH_{ihigh}$

Else

If $\sum Q'_i < Q_{FCL}$ and all $Q'_i < Q_{ijoint}$

Then $Q^*_i = Q_{ijoint}$

Else $Q^*_i = (OUL_i - IOH_i) + [(Q_{FCL} - \sum Q'_i) \times \mu_{iD}]$
 and $Q^*_{icv} = OUL_{icv} - IOH_{icv}$

โดยที่ Q^*_{icv} ปริมาณสั่งซื้อจริงของวัสดุชนิด i ที่ค่า CV สูง
 OUL_{icv} ระดับคงคลังเป้าหมายของวัสดุชนิด i
 ที่ค่า CV สูง
 IOH_{icv} ปริมาณวัสดุคงคลังปลายคาบ
 ของวัสดุชนิด i ที่ค่า CV สูง

4.3 การจำลองสถานการณ์ดำเนินการสั่งซื้อตาม นโยบายที่น่าเสนอ

ในการเลือกนโยบายสั่งซื้อที่เหมาะสมจะใช้วิธีการ
 โดยการนำนโยบายทั้ง 3 รูปแบบมาทดสอบกับแบบจำลอง
 สถานการณ์ที่สร้างขึ้นมา ซึ่งนโยบายที่เหมาะสมจะมี
 ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวม และการกระจายของค่าใช้จ่าย
 รวมที่น้อยที่สุด

โดยองค์ประกอบของแบบจำลองที่ต้องทำการสุ่ม
 ได้แก่ ปริมาณความต้องการในแต่ละคาบ ซึ่งได้มาจากการ
 สุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการ และ ค่าเบี่ยงเบน
 มาตรฐาน (σ_D) ของปริมาณความต้องการของวัสดุแต่ละ
 รายการ

ในส่วนของตัวชี้วัดของแบบจำลอง ได้แก่ ค่าใช้จ่าย การขนส่ง ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาวัตถุดิบคงคลัง และ ระดับการให้บริการตามรอบการสั่ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายการขนส่ง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในท่าเรือปลายทาง (Local Charge) และ ค่าขนส่งระหว่างประเทศ (Freight) ซึ่งขึ้นกับท่าเรือต้นทาง และขนาดของตู้คอนเทนเนอร์ ทั้งนี้สามารถคำนวณ ค่าใช้จ่ายการขนส่งต่อครั้งในกรณีสั่งซื้อเต็มตู้คอนเทนเนอร์ ได้จากสมการที่ 5

$$Transportation\ Cost = Local\ Charge + Freight \quad (5)$$

2) ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาวัตถุดิบคงคลัง เป็นค่าใช้จ่าย ที่แปรผันตามจำนวนวัตถุดิบที่มีอยู่ในคลัง ราคาต่อหน่วย ของวัตถุดิบ และค่าร้อยละการเก็บรักษา 25% ต่อปี ซึ่งสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาต่อคาบ ได้ ดังสมการที่ 6

$$Total\ Holding\ Cost = \sum (IOH_i \times h_i C_i) \quad (6)$$

โดยที่ IOH_i ปริมาณวัตถุดิบคงคลังปลายคาบของวัตถุดิบ i

h_i ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อคาบของ วัตถุดิบ i

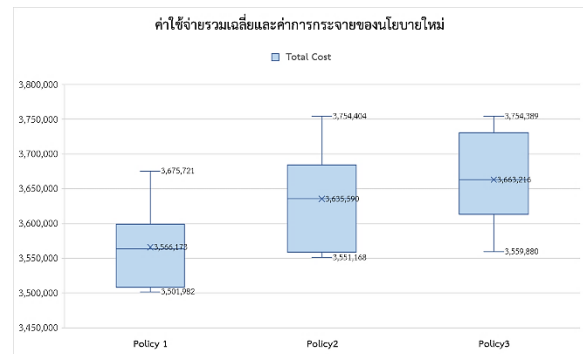
C_i ราคาต่อหน่วยของวัตถุดิบ i

3) ระดับการให้บริการ ในที่นี้หมายถึงระดับการให้บริการ ตามรอบการสั่ง (Cycle Service Level: CSL) โดยสามารถ คำนวณได้จากสมการที่ 7

$$\% CSL = \frac{(Ordering\ Time - Shortage\ Time)}{Ordering\ Time} \times 100\% \quad (7)$$

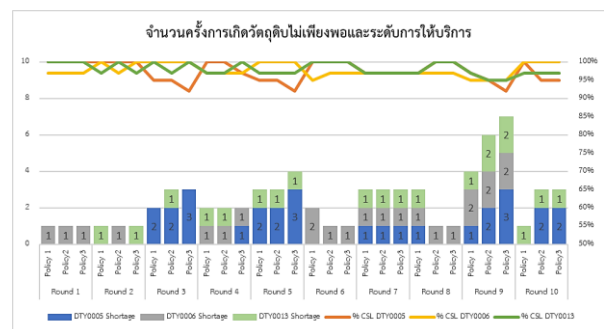
โดยจากการจำลองสถานการณ์สั่งซื้อวัตถุดิบ พบว่า นโยบายที่ 1 ที่ปรับปริมาณสั่งซื้อร่วมโดยพิจารณาจาก ค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการ มีความเหมาะสมกับ วัตถุดิบนำเข้ากรณีศึกษามากที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของ ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และมีการกระจายที่น้อยที่สุดเมื่อ

เทียบกับนโยบายที่ 2 และนโยบายที่ 3 ดังแสดงในแผนภูมิ กล่อง (Box Plot) รูปที่ 2



รูปที่ 2 ค่าใช้จ่ยรวมเฉลี่ยและค่าการกระจาย ของนโยบายที่น่าเสนอ

ทั้งนั้นนโยบายที่ 1 และนโยบายที่ 2 มีระดับการให้ บริการไม่ต่ำกว่า 95% แต่่นโยบายที่ 3 ถึงแม้สามารถ ป้องกันการเกิดวัตถุดิบไม่เพียงพอในวัตถุดิบ DTY0013 ที่มี ความแปรปรวนสูงได้ แต่กลับพบว่าวัตถุดิบรายการ DTY0005 มีระดับการให้บริการเพียง 92% จำนวน 3 รอบ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 จำนวนรอบการเกิดวัตถุดิบไม่เพียงพอ และ %CSL

4.4 การทดสอบนโยบายด้วยการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของนโยบาย สั่งซื้อเกี่ยวกับสถานการณ์ต่างๆ มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบความ คงทน (Robustness) ของนโยบายสั่งซื้อที่เหมาะสมที่สุด ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์สั่งซื้อวัตถุดิบในหัวข้อ 4.3 โดยการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์เป็นไปได้ทั้งการ

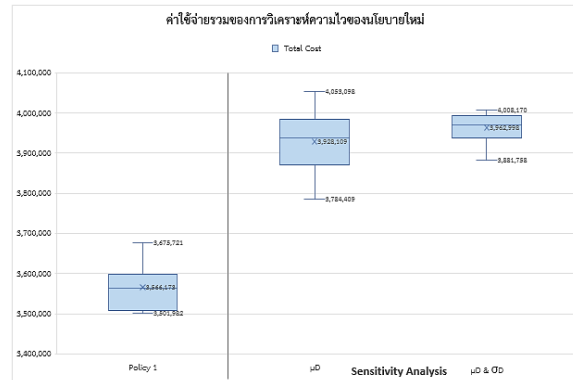
เปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยความต้องการ หรือการเปลี่ยนแปลงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการอย่างใดอย่างหนึ่ง รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทั้งค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการ

โดยจากการศึกษาความเป็นไปได้ในอนาคตทั้งในกลุ่มอุตสาหกรรมและบริษัทกรณีศึกษา จึงเลือก 2 เหตุการณ์ในการทดสอบความไว คือ เหตุการณ์ที่ปริมาณความต้องการลดลง 50% ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ร้ายแรงที่สุดที่บริษัทคาดการณ์ และเหตุการณ์ที่ปริมาณความต้องการลดลง 50% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัตถุดิบบางรายการสูงขึ้น เพื่อให้ค่า CV เป็นระดับ Moderate Variability โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์

Parameter	Base	Sensitivity	
		Scenario 1	Scenario 2
μ_D	X	X - 0.5X	X - 0.5X
σ_D	Y	Y	Y + 0.45Y
CV	Low	Low	Moderate

ทั้งนี้จากแผนภูมิกล่องในรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่านโยบายที่มีเหตุการณ์ที่ปริมาณความต้องการลดลง 50% (Scenario 1) มีค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวมสูงขึ้น 10% จากนโยบายที่ 1 รวมทั้งมีค่าการกระจายของข้อมูลเพิ่มขึ้น 38% ในส่วนของเหตุการณ์ที่ปริมาณความต้องการลดลง 50% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัตถุดิบบางรายการสูงขึ้น (Scenario 2) มีค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวม สูงกว่า 11% เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1 รวมทั้งมีค่าการกระจายของข้อมูลค่าใช้จ่ายรวมลดลง 31% ทั้งนี้ทั้งสองเหตุการณ์สามารถตอบสนองความต้องการได้ด้วยระดับบริการตามรอบการสั่งไม่ต่ำกว่า 95% ตามเป้าหมายเช่นเดียวกับนโยบายที่ 1



รูปที่ 4 ค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยและค่าการกระจายของการวิเคราะห์ความไวของนโยบายใหม่

5. สรุปผลการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองรอบเวลาการสั่งซื้อที่ร่วมกับแนวคิดการสั่งซื้อเต็มตู้คอนเทนเนอร์ และแนวคิดการสั่งซื้อร่วมในการกำหนดนโยบายสั่งซื้อใหม่ พบว่านโยบายที่ออกแบบใหม่ทั้ง 3 รูปแบบสามารถลดค่าใช้จ่ายรวมลงได้จากการดำเนินการสั่งซื้อตามนโยบายปัจจุบัน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลทดสอบนโยบายใหม่กับความต้องการจริงปี 2562 เทียบกับการดำเนินการสั่งซื้อตามนโยบายปัจจุบัน

นโยบาย	ค่าขนส่ง	ค่าใช้จ่ายการเก็บรักษา			
		DTY 0005	DTY 0006	DTY 0013	รวม
1. μ_D	-44%	-31%	-21%	-6%	-34%
2. μ_D , ราคา	-44%	-34%	-19%	-4%	-34%
3. μ_D , σ_D และ ราคา	-45%	-34%	-17%	+3%	-34%

ทั้งนี้นโยบายที่ 1 ที่ให้ความสนใจเพียงค่าเฉลี่ยของปริมาณความต้องการในการปรับปริมาณสั่งซื้อร่วมให้มีปริมาณแบบเต็มตู้คอนเทนเนอร์ มีความเหมาะสมกับวัตถุดิบนำเข้ากรณีศึกษามากที่สุด เนื่องจากผลของการจำลองสถานการณ์ดำเนินการสั่งซื้อตามนโยบายใหม่พบว่านโยบายที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด และมีการกระจายของข้อมูลค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับนโยบายอื่น ทั้งนี้นโยบายที่ 1 สามารถลดค่าใช้จ่ายรวมลงได้ 34%

เมื่อเทียบกับผลของการดำเนินงานตามนโยบายสั่งซื้อ ปัจจุบัน ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายรวมที่ให้ความสนใจ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังนี้ 1) ค่าใช้จ่ายการขนส่งสามารถลดลง 44% ที่เป็นผลมาจากการสั่งซื้อวัตถุดิบแบบเต็มตู้คอนเทนเนอร์ ในทุกรอบการสั่งซื้อ และ 2) ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บรักษา วัตถุดิบคงคลังที่รวมทั้ง DTY0005, DTY0006, DTY0013 สามารถลดลง 117 ดันต่อปี หรือคิดเป็นลดลง 24% จาก นโยบายปัจจุบัน ทั้งนี้จากผลการดำเนินงานตามนโยบาย

สั่งซื้อใหม่ พบว่าระดับการให้บริการตามรอบการสั่งของ วัตถุดิบทุกรายการ ไม่ต่ำกว่า 95% ตามเป้าหมาย โดยที่ วัตถุดิบรายการ DTY0005, DTY0006 และ DTY0013 มีระดับการให้บริการอยู่ที่ 100% นอกจากนี้พบว่านโยบาย สั่งซื้อที่ออกแบบใหม่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย ของปริมาณความต้องการ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ปริมาณความต้องการเพียง 10%-11% เมื่อความต้องการ ลดลง 50% ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เลวร้ายที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] BSP Books Pvt.Ltd. (2019). Scientific inventory control Chapter 29: Published by Elseviser Inc.
- [2] E Rimawan, U Mardono, O Kustiadi, M A Lutfi, and I Saraswati. (2019). *Design analysis of raw materials inventory on TC1118 cloth products with JIT approach*. Paper presented at the IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 673.
- [3] M.J.G Van Eijs. (1994). Multi-item inventory systems with joint ordering and transportation decisions. *Int.J. Production Economics* 35, 285-292.
- [4] ปวีณา เชาวลิตวงศ์. (2561). การกำหนดนโยบายพัสดุคงคลัง ทฤษฎีและกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ (พิมพ์ครั้งที่1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] สุพรรณิษฐ์ จิตธรรม, และ ปวีณา เชาวลิตวงศ์. (2560). การจัดการสินค้าคงคลังสำหรับธุรกิจบริการอาหารแช่แข็งนำเข้า จากต่างประเทศ. วารสารการจัดการ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน 2560).
- [6] ศุภลักษณ์ จงสวัสดิวิบูลย์. (2555). การออกแบบระบบบริหารการจัดซื้อวัสดุนำเข้า. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] ณัฐพล สันแก้ว, และ กาญจน์ภา อมรัชกุล. (2562). การกำหนดนโยบายบริหารสินค้าคงคลังแบบเดิมเต็มร่วมกันหลาย รายการโดยมีข้อกำหนดการจัดส่งแบบเต็มคันรถ: กรณีศึกษา บริษัทจำหน่ายอุปกรณ์สำนักงานทาง E-Commerce แห่งหนึ่งในไทย. วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2562).