

นโยบายการส่งสินค้า สำหรับการขนส่งสองรูปแบบ

จุฑาทิพย์ เจริญประเสริฐกุล และ ปวีณา เชาวลิทวงศ์*

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการโลจิสติกส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

E-mail: c.juthathip@gmail.com, paveena.c@chula.ac.th*

บทคัดย่อ

ความต้องการสินค้าอุปโภคบริโภคมีความผันผวนสูง การเติมเต็มสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการในประเทศที่อยู่ห่างจากฐานการผลิตและต้องใช้เวลาขนส่งนานกว่ารอบของการเติมเต็มสินค้า จะต้องอาศัยค่าพยากรณ์แต่ไม่ใช่ความต้องการที่แท้จริง ค่าพยากรณ์นี้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้ จึงทำให้เกิดเก็บสินค้าคงคลังสำรองเพิ่มขึ้น และในบางครั้งอาจจะต้องขนส่งอย่างเร่งด่วนเพื่อไปตอบสนองความต้องการสินค้าที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลทำให้ต้นทุนสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอนโยบายสำหรับการเติมเต็มสินค้าสองรูปแบบคือ รูปแบบเร่งด่วน และรูปแบบปกติ สำหรับกรณีที่ระยะเวลาการขนส่งสินค้านานกว่ารอบการเติมเต็มสินค้า โดยนโยบายที่นำเสนอได้มีการกำหนดระดับวัสดุพื้นฐาน (Base Stock) เป็นเกณฑ์สำหรับเติมเต็มสินค้า เพื่อให้สามารถลดต้นทุนรวมคือต้นทุนค่าขนส่งและต้นทุนการเก็บสินค้า จากการทดสอบนโยบายกับข้อมูลในอดีตพบว่านโยบายนี้สามารถลดต้นทุนรวมได้ 20% จากเส้นทางที่ทำการทดสอบทั้งหมด

คำสืบค้น

นโยบายการเติมเต็มสินค้า, การขนส่งสองรูปแบบ, การตัดสินใจและการพยากรณ์, ต้นทุนรวม

REPLENISHMENT POLICY FOR TWO-SUPPLY MODE OF TRANSPORTATION

Juthathip Charoenprasertkul and Paveena Chaovalitwongse*

Logistics Management Program, Graduate School,
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

E-mail: c.juthathip@gmail.com, paveena.c@chula.ac.th*

ABSTRACT

The demand for consumer products is highly uncertain. When the demand occurs in the far-from-manufacturer location and the transporting time is longer than the stock review time, the stock replenishment decision is made purely based on the demand forecast, not the actual demand. The forecast value can deviate from the actual value. Thus there incurs more safety stocks or emergency deliveries to protect shortage that might occur from uncertain demand. As a result, the cost of product can be increased. The objective of this research is to propose two-mode (regular mode and expedite mode) replenishment policy for the case that transportation time is longer than stock review time. The proposed policy is developed from base stock model in order to reduce to both transportation cost and inventory cost. The simulation result shows that the proposed policy can reduce total costs by 20%.

KEYWORDS

Replenishment policy, two supply modes, decision and forecast, total costs.

I. บทนำ

สินค้าอุปโภคบริโภคที่มีการแข่งขันอยู่ในตลาดเพื่อแย่งชิงการเป็นผู้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว หลากหลายและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจัยสู่ความสำเร็จของผู้ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคคือ มีสินค้าที่หลากหลายตามที่ผู้บริโภคต้องการ (Right Product) ที่มีราคาเหมาะสม (Right Price) วางสินค้าอยู่ในที่ที่ถูกความต้องการ (Right Place) และจังหวะที่ถูกความต้องการ (Right Time) ดังนั้น นอกจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้ตรงความต้องการของผู้บริโภคแล้ว ผู้ผลิตสินค้าประเภทนี้พยายามที่จะลดต้นทุนการผลิตของตนเองโดยการผลิตสินค้าจากฐานการผลิตที่มีต้นทุนการผลิตต่ำและสามารถกระจายสินค้าไปยังแหล่งผู้บริโภคได้อย่างสะดวก เพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ในอุตสาหกรรม

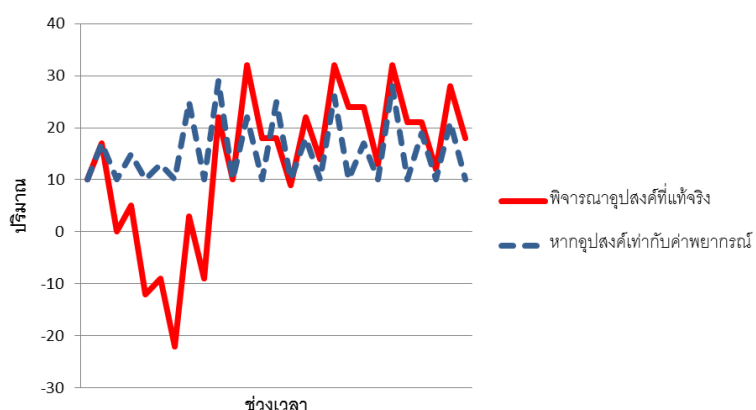
เมื่อต้องพิจารณาถึงต้นทุนของการผลิตสินค้าชนิดหนึ่งนั้น ควรพิจารณาจากต้นทุนรวม กล่าวคือนอกจากต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแล้ว ยังต้องมีต้นทุนในการทำการส่งเสริมการขาย และต้นทุนที่ขาดไม่ได้ นั่นก็คือ ต้นทุนโลจิสติกส์ โดยต้นทุนโลจิสติกส์นี้ คือต้นทุนในการทำให้สินค้าไปถึงมือผู้บริโภค [1] ดังนั้นในการเลือกโรงงานที่จะเป็นฐานการผลิตนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงผู้ผลิตต้องพิจารณาถึงคือ การลดต้นทุนรวม (Total Cost) เพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขันเพื่อเป็นตัวเลือกทางการผลิต นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศที่เป็นฐานการผลิตอีกด้วย

สำหรับโรงงานการผลิตขององค์กรการผลิตขนาดใหญ่ที่มีฐานการผลิตหลายแห่งทั่วโลก และผลิตสินค้าเป็นจำนวนมาก (Mass Production) แต่ละฐานการผลิตจะได้รับคำสั่งซื้อหรืออุปสงค์ (Demand) จากทั้งภายในประเทศที่โรงงานตั้งอยู่และต่างประเทศ แต่คำสั่งซื้ออาจจะไม่ได้รับการตอบสนองทันทีเนื่องจากมีเวลานำ (Leadtime) หรือระยะเวลาในการตอบสนองความต้องการทั้งจากการผลิตและการขนส่งเอง การส่งสินค้าไปแต่ละจุดหมายที่อยู่ภายในประเทศและต่างประเทศจะมีระยะเวลายานขนส่งที่ต่างกัน เช่น การผลิตในประเทศไทย ใช้การขนส่งทางถนนเพื่อส่งสินค้าภายในประเทศใช้เวลาขนส่ง 3 วัน แต่เมื่อส่งสินค้าไปในประเทศอื่นๆ ที่ใช้การขนส่งทางเรือ จะมีระยะเวลายานขนส่งและระยะเวลายานผ่านศุลกากรที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ระยะเวลายานขนส่งสั้น โดยใช้เวลาเพียงแค่ 14 วัน ไปถึงการขนส่งที่ยาวนานถึง 42 วัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้องค์กรผู้ผลิตต้องมีการเตรียมสินค้าล่วงหน้าโดยใช้การพยากรณ์ (Forecasting) เพื่อเตรียมการผลิตและส่งสินค้าได้ทันเวลาที่ผู้บริโภคต้องการสินค้า

อย่างไรก็ดี การพยากรณ์ก็ยังคงเป็นการพยากรณ์ ไม่ใช่อุปสงค์ที่แท้จริง จึงอาจเกิดความผิดพลาดได้ พิจารณาจากรูปที่ 1

รูปที่ 1

ระดับสินค้าคงคลังเปรียบเทียบอุปสงค์จากค่าพยากรณ์และอุปสงค์ที่แท้จริง



หากอุปสงค์เท่ากับค่าพยากรณ์ (เส้นประ) ระดับสินค้าคงคลังก็จะอยู่ในระดับที่องค์กรต้องการ แต่เมื่ออุปสงค์ที่แท้จริงเกิดขึ้น (เส้นทึบ) ซึ่งไม่ได้ตรงตามค่าพยากรณ์ โดยเฉพาะในช่วงต้นที่ต่างกับค่าพยากรณ์มาก ทำให้องค์กรประสบกับช่วงที่สินค้าขาด ซึ่งนั่นก็หมายถึงต้นทุนสินค้าขาด และหากเกิดเหตุการณ์ในทางกลับกัน ก็จะทำให้เกิดต้นทุนสินค้าคงคลัง

II. การวิเคราะห์ปัญหาและวัตถุประสงค์งานวิจัย

การพยากรณ์การขายกับระยะเวลาการตอบสนองของความต้องการนั้นมีความสัมพันธ์กัน ยิ่งระยะเวลาในการตอบสนองสั้นเท่าไร ความผิดพลาดของการพยากรณ์ก็ยิ่งลดลง [2] เพราะหากสามารถพยากรณ์ได้ในเวลาที่จะเกิดการขายจริง ก็จะสามารถเข้าใจความเคลื่อนไหวในตลาดช่วงนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภค การแข่งขันจากคู่แข่ง หรือปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่ส่งผลกับการขาย เช่น การเมือง ภัยธรรมชาติ ซึ่งหมายความว่า หากสามารถลดระยะเวลาตอบสนองลงได้ ค่าพยากรณ์ก็จะแม่นยำขึ้น ดังนั้น เพื่อลดความผิดพลาดในการพยากรณ์ วิธีการขนส่งที่สามารถลดระยะเวลาในการขนส่งลง เช่น จากปกติที่ขนส่งทางเรือ ก็เพิ่มวิธีการขนส่งทางอากาศ แต่โดยปกติแล้ว วิธีการขนส่งที่รวดเร็วขึ้น มักมีค่าขนส่งที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้นนี้ ต้องนำมารวมกับต้นทุนรวมที่กล่าวไปข้างต้น

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานโยบายการส่งสินค้าสำหรับการส่งสินค้าสองรูปแบบนั่นก็คือ รูปแบบปกติและรูปแบบเร่งด่วน ซึ่งนโยบายการส่งสินค้านี้ จะสามารถตอบคำถามว่าควรจะส่งสินค้าเมื่อไหร่ และที่ปริมาณเท่าไร สำหรับการขนส่งทั้งสองรูปแบบภายใต้ต้นทุนรวมที่เหมาะสม

2.1 ต้นทุนสินค้าคงคลัง ต้นทุนการขนส่ง และระดับความพึงพอใจลูกค้า (Inventory Costs, Transportation Costs and Customer Service Level)

การลดต้นทุนรวมในที่นี้ หมายถึงการพิจารณาการ Trade Offs ระหว่างต้นทุน 3 ชนิดคือ ต้นทุนสินค้าคงคลัง ต้นทุนการขนส่ง และการตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภค กล่าวคือ หากไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ก็อาจเสียโอกาสทางการขาย เกิดต้นทุนสินค้าขาดแคลน แต่หากเก็บสินค้ามากเกินไปความต้องการของลูกค้า ก็ต้องเสียต้นทุนในการเก็บสินค้าซึ่งเป็นต้นทุนสินค้าคงคลัง หรือหากมีสินค้าผลิตพร้อมส่ง และมีความต้องการของลูกค้าทันที ก็ต้องเลือกว่าจะยอมจ่ายต้นทุนการขนส่งสูงขึ้นและส่งสินค้าในรูปแบบที่รวดเร็วขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายมากกว่า เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือหากไม่ต้องการขนส่งแพง และไม่ต้องการเสียระดับการตอบสนองความต้องการของลูกค้า ก็ยอมเก็บสินค้าคงคลังในระดับสูง

2.2 การพิจารณาวิธีการขนส่งมากกว่า 1 รูปแบบ (Multiple Delivery Options)

ความผันผวนของอุปสงค์ หรือความต้องการของผู้บริโภครวมกับระยะเวลาในการตอบสนองที่ยาวนาน โดยเฉพาะการขนส่งที่ยาวนานกว่าระยะเวลาการตัดสินใจในการส่งสินค้า ทำให้การวางแผนในการสั่งซื้อ การผลิต การจัดจำหน่าย รวมถึงแผนการในการกำหนดสินค้าคงคลังเป็นเรื่องที่ยากขึ้น เหนือไปกว่านั้นการบิดเบือนของอุปสงค์ หรือที่เรียกว่าผลกระทบบูลวิป (Bull-Whip Effect)

[3] เพื่อลดความผันผวนหรือการบิดเบือนของอุปสงค์ จึงมีการพิจารณาการขนส่งที่มากกว่าหนึ่งรูปแบบ

ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาในกรณีการขนส่ง 2 รูปแบบคือทางเรือและทางอากาศ การขนส่งทางเรือมีระยะเวลาการขนส่งที่แน่นอน ซึ่งถือว่าเป็นรูปแบบการขนส่งแบบปกติ และเป็นรูปแบบการขนส่งที่สามารถดำเนินการได้ทันทีที่ต้องการส่งสินค้า สำหรับการขนส่งทางอากาศเป็นรูปแบบการขนส่งเร่งด่วน โดยต้นทุนขนส่งในงานวิจัยนี้จะคิดเป็นส่วนเพิ่ม (Incremental Analysis) กล่าวคือ ไม่มีต้นทุนของการขนส่งทางเรือเนื่องจากการขนส่งที่ต้องมีอยู่แล้ว และต้นทุนขนส่งทางอากาศคือต้นทุนผันแปรเพิ่มขึ้นจากรูปแบบการขนส่งทางเรือ ทั้งนี้เนื่องจากการขนส่งสินค้าทางเรือมักเป็นการขนส่งที่รวมปริมาณการขนส่งสินค้าเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะกับองค์กรขนาดใหญ่ที่สามารถรวมสินค้าทั้งหมดส่งไปในการขนส่งแต่ละครั้ง สำหรับการขนส่งรูปแบบที่รวดเร็วขึ้นนี้ ไม่ใช่ทุกชนิดสินค้าและไม่ใช่จำนวนทั้งหมดของสินค้าที่ต้องทำการขนส่งในรูปแบบที่รวดเร็วขึ้น ดังนั้นการขนส่งในรูปแบบปกติจึงยังคงดำเนินต่อไปเพื่อตอบสนองความต้องการปกติ ทำให้การขนส่งในรูปแบบที่รวดเร็วขึ้น เป็นการเพิ่มต้นทุนการขนส่งในรูปแบบนี้ แต่ไม่ได้ทำการลดต้นทุนการขนส่งในรูปแบบปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการขนส่งรูปแบบปกติ เป็นต้นทุนคงที่ ที่องค์กรทำสัญญากับบริษัทขนส่ง และจ่ายไว้ล่วงหน้า

2.3 การบริหารสินค้าคงคลังที่มีการพยากรณ์การขายไว้ล่วงหน้า (Inventory Management with Demand Forecasting)

การเลือกวิธีการพยากรณ์การขายอาจส่งผลกับการเลือกวิธีจัดการสินค้าคงคลัง ทำให้งานวิจัยหลายๆ งานเลือกที่จะมองข้ามวิธีที่ใช้พยากรณ์แต่มาพิจารณาวิธีการป้องกันระดับสินค้าคงคลังจากการพยากรณ์นั้นๆ [4] ซึ่งเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ ที่จะเลือกนำค่าพยากรณ์มาใช้วิเคราะห์วิธีจัดการสินค้าคงคลัง แต่สำหรับการดำเนินงานปัจจุบันนี้ ค่าพยากรณ์นี้อาจเปลี่ยนแปลงทุกเดือน หรือไม่เปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอุปสงค์ที่ผ่านมาในอดีต หรืออาจทำการเปลี่ยนแปลงบ่อยขึ้น หากได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการขายที่เปลี่ยนไป เช่น การทำกิจกรรมส่งเสริมการขาย การทำการปรับปรุงสินค้าคงคลังที่คลังสินค้าของลูกค้า หรือการได้รับแจ้งการเปลี่ยนแปลงค่าพยากรณ์ของลูกค้า เป็นต้น ทำให้ค่าพยากรณ์นี้ ไม่มีช่วงเวลาแน่นอนที่จะมีการเปลี่ยนแปลง แต่หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น ค่าพยากรณ์นี้เป็นค่าพยากรณ์ที่พยากรณ์ยาวนานเป็นปีล่วงหน้า และการเปลี่ยนแปลงค่าพยากรณ์สำหรับองค์กรขนาดใหญ่ ค่าพยากรณ์มักจะเป็นค่าที่ได้รับข้อมูลจากหลายๆ ฝ่าย เช่น ฝ่ายขาย ฝ่ายติดต่อลูกค้า ฝ่ายกิจกรรมส่งเสริมการขาย ขณะเดียวกัน ค่าพยากรณ์นี้ก็ยังมีอีกหลายฝ่ายที่ต้องนำไปใช้ เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดซื้อ เป็นต้น และค่าพยากรณ์นี้ก็มักจะอยู่ในระบบที่ทุกฝ่ายเข้าไปดูข้อมูลเดียวกันได้ ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าพยากรณ์นั้น ไม่ใช่เรื่องที่ทำได้จากฝ่ายงานเดียว

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ก็จะไม่พิจารณาถึงวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์ แต่จะนำค่าพยากรณ์ที่ได้รับมาเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับความต้องการของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริง เพื่อหาวิธีการกำหนดสินค้าคงคลังที่เหมาะสม

III. วรณกรรมปริทัศน์

ทฤษฎีที่กล่าวถึงนโยบายการตัดสินใจในการส่งสินค้า มักได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการระบบสินค้าคงคลัง หากแบ่งแยกตามระบบการพิจารณาระดับสินค้า ระบบการบริหารสินค้าคงคลังแบบ Periodic Review คือระบบที่มีการพิจารณาระดับสินค้าเป็นช่วงๆ หรือเป็น Period ไป หนึ่งในนโยบายที่สามารถลดต้นทุนได้ต่ำที่สุดก็คือ Order-up-to-Level (R,s,S) ที่ R คือระยะเวลา 1 Period และเมื่อใดที่ระดับสินค้าคงคลังตกลงสู่ระดับ s ก็จะส่งสินค้าออกไปให้ไปถึงระดับ S [5],[6] และแนวคิดหนึ่งที่ใช้ในการกำหนดระดับ s และ S คือการกำหนดจาก Service Level ที่องค์กรต้องการ และได้ค่า s เท่ากับปริมาณอุปสงค์โดยเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาตอบสนอง รวมทั้ง Safety Stocks [7]

สำหรับกรณีที่มีการพยากรณ์การขายล่วงหน้า หรือองค์กรได้รับข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณที่จะต้องขายล่วงหน้า ดูเหมือนว่านโยบายคลังวัสดุพื้นฐาน (Base stock) และ นโยบาย (s,S) เป็นนโยบายที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด [8],[9] ได้แสดงให้เห็นว่า หากมีต้นทุนคงที่ในการส่งสินค้า นโยบาย (s,S) เป็นนโยบายที่เหมาะสมที่สุด ขณะที่นโยบาย Base-Stock เหมาะสมที่สุดในกรณีที่ไม่มีต้นทุนคงที่สำหรับองค์กรที่มีค่าพยากรณ์ล่วงหน้า นอกจากนี้ในงานนี้ยังแสดงให้เห็นว่า องค์กรไม่มีความจำเป็นต้องพยากรณ์การขายล่วงหน้าไปเกินกว่าช่วงเวลาที่สามารถควบคุมได้ เพราะส่วนที่เกินไปไม่ได้นำมาพิจารณาในการตัดสินใจส่งสินค้า ขณะที่ [10] แสดงให้เห็นว่านโยบาย คลังวัสดุพื้นฐาน เหมาะสมที่สุดสำหรับการบริหารสินค้าคงคลังแบบที่มีการได้รับข้อมูลล่วงหน้าเพียงแต่ในงานดังกล่าว จะจำกัดปริมาณกำหนดระดับการส่งสินค้าที่ต่ำที่สุดด้วย เพื่อให้เหมาะสมกับการผลิตที่มีข้อจำกัด [4],[11] ทำการพิจารณาระดับ s และ S ที่เหมาะสมในรูปแบบที่มีข้อมูลการพยากรณ์ล่วงหน้า โดยสมมติฐานหลักที่ใช้คือ วิธีการพยากรณ์ไม่มีความเกี่ยวข้องกับนโยบายสินค้าคงคลัง โดยระดับ s ที่แนะนำก็คือ ระดับที่ต่ำที่สุดที่ไม่ทำให้เกิดของขาด ขณะที่ระดับ S ในแต่ละ Period จะเลือกค่าที่สูงที่สุดระหว่างค่า S ที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยอุปสงค์ระหว่างระยะเวลาตอบสนอง กับค่าพยากรณ์ ทำให้วิธีนี้ ไม่แตกต่างกับวิธีคลังวัสดุพื้นฐาน เท่าไรนัก เพียงแค่มีการประยุกต์ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับ S ได้เล็กน้อย

เมื่อพิจารณานโยบาย ในกรณีที่มาทางเลือกในการขนส่ง 2 รูปแบบ [12] ได้พัฒนาด้านแบบที่เหมาะสมสำหรับกรณีที่มีทางเลือกในการส่งสินค้า 2 รูปแบบ แต่เป็นต้นแบบสำหรับการพิจารณาระดับสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง (Continuous Review) งานวิจัยฉบับนี้ ต่างกับงานวิจัย [13] ตรงที่พิจารณาระดับสินค้าคงคลังแบบ Periodic Review พวกเขาไม่ได้พบวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพียงแต่เสนอวิธีการเพิ่มเติม โดยวิธีที่ได้เป็นวิธีที่กำหนดให้รูปแบบการขนส่งแบบปกติ เป็นการส่งสินค้าแบบ Period แต่ว่ารูปแบบเร่งด่วน สามารถส่งได้อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ทุกๆ Period T ระดับสินค้าอยู่ที่ระดับ R เสมอ ซึ่งก็มีความคล้ายกับนโยบาย คลังวัสดุพื้นฐาน โดยงาน [13] ต่างกับงานวิจัยฉบับนี้ตรงที่ พิจารณาระยะเวลาการขนส่งที่สั้นกว่าระยะเวลาการพิจารณาระดับสินค้า และการส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วน ไม่มีต้นทุนผันแปรเพิ่มเติม มีเพียงต้นทุนคงที่ที่เพิ่มขึ้น

ขณะที่ [14] ศึกษาต้นแบบสินค้าคงคลังที่มีรูปแบบการขนส่ง 2 รูปแบบเช่นเดียวกัน โดยกำหนดให้รูปแบบหนึ่งการส่งสินค้าเกิดขึ้นได้ทันที กับอีกรูปแบบหนึ่งใช้เวลา 1 Period โดยทั้งสองรูปแบบมีทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน สิ่งที่ได้คือ ได้ต้นแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนโยบาย (s,S) นอกจากนี้ [15] ได้สร้างต้นแบบสำหรับอุปสงค์ที่มีลักษณะคงที่ [16] ได้นำ Markov Chain มาใช้ แล้วก็ค้นพบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดก็คือวิธี (s,S) คลังวัสดุพื้นฐาน นั่นเอง

เมื่อกล่าวถึงการตัดสินใจในการส่งสินค้า เมื่อมีรูปแบบการขนส่งสองรูปแบบ และมีการพยากรณ์การขายล่วงหน้า [17] ได้สร้างต้นแบบสินค้าคงคลังในกรณีที่มีรูปแบบการส่งสินค้า 2 รูปแบบโดยรูปแบบการขนส่งแบบปกติ ใช้เวลา 2 Period และรูปแบบการขนส่งแบบรวดเร็วใช้เวลา 1 Period และมีการปรับปรุงค่าพยากรณ์ที่ต้นและปลาย Period ต้นทุนค่าขนส่งเป็นต้นทุนผันแปรตามปริมาณที่ส่ง แต่พิจารณาในกรณีที่ต้นทุนของรูปแบบการขนส่งทั้งสองรูปแบบ กล่าวคือ หากส่งรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ก็ไม่ต้องเสียต้นทุนของอีกรูปแบบหนึ่ง ทำให้งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่า นโยบาย (s,S) คลังวัสดุพื้นฐาน เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดกับการส่งสินค้าลักษณะนี้ โดยผู้วิจัยก็ได้กำหนดระดับของ S ของรูปแบบการขนส่งทั้ง 2 รูปแบบ ต่อมาผู้วิจัยก็ได้ขยายขอบเขตงานนี้ออกไป [18] โดยกำหนดให้มีทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันทั้งสองรูปแบบการขนส่ง อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวก็ยังคงพบว่าวิธีที่เหมาะสมที่สุด ก็คือนโยบาย (s,S)

นอกจากนี้ [2] ได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการขนส่งกับค่าพยากรณ์ โดยหาระยะเวลาการขนส่งที่ยาวนานเท่าไร ยิ่งทำให้ค่าพยากรณ์มีความแม่นยำน้อยลง ขณะที่การส่งสินค้าโดยยิ่งส่งด้วยเวลาใกล้เท่าไร ยิ่งเสียต้นทุนมากขึ้น ซึ่งงานฉบับนี้เป็นงานที่กำหนดวิธีการหาปริมาณสินค้าที่เหมาะสมที่สุดกับรูปแบบการขนส่ง 2 รูปแบบเช่นกัน จากนโยบายที่ได้กล่าวไปทั้งหมด สามารถนำมาสรุปแนวคิดที่นำมาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ ดังตารางที่ 1

IV. นโยบายการส่งสินค้า สำหรับการขนส่งสองรูปแบบ

จากเดิมที่นโยบายการส่งสินค้า มักเกิดจากการกำหนดระดับ Safety Stocks แล้วเมื่อใดก็ตามที่ระดับสินค้าคงคลัง ลดลงจนถึงระดับ Safety Stocks ก็จะทำการส่งสินค้าเพิ่ม ซึ่งปัญหาของนโยบายนี้คือ (1) ระดับ Safety Stocks ที่ไม่ได้รองรับการเปลี่ยนแปลงของค่าอุปสงค์ต่อค่าพยากรณ์ กล่าวคือค่า Safety stocks นี้มักกำหนดตามระยะทางในการขนส่ง หากขนส่งไกล ก็เก็บ Safety stocks มาก ทำให้รองรับการเปลี่ยนแปลงของค่าอุปสงค์ได้ไม่ดี หรืออาจต้องเก็บสินค้าคงคลังมากเกินไป (2) นโยบายการส่งสินค้าเช่นนี้ ไม่สามารถสร้างการตัดสินใจที่เหมาะสมเมื่อมีการขนส่ง 2 รูปแบบ

นโยบายที่จะนำมาใช้ตัดสินใจส่งสินค้า เมื่อมีการขนส่ง 2 รูปแบบ ที่จะพัฒนาขึ้น ต้องสามารถนำมาปรับใช้กับระบบการส่งสินค้าได้ โดยจากระบบการสินค้าที่มี นำมากำหนดสมมติฐานของนโยบายการส่งสินค้าได้ ดังนี้

- ระยะเวลาการขนส่งของการขนส่งรูปแบบปกติยาวกว่าระยะเวลาการขนส่งของรูปแบบเร่งด่วน
- ใน Period หนึ่งๆ จะมีการส่งสินค้ามากที่สุดอย่างละครึ่ง ของรูปแบบการขนส่งทั้งสองรูปแบบ
- อุปสงค์ที่ไม่ได้รับการตอบสนอง ลูกค้าจะมาเบิกสินค้าเมื่อมีสินค้าพร้อมขาย (Fully Backlogged)
- ไม่ว่าจะส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วนหรือไม่ ก็จะมีต้นทุนการขนส่งของรูปแบบปกติเท่าเดิมเสมอ
- การขนส่งรูปแบบเร่งด่วน ทำให้เกิดต้นทุนผันแปรต่อหน่วยเพิ่มขึ้น ตามจำนวนที่ขนส่ง
- มีสินค้าพร้อมที่โรงงานการผลิตหรือศูนย์กระจายสินค้าที่ต้นทางทุกครั้งที่ทำกาส่งสินค้า

4.1 ข้อมูลตั้งต้นในการตัดสินใจ

ก่อนที่จะทำการตัดสินใจส่งสินค้า ทุกๆจุดเริ่มต้นของ Period การตัดสินใจจะเกิดขึ้นจากข้อมูลตั้งต้น โดยข้อมูลนี้ ประกอบด้วย

วรรณกรรมปริทัศน์	ขอบเขต		นโยบายที่เหมาะสมที่สุด (Optimal policy)	ประเด็นที่นำไป ประยุกต์ใช้กับ งานวิจัย
	มีการ พยากรณ์	2 รูปแบบ ขนส่ง		
[4]	x		(s,S)	การคำนวณระดับ (s,S)
[5]	x		Order-up-to-level	จากระดับ Service
[6]	x		(R,s,S) เมื่อ R (Period) =1	Level
[8], [9]	x		(s,S) ในกรณีที่มี ต้นทุนคงที่ คลังวัสดุพื้นฐาน ในกรณีที่ไม่มี ต้นทุนคงที่	การพิจารณาในกรณีที่ ไม่มีต้นทุนคงที่ และ การนำค่าพยากรณ์มา ใช้เฉพาะช่วงที่อยู่ ในช่วงระยะเวลา ตอบสนองเท่านั้น
[10]	x		คลังวัสดุพื้นฐาน	การนำ คลังวัสดุ พื้นฐาน Policy มาใช้ เพื่อกำหนดปริมาณการ ส่ง
[12]		x	(T,R)	เป็นแนวคิดที่คล้ายกับ วิธีคลังวัสดุพื้นฐานที่ใช้ ในงานวิจัยนี้
[13], [14], [15]		x	(s,S) คลังวัสดุ พื้นฐาน	การนำ วิธีคลังวัสดุ พื้นฐานมาเป็นต้นแบบ ในการคำนวณ
[2]	x	x	(s,S) คลังวัสดุ พื้นฐาน	ความสัมพันธ์ของค่า พยากรณ์ ต้นทุน และ ระยะเวลาตอบสนอง
[16]	x	x	(s,S) คลังวัสดุ พื้นฐาน	การเปลี่ยนแปลงของ ระดับสินค้าคงคลัง เมื่อ มีการปรับปรุงค่า พยากรณ์

ตารางที่ 1

สรุปแนวคิดที่นำมาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

4.1.1 ข้อมูลสินค้าคงคลัง

ที่จุดเริ่มต้นของช่วงเวลา (Beginning Period) ที่ Period i ทำการตัดสินใจการส่งสินค้าไป
ที่จุดเริ่มต้นของ Period $i + L$ โดยที่ L คือระยะเวลาในการตอบสนองความต้องการของ
ลูกค้า แต่พิจารณาระดับสินค้าคงคลัง ณ Period i โดยกำหนดให้ระดับสินค้าที่จุดเริ่มต้น
ของ Period i เป็น X_i

ค่าของ X_i ได้รับการปรับปรุงจาก ระดับสินค้าคงคลังเริ่มต้นก่อนหน้า กำหนดให้เป็น X_{i-1} รวมกับสินค้าเข้าในช่วงเวลานั้นคือ I_{i-1} แล้วลบออกด้วยอุปสงค์ในช่วงเวลานั้น กำหนดให้ D_{i-1} เป็นดังสมการ (1)

$$X_i = X_{i-1} + I_{i-1} - D_{i-1}, i \in \{1, 2, \dots\} \quad (1)$$

4.1.2 ข้อมูลค่าพยากรณ์

สำหรับข้อมูลค่าพยากรณ์ (F_i) นี้ จากเดิมเป็นค่าที่ไม่ได้รับการปรับปรุง คือใช้ค่าที่ได้รับการพยากรณ์ไว้ล่วงหน้า หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากผู้ทำการพยากรณ์ ก็จะใช้ค่านั้นเสมอ แต่สำหรับการปรับปรุงกระบวนการนี้ จะทำการปรับปรุงค่าพยากรณ์เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากขึ้น ในการนำมาตัดสินใจส่งสินค้า ซึ่งการปรับปรุงค่าพยากรณ์นี้ จะใช้วิธีการปรับจากตัววัดความผิดพลาดของค่าพยากรณ์ที่เรียกว่า Mean Absolute Deviation (MAD) ซึ่งค่าพยากรณ์ที่นำมาปรับปรุงนี้ เป็นค่าพยากรณ์ F_i ไปถึง F_{i+L} ที่เห็นที่ Period X_i ซึ่งค่าพยากรณ์จะได้รับการปรับปรุงโดยใช้สูตร $\sigma = 1.25 \text{MAD}$ เพื่อให้นโยบายที่จะตัดสินใจส่งสินค้านี้ครอบคลุมความผิดพลาดของค่าพยากรณ์ต่อค่าอุปสงค์ [19], [20] โดยค่านี้น่ามาปรับปรุง โดยนำไปใส่ในปริมาณการส่งสินค้าที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.2 การตัดสินใจส่งสินค้า

การดำเนินงานการส่งสินค้า สำหรับ Periodic review ที่มีระยะเวลาในการพิจารณาระดับสินค้าคงคลังสั้น แต่มีระยะเวลาในการขนส่งนานนี้ รูปแบบการปรับปรุงการดำเนินงาน ยังคงยึดนโยบายคลังวัสดุพื้นฐาน แต่มีการทำให้ชัดเจนยิ่งขึ้น กล่าวคือ ด้วยเหตุผลที่วิธีนโยบายคลังวัสดุพื้นฐาน เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับรูปแบบการบริหารสินค้าคงคลังแบบ Periodic Review System ที่มีการพยากรณ์ หรือการรู้ข้อมูลอุปสงค์ล่วงหน้า สำหรับขององค์กรขนาดใหญ่ที่มีการขนส่งรองรับการส่งสินค้าทุก Period องค์กรจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมองหาวิธีการเก็บสินค้าไว้หลายๆ Period เพราะอย่างไรก็ดี องค์กรก็ยังคงต้องจ่ายต้นทุนการขนส่งสินค้าทุก Period และด้วยเหตุผลมีสินค้าเข้าได้ทุกๆ Period ทำให้วิธีการเติมสินค้าทุกๆ Period ดังนโยบายคลังวัสดุพื้นฐาน เป็นวิธีที่ทำให้เกิดต้นทุนการเก็บสินค้าคงคลังต่ำที่สุด เพราะส่งเพื่อเติมเต็มความต้องการในแต่ละ Period เท่านั้น

ในส่วนที่กล่าวว่าสร้างความชัดเจนยิ่งขึ้นก็คือ ปริมาณสินค้าที่ควรส่ง จากเดิมสินค้าจะถูกส่งไปเติมเต็มค่าพยากรณ์และค่า Safety Stocks ที่ไม่มีรูปแบบชัดเจน เช่น เจ้าหน้าที่คนหนึ่ง เห็นว่าการส่งสินค้าไปยังประเทศที่มีระยะเวลาการขนส่งนาน 42 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่ยาวนาน เพื่อรักษาระดับสินค้าคงคลัง ไม่ให้มีสินค้าขาด เจ้าหน้าที่คนนั้นจึงกำหนดระดับ Safety Stocks ของสินค้าที่อยู่ในความดูแลของตนเองไว้ที่ 60 วัน ขณะที่เจ้าหน้าที่อีกคน ไม่ต้องการให้สินค้าตนเองมีระดับสินค้าคงคลังสูงเกินไป จึงกำหนดระดับ Safety Stocks ไว้ที่ 30 วัน โดยเจ้าหน้าที่ทั้งสองคน ไม่ได้มีวิธีการคำนวณที่ชัดเจน

ในวิธีใหม่นี้ จะนำวิธีการกำหนดระดับสินค้าคงคลัง จากระดับการตอบสนองลูกค้าที่องค์กรกำหนดขึ้น โดยจากนี้จะเรียกว่า Service Level มาใช้ ปกติแล้ว Service Level นี้จะถูกกำหนด

ขึ้นจากปริมาณที่องค์กรยอมรับได้ที่จะมีสินค้าตอบสนองความต้องการเท่ากับ Service Level และอาจเสียความสามารถในการตอบสนองไปส่วนหนึ่ง สำหรับส่วนที่อยู่นอกเหนือจาก Service Level นี้ วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการลดระดับสินค้าคงคลัง เพราะว่าปริมาณสินค้าคงคลังที่เก็บจะเท่ากับปริมาณอุปสงค์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาหนึ่งๆ เท่านั้น [21]

จากสูตร Reordered Point (ROP)

$$R = \bar{d}L + Z\sigma_d\sqrt{L} \quad (2)$$

ซึ่ง R = Reordered Point (ROP); $\bar{d}$ = Average Daily Demand คือ อุปสงค์เฉลี่ยต่อวัน; L = Lead Time คือ ระยะเวลาในการตอบสนอง; σ_d = ค่าความเบี่ยงเบนของอุปสงค์ต่อวัน; Z = ค่า Z ของ Service Level; $Z\sigma_d\sqrt{L}$ = Safety Stocks

จากสมการ (2) ค่า R ได้ครอบคลุมค่าอุปสงค์เฉลี่ยต่อระยะเวลา และ Safety Stocks ไว้แล้ว ดังนั้นจะนำสูตรนี้มาประยุกต์ให้เป็นระดับสินค้าที่ควรมีทุกๆ Period

แต่ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นว่า องค์กรมีความสามารถในการขนส่งสินค้าได้ทุกๆ Period ทำให้ระดับสินค้าที่พึงมี ไม่จำเป็นต้องมีเพื่อครอบคลุมตลอดช่วงของระยะเวลาการตอบสนอง เพราะใน Period ถัดไปไปถึงแม้อยู่ในช่วงระยะเวลาตอบสนองหนึ่งๆ ก็ยังคงมีสินค้าเข้ามาเสมอ จึงเสนอให้ปรับปรุงสูตรในพจน์แรกนี้เป็นค่าพยากรณ์ของ Period นั้นๆ แล้วไปรวมกับพจน์หลังซึ่งก็คือ Safety Stocks ก็เพียงพอ

จากการปรับปรุงค่าพยากรณ์ เนื่องจากการส่งสินค้าขององค์กรเป็นการส่งสินค้าตามค่าพยากรณ์ ดังนั้นความเบี่ยงเบนของค่าอุปสงค์ (σ_d) ในที่นี้ จะแทนที่ด้วยค่าความผิดพลาดของค่าพยากรณ์อุปสงค์ เพราะการมี Safety stocks ในครั้งนี้ คือ Safety stocks ที่จะป้องกันระดับสินค้าในส่วนที่ค่าอุปสงค์จริงผิดเพี้ยนไปจากค่าพยากรณ์ ดังนั้น จะแทนด้วย 1.25MAD

เพราะฉะนั้น ปริมาณสินค้าที่ควรจะมีเต็มเต็มทุกๆ Period i กำหนดให้เป็น R_i

$$R_i = F_{i+L} + Z(1.25MAD)_i\sqrt{L} \quad (3)$$

ซึ่ง R_i = ระดับคลังสินค้าพื้นฐานของ Period i ; F_{i+L} = Forecast of Period $i+L$ คือค่าพยากรณ์ ณ Period ที่จะส่งสินค้า; L = Lead Time คือ ระยะเวลาในการตอบสนอง; MAD_i = Mean Average Deviation คือ ค่าความเบี่ยงเบนของค่าพยากรณ์ของ Period i ; Z = ค่า Z ของ Service Level; $Z(1.25MAD)_i$ = Safety Stocks

4.2.1 การตัดสินใจส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วน

จากเดิมที่การตัดสินใจส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วนนี้ เป็นการตัดสินใจที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีการวางแผนเกิดขึ้นเมื่อองค์กรมองเห็นล่วงหน้าจากค่าพยากรณ์ที่กำหนดว่ากำลังจะมีของขาดก็อาจจะส่ง หรือไม่ส่ง ทำให้ไม่มีวิธีการป้องกันของขาดอย่างชัดเจน

ดังนั้น เพื่อแสดงให้เห็นว่าการส่งสินค้าด้วยรูปแบบที่รวดเร็วขึ้นนี้ สามารถเป็นเครื่องมือสำคัญในการป้องกันสินค้าขาดตลาด จากความผิดพลาดของค่าพยากรณ์ งานวิจัยฉบับนี้

จึงเสนอวิธีกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสม ในการตัดสินใจส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วน และ ปริมาณสินค้าที่ควรส่งในรูปแบบเร่งด่วนนี้

สาเหตุที่นำการตัดสินใจส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วนขึ้นมาก่อนวิธีการปรับปรุงการส่งสินค้า รูปแบบปกติก็คือ การส่งสินค้าแบบรวดเร็ว สินค้าจะไปถึงปลายทางก่อนการส่งสินค้า รูปแบบปกติ ทำให้การตัดสินใจในการส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วน มีผลในการเปลี่ยนแปลง การตัดสินใจในการส่งสินค้ารูปแบบปกติใน Period เดียวกัน

การตัดสินใจในการส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วนนี้ เป็นการตัดสินใจแบบ Period ต่อ Period โดยมีต้นทุนผันแปรที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยที่ทำการส่ง ทั้งนี้ต้นทุนสำหรับการส่งสินค้ารูปแบบ เร่งด่วนเป็นต้นทุนผันแปรตามปริมาณที่ส่ง ไม่มีต้นทุนคงที่ทำให้ไม่มีความจำเป็นต้อง ตัดสินใจสำหรับ Period ถัดไปเพราะใน Period ถัดไป อาจมีความผันผวนของค่าพยากรณ์ อุปสงค์ที่เปลี่ยนแปลงไปอีก

กำหนดให้ระยะเวลาการขนส่งแบบรวดเร็วเป็น LE โดยที่ $LE < L$ ใน Period X_i ปริมาณสินค้าคงคลังที่ต้น Period ตามสมการ (1)

สำหรับระดับสินค้าที่พึงมีใน Period $i + LE$ นี้กำหนดให้เป็น ปริมาณ R_{i+LE} ซึ่งเป็น ปริมาณที่ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตามระดับ Service Level ที่ องค์กรกำหนดไว้

$$R_{i+LE} = F_{i+LE} + Z(1.25MAD)_{i+LE} \sqrt{L} \quad (4)$$

การตัดสินใจในการส่งของรูปแบบเร่งด่วน กำหนดให้เป็น IE (ดังในตารางที่ 2) คือ

ตารางที่ 2

การตัดสินใจส่งสินค้า
รูปแบบเร่งด่วน

ถ้า $X_{i+LE} =$			ผล	ดังนั้น IE_{i+LE}
$X_i + \sum_{i=1}^{LE-1} IE_i + \sum_{i=1}^{LE} I_i$	$\geq$	R_{i+LE}	ไม่ส่งสินค้าสำหรับ Period นี้	0
$X_i + \sum_{i=1}^{LE-1} IE_i + \sum_{i=1}^{LE} I_i$	$<$	R_{i+LE}	ส่งสินค้าเท่ากับจำนวนที่ ขาดไป	$R_{i+LE} - X_{i+LE}$

นั่นหมายถึงว่า หากมองที่ Period i ไปที่ Period $i + LE$ ซึ่งเป็น Period จากปัจจุบันไป ที่ระยะเวลาขนส่งของรูปแบบเร่งด่วน เมื่อพิจารณาระดับสินค้าคงคลังเมื่อเริ่มต้น Period แล้วมีค่ามากกว่า R_{i+LE} จะไม่ทำการส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วน และหากระดับสินค้านี้มีค่าน้อยกว่า R_{i+LE} จะส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วนเท่ากับจำนวนที่สินค้าที่หายไปจากระดับนั้น

4.2.2 การตัดสินใจส่งสินค้ารูปแบบปกติ

หลังจากที่ได้ทำการตัดสินใจส่งสินค้าในรูปแบบเร่งด่วนไปแล้ว ณ เวลาเดียวกันก็ต้องทำการส่งสินค้ารูปแบบปกติเช่นกันเพียงแต่ว่าสินค้าในรูปแบบปกตินี้เป็นสินค้าที่จะส่งไปถึงช้ากว่าสินค้ารูปแบบเร่งด่วน ดังนั้นการส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วนจึงมีผลกับการส่งสินค้ารูปแบบปกติ

ที่ Period i ตัดสินใจส่งสินค้าเพื่อให้ไปถึงที่ Period $i+L$ ซึ่งเป็น Period ที่การขนส่งรูปแบบปกติจะมีผลได้ ดังนั้นระดับสินค้าที่ Period $i+L$ ก็คือระดับสินค้าตั้งต้น X_i รวมกับสินค้าเข้าของรูปแบบปกติ (I) จาก Period i จนถึง Period $i+L-1$ บวกด้วยสินค้าเข้าจากรูปแบบเร่งด่วน (IE) ลบด้วยค่าพยากรณ์จาก Period i ไปจนถึง Period $i+L$ ดังสมการ (5)

$$X_{i+L} = X_i + \sum_{i=1}^{LE} IE + \sum_{i=1}^{L-1} I \quad (5)$$

สำหรับปริมาณสินค้าที่พึงมีในแต่ละ Period จะไปเป็นตามสูตรที่ประยุกต์ในสมการ (6)

$$R_{i+L} = F_{i+L} + Z(1.25MAD)_{i+L} \sqrt{L} \quad (6)$$

ดังนั้น การตัดสินใจในการส่งสินค้า (ดังในตารางที่ 3) คือ

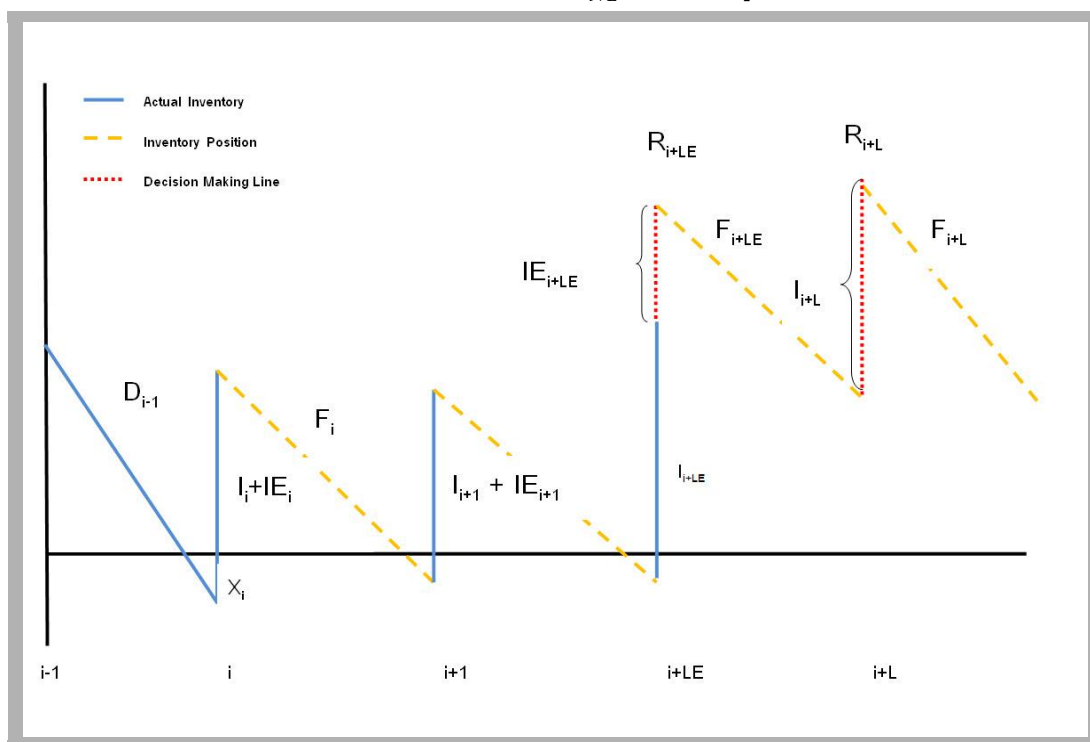
ถ้า $X_{i+L} =$			ผล	ดังนั้น $I_{i+L} =$
$X_i + \sum_{i=1}^{LE} IE_i + \sum_{i=1}^{L-1} I_i$	$\geq$	R_L	ไม่ส่งสินค้าสำหรับ Period นี้	0
$X_i + \sum_{i=1}^{LE} IE_i + \sum_{i=1}^{L-1} I_i$	$<$	R_L	ส่งสินค้าเท่ากับจำนวนที่ขาดไป	$R_L - X_{i+L}$

ตารางที่ 3

การตัดสินใจส่งสินค้า
รูปแบบปกติ

นั่นก็คือ หากระดับสินค้าตั้งต้นที่ X_{i+L} มากกว่าหรือเท่ากับระดับ R_L ไม่ต้องทำการส่งสินค้ารูปแบบปกติ แต่หากระดับสินค้า ตั้งต้นที่ X_{i+L} น้อยกว่าหรือเท่ากับระดับ R_L ต้องทำการส่งสินค้าเพื่อให้ระดับสินค้าไปอยู่ที่ระดับ R_L

เมื่อเกิดสินค้าขาดในช่วง Period i ซึ่งระดับสินค้าคงคลังที่เข้ามาที่มีการตัดสินใจมาก่อนหน้านี้ไม่เพียงพอ จากระดับสินค้า X_i องค์กรมีทางเลือกที่จะส่งสินค้าไปที่ Period $i+LE$ เพื่อรักษาสถานการณ์ให้ดีขึ้น โดยส่งไปให้เพียงพอกับระดับที่ทำให้ Inventory Position เท่ากับ R_{i+LE} แล้วต่อไปจึงตัดสินใจส่งสินค้ารูปแบบปกติไปที่ Period $i+L$ เพื่อรักษาระดับของสินค้าคงคลังให้เท่ากับ R_{i+L} ต่อไป ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 2

ระดับสินค้าคงคลังและการ
ตัดสินใจ

V. ผลของนโยบายการตัดสินใจ

จากนโยบายที่กล่าวไปข้างต้น นำไปทำการทดสอบกับสถานการณ์จริง (Simulation) โดยการทดสอบนโยบาย ทำขึ้นโดยใช้ข้อมูลในปี 2553 ขององค์กรแห่งหนึ่ง เป็นเวลา 48 สัปดาห์ หรือ 48 Period ที่ทำการตัดสินใจ ส่งสินค้า การทดสอบทำขึ้นกับสินค้า 2 กลุ่มคือ สินค้าที่มีของขาดหรือมี Shortage Costs เป็น 80% ของสินค้าขาดทั้งหมด และสินค้าที่มีระดับสินค้าคงคลังสูง เป็น 80% ของระดับสินค้าคงคลังทั้งหมด ซึ่งเป็นกลุ่มสินค้าหลักที่เพิ่มต้นทุนสินค้าขาดแคลน และต้นทุนสินค้าคงคลัง ตามลำดับ

5.1 ขั้นตอนการทดลองนโยบาย

- (1) นำข้อมูลสินค้าที่ถูกเบิกออกไปซึ่งเป็นตัวแทนของความต้องการของลูกค้า และข้อมูลค่าพยากรณ์ในเดือน ตุลาคม ถึงธันวาคมของปี 2552 มาเข้าสมการ (4) และ (5) เพื่อหาค่า R_{i+LE} และ R_{i+L} ที่จะนำมาใช้ ตามลำดับ
- (2) ใช้ข้อมูลสินค้าคงคลังที่สัปดาห์แรกของปี 2553 เป็นค่าเริ่มต้นของการคำนวณ ซึ่งใน สัปดาห์ที่หนึ่ง ข้อมูลสินค้าคงคลังนี้ก็คือ X_i
- (3) จาก R_{i+LE} และ R_{i+L} ที่ได้มาเป็นค่าคลังวัสดุพื้นฐาน สำหรับช่วง มกราคม ถึง มีนาคม ปี 2553 จากนั้นนำข้อมูลสินค้าที่ถูกเบิกออกไป และข้อมูลค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาดังกล่าว มาคำนวณ
- (4) ทำการตัดสินใจส่งสินค้ารูปแบบเร่งด่วน (IE_1) ของสัปดาห์ที่ 1 โดยพิจารณาระดับสินค้าตั้งต้น X_1 เปรียบเทียบกับ R_{i+LE} และทำการตัดสินใจตามตารางที่ 3
- (5) หลังจากนั้นทำการตัดสินใจส่งสินค้ารูปแบบปกติ (I_1) ของสัปดาห์ที่ 1 โดยพิจารณาระดับสินค้าตั้งต้น X_1 เปรียบเทียบกับ R_{i+L} และทำการตัดสินใจตามตารางที่ 4
- (6) เมื่อขึ้นสัปดาห์ที่ 2 ปรับปรุงค่า X_2 จากสมการ (1)
- (7) ทำซ้ำจนถึงสัปดาห์สุดท้ายของเดือนมีนาคม
- (8) ก่อนขึ้นสัปดาห์แรกของเดือนเมษายน ทำการปรับปรุงค่า R_{i+LE} และ R_{i+L} ซึ่งเปลี่ยนแปลงคำนวณโดยใช้ข้อมูลของเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม ที่ทำเช่นนี้ เพื่อปรับระดับคลังวัสดุพื้นฐาน ให้เหมาะสมกับค่าพยากรณ์และค่าอุปสงค์ที่เปลี่ยนไป และทำการเปลี่ยนเช่นนี้ทุกๆ ไตรมาส
- (9) ทำซ้ำขั้นตอน (2) ถึง (8) จนถึงสัปดาห์ที่ 48
- (10) หลังจากทำครบทั้ง 48 สัปดาห์ นำค่าที่ได้ไปคำนวณต้นทุนเพื่อหาต้นทุนรวม
- (11) นำระดับสินค้าขาดที่เกิดขึ้นทุกๆ ปลายเดือนมาคำนวณหาต้นทุนสินค้าขาด ที่ต้องเป็นทุกปลายเดือน เพื่อให้นำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่องค์กรเก็บทุกๆ ปลายเดือนได้ โดยนำต้นทุนสินค้าขาด/หน่วยมาคำนวณโดยต้นทุนสินค้าขาดนั้น นำมาจากต้นทุนของสินค้านั้นๆ ที่ขายให้กับลูกค้า
- (12) นำ X_i ที่เกิดขึ้นทุกๆ สัปดาห์มาคำนวณหาต้นทุนสินค้าคงคลัง โดยหาค่าเฉลี่ยระหว่างระดับสินค้าคงคลังเริ่มต้น และที่ปลายสัปดาห์มาคำนวณกับต้นทุนสินค้าคงคลัง/หน่วย
- (13) นำปริมาณ IE มาคำนวณหาต้นทุนผันแปร ที่เป็นต้นทุนการขนส่งที่เพิ่มขึ้น โดยคำนวณต่อหน่วยของการขนส่ง
- (14) ทำการทดลองกับเส้นทาง 3 เส้นทางที่มีลักษณะต่างกัน ซึ่งจะกล่าวต่อไปที่ผลการทดลอง โดยเส้นทางทั้งสามเส้นทางได้แก่

เส้นทาง L1 มีระยะเวลาในการขนส่งรูปแบบปกติยาวนานที่สุดคือ 6 สัปดาห์ แต่มีระยะเวลาในการขนส่งรูปแบบเร่งด่วนสั้นที่สุดคือ 2 สัปดาห์

เส้นทาง L2 มีระยะเวลาในการขนส่งทั้งสองรูปแบบนาน คือ รูปแบบปกติ 5 สัปดาห์ และรูปแบบเร่งด่วน 3 สัปดาห์

เส้นทาง L3 มีระยะเวลาในการขนส่งทั้งสองรูปแบบสั้น คือ รูปแบบปกติ 3 สัปดาห์ และรูปแบบเร่งด่วน 2 สัปดาห์

(15) นำไปเปรียบเทียบกับต้นทุนที่คำนวณจากข้อมูลจริงในปี 2553

5.2 ผลของการทดลองนโยบาย

5.2.1 ข้อมูลต้นทุนและวิธีการคำนวณ

ก่อนที่จะเข้าสู่ผลการทดลองนโยบาย เนื่องจากผลของการทดลองนโยบาย แสดงโดยการใช้ต้นทุนเข้ามาเปรียบเทียบ ถึงแม้ว่าต้นทุนนี้ ไม่ได้มีผลกับการตัดสินใจในนโยบาย แต่ก็ยังเป็นสิ่งที่แสดงผลลัพธ์ของนโยบายเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ซึ่งต้นทุนรวมในที่นี้ คือ ต้นทุนสินค้าขาดแคลน+ต้นทุนสินค้าคงคลัง+ต้นทุนการขนส่ง ซึ่งต้นทุนแต่ละชนิด มีลักษณะ ดังนี้

5.2.1.1 ต้นทุนสินค้าขาด (Shortage Costs)

ต้นทุนสินค้าขาดที่นำมาพิจารณาในนโยบายนี้ ใช้กำไรที่ได้จากการขายสินค้าให้กับลูกค้า กล่าวคือ หากไม่มีสินค้าขายในช่วงเวลาหนึ่งๆ ทำให้รายรับที่องค์กรควรได้รับในช่วงเวลานั้นขาดต้นทุนสินค้าขาดนี้ คิดต่อจำนวนสินค้า 1 หน่วย ต่อ period หนึ่งๆ

วิธีการคำนวณ: ปริมาณสินค้าขาดที่สิ้นเดือน $\times$ กำไรที่ควรได้รับจากสินค้านั้นๆ
เหตุผลที่ใช้ปริมาณการขายที่สิ้นเดือน แทนที่จะเป็นสิ้น Period เพราะลูกค้าขององค์กร พิจารณาความสามารถในการตอบสนองขององค์กรโดยดูผลลัพธ์ต่อเดือน ดังนั้นการพิจารณาสินค้าขาดต่อเดือน จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้จริงมากกว่า

5.2.1.2 ต้นทุนสินค้าคงคลัง

ต้นทุนสินค้าคงคลังที่นำมาพิจารณา เป็นต้นทุนสินค้าคงคลัง ต่อจำนวนสินค้า 1 หน่วย ต่อ Period หนึ่งๆ โดยต้นทุนสินค้าคงคลังนี้ ประกอบไปด้วย ต้นทุนค่าเก็บสินค้า ต้นทุนค่าใช้จ่ายในคลังสินค้า และต้นทุนค่าเสียโอกาส ในการที่ต้องเก็บสินค้าคงคลังนี้ไว้

วิธีการคำนวณ: (ปริมาณสินค้าคงคลังเริ่มต้น Period + ปริมาณสินค้าคงคลังเมื่อจบ Period)/2 $\times$ ต้นทุนสินค้าคงคลังของสินค้านั้นๆ

5.2.1.3 ต้นทุนค่าขนส่ง

ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ต้นทุนค่าขนส่ง คิดเฉพาะต้นทุนค่าขนส่งรูปแบบเร่งด่วน เพราะเป็นต้นทุนที่เพิ่มเติมขึ้นจากต้นทุนที่องค์กรต้องจ่าย แต่ในส่วนของ การขนส่งรูปแบบปกติ เป็นต้นทุนที่เป็นต้นทุนคงที่ ที่องค์กรทำสัญญาไว้ล่วงหน้ากับบริษัท

ขนส่งอยู่แล้ว หากมีการขนส่งรูปแบบเร่งด่วน โดยค่าขนส่งรูปแบบเร่งด่วนนี้ คือค่าขนส่งทางอากาศ โดยคิดต่อสินค้า 1 หน่วย ต่อครั้งในการส่งสินค้า

วิธีการคำนวณ: (ปริมาณสินค้าที่ส่งทางอากาศ × น้ำหนักของสินค้านั้นๆ) × ต้นทุนค่าขนส่ง

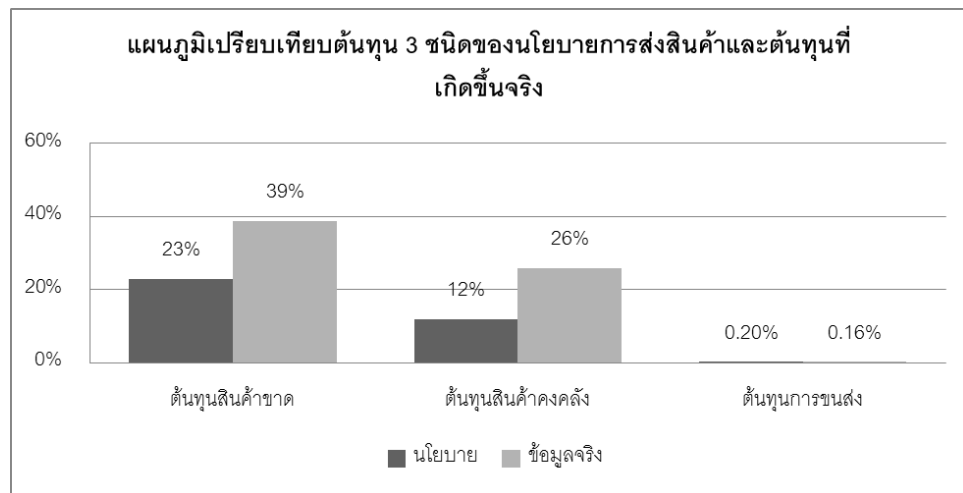
5.2.2 ผลการทดลอง

(ตัวเลข % ที่แสดงในผลการทดลองนี้ เป็นค่า % ต่อต้นทุนรวมทั้งหมด)

นโยบายนี้สามารถลดต้นทุนรวมได้ 30% จากต้นทุนที่แท้จริงจากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าการใช้นโยบายทำให้ต้นทุนสินค้าขาดและต้นทุนสินค้าคงคลังลดลงจากต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง 26% และ 14% ตามลำดับ ในส่วนต้นทุนในการขนส่ง เป็นส่วนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

รูปที่ 3

แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุน 3 ชนิดระหว่างนโยบายและข้อมูลจริง



ตารางที่ 4

แบบ Text box ระยะเวลาการขนส่งทั้งสองรูปแบบของจุดหมาย 3 แห่งที่นำมาทดลอง

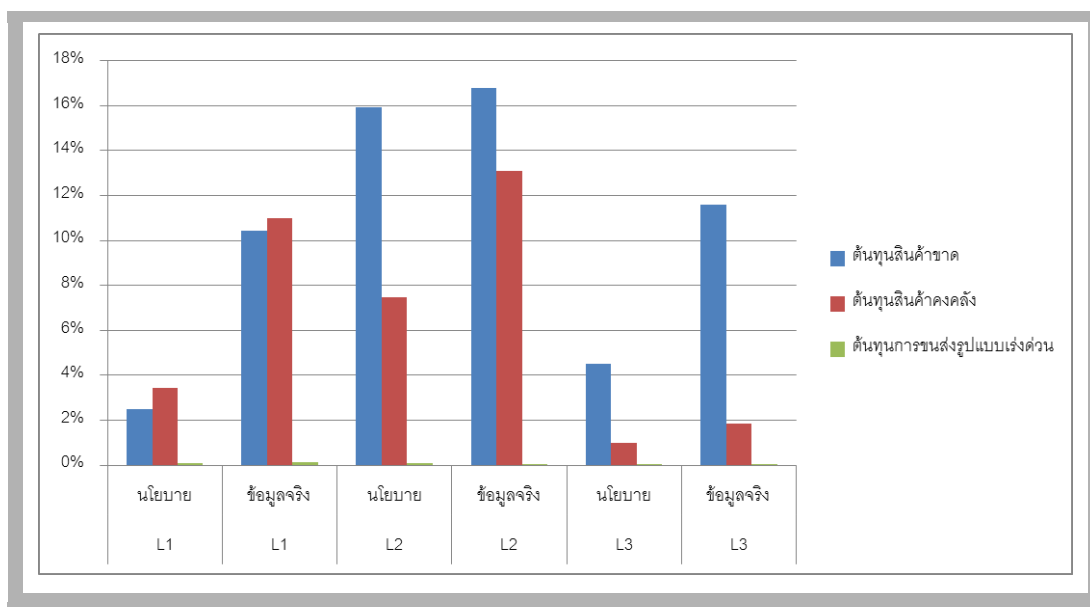
จุดหมาย	ระยะเวลาการขนส่ง(สัปดาห์)	
	แบบปกติ	แบบเร่งด่วน
Location: 1 (L1)	6	2
Location: 2 (L2)	5	3
Location: 3 (L3)	3	2

และเมื่อนำมาพิจารณาต้นทุนเปรียบเทียบกับจุดหมายในการส่งสินค้า ซึ่งจากต้นทุนที่แสดงที่รูปที่ 4 จุดหมาย L1 เป็นจุดหมายที่มีระยะเวลาในการขนส่งรูปแบบปกติยาวนานที่สุด แต่ขณะเดียวกันก็มีรูปแบบในการขนส่งแบบเร่งด่วนสั้นที่สุด ทำให้การขนส่งรูปแบบเร่งด่วนจะมีผลอย่างมาก ซึ่งก็แสดงในเห็นในแผนภูมิแสดงต้นทุนชนิดต่างๆเปรียบเทียบกับกันระหว่างจุดหมาย ต้นทุนจากการใช้นโยบายใหม่จะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับต้นทุนทั้งหมด โดยเฉพาะต้นทุนในการเก็บสินค้าคงคลัง

จุดหมาย L2 เป็นจุดหมายที่มีระยะเวลาระหว่างการขนส่งสองรูปแบบสั้น และต้องใช้เวลาในการขนส่งนาน ทำให้สินค้าที่ต้องเก็บต้องมีปริมาณมากพอเพื่อรองรับความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น ทำให้ต้นทุนในการ

เก็บสินค้าคงคลังมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับจุดหมายอื่นๆ การใช้นโยบายใหม่ ทำให้ต้นทุนลดลง โดยเฉพาะต้นทุนสินค้าขาด แต่ในส่วนของต้นทุนสินค้าคงคลังลดลงได้เพียงเล็กน้อย เพราะระยะทางในการขนส่งนาน ดังที่กล่าวไปข้างต้น

ขณะที่จุดหมายที่ L3 ที่มีระยะการขนส่งสั้นที่สุด ต้นทุนรวมทั้งหมดก็สั้นที่สุดเมื่อเทียบกับจุดหมายอื่น แต่การนำนโยบายมาใช้ ทำให้สามารถลดต้นทุนได้มากกว่าความเป็นจริง



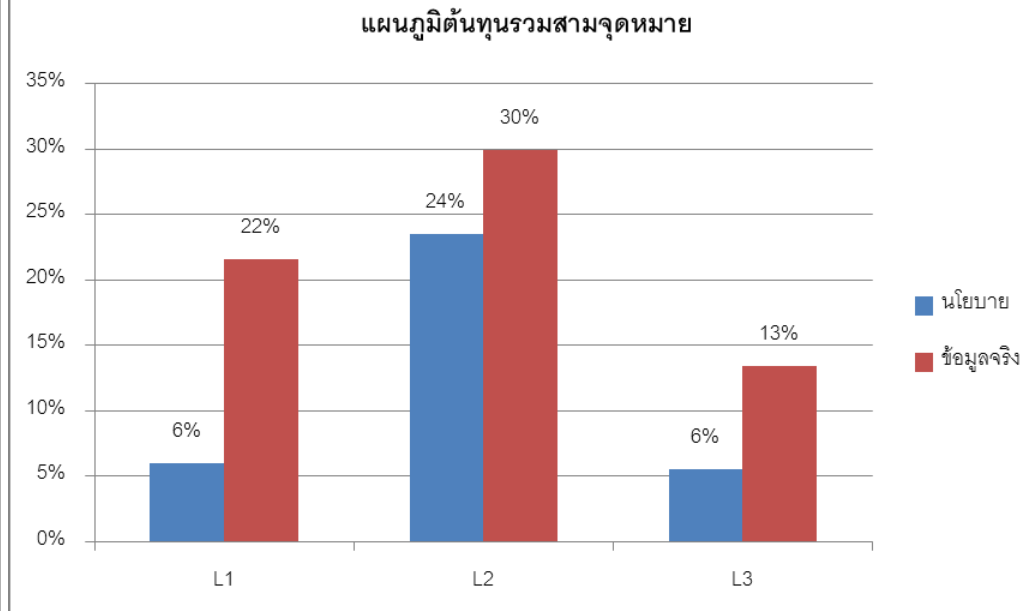
รูปที่ 4

แผนภูมิแสดงต้นทุนทั้ง 3 รูปแบบ กับจุดหมาย 3 แห่ง เปรียบเทียบกันระหว่าง ข้อมูลจริงและการทดลอง จากนโยบาย

ดังนั้นสามารถสรุปต้นทุนรวมที่ลดลงได้ของจุดหมายทั้งสามแห่งได้ดังรูปที่ 5 โดยเมื่อดูที่ต้นทุนรวม จุดหมาย L1 คือจุดหมายที่สามารถลดต้นทุนรวมได้มากที่สุด คือ ลดลง 16% เพราะจุดหมาย L1 คือจุดหมายที่การขนส่งรูปแบบเร่งด่วน สามารถเข้าไปมีบทบาทได้เร็วที่สุด เมื่อมีการผันผวนของค่าอุปสงค์ ขณะที่จุดหมาย L2 และจุดหมาย L3 ลดลงได้ 6% และ 7% ตามลำดับ ที่เป็นดังนี้ เพราะจุดหมายที่ 2 แม้ลดต้นทุนสินค้าขาดได้มาก เพราะการนำรูปแบบการขนส่งแบบเร่งด่วนมาใช้ สามารถตอบสนองความผันผวนของค่าอุปสงค์ได้ดีขึ้น แต่ด้วยเหตุที่การขนส่งทั้งสองรูปแบบของจุดหมาย L2 เป็นการขนส่งที่ใช้เวลาขนส่งนานที่สุด การเก็บสินค้าคงคลังจึงยังต้องเก็บสินค้าไว้มากกว่าจุดหมายอื่น ขณะที่จุดหมาย L3 เป็นจุดหมายที่มีระยะเวลาการขนส่งสั้นที่สุด ซึ่งต้นทุนเดิมก็ไม่มากอยู่แล้ว เมื่อเทียบกับจุดหมายอื่นๆ การนำนโยบายมาใช้ จึงเป็นการปรับปรุงกระบวนการทำงาน และให้ต้นทุนที่ลดลง

รูปที่ 5

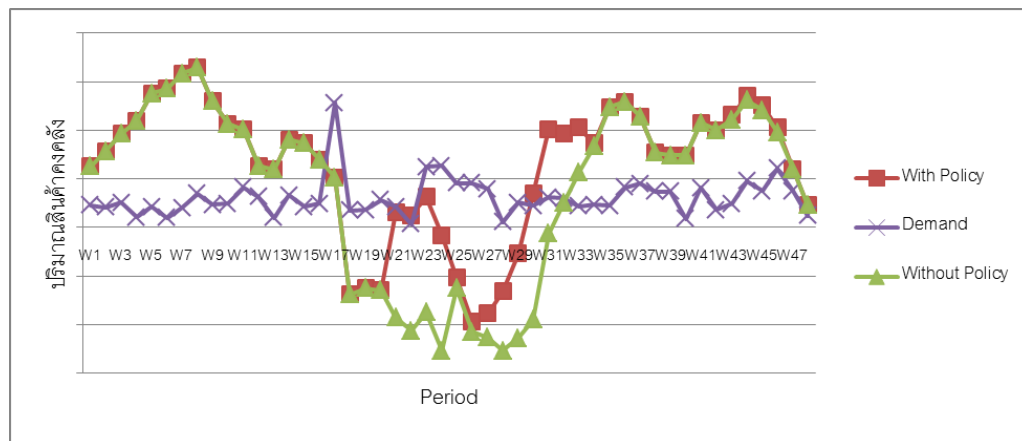
ต้นทุนรวม กับจุดหมาย 3
แห่ง เปรียบเทียบกัน
ระหว่างข้อมูลจริงและการ
ทำดลองจากนโยบาย



เพื่อให้เข้าใจการทำงานของนโยบายการส่งสินค้าสองรูปแบบมากขึ้น รูปที่ 6 แสดงการตอบสนองต่อความผันผวนของค่าอุปสงค์ ของนโยบายการส่งสินค้าของ SKU A จุดหมาย L1 โดยเส้น With Policy คือระดับสินค้าคงคลังเมื่อมีการนำนโยบายมาใช้ ขณะที่เส้น Without Policy คือการตอบสนองของระดับสินค้าคงคลังเมื่อไม่ได้ใช้นโยบาย

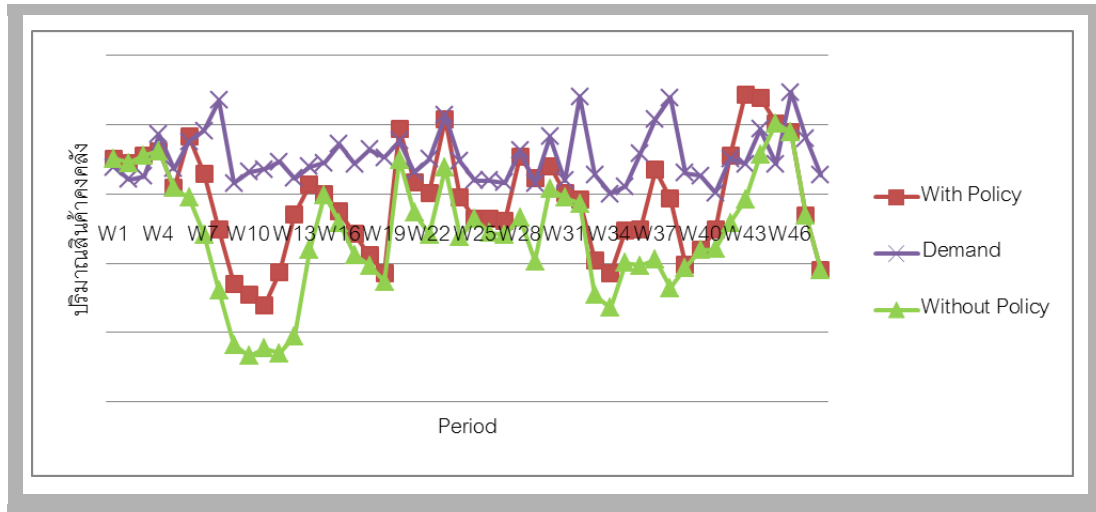
รูปที่ 6

แบบ Drawing Canvas
ระดับสินค้าคงคลังที่
คำนวณจากนโยบาย และ
ระดับอุปสงค์ SKU A:
จุดหมาย L1



จากที่มีระดับสินค้าคงคลังเท่ากันมาตลอด ณ W17 เกิดอุปสงค์ที่สูงมากกว่าอุปสงค์ปกติทำให้ระดับสินค้าคงคลังตกลงมาเป็นสินค้าขาดแคลนทันที จากรูปแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการนำนโยบายมาใช้ ระดับสินค้าคงคลังสามารถกลับไปอยู่ที่ระดับที่มีสินค้าขายได้เร็วกว่าคือที่ W21 ขณะที่หากไม่มีการนำนโยบายมาใช้ต้องใช้เวลา 6 Period ในการตอบสนองความผันผวนของ W17 ซึ่งสินค้าที่ส่ง จะไปถึงที่ W23 อย่างไรก็ตามเนื่องจากเกิดช่วงอุปสงค์ผันผวนอีกครั้ง ในช่วง W23-W29 ทำให้หากไม่มีการนำนโยบายมาใช้จะมีสินค้าขาดยาวนานตั้งแต่ W17 จนถึง W31 เลยทีเดียว

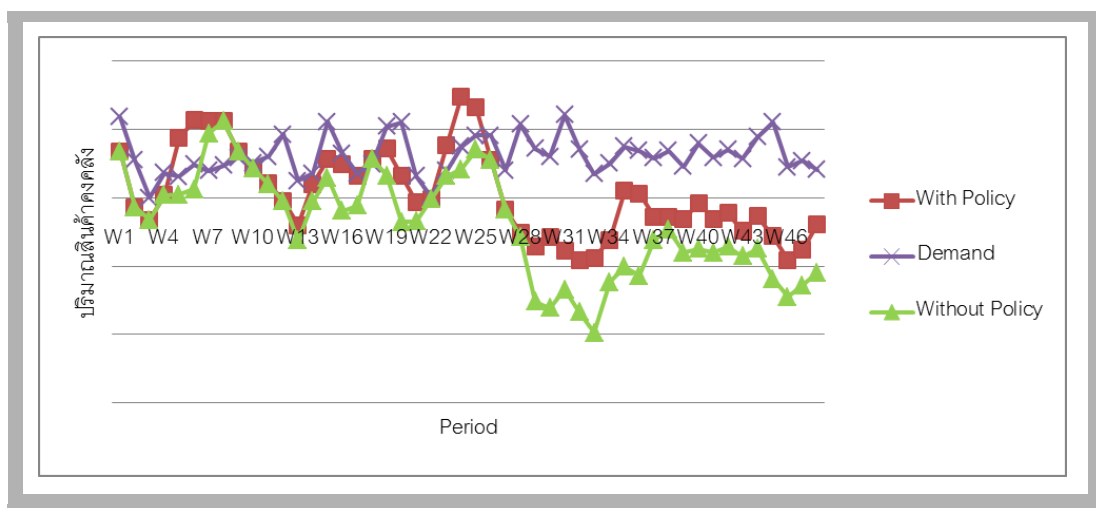
สำหรับตัวอย่างของจุดหมาย L2 รูปที่ 7 SKU B นี้ เป็น SKU ที่มีความผันผวนของอุปสงค์ค่อนข้างมาก และด้วยระยะเวลาในการขนส่งรูปแบบเร่งด่วน แตกต่างกับระยะเวลาในการขนส่งรูปแบบปกติเพียง 2 Period ทำให้ลักษณะของสินค้าคงคลังเมื่อใช้และไม่ใช้นโยบายค่อนข้างคล้ายกัน แตกต่างกันตรงที่หากนานโยบายมาใช้เมื่อเป็นช่วงเวลาที่สินค้าอยู่ในระดับอันตราย หรือขาดแคลน จะสามารถตอบสนองต่อค่าผันผวนและทำให้ระดับสินค้าคงคลังสูงขึ้นได้เร็วกว่าการไม่ใช้นโยบาย เช่น ในช่วงต้นที่ระดับสินค้าเข้าสู่ระดับขาดแคลน การใช้นโยบายทำให้ระดับสินค้าคงคลังกลับไม่ขาดแคลนได้ตั้งแต่ W14 ขณะที่การไม่ใช้นโยบายทำให้สินค้าขาดถึง W15



รูปที่ 7

ระดับสินค้าคงคลังที่คำนวณจากนโยบาย และระดับอุปสงค์ SKU B: จุดหมาย L2

และที่รูปที่ 8 ตัวอย่างของจุดหมาย L3 นี้ เป็นตัวอย่างที่ค่าอุปสงค์มีความผันผวนมากที่สุด ซึ่งเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่า ต้องมีการปรับปรุงค่าพยากรณ์อย่างเร่งด่วน อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาการตอบสนองของสินค้าคงคลัง จุดหมาย L3 นี้ เป็นจุดหมายที่มีระยะเวลาในการขนส่งสั้นทั้ง 2 รูปแบบ ทำให้หากไม่นานโยบายมาใช้ก็จะรักษาระดับสินค้าคงคลังได้ แต่ไม่ดีมากเท่ากับที่มีสินค้าคงคลัง ช่วงที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดก็คือช่วง W28-W46 ที่มีความผันผวนอย่างต่อเนื่อง เมื่อนานโยบายมาใช้ จะสามารถรักษาระดับสินค้าคงคลังได้ดีกว่าการไม่มีนโยบาย เพราะแม้ว่าจากรูป ทั้งสองแบบแสดงลักษณะสินค้าขาดแคลน แต่ลักษณะเช่นนี้ แสดงว่ามีอุปสงค์บางส่วนได้รับการตอบสนองเพราะเส้นแผนภูมิไม่ได้ตกลงเรื่อยๆ และการใช้นโยบาย ทำให้สินค้าคงคลังตอบสนองต่ออุปสงค์ได้มากกว่า



รูปที่ 8

ระดับสินค้าคงคลังที่คำนวณจากนโยบาย และระดับอุปสงค์ SKU C: จุดหมาย L3

VI. บทสรุป

นโยบายในการจัดส่งสินค้าสองรูปแบบนี้ เป็นนโยบายที่ทำให้ระบบในการจัดส่งสินค้าเป็นระบบขึ้น โดยการนำนโยบายคลังวัสดุพื้นฐาน มาประยุกต์ใช้ โดยกำหนดคลังวัสดุพื้นฐานของการขนส่งสองรูปแบบ จึงเป็นการแสดงให้เห็นว่า นโยบายการส่งสินค้า เมื่อมีการขนส่งสินค้าสองรูปแบบนี้ สามารถลดความเสี่ยงของช่วงระยะเวลาที่ต่างกันของระยะเวลาการตอบสนอง และช่วงระยะเวลาในการพิจารณาระดับสินค้าคงคลัง โดยความเสี่ยงนี้เกิดจากการตัดสินใจในการส่งสินค้าส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับค่าพยากรณ์ นโยบายนี้เป็นนโยบายที่ทำการตัดสินใจส่งสินค้า แล้วทำให้การขนส่งรูปแบบเร่งด่วนสามารถเข้ามาลดต้นทุนรวม จากการทดลองนโยบายนี้สามารถทำให้ต้นทุนรวมลดลง ซึ่งต้นทุนรวมนั้นลดลงในทุกรูปแบบของจุดหมายที่ทำการทดลอง โดยที่เห็นผลมากที่สุดคือ จุดหมายที่มีความแตกต่างระหว่างการขนส่งสองรูปแบบมากที่สุด

บรรณานุกรม

- [1] J. Stock and D. Lambert, *Strategic Logistics Management*. 4th ed., New York: McGRAW-HILL International edition, 2001, pp. 2-28.
- [2] H. Yan, K. Liu, and A. Hsu, "Optimal ordering in a dual-supplier system with demand forecast updates," *Production and Operations Management*, vol. 12, no. 1, pp. 30-45, 2003.
- [3] H. L. Lee, V. Padmanabhan, and S. Whang, "The bullwhip effect in supply chains," *Sloan Management Review*, vol. 38, no. 3, pp. 93-102, 1997.
- [4] L. Tiacchi and S. Saetta, "An approach to evaluate the impact of interaction between demand forecasting method and stock control policy on the inventory system performances," *Int. J. Production Economics*, vol. 118, pp. 63-71, 2009.
- [5] B. Zhou, Y. Zhao, and M. N. Katehakis, "Effective control policies for stochastic inventory systems with a minimum order quantity and linear costs," *Int. J. Production Economics*, vol. 106, pp. 523-531, 2007.
- [6] G. P. Kiesmuller, A. G. Kok, and S. Dabia, "Single item inventory control under periodic and a minimum order quantity," *Int. J. Production Economics*, vol. 133, pp. 280-285, 2011.
- [7] D. J. Robb and E. A. Silver, "Inventory management with periodic ordering and minimum order quantities," *Operational Research Society*, vol. 49, pp. 1085-1094, 1998.
- [8] G. Gallego and O. Ozer, "Integrating replenishment decisions with advance demand information," *Management Science*, vol. 47, pp. 1344-1366, 2001.
- [9] G. Gallego and O. Ozer, "Optimal replenishment policies for multiechelon inventory problems under advance demand information," *Manufacturing & Service Operations Management*, vol. 5, no. 2, pp. 157-175, 2003.
- [10] M. Altug and A. Muharremoglu, "Inventory management with advance supply information," *Int. J. Production Economics*, vol. 129, pp. 302-313, 2011.
- [11] K. Moinsadeh and S. Nahmias, "A continuous review model for an inventory system with two supply modes," *Management Science*, vol. 34, no. 6, pp. 761-773, 1988.
- [12] C. Chiang and G. J. Gutierrez, "A periodic review inventory system with two supply modes," *European Journal of Operational Research*, vol. 94, pp. 527-547, 1996.
- [13] A. Bensoussan, M. Crouhy, and J.-M. Proth, *Mathematical Theory of Production Planning*, New York: North Holland, 1983.
- [14] W. H. Hausmann, H. L. Lee, and V. L. Zhang, "Optimal ordering for an inventory system with dual lead times," Working Paper, Department of Industrial Engineering and Engineering Management, Stanford University, Stanford, CA, 1993.
- [15] A. Scheller-Wolf and S. Tayur, "Managing supply chains in emerging markets," in *Quantitative Models for Supply Chain Management*, S. Tayur, R. Ganeshan, and M. Magazine, Eds. Boston, MA: Kluwer, 1998, pp. 703-777.
- [16] S. P. Sethi, H. Yan, and H. Zhang, "Peeling layers of an onion: inventory model with multiple delivery modes and forecast updates," *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 108, no. 2, pp. 253-281, 2001.
- [17] S. P. Sethi, H. Yan, and H. Zhang, "Inventory models with fixed costs, forecast updates, and two delivery modes," in *Operations Research*, vol. 51, no. 2, pp. 321-328, 2003.
- [18] L. Krajewski, L. Ritzman, and M. Malhotra, *Operations Management: Processes and Supply Chains*, 9th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall, 2010.
- [19] S. Nahmias, *Production and Operations Analysis*, 6th ed., Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2009.
- [20] R. G. Brown, *Statistical Forecasting for Inventory Control*, New York: McGraw-Hill, 1959.
- [21] B. W. Taylor, *Introduction to Management Science*, Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall, 2002.